



ISSN 1986-583X

7. KONFERENCIJA / 7TH CONFERENCE

ODRŽAVANJE 2022 MAINTENANCE 2022

ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS

UREDNICI / EDITORS:
Fuad Hadžikadunić
Darko Petković



**Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
(Bosna i Hercegovina)**
Faculty of Mechanical Engineering
- University of Zenica (Bosnia and
Herzegovina)



PFK POMORSKI
FAKULTET
KOTOR

**Pomorski fakultet Kotor Univerziteta
Crne Gore (Crna Gora)**
Faculty of Maritime Studies Kotor –
University of Montenegro (Montenegro)



**Inženjerski fakultet Harran
Univerziteta Şanlıurfa (Turska)**
Engineering faculty - Harran University,
Şanlıurfa (Türkiye)



**Mašinski fakultet Univerziteta u
Mariboru (Slovenija)**
Faculty of Mechanical Engineering –
University of Maribor (Slovenia)



**Fakultet tehničkih nauka Univerziteta
u Novom Sadu (Srbija)**
Faculty of Technical Sciences -
University of Novi Sad (Serbia)



**Strojarski fakultet Sveučilišta u
Slavonskom Brodu (Hrvatska)**
Mechanical Engineering Faculty -
University of Slavonski Brod (Croatia)

**7. Konferencija „ODRŽAVANJE 2022“ / 7 th Conference „MAINTENANCE 2022“
12 - 16. septembar / september 2022., Budva, Crna Gora**

Urednici / Editors:

v. prof. dr. Fuad Hadžikadunić

r. prof. dr. Darko Petković

Izdavač / Publisher:

University of Zenica, Fakultetska 3, 72000 Zenica

Tel: +387 32 444-420; Fax: +387 32 444 431; E-mail: rektorat@unze.ba

Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, 72000 Zenica

Tel: +387 32 449-120, 449-143; Fax: +387 32 246-612; E-mail: mf@mf.unze.ba

Za Izdavača / For publisher:

Prof. dr. Jusuf Duraković

Lektor / Lector:

Mr. sc. Branka Petković, prof. bhs jezika i književnosti

Tehnička priprema / Technical assistance and DTP:

mr. Emir Đulić, Emir Čaplja

Štampa / Printed by:

GRAFORAD Zenica

Za štampariju / For printing shop:

Pero Letić

Izdanje / Issue:

200 primjeraka / copies

Copyright © 2022

ISSN 1986-583X

7. Konferencija „ODRŽAVANJE 2022“
Budva, Crna Gora, 12 - 16. septembar 2022.

ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

Dr. Fuad Hadžikadunić, (B&H) - predsjednik

Dr. Špiro Ivošević (Montenegro)	Dr. Darko Petković (B&H)
Dr. Hüsamettin Bulut (Türkiye)	Dr. Sead Cvrk (Montenegro)
Dr. Bojan Dolšak (Slovenia)	Dr. Mustafa Imamović (B&H)
Dr. Srđan Kolaković (Serbia)	Dr. Sabahudin Jašarević (B&H)
Dr. Goran Šimunović (Croatia)	Dr. Ibrahim Plančić (B&H)
Dr. Marinko Aleksić (Montenegro)	Dr. Nusret Imamović (B&H)
Dr. Miroslav Miškić (B&H)	Mr. Emir Đulić - sekretar (B&H)

PROGRAM SCIENTIFIC REVIEW COMMITTEE

Dr. Darko Petković - Predsjednik

- > Dr. Jusuf Duraković (B&H)
- > Dr. Mehmet Fatih Dilekoğlu (Türkiye)
- > Dr. Božidar Krstić (Serbia)
- > Dr. Fuad Hadžikadunić (B&H)
- > Dr. Davorka Šaravanja (B&H)
- > Dr. Sead Cvrk (Montenegro)
- > Dr. Hüsamettin Bulut (Türkiye)
- > Dr. Vito Tič (Slovenia)
- > Dr. Ranko Antunović (B&H)
- > Dr. Špiro Ivošević (Montenegro)
- > Dr. Mirko Karakašić (Croatia)
- > Dr. Sabahudin Jašarević (B&H)
- > Dr. Bojan Dolšak (Slovenia)
- > Dr. Maja Čavić (Serbia)
- > Dr. Dursun Akaslan (Türkiye)
- > Dr. Srđan Kolaković (Serbia)
- > Dr. Milan Rackov (Serbia)
- > Dr. Hasan Avdić (B&H)
- > Dr. Goran Šimunović (Croatia)
- > Dr. Mileta Janjić (Montenegro)
- > Dr. Čedomir Duboka (Serbia)
- > Dr. Murat Kisa (Türkiye)
- > Dr. Safet Isić (B&H)
- > Dr. Serkan Kaya (Türkiye)
- > Dr. Ali Kircay (Türkiye)
- > Dr. Sead Cvrk (Montenegro)
- > Dr. Nasuf Hadžiahmetović (B&H)
- > Dr. Mehmet Azmi Aktacir (Türkiye)
- > Dr. Ivan Grgurević (Croatia)
- > Dr. Tome Jolevski (Macedonia)
- > Dr. Nenad Gubelj (Slovenia)
- > Dr. Kasim Bajramović (B&H)
- > Dr. Ljubodrag Tanović (Serbia)
- > Dr. Miroslav Miškić (B&H)
- > Dr. Izet Džananović (B&H)
- > Dr. Mihail Aurel Titu (Romania)
- > Dr. Mitja Kastrevc (Slovenia)
- > Dr. Boris Stojić (Serbia)
- > Dr. Fuad Klisura (B&H)
- > Dr. Tomislav Šarić (Croatia)
- > Dr. Radomir Đokić (Serbia)
- > Dr. Gencay Sarişik (Türkiye)
- > Dr. Mustafa Imamović (B&H)
- > Dr. Miodrag Hadžistević (Serbia)
- > Dr. Mustafa Hadžalić (B&H)
- > Dr. Bogdan Marić (B&H)
- > Dr. Deda Đelović (Montenegro)
- > Dr. Atif Hodžić (B&H)
- > Dr. Jovan Dorić (Serbia)
- > Dr. Branislav Čorović (Montenegro)
- > Dr. Sanel Gredelj (B&H)
- > Dr. Strain Posavljak (B&H)
- > Dr. Danilo Nikolić (Montenegro)
- > Dr. Džafer Dautbegović (B&H)
- > Dr. Marinko Aleksić (Montenegro)
- > Dr. Špiro Ivošević (Montenegro)
- > Dr. Nedeljko Vukojević (B&H)
- > Dr. Slaviša Moljević (B&H)
- > Dr. Dejan Lukić (Serbia)
- > Dr. Ibrahim Plančić (B&H)
- > Dr. Bojan Lalić (Serbia)
- > Dr. Lorenc Malka (Albania)
- > Dr. Nusret Imamović (B&H)
- > Dr. Ninoslav Zuber (Serbia)
- > Dr. Aleksandar Živković (Serbia)
- > Dr. Ismar Alagić (B&H)
- > Dr. Bülent Aktaş (Türkiye)
- > Dr. Marinko Stojkov (Croatia)
- > Dr. Senad Alić (B&H)

7. Konferencija „ODRŽAVANJE 2022“

Budva, Crna Gora, 12 - 16. septembar 2022.



Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici (Bosna i Hercegovina)

Faculty of Mechanical Engineering - University of Zenica
(Bosnia and Herzegovina)

U saradnji sa: / In cooperation with:



Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore (Crna Gora)

Faculty of Maritime Studies Kotor – University of Montenegro
(Montenegro)



Inženjerski fakultet Harran Univerziteta Şanlıurfa (Turska)

Engineering faculty - Harran University, Şanlıurfa
(Türkiye)



Mašinski fakultet Univerziteta u Mariboru (Slovenija)

Faculty of Mechanical Engineering – University of Maribor
(Slovenia)



Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu (Srbija)

Faculty of Technical Sciences - University of Novi Sad
(Serbia)



Strojarski fakultet Sveučilišta u Slavonskom Brodu (Hrvatska)

Mechanical Engineering Faculty - University of Slavonki Brod
(Croatia)

7. Konferencija „ODRŽAVANJE 2022“

Budva, Crna Gora, 12 - 16. septembar 2022.

Poštovana/i,

pred Vama je Zbornik radova 7. konferencije 'ODRŽAVANJE/MAINTENANCE 2022'.

Želimo vjerovati da Vas Zbornik zatiče dobrog zdravlja i još boljeg raspoloženja. U tom smislu vjerujemo da ćete u njemu naći mnogo toga interesantnog za sebe, svoju organizaciju, kolege, studente ili prijatelje.

Želimo se nadati, također, da su pandemijske nedaće i nepredvidivosti, barem u obliku značajnog poremećaja života i djelovanja, ostale iza nas i da sa značajnom energijom i daljim nadanjima nastavljamo tradiciju realizacije Konferencije koja traje već 14 godina, kao i naše ostale aktivnosti iz domena ličnog i profesionalnog dijela života.

Ove 2022. godine, imamo posebnu čast da u organizaciji 7. konferencije 'ODRŽAVANJE / MAINTENANCE 2022' učestvuju renomirane akademske institucije: Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, Inženjerski fakultet Harran Univerziteta Şanlıurfa u Turskoj, Mašinski fakultet Univerziteta u Mariboru, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu i Strojarski fakultet Sveučilišta u Slavonskom Brodu. Ljubazno se zahvaljujemo dekanima i menadžmentima Institucija na ovoj ukazanoj časti i doprinosu, a svakako i doprinosu autora i koautora sa veoma kvalitetnim radovima.

Također, u nastojanjima da se jače povežu akademske institucije i privredni sektor Evropskog regiona na Konferenciji učestvuje određen broj privrednih subjekata kroz objavljene radove i ostale vidove podrške. Time se ostvaruje jačanje međusobne saradnje univerziteta i fakulteta, jačanje saradnje akademskog i privrednog sektora, te daje ogroman doprinos u razmjeni znanja, iskustava i informacija iz domena najsavremenijih metoda i tehnologija iz oblasti održavanja različitih složenih sistema.

U ukupnom procesu je prijavljeno 76 radova, a prihvaćeno 64 recenzirana i lektorisana rada. Sama realizacija Konferencije, pored ostalog, je planirana putem 'face-to-face' i 'on-line' prezentacije radova. Planirana je realizacija uvodnih referata, recenziranih radova po sekcijama, a očekujemo da će se kroz kvalitetne diskusije, pitanja i odgovore dati značajan doprinos u razmjeni savremenih informacija, metodologija i tehnologija iz oblasti održavanja kompleksnih sistema, sa posebnim osvrtom na praktična iskustva iz industrijskog okruženja. Određen broj radova, te planirani 'okrugli stol' će pokušati osvijetliti potrebu značajnije realizacije 'dualnog obrazovanja', kao jednog od oblika jačeg povezivanja izlaznih kompetencija studenata i potrebe realnog privrednog sektora u oblasti održavanja kompleksnih sistema. Nadamo se da će ukupne aktivnosti i sadržaji s realizacijom u Budvi, Kotoru i Tivtu ispuniti očekivanja učesnika Konferencije.

Još jednom se iskreno zahvaljujemo dekanima i menadžmentima uvažених suorganizatorskih Institucija, svim autorima i koautorima radova, recenzentima, privrednim subjektima, te svim ostalim zaslužnim, na izuzetno značajnom doprinosu u realizaciji Konferencije i Zbornika.

Uz želju za dobro zdravlje i dalje zajedničke uspjehe, želimo da se konferencija ODRŽAVANJE 2022 uspješno realizuje zajedničkim zalaganjem, a slijedeća 2024. godine - još uspješnije.

S poštovanjem,

v. prof. dr. Fuad Hadžikadunić - predsjednik Organizacionog odbora

r. prof. dr. Darko Petković - predsjednik Naučnog odbora

v. asist. mr. Emir Đulić – sekretar

Budva/Kotor/Tivat, septembar 2022.

7th Conference „MAINTENANCE 2022“
Budva, Montenegro, 12 - 16 september 2022

Dear Sir / Ms,

The Proceedings of the 7th Conference 'MAINTENANCE 2022' is in Your hands.

We want to believe that this Proceedings finds You in good health and in an even better mood. In this sense, we believe that You will find a lot of interesting things in it for yourself, your organization, colleagues, students or friends.

We also hope that the pandemic adversities and unpredictability, at least in the form of a significant disruption of life and activity, are behind us and that with significant energy and further hopes we continue the tradition of realizing the Conference, which has been going on for the 14 years, as well as our other activities from domain of personal and professional life.

This year 2022, we have the special honor of having renowned academic Institutions participate in the organization of the 7th conference 'MAINTENANCE 2022': Faculty of Maritime Studies Kotor - University of Montenegro; Engineering faculty - Harran University, Şanlıurfa in Turkey; Faculty of Mechanical Engineering - University of Maribor; Faculty of Technical Sciences - University in Novi Sad and Faculty of Mechanical Engineering - University of Slavonski Brod. We kindly thank the Deans and Management of the Institutions for this honor and contribution, and certainly also the contribution of authors and co-authors with very high-quality papers.

Also, in efforts to strengthen the connection between academic institutions and the industry sector of the European region, a certain number of business entities participate in the Conference through published papers and other forms of support. This strengthens mutual cooperation between Universities and Faculties, strengthens cooperation between the academic and industry sectors, and makes a huge contribution to the exchange of knowledge, experience and information from the domain of the most modern methods and technologies in the field of maintenance of various complex systems.

In the total process, 76 papers were submitted, and 64 peer-reviewed and proofread papers were accepted. Given that the process included vacation periods in one part, although abstracts were submitted, some papers did not reach the final version, and we hope that these quality papers will soon be published in one of the next conferences or publications.

The realization of the Conference itself, among other things, is planned through 'face-to-face' and 'on-line' presentation of papers. The implementation of Keynote papers, peer-reviewed papers by section is planned, and we expect that through quality discussions, questions and answers, a significant contribution will be made to the exchange of modern information, methodologies and technologies in the field of maintenance of complex systems, with special reference to practical experiences from the industrial environment. A certain number of papers and the planned 'round table' will try to shed light on the need for a more significant realization of 'dual education', as one of the forms of stronger connection of students' output competencies and the needs of the real industry sector in the area of complex systems maintenance. There is hope that the overall activities and contents realized in Budva, Kotor and Tivat will meet the expectations of the participants of the Conference.

Once again, we sincerely thank the Deans and Management of the respected co-organizing Institutions, all authors and co-authors of papers, reviewers, industry entities, and all meritorious others, for their extremely significant contribution to the realization of the Conference and Proceedings.

With the wish for good health and further joint successes, we want the Conference 'MAINTENANCE 2022' to be successfully realized through joint efforts, and the next one in 2024 - even more successful.

Sincerely,

assoc. prof. dr. Fuad Hadžikadunić - President of the Organizing Committee

prof. dr. Darko Petković - President of the Scientific Committee

senior assit. mr. Emir Đulić - secretary

Budva/Kotor/Tivat, September 2022.

SADRŽAJ / CONTENTS

UVODNI REFERATI / KEYNOTE PAPERS

1. ANALIZA POUZDANOSTI RAVNOG DNA I POKROVA TANKA GORIVA NA PRIMJERU BRODOVA ZA RASUTI TERET
RELIABILITY ANALYSIS OF BOTTOM PLATE AND INNER BOTTOM PLATE OF FUEL TANKS ON THE EXAMPLE OF BULK CARRIERS
Matija Rašković, Špiro Ivošević (Montenegro) 1
2. ANALYSIS OF MAINTENANCE STRATEGIES IN SINGLE-AXIS TRACKING AND FIXED-TILT GRID-CONNECTED SOLAR PV PLANTS
Hüsamettin BULUT, Tunahan SEVAL, İsmail HİLALI, (Türkiye)..... 9
3. ODREĐIVANJE VEKA LEŽAJA PRIMENOM EKSPERIMENTALNE NUMERIČKE METODE
DETERMINATION OF BEARING LIFE USING THE EXPERIMENTAL NUMERICAL METHOD
Mirjana Bojanić Šejat, Aleksandar Živković, Ivan Knežević, Milan Rackov, Dejan Lukić (Serbia)..... 17
- POSTUPCI TOPLINSKOG NAŠTRCAVANJA U PROCESIMA ODRŽAVANJA
THERMAL SPRAYING PROCEDURES IN MAINTENANCE PROCESSES
Sara Havrlišan, Tomislav Šarić, Katica Šimunović, Ilija Svalina, Dražen Turinski, Roberto Lujčić, Goran Šimunović, Ivica Kladarić, Slavica Kladarić (Croatia), Štefanija Klarić (Australia)..... 25
4. EARTHQUAKE ALARM SYSTEM FOR MONITORING IN CIVIL CONSTRUCTIONS
Genci Shako, Anni Dasho SHARKO, Arben KULLORAJ (Albania)..... 33

SEKCIJE / SESSIONS

5. ODRŽAVANJE KVALITETA VOLFRAMOVIH LEGURA ZA POSEBNE NAMJENE
MAINTAINING THE QUALITY OF TUNGSTEN ALLOYS FOR SPECIAL PURPOSES
Šaban Žuna, Aida Imamović, Ensar Mulaosmanović, Suljo Mešić, Zijad Alibašić (Bosnia and Herzegovina) 43
6. ODREDNICE ZAŠTITE NA RADU I HSQE STANDARDA SA PRAKTIČNOM PRIMJENOM NA GRADILIŠTU U KONTEKSTU ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA
DETERMINANTS OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HSQE STANDARDS WITH PRACTICAL APPLICATION ON THE CONSTRUCTION SITE IN THE CONTEXT OF MAINTENANCE OF TECHNICAL SYSTEMS
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 51
7. ODREDNICE SPECIFIČNE SIGURNOSTI, VISOKORIZIČNE I SPECIJALIZOVANE AKTIVNOSTI U KONTEKSTU ZAŠTITE NA RADU NA PRIMJERU KONKRETNE FIRME
DETERMINANTS OF SPECIFIC SAFETY, HIGH-RISK AND SPECIALIZED ACTIVITIES IN THE CONTEXT OF OCCUPATIONAL SAFETY AND SAFETY ON THE EXAMPLE OF A SPECIFIC COMPANY
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 61
8. RAZMATRANJE VREMENA POJAVE DIFUZIJE VODENE PARE, KOLIČINE KONDENZATA I VREMENA ISUŠIVANJA
ASSESSMENT OF WATER VAPOUR DIFFUSION OCCURANCE, AMOUNT OF CONDENSATE AND DRYING TIME
Emir Hodžić, Amela Softić, (Bosnia and Herzegovina) 69

9.	PROTECTION OF FORESTS FROM FOREST FIRES AND THEIR CONSEQUENCES Martin Jež (Slovenia), Amina Gačo (Bosnia and Herzegovina)	75
10.	OCJENA STANJA HIDROAGREGATA SA KAPLAN TURBINOM ANALIZOM MJERENIH MEHANIČKIH, ELEKTRIČNIH I HIDRAULIČKIH PARAMETARA U STACIONARNIM I NESTACIONARNIM REŽIMIMA RADA HYDROAGREGATES WITH KAPLAN TURBINE CONDITION EVALUATION BY ANALYSIS OF MEASURED MECHANICAL, ELECTRICAL AND HYDRAULIC PARAMETERS IN STATIONARY AND NON-STATIONARY MODES OF OPERATION Damir Špago, Emir Nezirić, Mensud Đidelija (Bosnia and Herzegovina)	81
11.	MODEL SIGURNE PLOVIDBE U BOKOKOTORSKOM ZALIVU – ODRŽAVANJE I NADZOR SAFE NAVIGATION MODEL IN THE BAY OF BOKA KOTORSKA – MAINTENANCE AND SUPERVISION Igor Stanovčić (Montenegro)	89
12.	ANALIZA OBLIKA I UČESTALOSTI KVAROVA KORISNIČKE INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE OPREME ANALYSIS OF THE FORM AND FREQUENCY OF FAILURES OF USER INFORMATION AND COMMUNICATION EQUIPMENT Ivan Grgurević, Ivan Jovović, Luka Ištvanović, Allen Brodarić, (Croatia)	97
13.	NADZOR I DIJAGNOSTIKA SUSTAVA ZA GRIJANJE UPRAVLJAN UMJETNOM NEURONSKOM MREŽOM MONITORING AND DIAGNOSIS OF HEATING SYSTEM CONTROLLED BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK Ivan Đuračić, Marinko Stojkov, Tomislav Šarić, Krešimir Crnogorac, Bernarda Crnogorac (Croatia)	105
14.	KREIRANJE I ODRŽAVANJE SAJBER-BEZBJEDNIH BRODOVA CREATION AND MAINTENANCE OF CYBER-SECURE SHIPS Ivan Mraković (Montenegro)	113
15.	MATERIAL CODING IN INVENTORY MANAGEMENT İzzettin Hakan Karaçizmeli (Türkiye)	123
16.	USING FMEA FOR FAILURE PREVENTION İzzettin Hakan Karaçizmeli (Türkiye)	127
17.	DEVELOPING AND CONSTRUCTING INDUSTRY ROTATION SYSTEM FOR ACCEPTANCE OF PRODUCTS FROM STAMPING Jure Marijić, Marko Vilić, Ivan Grgić, Mirko Karakašić, Goran Šimunović, Ines Delhusa (Croatia)	133
18.	RUKOVANJE, UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE VENTILATORA AVD 650-90 kW ZA PROVJETRANJE JAME „BEGIĆI-BIŠTRANI“, POGON „HALJINIĆI, RMU „KAKANJ“ d.o.o KAKANJ HANDLING, MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF AVD 650-90 kW FANS FOR VENTILATION OF BEGIĆI-BIŠTRANI PIT, HALJINIĆI PLANT, RMU „KAKANJ“ d.o.o KAKANJ Kasim Bajramović, Irfan Bajramović (Bosnia and Herzegovina)	141
19.	VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA UTJECAJA AKTIVNOSTI ODRŽAVANJA VOZILA, STROJEVA I OPREME MULTICRITERIA IMPACT ANALYSIS ACTIVITY MAINTENANCE VEHICLES MACHINERY AND EQUIPME Mario Lovrić, Marinko Stojkov, Goran Šimunović, Tomislav Šarić (Croatia)	149
20.	RISK ANALYSIS OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS ASSOCIATED WITH LIFTING MACHINES WITH THE MATRIX METHOD Serkan Emre Uygun, Murat Kisa, Mustafa Özen (Türkiye)	161

21. ANALIZA UTICAJA VELIČINE KONAČNIH ELEMENATA NA TAČNOST REZULTATA KOD IZRAČUNA PARAMETRA MEHANIKE LOMA ANALYSIS OF FINITE ELEMENT SIZE INFLUENCE ON RESULT ACCURACY PERTAINING TO FRACTURE MECHANICS PARAMETER CALCULATION Nedeljko Vukojević, Vedran Mizdrak (Bosnia and Herzegovina)	167
22. ODREĐIVANJE POSTOJANOSTI ALATA METODOM POUZDANOSTI TOOL LIFE DETERMINATION BY THE RELIABILITY METHOD Sanel Gredelj (Bosnia and Herzegovina)	173
23. SANACIJA UNUTRAŠNJEG KUVAČA SLADA REPAIR OF THE INTERNAL MALT COOKER Zlatan Ištvanić, Vukašin Tintor, Vladimir Čavić (Bosnia and Herzegovina)	181
24. MONITORING AND DIAGNOSIS OF CRYSTALLIZATION IN AN AIR COOLED ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM İsmail HİLALİ, Yusuf IŞIKER, Hüsamettin BULUT, Yusuf GÜLTEKİN (Türkiye)	190
25. RISK ANALYSIS OF MOBILE CRANES WITH FINE & KINNEY METHOD Serkan Emre Uygun, Murat Kısa, Mustafa Özen (Türkiye)	197
26. A MODEL SUGGESTION FOR SOLVING SHIFT SCHEDULING PROBLEM Serkan Kaya (Türkiye)	205
27. ANALYSIS OF UPGRADES STRATEGIES IN 1.5T MAGNETIC RESONANCE IMAGING SYSTEMS Abdurrahim DUSAK, Saime SHERMATOVA (Türkiye)	211
28. ODREĐIVANJE FAKTORA INTENZITETA NAPONA ZA RAZLIČITE LOKACIJE PUKOTINA NA POSUDI POD PRITISKOM DETERMINATION OF STRESS INTENSITY FACTOR FOR DIFFERENT LOCATIONS OF CRACKS ON PRESSURE VESSELS Nedeljko Vukojević, Amna Bajtarević-Jeleč, Vedran Mizdrak (Bosna i Hercegovina)	219
29. THE LATEST IMPROVEMENTS IN I-BEAMS PRODUCTION AND ITS APPLICATION IN BUILDING AND MAINTENANCE Faik Uzunović, Omer Beganović, Lamija Sušić (Bosnia and Herzegovina)	225
30. NEW ROLE MODEL FOR TEACHERS IN HIGHER EDUCATION? Hagen H. Hochtinner, Maja Dragan (Austria)	233
31. PRILOG ANALIZI ODRŽAVANJA BORBENE TEHNIKE KOPNENE VOJSKE U RATU U UKRAJINI APPENDIX TO THE ANALYSIS OF MAINTENANCE OF LAND ARMY TECHNIQUES IN THE WAR IN UKRAINE Marinko Aleksić, Dražen Božović, Sead Cvrk (Montenegro)	239
32. ELEMENTI STUDIJE PROCJENE UTICAJA BUKE NA AUTOPUTU ELEMENTS STUDY OF NOISE IMPACT ASSESSMENT ON HIGHWAY Mustafa Imamović, Alena Kahrimanović (Bosnia and Herzegovina)	253
33. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA OD BUKE PRI GRADNJI AUTOPUTEVA ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES FROM NOISE DURING CONSTRUCTION OF HIGHWAYS Mustafa Imamović (Bosnia and Herzegovina)	261

34. ENGLSKI JEZIK ZA POSEBNE NAMJENE U NASTAVI ODRŽAVANJA NA MAŠINSKOM FAKULTETU U ZENICI ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES IN TEACHING MAINTENANCE AT THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING IN ZENICA Aida Tarabar (Bosnia and Herzegovina)	269
35. MAINTENANCE OF COMMERCIAL USED DRONES Muharem Šabić, Darko Petković, Fuad Klisura (Bosnia and Herzegovina)	275
36. THE APPROACHES TO SOFTWARE MAINTENANCE IN IT COMPANIES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA Dražena Gašpar, Nina Bijedić, Elda Sultić (Bosnia and Herzegovina)	283
37. ODRŽAVANJE KVALITETNE MREŽNE INFRASTRUKTURE U CILJU USPJEŠNOG POSLOVANJA MAINTAINING QUALITY NETWORK INFRASTRUCTURE FOR SUCCESSFUL BUSINESS Muharem Redžibašić, Sabahudin Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	291
38. IDENTIFIKACIJA RIZIKA I UPRAVLJANJE RIZICIMA U TEHNOLOGIJI ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA RISK IDENTIFICATION AND RISK MANAGEMENT IN ANTI-CORROSION PROTECTION TECHNOLOGY OF STEEL STRUCTURES Omar Kopčić, Fatima Baltić-Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	299
39. DUALNO OBRAZOVANJE U TEHNIČKIM STUDIJAMA – REALNOST I POTREBA BH AKADEMSKOG OBRAZOVANJA DUAL EDUCATION IN TECHNICAL STUDIES – REALITY AND NECESSITY OF B&H ACADEMIC EDUCATION Darko Petković, Fuad Hadžikadunić, Džafer Dautbegović, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	307
40. SEAMAN'S ROLE IN SHIP'S TECHNICAL SUPERVISION Igor Petrović (Montenegro)	317
41. DEFINISANJE MODELA ZA VREDNOVANJE EFEKATA SISTEMA OKOLINSKOG UPRAVLJANJA PREMA STANDARDU ISO 14001 DEFINITION OF THE MODEL FOR EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM ACCORDING TO ISO 14001 Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Mirnes Duraković (Bosnia and Herzegovina), Miodrag Hadžistević (Serbia)	327
42. MODEL PRIKUPLJANJA I TEHNOLOGIJA REGENERACIJE OTPADNIH MAZIVIH ULJA COLLECTION MODEL AND REGENERATION TECHNOLOGY OF WASTE LUBRICATING OIL Emina Kadušić, Vehid Birdahić, Muvedet Šišić, Nusret Imamović, Kemal Bošnjaković (Bosnia and Herzegovina)	337
43. TEHNOLOGIJA ZAMJENE NOSEĆE KONSTRUKCIJE KRANSKE STAZE U CILJU PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA REPLACING TECHNOLOGY OF THE SUPPORTING STRUCTURE OF THE CRANE PATH FOR THE PURPOSE OF PREVENTIVE MAINTENANCE Nedeljko Vukojević, Nedeljko Babić, Miroslav Miškić, Dragan Botić, Almedin Gačić (Bosnia and Herzegovina)	343
44. ODRŽAVANJE LUČKE MEHANIZACIJE: ELEMENTI ANALIZE PODLOGA PLANIRANJA PORT EQUIPMENT MAINTENANCE: SOME CONSIDERATIONS ON PLANNING BASES Deda Đelović (Montenegro)	351

45. SPECIFIČNOSTI ZAMJENE KOTLOVSKOG BUBNJA SPECIFICS OF BOILER DRUM REPLACEMENT Miroslav Miškić (Serbia), Namanja Tanasijević, Zoran Šiljegović Ostoja Ilić, Radomir Kokotović (Bosnia and Herzegovina)	361
46. IMPLEMENTACIJA 5S METODE U PROCESU PROIZVODNJE IMPLEMENTATION OF THE 5S METHOD IN THE PRODUCTION PROCESS Ranka Gajković, Slaviša Moljević, Njegoslav Đokić (Bosnia and Herzegovina)	371
47. OPTIMIZACIJA INTERVALA NEISKORIŠĆENOG RESURSA POGONSKOG MOTORA VOZILA OPTIMIZATION OF THE UNUSED RESOURCE INTERVAL OF THE VEHICLE'S DRIVE ENGINE Vojislav Krstić, Boris Antić, Božidar Krstić, Ivan Krstić, Saša Milojević (Serbia), Zoran Ćurguz, Mesud Ajanović (Bosnia and Herzegovina)	379
48. ANALIZA NASTANKA OTKAZA POGONSKOG MOTORA VOZILAI PREDLOZI ZA NJIHOVO OTKLANJANJE ANALYSIS OF VEHICLE ENGINE FAULT FAILURE AND SUGGESTIONS FOR THEIR REMOVAL Vojislav Krstić, Ivan Krstić, Božidar Krstić (Serbia), Mesud Ajanović, Zoran Ćurguz (Bosnia and Herzegovina)	385
49. MOGUĆNOSTI PRIMENE FLEET BOARD SISTEMA PRI EKSPLOATACIJI I ODRŽAVANJU MOTORNIIH VOZILA FLEET BOARD SYSTEM APPLICATION POSSIBILITIES BY EXPLOITATION AND MAINTENANCE OF MOTOR VEHICLES Nikola Krstić, Stefan Krstić, Božidar Krstić, Ivan Krstić (Serbia), Zoran Ćurguz, Mesud Ajanović (Bosnia and Herzegovina)	395
50. TAČNOST CILINDRIČNIH MJERA KOD DIJELOVA IZRAĐENIH 3D PRINTANJEM S ONYX FILAMENTOM CYLINDRICAL DIMENSIONS ACCURACY IN PARTS MADE BY 3D PRINTING WITH ONYX FILAMENT Josip Kačmarčik, Kenan Varda, Ernad Bešlagić, Nermina Zaimović-Uzunović (Bosnia and Herzegovina)	405
51. DUALNO VISOKO OBRAZOVANJE U CRNOJ GORI – MOGUĆNOSTI I IZAZOVI DUAL HIGHER EDUCATION IN MONTENEGRO - OPPORTUNITIES AND CHALLENGES Boban Melović, Dragana Ćirović, Milica Vukčević (Montenegro)	413
52. PRIMJER KORIŠĆENJA VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE U ODRŽAVANJU LEŽAJEVA U BRODSKIM SISTEMIMA EXAMPLE OF THE USE OF VIRTUAL INSTRUMENTATION IN MAINTENANCE OF MECHANICAL BEARINGS IN SHIP SYSTEMS Nikola Marvučić, Draško Kovač, Ilija Knežević, Tatijana Dlabač (Montenegro)	421
53. MEHANIČKE OSOBINE IZOTERMALNO POBOLJŠANOG NODULARNOG LIVA U FUNKCIJI ODRŽAVANJA MECHANICAL PROPERTIES BY AUSTEMPERED DUCTILE IRON AS A FUNCTION OF MAINTANCE Šehzudin Dervišić, Hasan Avdušinović (Bosnia and Herzegovina)	429
54. ELEMENTI KOMUNIKACIJSKOG PROCESA - PUBLIKA ELEMENTS OF THE COMMUNICATION PROCESS - AUDIENCE Alena Kahrmanović (Bosnia and Herzegovina)	433

55. PRIMJENA SOFTVERSKOG PAKETA AMOS EMS U ODRŽAVANJU BRODSKIH TEHNIČKIH SISTEMA APPLICATION OF THE AMOS EMS SOFTWARE PACKAGE IN MAINTENANCE OF SHIP'S TECHNICAL SYSTEMS Đorđe Nedeljkov, Mr Nikola Marvučić, Mr Draško Kovač, Ilija Knežević (Montenegro)	441
56. ISPITIVANJE VIBRACIJSKIH PARAMETARA ZA PROCJENU STANJA HIDROAGREGATA U RAZLIČITIM REŽIMIMA RADA EXAMINATION OF VIBRATION PARAMETERS FOR ASSESSING THE CONDITION OF HYDROGENERATORS IN DIFFERENT OPERATION MODES Davorka Šaravanja, Marko Grbešić (Bosnia and Herzegovina)	449
57. SISTEMI MONTAŽE JEDNOBRODNE AB HALE ASSEMBLY SYSTEMS OF RC ONE-BAY HALLS Nermin Redžić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina), Vesna Boljević (Montenegro)	456
58. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA MJERENJE POMAKA I RASTOJANJA DESIGNING SYSTEMS FOR MEASURING DISPLACEMENT AND DISTANCE Emir Đulić, Damir Špago, Safet Isić (Bosnia and Herzegovina)	467
59. ISPITIVANJE UDARNE ŽILAVOSTI OVJESNIH POLUGA IZVOZNOG POSTROJENJA U RUDNIKU TESTING OF IMPACT TOUGHNESS OF THE SUSPENSIONS LEVER OF THE EXPORT PLANT IN THE MINE Mustafa Hadžalić, Raza Sunulahpašić, Mirsada Oruč (Bosnia and Herzegovina)	479
60. ANALIZA REZULTATA MJERENJA LEBDEĆIH ČESTICA NA POZADINSKOJ STANICI VRANDUK ANALYSIS OF THE RESULTS OF MEASURING FLOATING PARTICLES AT THE BACKGROUND STATION VRANDUK Muvedet Šišić, Farzet Bikić, Vehid Birdahić, Halim Prčanović, Mirnes Duraković (Bosnia and Herzegovina)	485
61. DIJAGNOSTIKA STANJA I ODRŽAVANJE KABINSKE ŽIČARE – GONDOLE NA RAVNOJ PLANINI DIAGNOSTICS OF THE CONDITION AND MAINTENANCE OF THE CABIN CAR – GONDOLA ON THE MOUNTAIN „RAVNA PLANINA“ Faris Hazić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	493
62. METODOLOGIJA ISPITIVANJA KONSTRUKCIJE NA KONKRETNOM PRIMJERU ZGRADE MAŠINSKOG FAKULTETA U ZENICI STRUCTURE TESTING METHODOLOGY ON THE CONCRETE EXAMPLE OF THE BUILDING OF THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING IN ZENICA Vahid Redžić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	503
63. ODRŽAVANJE POLITIČKIH SISTEMA MAINTENANCE OF POLITICAL SYSTEMS Faruk Kozić (Bosnia and Herzegovina)	513
INDEX AUTORA / AUTHORS INDEX	519

UVODNI REFERATI

KEYNOTE PAPERS

ANALIZA POUZDANOSTI RAVNOG DNA I POKROVA TANKA GORIVA NA PRIMJERU BRODOVA ZA RASUTI TERET

RELIABILITY ANALYSIS OF BOTTOM PLATE AND INNER BOTTOM PLATE OF FUEL TANKS ON THE EXAMPLE OF BULK CARRIERS

Matija Rašković, prof. dr Špiro Ivošević, dipl. inž.
Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore

REZIME

Prilikom eksploatacije brodova za rasuti teret stanje konstruktivnih elemenata i površina zavisi od uticaja tereta koji se prevozi, operativnih faktora i sistema održavanja. Korozija značajno ubrzava starenje metalnih ploča i nosača, što dovodi do propadanja tih površina, a to posljedično smanjuje pouzdanost konstrukcijskih elemenata, površina i broda uopšte. Oštećenja na metalnim konstrukcijama mogu narušiti stabilnost broda, smanjiti čvrstoću, izazvati prodiranje vode u trup, kao i zagađenje životne sredine kroz izlivanje goriva iz tanka. Stoga je u radu analiziran dio konstrukcije na osnovu dostupnih podataka o istrošenju ravnog dna i pokrova tanka goriva. Istraživanjem je obuhvaćen jedan brod za rasuti teret starosti od pet do 25 godina sa ukupno tri rezervoara za gorivo. Dozvoljeno istrošenje debljine konstruktivne ploče koja iznosi 20% prvobitne vrijednosti debljine utvrđeno je primjenom kriterijuma prihvatljivosti koji su propisani od strane klasifikacionog društva. Proračunima funkcije gustine otkaza, stope otkaza i pouzdanosti utvrđeno je vrijeme kada se stanje konstrukcijskih elemenata pogoršava uslijed korozije do nivoa koji zahtijevaju opsežno održavanje.

Ključne riječi: pouzdanost, brod, korozija, otkaz

ABSTRACT

The state of structural components and areas during the operation of bulk carriers relies on the type of cargo transported, operational circumstances, and maintenance procedures. Corrosion drastically shortens the lifespan of metal plates and girders, resulting in the corrosion of steel surfaces and a general decline in the reliability of ships and other structural components. Damage to metal structures can reduce a ship's longitudinal strength, degrade stability, allow water to enter the hull, and result in environmental pollution from fuel spills from tanks. Therefore, part of the structure was analyzed in the paper based on the available wear data of bottom plate and inner bottom plate. One bulk carrier with three fuel tanks and a span of 5 to 25 years was studied. By using the acceptance criteria outlined by the classification societies, it was possible to calculate the structural plate thickness's permitted wear, which is 20 percent of its original thickness value. The time when the condition of the structural elements deteriorates due to corrosion to a level that demands intensive maintenance services was estimated using calculations of the failure density, failure intensity, and reliability functions.

Key words: reliability, ship, corrosion, failure

1. UVOD

Tokom posljednjih decenija, stariji brodovi su za rasuti teret u eksploataciji dobili posebnu pažnju. Nedavna istraživanja su identifikovala sudare, požare, eksplozije, nasukivanje, oštećenja konstrukcija i prodor vode kao najčešće uzroke nesreća starijih brodova za rasuti teret [1, 2]. Takva oštećenja mogu izazvati gubitak ljudskih života i zagađenje životne sredine ili značajne materijalne štete. Iz tog razloga, tokom posljednje dvije decenije Međunarodni kodeks upravljanja sigurnošću uvodi sistem za sigurno upravljanje brodom tokom eksploatacije. Praćenje promjena stanja konstrukcije u eksploataciji pospješuje identifikaciju kritičnih područja i konstruktivnih elemenata koji su podložni ubrzanom starenju i propadanju. Literarni izvori su kao kritične oblasti identifikovali skladišta za teret, balastne tankove i poprečne pregrade brodova za rasuti teret [3,4].

Na osnovu trendova u pomorstvu koji promovišu smanjenje štetnih uticaja brodova na životnu sredinu tokom posljednje dvije decenije, istraživanja se fokusiraju na Međunarodnu pomorsku konvenciju za sprečavanje zagađivanja sa brodova (MARPOL). U posljednje vrijeme mnoge studije su istraživale zagađenje životne sredine izazvano emisijom izduvnih gasova, kao i druge zagađivače, kao što su gorivo, balastne vode, otpad itd. [5].

Unutrašnji i spoljni operativni faktori, kao i predvidljivi i nepredvidljivi kompleksni uticaji atmosfere (temperatura, vlažnost), morskog okruženja (temperatura, salinitet, provodljivost) i faktora specifičnih za brod (upravljanje balastom, održavanje, plovidba) dominantno utiču na propadanje strukture broda tokom vremena [6]. Različite deformacije i strukturna oštećenja nastaju kao posljedica složenih uslova morske sredine. Dosadašnja istraživanja su pokazala da zamor materijala i različiti fizički oblici korozije (uniformna, tačkasta, intergranularna itd.) predstavljaju najdominantnije uzroke propadanja brodova [7]. Veća oštećenja i slabljenje konstrukcija starijih brodova zahtijevaju redovno održavanje i inspekciju od strane klasifikacionih društava i državnih uprava u okviru kontrole države i lučke države. U tom smislu, klasifikaciona društva pojedinačno ili u okviru Međunarodnog udruženja za klasifikaciju (IACS) propisuju interna pravila koja regulišu obim i intenzitet mjerenja konstruktivnih elemenata i površina tokom životnog vijeka brodova i definišu kriterijume prihvatanja. Ovi kriterijumi određuju obim kritičnih konstruktivnih površina, kao i površine koje je potrebno zamijeniti zbog dotrajalosti i neusaglašenosti sa standardima klasifikacije, što dalje zahtijeva popravke i zamjene oštećenih površina [8].



a)



b)

Slika 1. Primjer korodiranih površina ravnog dna (a) i pokrova dvodna (b)

Obim popravki često određuje da li se eksploatacija broda može nastaviti. Informacije o stanju konstrukcionih površina i pouzdanosti broda ključne su i za vlasnike i za kompanije koje upravljaju brodovima. Remont često zahtijeva zamjenu značajnih količina čelika u određenim dijelovima i stoga može zahtijevati djelimičnu ili potpunu zamjenu konstruktivnih dijelova,

kao što su dijelovi palube, pokrovi dna, poprečne pregrade, dno i bočne pregrade, glavni okviri itd. [9]. Što se tiče tanka za gorivo, popravke su posebno složene, zbog ispuštanja goriva, čišćenja tanka, provjetravanje tanka i posebnih sigurnosnih mjera za manipulaciju čeličnim površinama koje su u kontaktu sa gorivom [10]. Do sada su brojni literarni izvori navodili nivoe korozije tokom vremena [6,11], procjenjivali rizike, pouzdanost [12] i vjerovatnoću oštećenja pojedinih strukturnih područja (poprečne pregrade i unutrašnji pokrovi dna) [13,14], ili svih strukturnih elemenata i površina [14,15].

Ovaj rad analizira pouzdanost djela strukturnih oblasti tankova goriva kod starog balcerijera i strukturiran je u četiri poglavlja. U prvom poglavlju je dat uvod u tematiku rada. U drugom poglavlju je prikazana baza podataka, kao i metodologija njihove obrade. U trećem poglavlju su prikazani i analizirani rezultati, a u četvrtom poglavlju dat je zaključak.

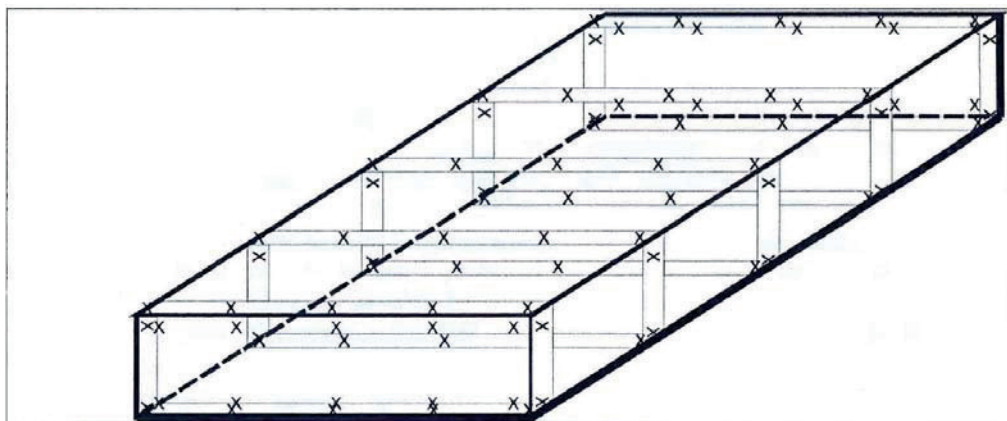
2. MATERIJALI I METODOLOGIJA

Tokom eksploatacije broda uslijed brojnih uslova okruženja i operativnih uslova dolazi do smanjenja debljine čeličnih ploča brodskih konstruktivnih elemenata. Ovo smanjenje utiče na stabilnost i nosivost konstrukcije i na smanjenje pouzdanosti broda. Iz tog razloga se vrše obimna mjerenja broskog trupa u cilju procjene stanja konstruktivnih elemenata i utvrđivanja mogućnosti njihove dalje eksploatacije u skladu sa klasifikacionim pravilima.

U tom smislu, u ovom radu se analizira pouzdanost ravnog dna i pokrova tanka goriva na primjeru jednog broda za rasuti teret. Sprovedena je analiza pouzdanosti dvije strukturne cjeline tanka goriva, i to čelične ploče ravnog dna i pokrova za tri tanka goriva, za period starosti od 10, 15, 20 i 25 godina. U razmatranom periodu ove oblasti su bile pod različitim uticajem, kako uslova okruženja tako i operativnih faktora koji su tokom vremena doprinosili degradaciji, odnosno smanjenju debljine čeličnih ploča, a samim tim i pouzdanosti ovih strukturnih elemenata tankova goriva [6, 11].

2.1. Baza podataka

Tankove goriva čine čelične ploče koje su sastavljene iz nekoliko cjelina. Bočne strane su sastavljene iz uzdužnih nosača i poprečnih pregrada, dok su gornja i donja strana sastavljene od ravnih ploča, odvajajući sa gornje strane skladište tereta, a sa donje strane oplatu broda. Prethodno istraživanje tankova za gorivo pokazalo je da, osim ravnog dna i uzdužnih vodonepropusnih nosača, pokrov tanka takođe trpi značajno smanjenje debljine čelične površine zbog korozije [11].



Slika 2. Primjer mjernih pozicija na tanku goriva [16]

Da bi se moglo obaviti odgovarajuće istraživanje, bilo je potrebno identifikovati ulaznu bazu podataka. U tom smislu je od obimne baze izmjerenih podataka tokom posebnih inspekcija, koje se obavljaju svakih pet godina eksploatacije broda, izvršena sistematizacija mjerenih podataka na način da je svaki tank podijeljen u pet zamišljenih presjeka, a da su u svakom presjeku mjerene vrijednosti na svakoj presječnoj čeličnoj ploči. Na Slici 2 su prikazane mjerne pozicije nad elementima tanka goriva na način da je sa „x“ označeno mjesto gdje je mjerena debljina čelične ploče.

Mjerenja strukturnih elemenata brodova obično se izvode tokom posebnih inspekcija brodova za rasuti teret, nakon 10, 15, 20 i 25 godina, objedinjuju se podaci o debljini svih strukturnih područja brodova za rasuti teret prema zahtjevima klasifikacionog društva.

Tabela 1. Baza podataka za tri tanka goriva

Starost broda	Broj tankova	Broj mjernih tačaka	Srednje vrijednosti smanjenja debljine ploče uzrokovane korozijom (%)	
			Donje ploče	Gornje ploče
0–5	3	140	0,0%	0,0%
5–10	3	140	0,8%	3,0%
10–15	3	140	1,0%	8,3%
15–20	3	140	1,1%	11,0%
20–25	3	140	3,7%	35,3%
Total:	15	700		

Istraživanje se fokusira samo na tankove goriva koji se nalaze u području duplog dna [11]. Svaki stariji brod za rasuti teret ima između dva i četiri tanka za gorivo, a ukupan broj tankova prikazan je u tabeli 1. Istraživačka baza podataka uključuje starost brodova, tankove goriva i aritmetičku sredinu postotaka istrošenosti čeličnih ploča u odnosu na originalne vrijednosti.

2.2. Metodologija obrade podataka

Pouzdanost (eng. *reliability*) jeste sposobnost objekta (komponente, uređaja, sistema) da uspješno obavlja zadatu funkciju, pod određenim uslovima, u datom vremenskom intervalu. Predstavlja količnik broja mjernih pozicija debljine čelične ploče (n_1) i ukupnog broja događaja, odnosno mjernih pozicija debljine čelične ploče (n) u trenutku (t). Ovo je prikazano u Formuli 1:

$$R(t) = \frac{n_1(t)}{n}. \quad (1)$$

Empirijska formula za gustinu otkaza $f_e(t)$ data je formulom (2):

$$f_e(t) = \frac{n_1(t_i) - n_1(t_i - \Delta t_i)}{n \Delta t_i} \quad (2)$$

Ova formula pokazuje odnos otkaza u vremenskom intervalu (Δt_i) i ukupnog broja događaja (n), koji je podijeljen sa dužinom vremenskog intervala (Δt_i). Funkcija intenziteta otkaza $\lambda_e(t)$ odgovara odnosu između broja otkaza u vremenskom intervalu (Δt_i) i broja događaja koji nisu imali otkaz na početku intervala, koji je podijeljen sa dužinom vremena intervala (Δt_i). Ovo je prikazano u Formuli 3:

$$\lambda_e(t) = \frac{n_1(t_i) - n_1(t_i + \Delta t_i)}{n_1(t_i) \Delta t_i} \quad (3)$$

Funkcija $f_e(t)$ je mjera ukupne stope otkaza, dok je $\lambda_e(t)$ mjera trenutne stope otkaza. Gustina otkaza, intenzitet otkaza i pouzdanost ravnog dna i pokrova tanka goriva su shodno tome izračunati.

Da bi se mogla primijeniti teorija pouzdanosti bilo je potrebno identifikovati kriterijum otkaza. U tom smislu, klasifikaciona pravila predviđaju dozvoljeno odstupanje od ugrađene debljine čelične ploče kao prihvatljivo odstupanje oštećenja. U slučaju korozivnih oštećenja koja prelaze dozvoljenu vrijednost, odstupanje se smatra nedozvoljenim. U konkretnom slučaju predmetnog broda, odnosno prema pravilima klasifikacionog društva, dozvoljeno odstupanje oštećenja je 20% u odnosu na ugrađenu vrijednost, što znači da su sva oštećenja koja su veća od 20% smatrana otkazima [7]. Takođe, za čitavu strukturnu oblast predviđa se ukupno odstupanje od 10% istrošenja u odnosu na ugrađenu vrijednost, odnosno pouzdanost na nivou od 90%.

3. REZULTATI

Na bazi izmjerenih podataka o oštećenjima čeličnih ploča razmatranog broda za prevoz rasutog tereta, te utvrđenog kriterijuma prihvatljivosti, gustina otkaza, intenzitet otkaza i pouzdanost izračunati su na osnovu jednačina (1) – (3).

U tabelama 2 i 3 prikazani su brojevi otkaza koji prelaze dozvoljenu granicu od 20% istrošenja, kao i odgovarajuće vrijednosti gustine otkaza, stope otkaza i pouzdanosti.

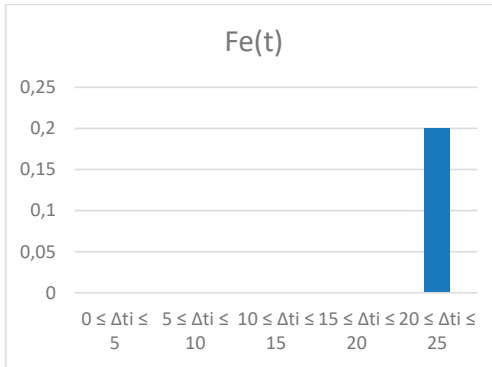
Tabela 2. Vrijednosti $f_e(t)$, $\lambda_e(t)$, $R_e(t)$ za čelične ploče ravnog dna

Δt_i (godine)	Broj otkaza	Gustina otkaza	Stopa otkaza	Pouzdanost
Δt_i (godine)		$f_e(t)$	$\Lambda_e(t)$	$R_e(t)$
$0 \leq \Delta t_i \leq 5$	0	0	0	1
$5 \leq \Delta t_i \leq 10$	0	0	0	1
$10 \leq \Delta t_i \leq 15$	0	0	0	1
$15 \leq \Delta t_i \leq 20$	0	0	0	1
$20 \leq \Delta t_i \leq 25$	0	0	0	1
Total:	0			

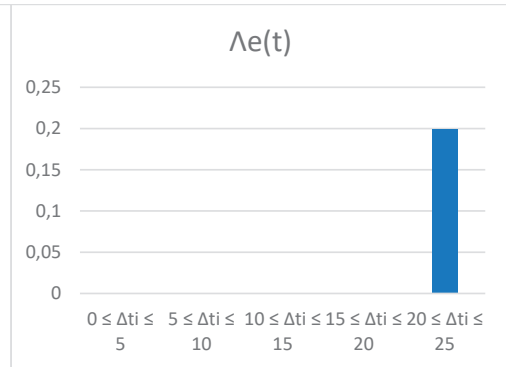
Tabela 3. Vrijednosti $f_e(t)$, $\lambda_e(t)$, $R_e(t)$ za čelične ploče pokrova tanka

Δt_i (godine)	Broj otkaza	Gustina otkaza	Stopa otkaza	Pouzdanost
Δt_i (godine)		$F_e(t)$	$\Lambda_e(t)$	$R_e(t)$
$0 \leq \Delta t_i \leq 5$	0	0	0	1
$5 \leq \Delta t_i \leq 10$	0	0	0	1
$10 \leq \Delta t_i \leq 15$	0	0	0	1
$15 \leq \Delta t_i \leq 20$	0	0	0	1
$20 \leq \Delta t_i \leq 25$	68	0.2	0.2	0
Total:	68			

Na slikama 3 i 4 prikazani su gustina i stopa otkaza pokrova tanka. Na slikama 5 i 6 prikazana je pouzdanost ravnog dna i pokrova tanka.

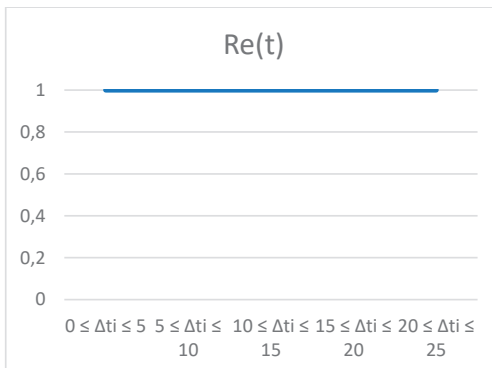


Slika 3. Gustina otkaza pokrova tanka

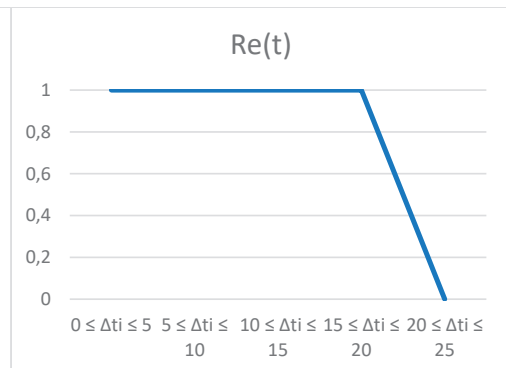


Slika 4. Stopa otkaza pokrova tanka

Za svaki vremenski interval od pet godina, analizirani broj mjernih pozicija određen je odgovarajućim brojem otkaza, odnosno vrijednostima ravnog dna i pokrova tanka koje premašuju dozvoljena odstupanja prema pravilima klasifikacionog društva. Podaci o broju otkaza ukazuju na porast broja otkaza tokom vremena, što ukazuje na otkaze uzrokovane starenjem i propadanjem materijala [11].



Slika 5. Pouzdanost ravnog dna tanka



Slika 6. Pouzdanost pokrova tanka

U predmetnim istraživanjima broj otkaza je veći kod pokrova tanka goriva nego kod ravnog dna tanka. Dakle, kako se brod bliži granici starosti od 20 do 25 godina, u najvećem dijelu dolazi do otkaza i opadanja pouzdanosti kod pokrova tanka goriva više nego kod ravnog dna, što je posljedica raznih operativnih faktora koji primarno dolaze iz skladišta tereta (uticaj tereta i operacija sa teretom). Imajući u vidu da je projektovani radni vijek brodskih konstrukcija 25 godina, upravo u tom periodu intenzitet otkaza raste, a pouzdanost naglo opada. Kod ravnog dna tanka goriva pouzdanost tokom čitavog perioda eksploatacije broda i dalje je u dozvoljenim granicama, što se može opravdati činjenicom da su brodovi tokom eksploatacije obavezni proći zahvate održavanja u doku najmanje dva puta u toku svakih pet godina. Očigledno je da operacije površinske zaštite značajno štite oplatu broda, dok se pokrov tanka, zbog stalnih operacija sa teretom i specifičnih manipulativnih tehnika sa teretom, intenzivnije troši tokom vremena. U skladu sa navedenim, ovo istraživanje ukazuje na potrebu zamjene korodiranih površina u kritičnim zonama i sanaciju konstrukcije tanka za gorivo već nakon 20 godina eksploatacije.

4. ZAKLJUČAK

U radu je ispitivana pouzdanost konstruktivnih površina tanka goriva kod broda za rasuti teret tokom svih 25 godina eksploatacije, odnosno pouzdanost čeličnih ploča ravnog dna i pokrova tanka. Dokazano je da pouzdanost ravnog dna ostaje na maksimalnom nivou tokom 25 godina eksploatacije broda (100%), dok kod pokrova tanka goriva pouzdanost nakon 20 god. značajno opada. Poslije 20 godina eksploatacije pouzdanost opada, što zahtijeva zamjenu korodiranih površina, prevashodno zbog zahtjeva klasifikacionih pravila i opasnosti da bi se gorivo moglo izliti u skladište tereta. Ovo istraživanje podstiče kompanije za upravljanje i održavanje brodova da pažljivo ispituju ova područja i na bazi kontrole parametara stanja i analize pouzdanosti iznađu optimalno vrijeme održavanja. Praćenje stanja i odgovarajuća optimizacija poslova održavanja mogli bi produžiti životni vijek broda, dok bi se prekomjerne popravke na taj način značajno smanjile.

U eventualnom nastavku istraživanja obavljenih za potrebe ovog rada značajno bi bilo ispitati i pouzdanost ostalih dijelova tankova goriva kako bi se odredio optimalan termin održavanja i popravki, te spriječilo izlivanje goriva i potencijalno zagađenje životne sredine.

5. LITERATURA

- [1] S. E. Roberts and P. B. Marlow, 'Casualties in dry bulk shipping (1963–1996)', *Marine Policy*, vol. 26, no. 6, pp. 437–450, Nov. 2002, doi: 10.1016/S0308-597X(02)00024-6.
- [2] International Association of Classification Societies (IACS), "Bulk Carriers - Handle with care," 2020.
- [3] J. K. Paik and A. K. Thayamballi, 'Ultimate strength of ageing ships', *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, vol. 216, no. 1, pp. 57–77, Jun. 2002, doi: 10.1243/147509002320382149.
- [4] C. P. Gardiner and R. E. Melchers, 'Corrosion analysis of bulk carriers, Part I: operational parameters influencing corrosion rates', *Marine Structures*, p. 20, 2003.
- [5] S. Bauk, M. Aleksić, and Š. Ivošević, 'Scanning Fuel Tanks' Corrosion Wastage of Some Aged Bulk Carriers Due to Security Reasons', *PROMET*, vol. 23, no. 6, pp. 459–470, Feb. 2012, doi: 10.7307/ptt.v23i6.181.
- [6] Š. Ivošević, R. Meštrović and N. Kovač, "An Approach To The Probabilistic Corrosion Rate Estimation Model For Inner Bottom Plates Of Bulk Carriers," *Shipbuilding*, 2017.
- [7] Š. Ivošević and N. Kovač, 'The Reliability Of Watertight Longitudinal Girders Of Fuel Tanks On Aging Bulk Carriers', p. 9. *International Maritime Science Conference*, 2021.
- [8] S. Qin and W. Cui, 'Effect of corrosion models on the time-dependent reliability of steel plated elements', *Marine Structures*, vol. 16, no. 1, pp. 15–34, Jan. 2003, doi: 10.1016/S0951-8339(02)00028-X.
- [9] R. E. Melchers, 'Corrosion uncertainty modelling for steel structures', *Journal of Constructional Steel Research*, p. 17, 1999.
- [10] G. Wang, B. Boon, F. P. Brennan, Y. Garbatov, C. Ji, J. Parunov, T. A. Rahman, C. Rizzo, A. Rouhan, C. H. Shin and N. Yamamoto, *Condition Assessment Of Aged Ships And Offshore Structures*, vol. 2, Seoul: 17th International Ship And Offshore Structure Congress, 2009.
- [11] Š. Ivošević, R. Meštrović, and N. Kovač, 'Probabilistic estimates of corrosion rate of fuel tank structures of aging bulk carriers', *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 165–177, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2018.03.003.
- [12] C. Guedes Soares and Y. Garbatov, 'Reliability of maintained ship hulls subjected to corrosion and fatigue under combined loading', *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 52, no. 1, pp. 93–115, Oct. 1999, doi: 10.1016/S0143-974X(99)00016-4.
- [13] Š. Ivošević and Á. Drégelyi-Kiss, 'Application of regression analysis on some thickness measurement data collected for inner bottom plates of aging bulk carriers', no. 3, p. 5, *International Scientific Journal "trans & motauto world"*, 2020.

- [14] J. K. Paik, J. M. Lee, Y. I. Park, J. S. Hwang, and C. W. Kim, 'Time-variant ultimate longitudinal strength of corroded bulk carriers', *Marine Structures*, vol. 16, no. 8, pp. 567–600, Nov. 2003, doi: 10.1016/j.marstruc.2004.01.003.
- [15] A. W. Hussein, A. P. Teixeira, and C. G. Soares, 'Impact Of The Common Structural Rules On The Design Of The Midship Section Of Bulk Carriers', p. 11. Unit of Marine Technology and Engineering, Technical University of Lisbon, 2007.
- [16] Š. Ivošević, *Analiza strukturne degradacije broskog trupa: Doktorska disertacija*, Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora, 2012.

ANALYSIS OF MAINTENANCE STRATEGIES IN SINGLE-AXIS TRACKING AND FIXED-TILT GRID-CONNECTED SOLAR PV PLANTS

Hüsamettin BULUT

Harran University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering
Şanlıurfa, Türkiye

Tunahan SEVAL
Smart Energy
Şanlıurfa, Türkiye

İsmail HİLALİ
Harran University, Engineering
Faculty, Department of Mechanical
Engineering
Şanlıurfa, Türkiye

ABSTRACT

Increasing energy need, rising energy costs and the global climate crisis carries solar PV plants to an important place among renewable energy sources. There is an increasing trend in the installed power of PV plants. Although PV plants have a static structure and do not have moving parts, they still need maintenance. Because a good and appropriate operation and maintenance is required in order to obtain high efficiency and optimum power yield from PV plants. In this study, the maintenances of single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected solar PV plants at 1 MW_e installed power were examined separately. Preventive, corrective and condition-based maintenance strategies applied to the major components of PV plants such as PV panels, cables, inverters and kiosk substation are explained in detail. The maintenance costs which are one of main parameters in the calculation of levelized cost of energy (LCOE) were determined for each component and systems. Preventive maintenance is generally dominant in both plants. But single-axis tracking PV system require more maintenance than that of fixed-tilt due to its structure. Although maintenance increases investment and operating costs, it has been seen that it contributes to employment and local regional development and more energy. It is thought that the results of the study will be beneficial to power plant owners, technical staff and institutions and organizations related to the solar energy sector.

Keywords: solar energy, PV plants, maintenance Strategies, management

1. INTRODUCTION

Countries have had to turn to renewable energy sources with the increasing energy need and global climate crisis. Although solar energy contains many technologies and applications, it is preferred among renewable energy sources due to its cost, installation, operation and easy availability. Solar Photovoltaics (PV) are prominent in generating electrical energy and rapidly becoming one of the most popular renewable technology options. Over the last decade, the amount of solar PV systems installed around the world has increased massively while their costs have declined drastically. solar PV is also an important pillar of clean energy transitions worldwide and supports efforts to meet international energy and climate goals [1].

Photovoltaic cells which are used in all PV technologies generates electrical energy. This electricity can be directly used, sent to the grid or stored. So, solar PV systems or plants are classified into three main groups; Standalone (Off-grid) PV Systems, Grid-connected (On-grid) PV Systems and Hybrid PV systems [2].

Flat plate PV modules can be mounted in fixed orientation, one-axis tracking, or two axis tracking. Fixed orientation mounting systems can be at different angles with the horizon in order to maximize annual energy production. Tilting results in increased annual energy production, but frequently at a higher mounting-structure capital cost. Two-axis tracking results in the highest annual energy production, but at a higher capital cost. Figure 1 show the effect of mounting structure on energy production. As shown in figure 1, More precise orientation for tracking generates more energy but the capital cost increases [3].

	Flat Plate	Fixed Tilt	One-Axis Tracking	Two-Axis Tracking
Indicative energy boost	0%	15%	22%	32%
Increased capital cost per m ²	0%	10%	15%	20%

Figure 1. Mounting Structure Impacts on Energy Production

Figure 2 shows a typical solar PV plant. The major components of a PV plant include PV modules, inverters, transformer kiosk, mounting structures and other parts (meters, system wiring, security cameras, performance monitoring system, communication system, etc.).

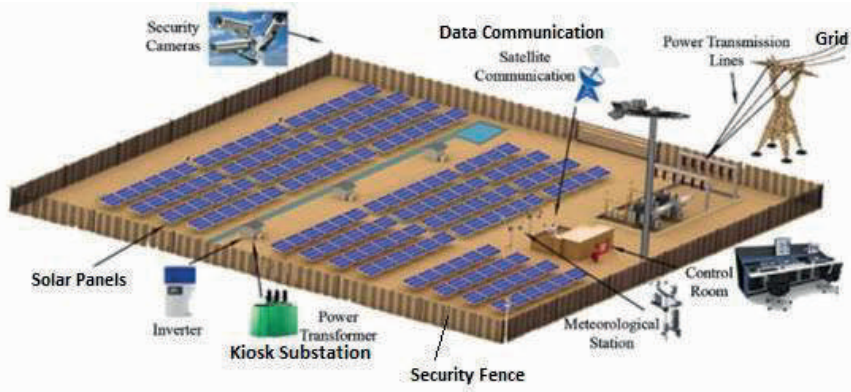


Figure 2. A Typical Solar PV Plant [4]

The PV plant is expected to operate with the highest efficiency and electrical output at all times. But there are several factors that will affect PV system performance over the operational lifetime. Dirt, shading, major components failure and meteorological conditions are main factors that impact on PV plant performance over the operational lifetime [2]. So, it needs operation and maintenance (O&M) strategies for the best possible energy generation. The PV O&M plan should be considered within the context of the performance period required for a PV system to generate a sufficient return on investment [5].

The solar PV systems are not maintenance free. In general, PV maintenance can be classified into three types of maintenance strategies: preventive maintenance, corrective maintenance and predictive (Condition-based) maintenance [5, 6]. Preventive maintenance is dominantly being used today. Scheduling and frequency of preventative maintenance is set by the operations function and is influenced by a number of factors, such as equipment type, environmental conditions (marine, snow, pollen, humidity, dust, wildlife, etc.) of the site, and warranty terms. Preventive maintenance is not only carried out in the event of a problem, but takes place regularly in order to ensure the optimum operation of the system. This prevents breakdowns and therefore saves costs. Corrective maintenance involves repairing the system when an error message is received, or replace failed components. Some corrective maintenance such as inverter resets or communications resets can be done remotely. Less urgent corrective maintenance tasks can be combined with scheduled, preventative maintenance tasks. Predictive maintenance involves intervention based on historical and real-time maintenance-relevant data. Condition-based maintenance is the practice of using real-time information from data loggers to schedule preventative measures such as cleaning, or to head off corrective maintenance problems by anticipating failures or catching them early. Because the measures triggered by condition are the same as preventative and corrective measures, they are not listed separately [5-7].

In this study, preventive, corrective and condition-based maintenance strategies applied to the major components of single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected solar PV plants at 1 MWe installed power were explained in detail. The maintenance costs for each component and the systems were calculated and compared each other.

2. MATERIAL

Single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected solar PV plants are studied. The solar PV plants have been established near the town of Karaali in Şanlıurfa., which is located southeastern of Turkey (Latitude: 37° 00', Longitude 39° 11', Elevation 452 m) . The locations of the plants are shown in Figure 3. Figure 4 and 5 shows single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected solar PV plant, respectively. The total cost of single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected solar PV plants is \$947 0000 and \$839 000, respectively. Figure 6 gives yearly energy yield of the plants. It is seen that the tracking system generates more energy than fixed-angle one.



Figure 3. The locations of the plants



Figure 4. Single-axis tracking solar PV plant



Figure 5. Fixed-tilt solar PV plant

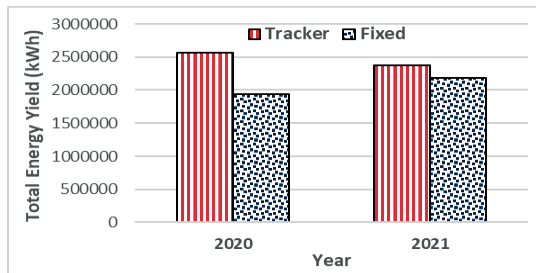


Figure 6. The yearly total energy generation of the plants

3. MAINTENANCE OF THE SOLAR PV PLANTS

The following maintenances are carried out in single-axis tracking and fixed-tilt grid-connected PV solar plants.

- PV panel cleaning
- Environmental cleaning
- I-V curve measurements
- Inverter maintenances
- Cable connections check
- Construction maintenance
- Kiosk substation maintenance
- Transformer maintenance
- Security camera system (CCTV) maintenance
- Unforeseen maintenance

Depending on the structure of the single-axis tracking plant, apart from the above maintenance, there are extra maintenances of the tracking system and its mechanical structure and unforeseen maintenances.

3.1. PV Panel Cleaning

Environmental factors such as dust, bird droppings and plant wastes accumulate on PV panels, reducing energy production and panel efficiency. Rain is not enough for cleaning PV panels. Dust and dirt can accumulate on the panel and form a layer and cause serious damage. Proper PV panel cleaning is an important maintenance and prolongs the life of the panels. Deionized pure water or alcohol-based cleaners are mostly used for panel cleaning to remove the dust and pollution layer on solar panels.

Panel cleaning is usually done twice a year with a mixture of commercially available PV Solar Cleaner Fluid and distilled water, and costs \$900/MW per year. Panel cleaning is done with a special cleaning machine (Figure 7). Panel washing cost does not change for the tracking or fixed PV panels.

3.2. Environmental Cleaning in PV Plants

Wild herb cleaning is carried out as environmental cleaning in the power plant. Dry grass increases the risk of fire. In addition, the shading of tall herb on the panels can cause hot spots, damaging the panel and reducing the efficiency of the shaded panel.

Figure 8 shows weed control around the panels. This process is done with chemical control before weeds grow. Its approximate cost is 800 \$/MW per year, and it is done twice, in early March and mid-April.



Figure 7. Panel cleaning with cleaning machine



Figure 8. Weed control in the plant

3.3. I-V Curve Measurements

As predictive or condition-based maintenance, I-V Curve Measurements are made to detect the following conditions [8].

- Whether the PV Panel powers are consistent with the given data by factory.
- Whether there is a loss due to light induced degradation (LID) or potential induced degradation (PID) in PV panels
- Whether there is contact with the ground or leakage due to any cuts/mouse-eating in the DC cables.
- Whether there is any problem with the by-pass diodes in the PV panels.
- Detection of shading-related problems and possible faulty connections in PV Panel series.

I-V curve measurements on all strings in the switchboard are made by technical personnel once every 2 years or annually optional (Figure 9). The approximate cost per MW is \$200 per year.

3.4. Inverter Maintenance:

One of the main components of a solar PV plant is inverters. Two different types of inverters are used in solar power plants as String Inverters and Central Inverters. Due to factors such as dusting or raining; insulation and filters of inverter fans, heat sinks and panel cabinets against heat, humidity and dust should be checked. Thanks to these controls, the risks of malfunction due to atmospheric conditions and harmful insects are minimized, and inverter efficiency is maintained. Inverter cabinets, inverter housing and medium voltage (MV) / Low Voltage (LV) panels; the operability of door, barrier and lock mechanisms and moving mechanisms should be checked regularly. Thus, as preventive maintenance, malfunctions caused by unauthorized people's intervention on the equipment and adverse atmospheric conditions are prevented [9].

The thermal magnetic switch belonging to the inverter is controlled by the thermal device and the inverter fan maintenance is carried out (Figure 10). It is done once a year with a thermal camera. It costs \$100 in the overall service cost.



Figure 9. I-V Curve Measurement



Figure 10. Inspection of inverter with thermal camera

3.5. Cable Connections

Cable connection checks are given below as preventive maintenance:

- Controls of cables at panel junction box, MC4 connectors (periodical maintenance of DC connections against isolation formation)
- Controls of the underground AC cables between the Inverter and the Low Voltage (LV) Panel (Detecting and intervening in advance of the failure to occur)
- Connection points and cable controls of AC cables between LV Panel and Transformer
- Connection points and cable controls within High Voltage (HV) Breaker Chamber and Transformer

3.6. Construction Maintenance

Mounting construction are carrier systems. The third most important system after panels and inverter is the mounting construction. Construction maintenance should be done seasonally and annually. As a result of the excavation process, if there are insufficient concrete pouring and deviations from other columns on string, they should be corrected and the damaged parts should be renovated over time. Within the scope of maintenance services, bolt connections and steel columns and profile connections are checked and tightened with applying proper torque (Figure 11). Construction maintenance is done once a year. The cost is about \$150 per year.



Figure 11. Checking the bolt connection and fixing it.

3.7. Kiosk Substation Maintenance

Kiosk buildings are structures that protect the electronic equipment of power plants against external factors and contain the power transformer. The maintenance of the kiosk substation buildings is carried out 4 times a year at the beginning of each season by the fault and maintenance managers. There is no significant cost. Here are the things to do in the maintenance schedule:

- Cleaning the elements such as dust and mud inside the building.
- Cleaning insects inside the building prevents arcing or isolation in electrical connections.
- Controlling cracks in the roof or in the wall of building for preventing rain or insects entering the building.

3.8. Transformer Maintenance

Transformer maintenance includes many works such as general external cleaning of the transformer, cleaning of the transformer center, taking oil samples for testing, oil change, controls of the breaker-separator cells, controls of the protection relays. Transformer maintenance stages require special work on their own. Occupational safety rules must be strictly followed in transformer maintenance. Before starting the work, steps such as cutting, disconnecting and grounding should be applied, and finally, after making sure that there is no energy, then the work should be started [10].

Transformer maintenance should be done by authorized persons on a monthly routine basis. The annual cost is \$530.

3.9. Security Camera System Maintenance

Camera systems are the most preferred security measure in solar power plant. Security camera systems, which are an important tool in cases such as possible theft, determination of events in the plant, control of wild animals, should be maintained periodically by professional teams. A comprehensive and detailed agreement on camera system maintenance should be made with the relevant maintenance companies. The following can be done as maintenance in the security camera system (CCTV) [11]:

- Cleaning the camera lenses and checking the security camera body.
- Make sure the camera view angle is not in the blind spot and adjust the angle.
- Pay attention to periodically checking the camera for corrosion.
- Checking all the cables that make the system work and the units it is connected to.
- Checking the status of the power supply to the camera system.
- Checking at least once a week for recordings and backing up the hard drive.
- Frequently checking whether the lighting is well adjusted.
- Set time and date to avoid confusion of camera recordings.

With condition-based maintenance is done according to the situation for security camera. The annual maintenance service cost is \$330.

3.10. Unforeseen Maintenance

It includes maintenance and controls that are not in the maintenance schedule. For example, the problems of wire fence and concrete poles of wire fences should be checked. Repair of cut or damaged wire fences and maintenance of concrete poles that have been knocked down or damaged by landslides or other reasons. Maintenance should be done against faults that may occur in the SCADA and communication system. The annual cost is \$100.

4. MAINTENANCE IN SINGLE AXIS TRACKING SOLAR PV PLANT

In single-axis tracking solar power plants, PV panels are in motion to receive the highest solar radiation. With the panel following the sun, the efficiency of the Solar PV plant can be increased by 15% to 25% compared to fixed angle PV systems. The panels follow the sun on the east-west line. In addition to the maintenance in fixed-angle power plants, the following maintenances are carried out in single-axis tracking solar power plants.

- 1- Tracker system maintenance (in case of failure)
- 2- Mechanical maintenance (in case of failure)

Annual maintenance costs for 1 MW power plants are given in Table 1. Annual maintenance costs for single axis and fixed angle solar PV plants at 1 MW_e power are \$9100 and \$5500, respectively. A single axis PV plant has 40% more maintenance costs. It has been observed that the highest maintenance cost is in panel and environmental cleaning. The high cost in environmental cleaning is due to the chemicals used. In the system, the cost is the highest in transformer maintenance.

Table 1. The cost of maintenances for Solar PV plants at 1 MW_e

Maintenance	Cost (\$/Year)	
	Fixed-tilt solar PV plants	Single-Axis tracking solar PV plants
PV Panel Cleaning	900	900
Environmental Cleaning	800	800
I-V Curve Measurement	200	200
General Packaged Maintenance (Inverter, construction, cable connections, building cleaning, transformer, tracker, camera)	3600	7200
Total	5500	9100

5. CONCLUSION

In order to get the expected efficiency and electrical energy from solar PV plants, preventive, corrective and maintenance should be done according to the situation. In general, preventive maintenance is predominant in single-axis and fixed-angle PV solar power plants. Compared to fixed angle plants, there is an additional maintenance due to the movement of the PV panels in the PV plant with a single axis tracker. Although maintenance increases investment and operating costs, it has been seen that it contributes significantly to employment and regional development. It is thought that the results of the study will be beneficial to solar PV power plant owners, technical staff and institutions and organizations related to the sector.

6. REFERENCES

- [1] IEA, International Energy Agency, Special Report on Solar PV Global Supply Chains, 2022.
- [2] EMSD, Hong Kong Electrical and Mechanical Services Department (EMSD), Handbook On Design, Operation And Maintenance Of Solar Photovoltaic Systems, Web: https://re.emsd.gov.hk/english/gen/publications/Guidelines_and_handbooks.html
- [3] Lyons C., EPRI, Electric Power Research Institute, Engineering and Economic Evaluation of Central-Station Solar Photovoltaic Power Plants, 2012.
- [4] Uzun Y, Özcan M, Rule extraction and performance estimation by using variable neighbourhood search for solar power plant in Konya, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences: Vol. 28: No. 2, 635-645, 2020.
- [5] NREL, Best Practices in PV System Operations and Maintenance, Version 1.0, 2015. Web: www.nrel.gov/publications
- [6] Keisang K., Bader T., Samikannu R. Review of Operation and Maintenance Methodologies for Solar Photovoltaic Microgrids, Front. Energy Res. 9:730230, 2021.
- [7] STEAG SENS, PV system maintenance, 2022. Web: <https://www.sens-energy.com/en/pv-system-maintenance/>
- [8] SOLARIAN, 2022, Web: <https://www.solarian.com.tr/gunes-enerjisi-santralleri-ges-denetimi-ve-olcum-hizmetleri/>
- [9] TeknoRay Solar, 2022, Web: <https://www.teknoraysolar.com.tr/gunes-enerji-santralinin-kisa-hazirlanmasi/>
- [10] İşletme Sorumlusu, 2022. Web: <http://www.isletmesorumlusu.com/hizmetlerimiz/trafo-bakimleri/>.
- [11] Gülbay Z. CCTV Kamera Sistemi Periyodik Bakımı. Nesil Bilişim Teknolojileri, 2020. Web: <https://www.nesilguvenlik.com/blog/cctv-kamera-sistemi-periyodik-bakimi/>

ODREĐIVANJE VEKA LEŽAJA PRIMENOM EKSPERIMENTALNE NUMERIČKE METODE

DETERMINATION OF BEARING LIFE USING THE EXPERIMENTAL NUMERICAL METHOD

Mirjana Bojanić Šejat, asistent sa doktoratom, Aleksandar Živković, vanredni profesor,
Ivan Knežević, asistent sa doktoratom, Milan Rackov, vanredni profesor, Dejan Lukić,
vanredni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad

REZIME

Početak XX veka, proizvođači ležaja počeli su da istražuju eksperimentalne i analitičke metode za određivanje veka ležaja. Proizvođači ležaja oslanjaju se na Lundberg-Palmgren-ov model za određivanje veka kotrljajnih ležaja, ali su zbog ograničenja koje ima ovaj model uveli odgovarajuće korekzione faktore. Međutim, razvijeni faktori imaju stepen nesigurnosti i rezultiraju netačnim rezultatima zbog jedinstvenosti svakog ležaja. S druge strane, eksperimentalna ispitivanja dugo traju, jer je potrebno izvršiti veliki broj ispitivanja.

U ovom radu je predloženo da se vek ležaja određuje na bazi: signala vibracija dobijenog u eksplicitno-dinamičkoj analizi ili određenog eksperimentalnim ispitivanjima, statističkih odziva strukture standardnim odstupanjem (1σ) i Miner-ovog pravila na bazi S-N krive.

Ključne riječi: Vek ležaja, Lundberg-Palmgren-ov model, Miner-ovo pravilo

ABSTRACT

Bearing manufacturers began to explore experimental and analytical methods for determining of bearing life, at the beginning of the 20th century. Bearing manufacturers rely on the Lundberg-Palmgren model for determining the life of ball bearings, but they have introduced appropriate correction factors, because of due to the limitations of this model. However, the developed factors have a degree of uncertainty and as a consequence of the uncertainty, inaccurate results are obtained due to the uniqueness of each bearing. On the other hand, experimental tests take a long time, because it is necessary to perform a large number of tests. In this paper, it is proposed that the bearing life is determined on the basis of: the vibration signal obtained in the explicit-dynamic analysis or determined by experimental tests, statistical responses of the structure by standard deviation (1σ) and Miner's rule based on the S-N curve.

Key words: Bearing life, Lundberg-Palmgren model, Miner's rule

1. UVOD

Sve veća potražnja za pouzdanim metodama za određivanje veka ležaja inspirisala je mnoge istraživače da razviju različite analitičke i statističke metode. Prvi pokušaj sproveo je Stribeck, koji je izvršio ispitivanja zamora na ležajima. Ova metoda je korišćena kao osnova za većinu teorija određivanja veka ležaja. Palmgren i Lundberg su primenili Veibullovu statističku analizu za procenu pouzdanosti elementa kotrljajnih ležaja. Prema teoriji veka ležaja predložene od Lundberg-a [1] i Palmgren-a [2] veličina i raspodela opterećenja igra

značajnu ulogu. Prednaprezanje može izmeniti distribuciju i veličinu opterećenja ležaja koji su određeni na osnovu spoljašnjeg opterećenja i broja obrtaja. *Zhang* i dr. [3] analizom stanja kontakta kotrljajno telo-staza kotrljanja, predlažu kvazidinamički model da bi proučili distribuciju opterećenja kugličnog ležaja pod proizvoljnim prednaprežanjem. Na bazi dobijenih rezultata dalje su proračunali vek kugličnog ležaja pod eksploatacionim uslovima. *Chen* [4] je eksperimentalnim putem pokazao da prednaprezanje značajno povećava kontaktne sile između kotrljajnih tela i staza kotrljanja i da ove sile prave elastične deformacije na prstenovima ležaja. *He* i dr. [5] su došli do zaključka da se sa povećanjem prečnika kotrljajnog tela dinamička nosivost i vek jednorednog kugličnog ležaja sa kontaktom u četiri tačke povećavaju. *Živković* i dr. [6] su dinamičku nosivost izračunali na osnovu unutrašnje geometrije ležaja, dok su statičku nosivost odredili modelom konačnih elemenata kada najopterećenije kotrljajno telo dostigne kontakti napon 4200 [MPa]. Dalje su *Živković* i dr. [7] u svojim istraživanjima analizirali i uporedili ležaj sa kontaktom u dve i četiri tačke. Utvrdili su dinamičku i statičku nosivost, kao i vek ležaja, gde se može reći da će ležaj sa kontaktom u četiri tačke imati oko 25% duži vek od ležaja sa kontaktom u dve tačke. U ovom radu je predloženo da se vek ležaja određuje na bazi: signala vibracija dobijenog u eksplicitno-dinamičkoj analizi ili određenog eksperimentalnim ispitivanjima, statističkih odziva strukture standardnim odstupanjem (1σ) i *Miner*-ovog pravila na bazi *S-N* krive.

2. MODEL ZA ODREĐIVANJE VEKA LEŽAJA

Lundberg-Palmgren-ova relacija za određivanje dinamičke nosivosti zavisi od: veličine kotrljajnih tela, broja kotrljajnih tela, broja redova kotrljajnih tela, ugla kontakta i unutrašnje geometrije ležaja (koja je u funkciji i mehaničkih svojstava materijala). Međutim, *Lundberg-Palmgren*-ov model ima sledeća ograničenja:

1. Model pretpostavlja da ležaji iste veličine i tipa su identično proizvedeni. Bilo koje individualnosti zbog mikropukotina, zaostalih naprezanja ili promene podmazivanja su zanemarene.
2. Sam kriterijum L10 predstavlja nesigurnost u proračunu veka ležaja i primorava korisnika da prihvati da će 10% celokupne serije ležaja otkazati ranije od predviđenog, odnosno ovaj kriterijum pokazuje da će 90% posmatranih ležaja imati na ovaj način određen vek.
3. Ležaji istog tipa imaju istu dinamičku nosivost, što podrazumeva da pod istim uslovima rada imaju i isti vek L10.

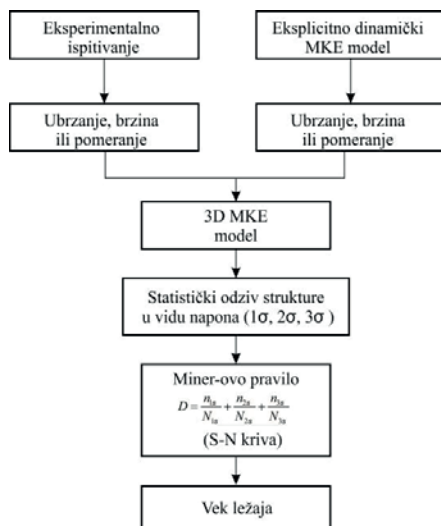
Proizvođači ležaja oslanjaju se na ovaj model za određivanje veka kotrljajnih ležaja. Zbog ovih ograničenja, proizvođači su uveli odgovarajuće korekzione faktore. Međutim, razvijeni faktori imaju stepen nesigurnosti i rezultiraju netačnim rezultatima zbog jedinstvenosti svakog ležaja. S druge strane, eksperimentalna ispitivanja dugo traju, jer je potrebno izvršiti veliki broj ispitivanja, da bi se sa velikom sigurnošću mogao odrediti vek ležaja.

Može se reći da je promena veka ležaja posledica dejstva spoljašnjih u unutrašnjih sila koje nastaju usled različitih uticaja u toku eksploatacije ležaja čime izazivaju oscilatorno kretanje elemenata ležaja, na različitim amplitudama i frekvencijama oscilovanja. Signal vibracija (brzine, ubrzanja, pomeranja), matematički određen i/ili snimljen pri eksperimentalnim ispitivanjima sadrži poremećaje od različitih uticaja (zazora, broja obrtaja, spoljašnjeg opterećenja i valovitosti staza kotrljanja, podmazivanja, greške oblika staza kotrljanja itd.) koji mogu uticati na ponašanje ležaja, kao i njegov vek.

2.1. Predloženi model za određivanje veka ležaja

U ovom radu je predloženo da se vek ležaja određuje na bazi: signala vibracija dobijenog u eksplicitno - dinamičkoj analizi ili određenog eksperimentalnim ispitivanjima, statističkih

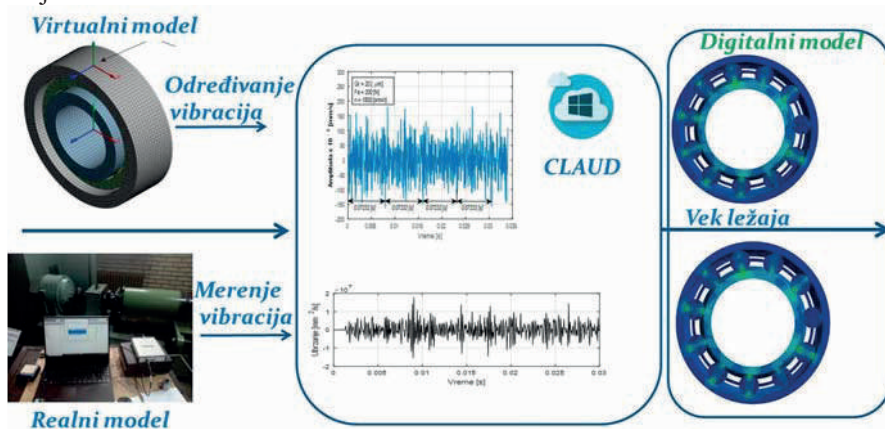
odziva strukture standardnim odstupanjem (1σ) i *Miner-ovog* pravila na bazi *S-N* krive [8]. Na slici 1 je prikazan dijagram toka predložene metode za određivanje veka ležaja.



Slika 1. Predloženi model za određivanje veka ležaja [8]

Predloženi model (procedura) za određivanje veka ležaja se sastoji u sledećem:

- Određivanje ubrzanja, brzine ili pomeranja na bazi prikazanog eksplicitno dinamičkog modela ili merenje istih eksperimentalnim ispitivanjem (slika 2).
- Modelovanje 3D modela ležaja i zadavanje prethodno određenog ubrzanja (brzine ili pomeranja). U ovom koraku ubrzanje se može zadati kao rezultat MKE eksplicitno dinamičkog ili kao podatak sa eksperimentalnih ispitivanja.
- Na osnovu prethodno definisanih ulaznih podataka određuju se naponi, deformacije ili pomeranja na elementima ležaja u vidu statističkih parametara (1σ , 2σ , 3σ). Naponi se mogu posmatrati kao maksimalni naponi na celom ležaju, a moguće je i posmatrati napone za svaki element posebno. Drugim rečima, predloženom metodom je moguće definisati vek svakog elementa ležaja pojedinačno.
- Na kraju se na bazi određenih napona *Miner-ovim* pravilom i *S-N* krivom određuje vek ležaja.

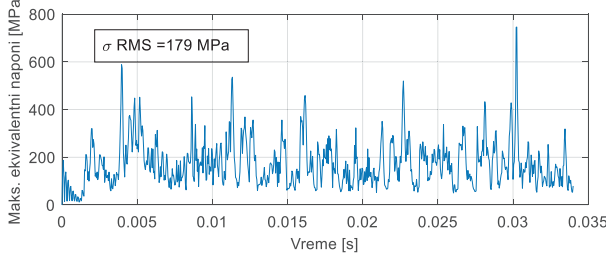


Slika 2. Modelovanje 3D modela na osnovu ubrzanja, brzine ili pomeranja

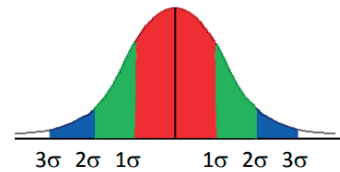
2.2. Statistički odziv strukture

Statistički odziv strukture je određen analizom slučajnih vibracija primenom metode konačnih elemenata. Analiza slučajnih vibracija je spektralna metoda koja se zasniva na primeni spektralne gustine amplitude (*Power Density Spectar* PSD). Svrha ove analize je utvrđivanje nekih statističkih svojstava odziva strukture, obično standardnim odstupanjem (1σ) pomeranja, sile ili napona pri čemu se 1σ koristi i za određivanje veka zamora konstrukcije. Naime, pri datoj frekvenciji, amplituda pobude se stalno menja, ali za mnoge procese njegova prosečna vrednost obično ostaje relativno konstantna. Ulazna veličina je pobuda (ubrzanje) koje je dobijno eksplicitnom dinamičkom analizom (ili eksperimentalnim ispitivanjem) u vremenskom domenu.

Na bazi pobude, odnosno, ubrzanja u vremenskom domenu dobija se promena odziva strukture, (u ovom slučaju napona, sl. 3), takođe, u vremenskom domenu, pri čemu se određuje srednji kvadratni koren (RMS). RMS je prosečno ili standardno odstupanje odziva (1σ). Ključni koncept prethodno rečenog, je činjenica da mnogi slučajni procesi prate *Gaussovu* raspodelu. Srednja vrednost *Gaussove* krive verovatnoće definisana je kao standardno odstupanje (ili sigma vrednost) raspodele. Pošto se pretpostavlja da je raspodela normalna, nikada se ne može iskazati 100% mogućih pobuđenja, a kako je pobuda linearnog sistema *Gaussov* proces, onda je odziv generalno drugačiji slučajni proces, ali još uvek normalne raspodele. Iz ovih razloga je uobičajeno koristiti 3σ kao gornju granicu kao što je prikazano na slici 4.



Slika 3. Promena maksimalnih ekvivalentnih napona u vremenskom domenu za ležaja LSQFR 308



Slika 4. Gaussova raspodela maksimalnih ekvivalentnih napona

2.3. Miner-ovo pravilo za određivanje zamora konstrukcije

Kod obrtanja ležaja su opterećenja sa promenljivom amplitudom jer svaki element ležaja pri različitoj vrednosti amplitude na svojoj karakterističnoj frekvenciji, pa je usled toga ovde primenjeno *Miner-ovo* pravilo za određivanje veka u kombinaciji sa *Gaussovom* raspodelom i *S-N* krivom, za određeni materijal ležaja. *Miner-ovo* pravilo glasi: ako oštećenje od jednog ciklusa raspona naprezanja $\Delta\sigma_{a1}$ iznosi $1/N_{f1}$, gdje je N_{f1} zamorni vek pri konstantnoj amplitudi raspona naprezanja $\Delta\sigma_{a1}$, onda se kumulativno oštećenje uzrokovano rasponima naprezanja $\Delta\sigma_{a1}$, $\Delta\sigma_{a2}$, $\Delta\sigma_{an}$ primenjeno u n_1, n_2, \dots, n_n ciklusa, određuje prema izrazu:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_{fi}} \quad (1)$$

odnosno u konkretnom slučaju, uzimajući prethodno opisanu *Gaussovu* raspodelu napona vek ležaja se određuje kao:

$$D = L_{ležaja} = \frac{n_{1\sigma}}{N_{1\sigma}} + \frac{n_{2\sigma}}{N_{2\sigma}} + \frac{n_{3\sigma}}{N_{3\sigma}} \quad (2)$$

gde je $n_{1\sigma}$ trenutni broj ciklusa na ili ispod 1σ , odnosno $n_{1\sigma} = 0,6827\omega_0$, analogno tome $n_{2\sigma} = 0,27651\omega_0$ i $n_{3\sigma} = 0,04049\omega_0$.

Za uskopojasni stacionarni proces statistička srednja vrednost frekvencije se može definisati kao:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 S(\omega) d\omega}{\int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) d\omega}} \quad \text{gde je } S(\omega) \text{ spektralna gustina amplitude ulaznog (PSD) signala.}$$

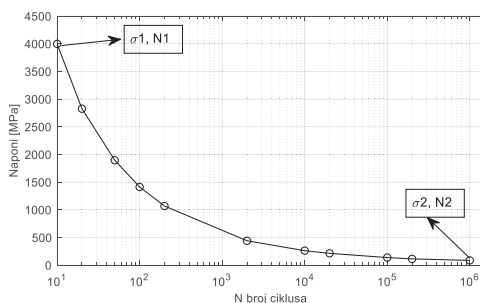
Dozvoljen broj ciklusa ($N_{i\sigma}$, gde je $i=1,2,3$) (sa $S-N$ krive) za nivo napona 1σ , 2σ i 3σ se određuje kao:

$$N_{i\sigma} = 10^{\log i\sigma - \frac{B}{A}}, \text{ gde je } i = 1, 2 \text{ i } 3.$$

A i B su koeficijenti dobijeni sa $S-N$ krive kao:

$$A = \frac{\log \sigma_1 - \log \sigma_2}{\log N_1 - \log N_2}, \quad B = \log \sigma_1 - A \log N_1, \text{ gde su } \sigma_1, \sigma_2, \text{ maksimalni i minimalni naponi za}$$

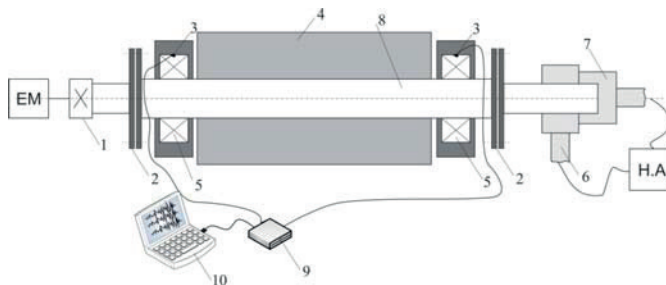
adekvatne cikluse N_1 i N_2 , sa $S-N$ krive prikazane na slici 5.



Slika 5. $S-N$ kriva za materijal $GCr15SiMn$ (čelik za ležaje)

3. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE VEKA LEŽAJA SA KONTAKTOM U ČETIRI TAČKE

Ležaj LSQFR 308 se koristi za uležištenje poljoprivredne mehanizacije, odnosno za uležištenje diskova sejačice. Na slici 6 šematski je prikazan eksperimentalni štand na kome je ispitan vek ležaja FKL LSQFR 308. Elektromotor preko spojnice (1) i prirubnice (2) prenosi obrtni moment na vratilo (8) koje je uležišteno sa ispitivanim ležajima (5). Na vratilu se nalazi doboš (4) koji simulira disk sejalice i koji se okreće zajedno sa vratilom (8). Ležaj je opterećen radijalnom i aksijalnom silom, od 27000 N i 13400 N, respektivno, preko hidraulične instalacije za spoljašnje opterećenje (7). Senzor ubrzanja (3) je povezan sa A/D karticom (9), koja prikupljene podatke šalje direktno na računar (10). Na slici 7 prikazan je eksperimentalni štand u fabrici kotrljajnih ležaja FKL na kome je izvršeno ispitivanje veka ovog ležaja. U cilju simuliranja realnih uslova eksploatacije, unutrašnji prsten ležaja je opterećen radijalnom i aksijalnom silom konstantnog intenziteta. Radijalno i aksijalno opterećenje se ostvaruje preko poluga (6), (7) hidrauličkim putem pomoću hidrocilindara i hidroagregata. Spoljašnje opterećenje se prenosi na unutrašnje prstene ležaja preko vratila (8). Za merenje vibracija na kućištu ležaja (5) korišćeni su davači ubrzanja $PCB 352C33$ i $DYATRON P22$. Osetljivost ovog davača je 10 mV/g i registruje vibracije u opsegu frekvencija od 1-20000 Hz. Za prikupljanje podataka sa davača ubrzanja je korišćen isti akvizicioni sistem. Pored ovoga, da bi se odredio trenutak otkaza ležaja i zaustavio eksperimentalni štand, merena je temperatura na kućištu ležaja u određenim vremenskim intervalima.

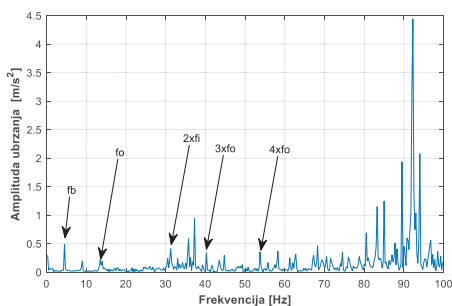


Slika 6. Šematski prikaz eksperimentalnog štanda za ispitivanje veka ležaja

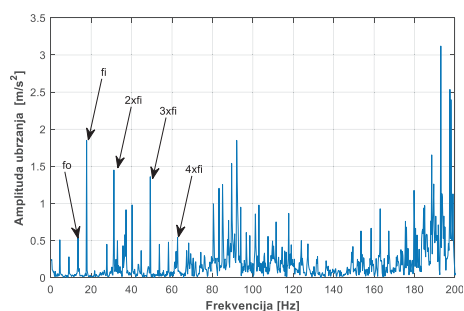


Slika 7. Izgled eksp. štanda za određivanje veka ležaja

Za eksperimentalno određivanje veka ležaja i uticaja zazor na vek izabrana su tri zazora: prvi sa zazorom $10\ \mu\text{m}$ i drugi sa zazorom $20\ \mu\text{m}$ i treći sa zazorom $40\ \mu\text{m}$. Iz svake grupe ležaja sa istim vrednostima zazor je ispitano po 8 ležaja, odnosno ukupno je testirano 24 ležaja. Izabrani ležaji spadaju u grupu ležaja koja se koristi u eksploataciji. Pošto je određivanje veka prikazanom metodom dugotrajan proces, a da bi se ubrzalo ispitivanje koje se odnosi i na vek ležaja zadato je maksimalno opterećenje koje ležaj može da izdrži i to $F_r = 27000\ \text{N}$ i $F_a = 13400\ \text{N}$. Trenutak otkaza ležaja, odnosno zaustavljanje eksperimentalnog ispitivanja je vršeno kada temperatura kućišta ležaja pređe $110\ ^\circ\text{C}$. Maksimalna temperatura je određena na osnovu preporuke proizvođača ležaja. Na slici 8 je prikazan spektar vibracija za zazor $10\ \mu\text{m}$ na početku ispitivanja. Na slici 9 je prikazan spektar vibracija ubrzanja nakon 240 časova ispitivanja veka ležaja sa istim zazorom.



Slika 8. Prikaz spektra vibracija u frekventnom domenu za zazor $G_r = 10\ \mu\text{m}$



Slika 9. Spektar vibracija ubrzanja dobijen Furijeovom transformacijom nakon 240 časova ispitivanja veka ležaja LSQFR 308 za zazor $G_r = 10\ \mu\text{m}$

Posle 240 časova rada ležaja (slika 9), odnosno u trenutku dostizanja granične temperature koja indukuje zaustavljanje ispitivanja, dolazi i do pojave $4xf_i$, uz povećanje amplitude ubrzanja na frekvenciji unutrašnjeg prstena. Sve ovo prethodno ukazuje na otkaz ležaja, odnosno oštećenje na unutrašnjoj stazi kotrljanja. Na slici 10 su prikazani ispitivani ležaj sa oštećenjem na unutrašnjem i spoljašnjem prstenu u vidu pitinga unutrašnje staze kotrljanja za različite vrednosti zazor. Na osnovu eksperimentalnih podataka određen je vek ležaja LSQFR 308 na bazi dva parametra. Prvi parametar je temperatura zaustavljanja eksperimentalnog štanda, dok je drugi parametar povećanje nivoa vibracija dobijenih iz prikazanog spektra. Prosečne vrednosti veka ležaja u časovima su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Prosečne vrednosti veka ležaja LSQFR 308 određene eksperimentalnim ispitivanjem

Zazor [μm]	10		20		40	
Parametar	Temperatura	Vibracija	Temperatura	Vibracija	Temperatura	Vibracija
Vek ležaja [h]	245	236	232	225	219	205

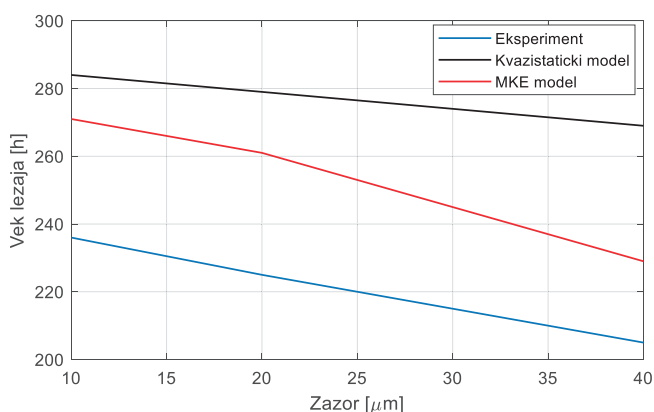


Slika 10. Izgled oštećenih ležaja nakon ispitivanja a) $G_r=10 \mu\text{m}$ b) $G_r=40 \mu\text{m}$

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Dinamičko ponašanje kotrljajnog ležaja je veoma kompleksne prirode, a posledica je dejstva poremećajnih sila koje se generišu usled različitih uticaja u toku njihovog rada (strukturne vibracije, vibracije usled geometrijske nesavršenosti itd.) koje izazivaju oscilatorno kretanje sastavnih delova ležaja, na različitim amplitudama i frekvencijama. Analizom dinamičkog ponašanja ležaja moguće je veoma pouzdano i vrlo rano predvideti najveći broj nedostataka vezanih za kotrljajne ležaje. U prvom redu zbog toga što dinamičko ponašanje veoma dobro odslikava skoro sve karakteristike konstrukcije, izrade, montaže i eksploatacije ležaja. S obzirom da svaki mehanički problem koji se može javiti kod kotrljajnih ležaja, generiše dinamički odziv (vibracije) određene jačine i oblika, u radu je predloženo da se vek ležaja određuje na bazi signala vibracija. Odnosno, u konkretnom slučaju na osnovu ubrzanja određenog MKE modelovanjem ili eksperimentalnim ispitivanjem kako je objašnjeno u tački 2 (slika 1).

Analiza veka ležaja LSQR 308 se odnosi na određivanje veka za kombinovano opterećenje prema eksperimentalnim uslovima ($F_a = 13700 \text{ N}$ i $F_r = 27000 \text{ N}$), kako bi se verifikovao matematički model. Analizirani su ležaji sa zazorom 10, 20 i 40 μm . Na slici 11 je prikazana promena veka ležaja LSQR 308 određena MKE modelovanjem, kvazistatičkim modelom korišćenjem *Lundberg-Palmgren-ov* modela i eksperimentalnim ispitivanjem koje je prikazano u tački tri.



Slika 11. Promena veka ležaja LSQFR 308 u zavisnosti od zazora za različite metode određivanja veka pri $F_a = 13700 \text{ N}$ i $F_r = 26000 \text{ N}$

Vek ležaja LSQR 308 opada povećanjem zazora u ležaju. Povećanjem zazora sa 10 na 40 μm vek opada za 13% pri eksperimentalnim ispitivanjima, 5% pri kvazistatičkom modelovanju i 19% pri MKE modelovanju. Ako se kao referentna vrednost uzme vek određen eksperimentalnim ispitivanjem na bazi ubrzanja (tabela 1), onda vek ležaja određen kvazistatičkim modelovanjem odstupa za 20% pri zazoru od 10 μm , 24% pri zazoru od 20 μm , i 31% pri zazoru od 40 μm . Vek ležaja određen MKE modelovanjem odstupa od eksperimentalno dobijenog veka za 14% pri zazoru od 10 μm , 16% pri zazoru 20 μm i 11% pri zazoru od 40 μm . S druge strane ako se kao referentna vrednost uzme vek određen eksperimentalnim ispitivanjem na bazi temperature (tabela 1), onda vek određen kvazistatičkim modelom odstupa za oko 15%, dok vek određen MKE modelom odstupa za oko 12%. U tabeli 2 je prikazan vek određen preko MKE modela pri čemu je kao ulaz zadato ubrzanje određeno eksperimentalnim ispitivanjem i MKE modelovanjem.

Tabela 2. Poređenje veka određenog na bazi eksperimentalno dobijenog ubrzanja i ubrzanja određenog MKE modelovanjem

Zazor [μm]	Ubrzanje dobijeno		Odstupanje
	Eksperimentalno	MKE	
	Vek ležaja [h]		
10	280	271	3,2%
20	268	262	2,6%
40	257	229	10%

Na osnovu prethodnog se može konstatovati da predloženi model daje zadovoljavajuće rezultate pri određivanju veka posmatranog ležaja.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja kroz projekat broj 451-03-9/2022-14/ 200156 "Inovativna naučna i umetnička istraživanja iz domena delatnosti FTN-a".

6. REFERENCE

- [1] Lundberg, G., Dynamic capacity of rolling bearings. IVA Handlingar, 1947. **196**: p. 12.
- [2] Palmgren, A., Ball and roller bearing engineering. brbe, 1959.
- [3] Zhang, J., Fang, B., Hong, J., Zhu, Y.: Effect of preload on ball-raceway contact state and fatigue life of angular contact ball bearing. Tribology International, 2017. **114**: p. 365-372.
- [4] Chen, L., Zhang, Y., Xia, X.: Contact stress and deformation of blade bearing in wind turbine. in 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. 2010. IEEE.
- [5] He, P., Wang, Y., Liu, H., Guo, E., Wang, H.: Optimization design of structural parameters of single-row four-point contact ball slewing bearing. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2020. **42**(291): p. 291.
- [6] Živković, A., Knežev, M., Zeljković, M., Mijušković, M.: Static Analysis of Four – Point Contact Ball Bearings for Agricultural Mechnization. in Proceedings of 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI. 2017. Banja Luka: University of Banja Luka.
- [7] Živković, A., Knežev, M., Zeljković, M., Bojanić Šejat, M., Mijušković, M.: Analysis static behaviour of ball bearing with two and four contact points. Machine Design, 2019. **11**(1821-1259): p. 131-134.
- [8] Bojanić, Š., Modelovanje mehaničkog ponašanja kugličnih ležaja, Doktorska disertacija, univerzitet u Novom sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2021.

POSTUPCI TOPLINSKOG NAŠTRCAVANJA U PROCESIMA ODRŽAVANJA

THERMAL SPRAYING PROCEDURES IN MAINTENANCE PROCESSES

doc. dr. sc. Sara Havrlišan, prof. dr. sc. Tomislav Šarić, prof. dr. sc. Katica Šimunović,
doc. dr. sc. Ilija Svalina, Dražen Turinski, mag. ing. mech, prof. dr. sc. Roberto Lujić,
prof. dr. sc. Goran Šimunović, prof. dr. sc. Ivica Kladarić
Strojarski fakultet u Slavskom Brodu, Sveučilište u Slavskom Brodu
Trg I. Brlić Mažuranić 2, Slavski Brod, Croatia

izv. prof. dr. sc. Štefanija Klarić
Charles Darwin University
Ellengowan Dr, Casuarina, NT, Australia

Slavica Kladarić, v. pred.
Tehnički odjel, Sveučilište u Slavskom Brodu
Trg I. Brlić Mažuranić 2, Slavski Brod, Croatia

REZIME

Komponente tehničkih sustava su često izložene različitim oblicima trošenja uslijed čega dolazi do gubitka projektiranih značajki i potrebe da se pojedine komponente zamijene. Umjesto zamjene cijele komponente, moguće je provesti postupak korektivnog održavanja (sanacije) koji je troškovno učinkovitiji. Primjenom postupaka toplinskog naštrcavanja moguće je sanirati nastala oštećenja i produžiti životni vijek komponente ili sustava u cjelini. Također je ovim postupcima moguće zaštititi nove dijelove ako je osnovni materijal lošijih svojstava te se umjesto skupljih materijala koriste prevlake koje su troškovno prihvatljivije. Cilj ovog rada je dati pregled postupaka toplinskog naštrcavanja u procesima održavanja s posebnim naglaskom na naštrcavanje pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem.

Ključne riječi: postupci toplinskog naštrcavanja, naštrcavanje pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem, održavanje, sanacija komponenti

1. UVOD

Postupcima toplinskog naštrcavanja (eng. thermal spraying) [1-4], koji se ubrajaju u postupke prevlačenja [5] u skupini postupaka inženjerstva, odnosno oplemenjivanja površina [6-8], nanose se prevlake na oštećene ili istrošene površine s ciljem produženja životnog vijeka i smanjenja troškova održavanja. Postupak se koristi i za zaštitu novih dijelova od trošenja, korozije i povišenih temperatura. Ponekad se može primijeniti u dekorativne svrhe, poboljšavajući estetska svojstva. Zbog velikog broja materijala na koje se prevlake mogu nanositi, postupci toplinskog naštrcavanja se primjenjuju u gotovo svim granama industrije: nuklearnoj (komponente nuklearnog reaktora, ventil za regulaciju dovoda vode), svemirskoj,

zrakoplovnoj (mlazni motor: turbina, lopatice turbine, komora izgaranja, vanjsko kućište, disk ventilatora, brtve za zrak, cijevi za dovod ulja, rukavac, mlaznice za gorivo, kućište ležaja, krilca), automobilskoj (motor: prsten klipa, kruna klipa, klipnjača, ventili, cilindar, kućište pumpe za gorivo, kućište kompresora; mjenjač: spojnice, zupčanici, vratila; kočnice: diskovi, obloge; dekorativni dijelovi), vojnoj, naftnoj (svrdla, alati za bušenje plina i nafte), cementnoj (dijelovi strojeva za čišćenje mulja, pumpa, cjevovod), rudarskoj (piuk), kemijskoj, staklarskoj (ekstruderi), papirnoj i tiskarskoj (valjci, preše), industriji proizvodnje čelika (valjci, prsten klipa, kalupi za lijevanje), energetici (pumpe, izmjenjivači topline, kotlovi, turbine, lopatice turbina, rukavac vratila, čelične cijevi u kotlovima), poljoprivrednoj (alati i oprema za obradu tla, strojevi), tekstilnoj (kalemi, vretena). Osobito treba spomenuti porast primjene postupaka toplinskog naštrcavanja u biomedicinske svrhe gdje se često naštrcavaju hidroksiapatitne prevlake [9] te za izradu složenih trodimenzionalnih dijelova. Jedna od prednosti nekih tehnika ovog postupka u odnosu na druge postupke prevlačenja je da se prevlake mogu nanositi na mjestu eksploatacije te im primjena nije ograničena veličinom i oblikom podloge na koju se nanose. Nanesene prevlake, se prema podjeli u [2], ubrajaju u deblje prevlake (> 30 μm do nekoliko milimetara). Postupkom toplinskog naštrcavanja mogu se nanositi gotovo sve vrste materijala prevlaka (metali, keramike, polimeri i kompoziti), a često primjenjivane su legure nikla, željeza i kobalta.

2. POSTUPCI TOPLINSKOG NAŠTRCAVANJA

U literaturi se pojavljuju različite podjele postupaka toplinskog naštrcavanja. U nastavku slijedi podjela prema HRN EN ISO 14917:2017 [4], gdje se postupci toplinskog naštrcavanja dijele prema:

- vrsti polaznog materijala
- načinu izvođenja postupka
- prema primijenjenoj toplinskoj energiji.

Postupkom toplinskog naštrcavanja mogu se nanositi gotovo sve vrste materijala prevlaka (metali, keramike, polimeri te kompoziti) na podloge od metala, keramike, kompozitnih materijala, stakla, drva, polimera itd. [2]. Prema vrsti polaznog materijala, postupci se dijele na one koji koriste žicu, šipke, trake, prašak i suspenzije.

S obzirom na najčešću primjenu praška kao polaznog materijala, u nastavku slijedi podjela praškova za naštrcavanje, prema [6]:

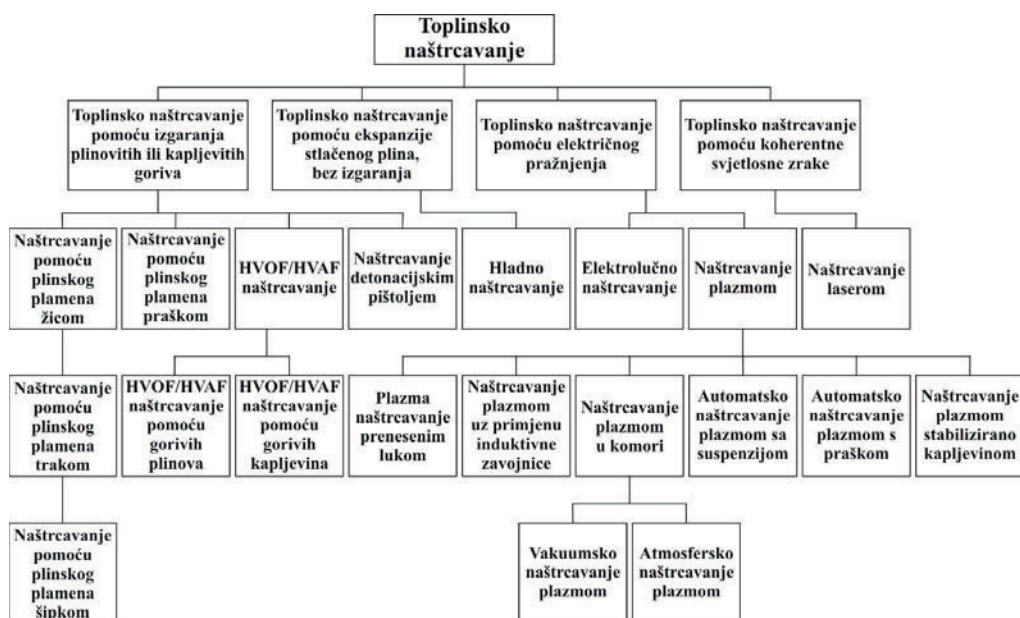
- čisti metali: Ti, Nb, Ta, Cr, W, Ni, Cu, Al, Mo, Si, Zn, itd.
- legure: NiCr, NiAl, visokolegirani čelici, CuAl, CoCrW, MCrAlY (M-Ni, Co, NiCo, CoNi), itd.
- karbidi, boridi, nitridi: TiC, WC, Cr₂Cr₃-NiCr, WC-Co, WC-CoCr, CrB, MoB, SiN, TiN, itd.
- legure sa svojstvima samotečenja: NiBSi, NiCrBSi, CoCrNiWBSi
- oksidi (keramike): Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, Cr₂O₃, Al₂O₃-TiO₂, ZrO₂-Y₂O₃, itd.
- polimeri: polietar eter keton PEEK, polietilen PE, politetrafluoretilen PTFE, itd.
- kompoziti.

Postupci toplinskog naštrcavanja prema načinu izvođenja, prema HRN EN ISO 14917:2017 [4], mogu biti ručni, mehanizirani i u potpunosti automatizirani, dok se prema primijenjenoj toplinskoj energiji dijele na četiri glavna postupka, slika 1:

- toplinsko naštrcavanje pomoću izgaranja plinovitih ili kapljevitih goriva (eng. *thermal spraying by means of combustion of gaseous or liquid fuels*)

- toplinsko naštrecavanje pomoću ekspanzije stlačenog plina, bez izgaranja (eng. *thermal spraying by means of expansion of compressed gases without combustion*); ovaj postupak se naziva hladno naštrecavanje (eng. *cold spraying*) ili hladno plinsko dinamičko naštrecavanje (eng. *cold gas dynamic spraying*) i koristi kinetičku, a ne toplinsku energiju, ali se često ubraja u postupke toplinskog naštrecavanja
- toplinsko naštrecavanje pomoću električnog pražnjenja (eng. *thermal spraying by electric arc or gas discharge*)
- toplinsko naštrecavanje pomoću koherentne svjetlosne zrake (eng. *surface by means of a bundled light stream*).

Uz ova četiri glavna postupka toplinskog naštrecavanja, u [8], autor je dodao i peti postupak, toplinsko naštrecavanje pomoću atomizirane taline koji se nalazi i u starijoj normi HRN EN 657:2002 [10]. U ovoj normi, u podjeli postupaka toplinskog naštrecavanja, nalazio se i postupak laserskog naštrecavanja, koji se ne spominje u [2, 3].



Slika 0. Podjela postupaka toplinskog naštrecavanja prema primijenjenoj toplinskoj energiji [4]

U nastavku je navedena podjela postupaka i pripadajuće podskupine postupaka, prema [2], pri čemu su u zagradama dani i ostali mogući nazivi za iste postupke:

- toplinsko naštrecavanje pomoću izgaranja plinovitih ili kapljevitih goriva (plinsko toplinsko naštrecavanje, naštrecavanje plinom)
 - naštrecavanje pomoću plinskog plamena (plameno naštrecavanje, naštrecavanje plinskim plamenom, naštrecavanje plamenom gorivog plina, plinsko naštrecavanje kisikom)
 - HVOF (eng. *high velocity oxy fuel*) ili HVAF (eng. *high velocity air fuel*) naštrecavanje (naštrecavanje velikim brzinama čestica, visokobrzinsko plameno naštrecavanje; primjena kisika – *oxy* ili zraka – *air* za izgaranje)
 - naštrecavanje detonacijskim pištoljem (naštrecavanje plamenim udarom, detonacijsko naštrecavanje)

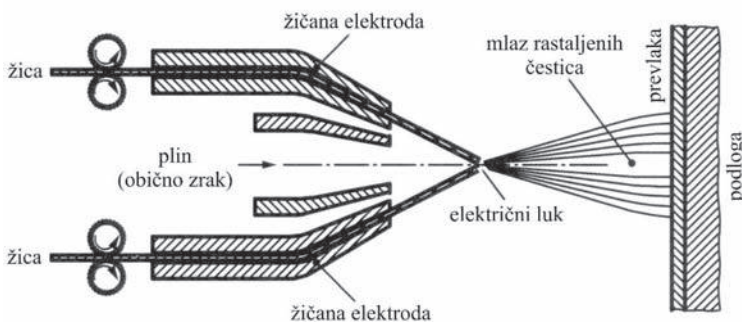
- toplinsko naštrcavanje pomoću pražnjenja električnog luka ili plina (toplinsko naštrcavanje uz plinsko pražnjenje, naštrcavanje električnim pražnjenjem plina)
 - elektrolučno naštrcavanje (naštrcavanje električnim lukom)
 - naštrcavanje plazmom (plazma naštrcavanje, plazmatsko naštrcavanje)
 - vakuumsko naštrcavanje plazmom (vakuumsko plazmatsko naštrcavanje, plazma naštrcavanje u vakuumu)
 - naštrcavanje plazmom visoke snage (plazmatsko naštrcavanje visoke snage)
 - atmosfersko naštrcavanje plazmom (plazma naštrcavanje u zaštitnoj atmosferi, atmosfersko plazmatsko naštrcavanje)
 - plazma naštrcavanje s prenesenim lukom (ovaj postupak je primarno postupak vezan za navarivanje, ali se često ubraja u postupke toplinskog naštrcavanja i to u slučaju kada se kao polazni materijal koristi prašak; u slučaju korištenja drugog polaznog materijala, radi se o navarivanju [2]).

Slična podjela postupaka toplinskog naštrcavanja je prema [6], ali se plazma naštrcavanje s prenesenim lukom ne svrstava u postupke toplinskog naštrcavanja.

U današnje vrijeme, često se primjenjuju elektrolučno naštrcavanje, naštrcavanje plazmom, HVOF naštrcavanje te naštrcavanje pomoću plinskog plamena. U daljnjem tekstu svaki od tih postupaka će biti ukratko objašnjen.

2.1. Elektrolučno naštrcavanje

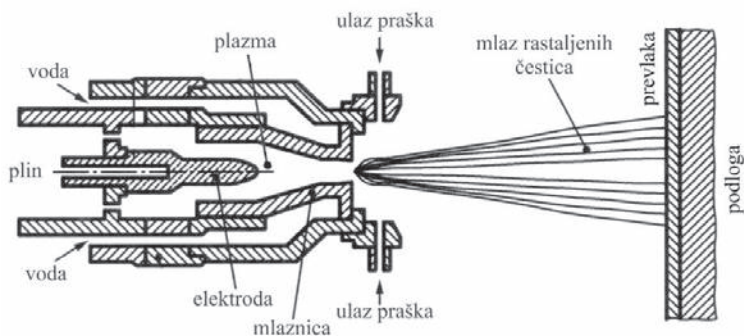
Elektrolučno naštrcavanje je postupak kod kojeg se električni luk stvara između krajeva elektroda (od kojih je jedna anoda, a jedna katoda - često su to punjene žice) i rastaljene se čestice atomiziraju i ubrzavaju prema podlozi pomoću, najčešće, komprimiranog zraka. Na slici 2 je dan shematski prikaz postupka elektrolučnog naštrcavanja.



Slika 2. Shematski prikaz elektrolučnog naštrcavanja [4]

2.2. Naštrcavanje plazmom

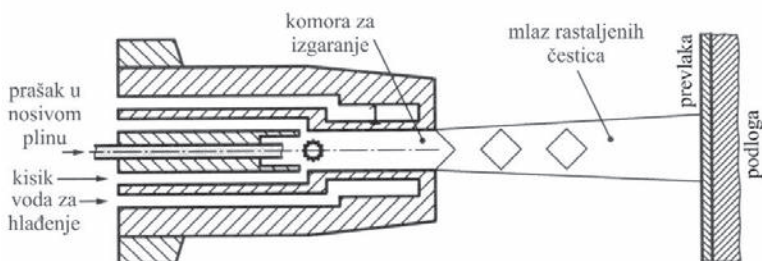
Kod naštrcavanja plazmom, između elektrode i mlaznice uređaja, koja je istovremeno i anoda, prolaskom struje se uspostavlja električni luk. Kroz taj električni luk struji plin i ionizira se (najčešći plinovi za dobivanje plazme su: argon, helij, dušik, vodik ili njihove mješavine), odnosno pretvara se u plazmu visoke temperature. Polazni materijal prevlaka u obliku praška, pomoću mlaza plazme se tali unutar ili izvan plazma uređaja (pištolja) i usmjerava prema podlozi i na taj način nastaje prevlaka. Opisani postupak se najčešće smatra klasičnim naštrcavanjem plazmom i shematski je prikazan na slici 3. U slučaju kada je anoda radni predmet na koji se nanosi prevlaka, tada se taj postupak naziva plazma naštrcavanje s prenesenim lukom (eng. *plasma transferred arc deposition*).



Slika 3. Shematski prikaz naštrecavanja plazmom [4]

2.3. HVOF naštrecavanje

HVOF naštrecavanje je zatvoreni proces kontinuiranog izgaranja goriva i kisika (ili zraka kod HVOF postupka) pod visokim tlakom, koji se odvija u komori izgaranja. Polazni materijal prevlake u obliku praška se dovodi u središnji dio komore za izgaranje. Mješavina plinova izgaranja visokog tlaka dobivena u komori, prolazi kroz de Lavalovu mlaznicu koja se nalazi na kraju komore. Zbog visokog tlaka, odnosno velike brzine protoka u plamenom mlazu, čestice praška ubrzavaju do velikih brzina (2000 m/s). Na slici 4 je dan shematski prikaz HVOF naštrecavanja.



Slika 4. Shematski prikaz HVOF naštrecavanja [4]

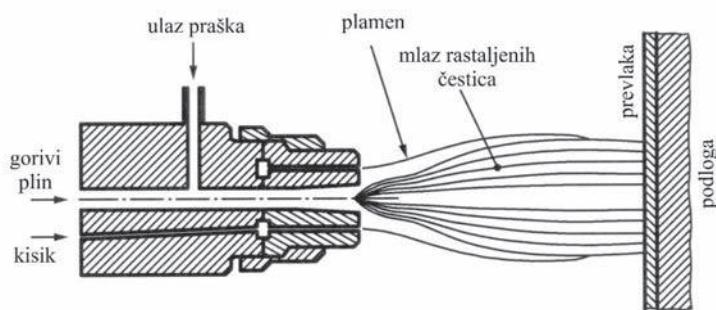
2.4. Naštrecavanje pomoću plinskog plamena

Toplinsko naštrecavanje pomoću izgaranja plinovitih ili kapljevutih goriva (plinsko naštrecavanje) prema kriteriju - brzina rastaljenih čestica dijeli se na naštrecavanje malim i velikim brzinama. Naštrecavanje pomoću plinskog plamena ubraja se u skupinu naštrecavanja malim brzinama, gdje se s obzirom na vrstu polaznog materijala prevlake, još dijeli na:

- naštrecavanje pomoću plinskog plamena praškom
- naštrecavanje pomoću plinskog plamena žicom.

Naštrecavanje pomoću plinskog plamena je postupak koji koristi toplinsku energiju nastalu izgaranjem gorivog plina (najčešće acetilen, a može biti propan i vodik) u kisiku za taljenje polaznog materijala u obliku žice ili praška. Plinovi izgaranja ili stlačeni zrak usmjeravaju i ubrzavaju rastaljene čestice prema podlozi.

Na slici 5 je dan shematski prikaz naštrecavanja pomoću plinskog plamena, gdje se kao polazni materijal prevlake koristi prašak.



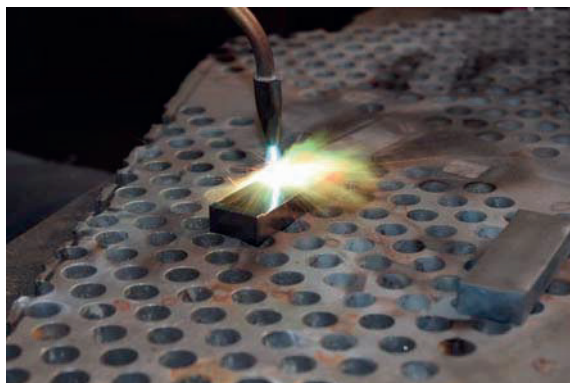
Slika 5. Shematski prikaz naštrecavanja pomoću plinskog plamena [4]

Ovaj postupak je jednostavan za rukovanje te ima prilično niske troškove nanošenja prevlake. Budući se kod naštrecavanja pomoću plinskog plamena radi o malim brzinama čestica (< 100 m/s), prevlake nanese ovim postupkom pokazuju visoku poroznost (10-20%).

Postupak naštrecavanja pomoću plinskog plamena, može biti tzv. hladni i topli postupak. Pod *hladnim postupkom* podrazumijeva se da je temperatura podloge na koju se nanosi prevlaka oko $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (veća udaljenost plamenika) i između prevlake i podloge se uspostavlja mehanička veza. Stoga je potrebno podlogu prije naštrecavanja ohrapaviti radi povećanja površine za spajanje prevlake i podloge te time i bolja čvrstoća prianjanja. Ovim postupkom često se nanose keramike, čisti metali i većina legura.

Toplim postupkom naštrecavaju se najčešće legure nikla, bora i silicija (NiBSi) i kroma (NiCrBSi), kod koji se primjenjuje tzv. utaljivanje s ciljem smanjenja poroznosti prevlake i stvaranja metalurške veze između prevlake i podloge. S obzirom na postupak provođenja utaljivanja, naštrecavanje pomoću plinskog plamena (topli postupak) je podijeljeno na:

- naštrecavanje pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem (postupak u jednom koraku), slika 6
- naštrecavanje pomoću plinskog plamena s naknadnim utaljivanjem (postupak u dva koraka), gdje se utaljivanje može provesti najčešće:
 - u peći
 - indukcijski
 - plamenom
 - laserom.



Slika 6. Postupak naštrecavanja pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem

Naštrcavanje pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem je ručni postupak te sam postupak uvelike ovisi o iskustvu operatera. Za naštrcavanje primjenjuje se Super Jet Eutalloy oksii-acetilenski pištolj, gdje se unutar pištolja miješa smjesa plinova (tlak acetilena 50 kPa i tlak kisika 200 kPa) i praška, te izlazi iz plamenika u obliku plamena koji se istovremeno utaljuje s podlogom. Na slici 6 prikazan je postupak naštrcavanja pomoću plinskog plamena s istovremenim utaljivanjem. Ovim postupkom stvara se metalurška veza između materijala prevlake i podloge zbog visoke temperature utaljivanja.

3. ZAKLJUČAK

Postupkom toplinskog naštrcavanja mogu se nanositi gotovo sve vrste materijala prevlaka na gotovo sve vrste materijala podloge, ekonomičan je, a neki postupci mogu se primijeniti u različitim položajima i na mjestima eksploatacije; omogućeno je nanošenje debljih prevlaka kao i naštrcavanje velikih i neravnih površina te rotirajućih dijelova. Postojanost prevlake izložene različitim oblicima trošenja bitno je eksploatacijsko svojstvo i određuje mogućnost primjene prevlake. S toga je u cilju produljenja postojanosti prevlake, odnosno vijeka trajanja te smanjenja troškova i vremena korektivnog održavanja istrošenih komponenti ili sustava u cjelini važno izabrati odgovarajući postupak toplinskog naštrcavanja.

ZAHVALA

Ovo istraživanje je ostvareno u sklopu projekta SV001 pod nazivom "Modeliranje i optimiranje procesa primjenjivih u održavanju" financiranog od strane Strojarskog fakulteta u Slavanskom Brodu.

4. REFERENCE

- [1] Havrišan, S.: Stohastički pristup modeliranju i optimiranju procesa naštrcavanja pomoću plinskog plamena, doktorska disertacija, Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, 2017.
- [2] Fauchais, P., Heberlein, J., Boulos, M.: Thermal Spray Fundamentals, From Powder to Part, New York, Heidelberg, Dordrecht, London, Springer, 2014.
- [3] Davis, J. R.: Handbook of Thermal Spray Technology, Materials Park, Novelty, Ohio, ASM International, 2004.
- [4] HRN EN ISO 14917:2017, Toplinsko naštrcavanje - Nazivlje, razredba (ISO 14917:2017; EN ISO 14917:2017); Thermal spraying - Terminology, classification (ISO 14917:2017; EN ISO 14917:2017), Zagreb, Hrvatski zavod za norme, 2017.
- [5] Stupnišek, M., Matijević, B.: Pregled postupaka modificiranja i prevlačenja materijala, Zbornik radova Toplinska obradba metala i inženjerstvo površina, Zagreb, Hrvatsko društvo za toplinsku obradbu i inženjerstvo površina, 2000.
- [6] Filetin, T., Grilec, K.: Postupci modificiranja i prevlačenja površina, Priručnik za primjenu, Zagreb, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2004.
- [7] Krumes, D.: Površinske toplinske obrade i inženjerstvo površina, Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, 2004.
- [8] Gojić, M.: Površinska obradba materijala, Sisak, Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2010.
- [9] Berndt, C. C., Hasan, F., Tietz, U., Schmitz, K. P., A Review of Hydroxyapatite Coatings Manufactured by Thermal Spray, Advances in Calcium Phosphate Biomaterials, Ben-Nissan, B. (ur.), Springer Series in Biomaterials Science and Engineering, 2, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2014.
- [10] HRN EN 657:2002, Toplinsko naštrcavanje - Nazivlje, razredba (EN 657:1994); Thermal spraying - Terminology, classification (EN 657:1994), Zagreb, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2002.

EARTHQUAKE ALARM SYSTEM FOR MONITORING IN CIVIL CONSTRUCTIONS

Prof. Assoc. Dr Genci Sharko
Polytechnic University of Tirana, Faculty of Electrical Engineering
Tirana
Albania

Prof. Assoc. Dr Anni Dasho SHARKO
“Luarasi” University, Information Technology and Innovation Faculty.
Tirana
Albania

Arben KULLORAJ
Polytechnic University of Tirana, Faculty of Electrical Engineering
Tirana
Albania

ABSTRACT

This study aims to enhance the civil construction system monitoring earthquake alarm systems. The suggested system would track the stability of the structures in real-time and report on their current condition. Monitoring and identifying stresses at crucial locations is particularly important in the event of an accident where the structure loses stability and falls. The data collection server will receive an alert from the logging system and receive the information. If an earthquake damages a structure, we can determine the degree of the damage with the help of this monitoring system.

Keywords: Monitoring Sensor, Displacement Sensor, Earthquake Alarm System, Emergency Server.

1. Introduction

With the use of this system, we can track civil and industrial objects in real-time to assess the extent of any earthquake-related damage. Although it is obvious that the precise location and timing of an earthquake cannot be predicted with existing technology, we can monitor structures to determine whether they are still capable of providing their intended services or should be deemed damaged or in danger of being destroyed.

The network of sensors implanted in a building's columns will alert maintenance personnel if the stability of a civil or industrial structure is in risk. This system broadcasts the alert status to the emergency center and provides information if the building collapses (through the SFG-

0 sensor). The goal of this study is to develop a monitoring system that is trustworthy and steady over time.

2. TYPOLOGY OF APPLIED SENSORS

To ensure accurate and trustworthy information, we must use a collection of sensors to monitor the structures. To determine when a structure has moved in the wrong direction or has been destroyed, the project will use a strain gauge sensor and an SFG-0 sensor. We would profit from real-time monitoring of the displacement and strain of the structural columns if these sensors were installed in civilian buildings. However, the monitoring of the columns' stress can provide data that we can use to assess the level of damage (after a seis-mic shock). But this information is insufficient to identify the civilian object that collapsed (as a solution we use the SFG-0 sensor) [1]

2.1. STRAIN GAUGE SENSOR

A network of strain gauge sensors, which will be inserted into the steel of the columns as depicted in Figure 1, can be used to monitor these structures. We may calculate the deviation brought on by the earthquake's force by identifying the initial state of resistance of the strain gauges for the sensors mounted in the columns. Stresses in the columns will arise from the structure's deformation, and the sensor will send a new result from which the structure's deviation can be computed and the alarm status can be determined. All of the building's columns and beams will be fitted with sensors, and the ends of each will be linked to a microcontroller box for measurement.

In plastic pipes designed for the metering network, the conductor cables will be installed. The sensors' electrical installations will be separate from the apartment's electrical system yet similar to it. In order to reduce noise signals, transmitters need to be filtered. [2]



Figure 1. a) Strain gauge sensor configuration 1; b) Strain gauge sensor configuration 2

2.2. SGF-0 Sensor

When the structure wants to track the progression of a seismic shock, the SFG-0 sensor has the ability to send an electrical signal. The foundation of its operation is a metal plate inside of it with a mass at one of its edges that can change its bend according to the acceleration caused by the force of a seismic strike. When the sensor and the structure on which it is supported move with acceleration, the angle of the curved plate inside the SFG-0 decreases from its usual operating mode (where this acceleration is the acceleration of collapse of the structure by seismic force). Figure 2 depicts the SFG-0 Sensor's design. [3]

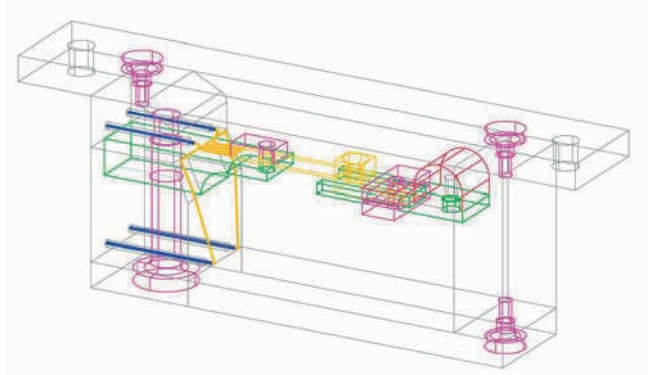


Figure 2. SFG-0 sensor 3D design

The curved plate maintains its bent position during the earth's gravitational pull G by balancing the force of the elastic with the force of the mass at its edge. However, if the supporting structure is affected by the earthquake, the object will cause a thrust in the ceiling, which will change the bending position and lessen the weight of the mass at the edge of the curved sensor plate. [4]

At the point of support, where the strain can be measured by a strain gauge but has not yet reached a curved plate, the change in curvature will be accompanied by a change in the strain. We could ascertain the state of the out of equilibrium to determine from the value of the resistance changes if we were aware of the strain gauge's resistance value when the ceiling was in the static position.

With this matrix equation, we can determine the SFG-0 sensor's output:

$$\begin{bmatrix} x \\ \theta \end{bmatrix} = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}l^3 & \frac{1}{2}l^2 \\ \frac{1}{2}l^2 & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ T \end{bmatrix} \quad (1)$$

Where:

x – Plate extension; θ - Bending angle; E – Elasticity modulus; l – Plate length

Using the matrix equation (1) from it we can determine the material strain and the angle of refraction of the slab for different values of acceleration a which can be induced in the ceiling of the building. Knowing that the force acting on the deformation of the plate is the weight of the body placed at its edge we can write the equation:

$$F = P = m(g - a) \quad (2)$$

Where:

F -Bending strength; P -Bodyweight at the edge of the plate; g -Acceleration of free fall; a -Induced acceleration

Substituting in the equation for determining the extension of plate x we have:

$$x = \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{3}l^3 m(g - a) + \frac{1}{2}l^2 T \right] \quad (3)$$

As for determining the angle of refraction of the plate θ we have:



(4)

The curvature of the plate will decrease with increasing induced acceleration a consequently the angle of refraction of the plate will also decrease.

These values are shown in Table 1

Table 1. The extension of plate x and the angle of refraction Θ depending on the induced acceleration a

a (m/s^2)	X $\times 10^{-3}$ (m)	Θ $\times 10^{-3}$ (°)
0	0.1594	0.6676
1	0.1432	0.5996
2	0.1269	0.5315
3	0.1107	0.4635
4	0.0944	0.3954
5	0.0782	0.3273
6	0.0619	0.2593
7	0.0457	0.1912
8	0.0294	0.1232
9	0.0132	0.0511
9.81	0	0

Table 2. The resistance of the strain gauge and output voltage depending on the induced acceleration a

a (m/s^2)	R_{SG} (Ω)	V (V)
0	120.1700	0.0032
1	120.1527	0.0028
2	120.1354	0.0023
3	120.1180	0.0019
4	120.1007	0.0015
5	120.0834	0.0010
6	120.0660	0.0006
7	120.0487	0.0002
8	120.0314	0.0001
9	120.0140	0.00001
9.81	120	0

The SFG-0 sensor must transform the above values into electrical signals in order to estimate the free fall or acceleration of the object ceiling. Depending on the produced acceleration, strain at the bending plate's support point would cause the strain gauge's resistance to alter. Varied refractive angle values are determined by different ohmic resistance values at the output. The induced acceleration affects the output voltage and ohmic resistance. This dependent is shown in Table.2:

We note that the resistance values of the measurement strain gauge RSG are very close to each other and the change of values as a result of the temperature efferent would bring significant measurement errors which could lead to false alarms. To eliminate the effect of temperature a compensating strain gauge connected according to the diagram shown in Figure 3 will be used. From the bridge balance equation we can write:

$$R_{SG}R_4 = R_3R_2 \quad (8)$$

Where:

RSG - Resistance of the strain gauge; R2 - Balancing resistance; R4 - Calibration resistance; R3 - Resistance of the temperature compensating strain gauge

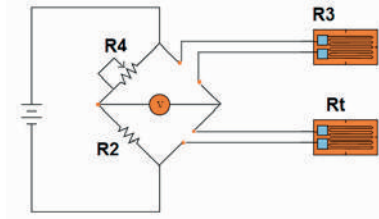


Figure 3. Electrical scheme of strain gauge connections

By feeding the bridge with voltage $U = 12 \text{ [V]}$ at its output we will get the values of voltage V depending on the inductive acceleration a and by setting the values $R2 = 1000\Omega$ and $R4$ variable resistance which has a calibrating role we get the results of Table 2.

Most of the time, the ceiling doesn't fall freely when a building collapses. This happens as a result of the construction materials' and building materials' resistance to the earthquake's shock force. Acceleration in the building's ceiling collapse is required during destruction. The critical value of the V output voltage will match the critical acceleration at which the building will collapse. [5]

3. LABORATORY TESTS AND EXPERIMENTS

The experimental SFG-0 sensor prototype, depicted in Figure 4, has undergone a number of experiments in which controlled amounts of induced acceleration have been applied to simulate the conditions present during a building collapse. The state of plastic oscillations is compared to these values (when the building vibrates as a result of the action of seismic force but manages to resist shock).

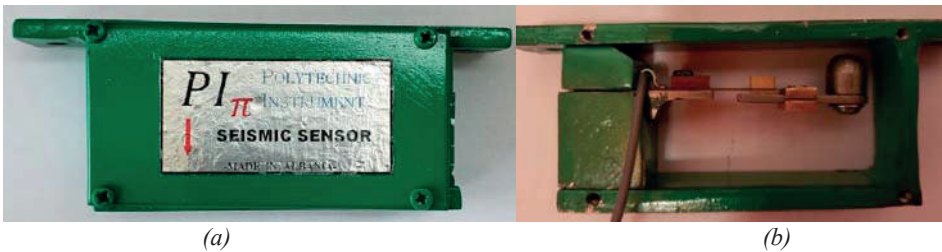


Figure 4. SFG-0 Sensor (a); Inside SFG-0 Sensor (b)

A high-performance DAQ NI USB-6008 data receiver was used to realize the laboratory measurement process. It receives signals sent by the SFG-0 sensor via analog inputs, processes them, and then sends the processed signals to a computer, where it will also be possible to visualize the signal through a digital oscilloscope.

Software is used to numerically process measurement signals, and in order to remove noise signals and leave only the output of the signal that is usable for measurements, a bandpass filter is thought to be necessary.

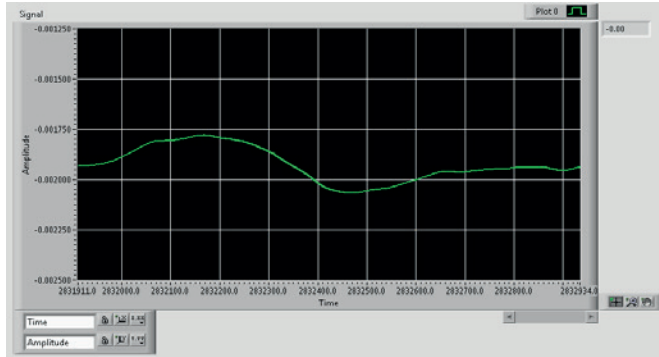


Figure 5. Analysis of the output signal caused by a vertical acceleration component *a*

The SFG-0 sensor will be positioned for this experiment under the influence of an induced acceleration or in accordance with the vertical component. The sensor's output signal will change as a result of the angle of inclination changing during the rapid fall, allowing us to determine the object's falling process.

The output signal from the sensor is shown in Figure 5 as a result of the induced acceleration, and it can be seen that during the sensor's motion and during the period of fall, the output signal's amplitude increases.

The signal will revert to its original value when the sensor stops moving, but oscillation will occur throughout this process because of the inertia of the oscillating element in the sensor (these oscillations come to be extinguished according to their constants but do not pose a concern in sensor operation as amplitudes there are small).

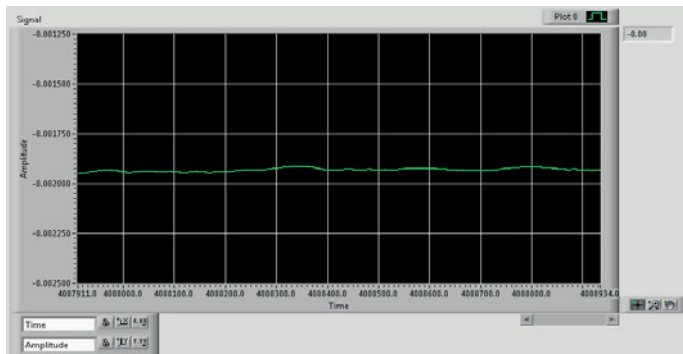


Figure 6. Analysis of the output signal caused by a horizontal acceleration component *a*

In order to conduct this experiment, the SFG-0 sensor will be positioned either in accordance with the horizontal component or under the influence of an induced acceleration. The plate's inclination is unaffected by the horizontal components during fast displacement; therefore the angle of inclination will not change. As a result, the sensor's output signal will remain unchanged.

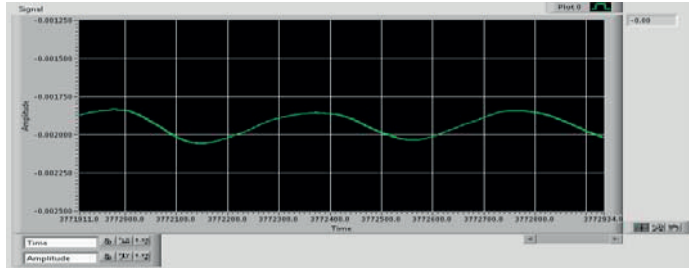


Figure 7. Analysis of the output signal caused by a plastic oscillation

The SFG-0 sensor will be subjected to an oscillation that has an induced amplitude that is determined by the vertical component and a variable frequency that ranges from 1Hz to 10Hz in order to trigger a seismic oscillation in which the building structure is able to withstand hitting force. The inclination of the plate will be affected by the vertical component of acceleration during accelerated displacement, causing the angle of inclination to change periodically. As a result, the curved plate of the sensor will periodically oscillate in response to changes in the induced acceleration amplitude. [6] There will be a periodic change that resembles a sinusoid in the sensor's output signal (since the overload time during the experiment is accepted equal to the landing time). Figure 7 depicts the scenario as it would have been in the third experiment. In the event of a fall (collapse of the object), the signal experiences overload before stabilizing after the object's movement has ceased.

The time Δt_c at which the signal has overlap is thought to correspond to the amount of time it takes for an object to collapse in the scenario when the structure is unable to sustain seismic shock. The findings of laboratory studies readily demonstrate that in the case of plastic oscillations, the time of overload Δt_v is less than the time of overload Δt_c (the scenario in which the item collapsed). Finding a crucial time constant will reveal if there has been any object damage or not.

4. COMPUTER BASE CENTER

The software created to perform measurement and alarm signaling in the SFG-0 laboratory experiment procedure is displayed in Figure 8 together with the LabViewe interface.

The interface is equipped with calibration and crucial value setting cursors that assist in determining the starting position. When an earthquake strikes the target, the system will track the column motions, show the displacements from the starting values, and sound an alarm if the displacements go above a certain threshold.

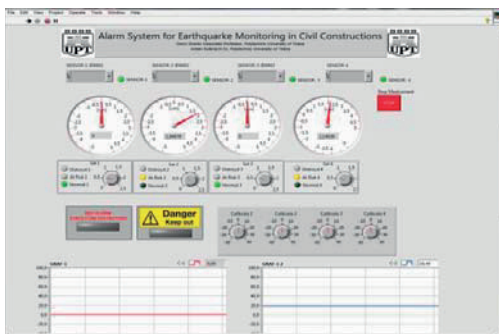


Figure 8. LabView Interface

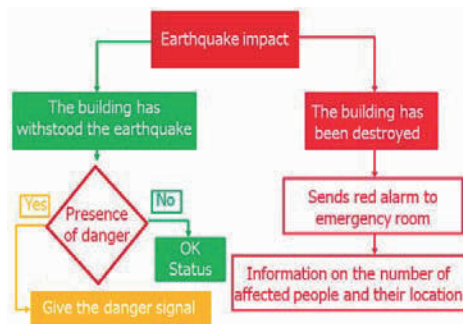


Figure 9. The microcontroller algorithm

In the event of a malfunction, the details are sent, along with the address of the damaged facility, to the national emergency center. Geographic coordinates serve as the foundation for location data, which is linked to the local address scheme. The microcontroller will instruct a siren to sound the danger alert to evacuate the building as it poses a collapse risk when the object has weathered the earthquake, but its structure provides a risk. The algorithm is displayed in Figure 9.

5. CONCLUSIONS

Through this seismic alert system, we can track civil and industrial constructions in real-time to learn more about how safe they are to operate. Quick information gathering will lead to immediate action, more effective management of the intervention forces, and missions for the search and rescue of the injured.

By implementing this technology, more industrial and commercial objects are much safer, and more emergency structures can carry out their tasks more conveniently. The sensors discussed in this study were created and produced in Albania, and they have all undergone laboratory testing to ensure measurement accuracy. The solution is simple to integrate into already-existing structures, hence enhancing user safety.

In order to prevent overloaded damage ascertainment operations, the system can output the outcomes of the ascertainment acts shortly after the seismic shock. In addition to modernizing the national emergency system, the technological approaches and systems suggested in this study will be a useful source of information for future research on seismology or building procedures.

6. REFERENCES

- [1] Iniewski K. (2013): Smart Sensors, Florida, USA
- [2] Bolton.W (2015): Mechatronics Electrical control System in Mechanical and Electrical Engineering, London, United Kingdom
- [3] National Patent AL/P/2020/00769
- [4] A.Kulloraj, G.Sharko, G.Dume, Integrated Earthquake Alarm System for Monitoring the Britge and Road by SFG-0 and RDM Sensor,1CroCEE Proceedings Book ISBN 978-953-8168-47-5 Page 545 – 554
- [5] Iniewski K. (2013): Smart Sensors, Florida, USA
- [6] Chopra, A. (1995): Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering, London, United Kingdom

SEKCIJE SESSIONS

**ODRŽAVANJE KVALITETA VOLFRAMOVIIH LEGURA ZA
POSEBNE NAMJENE**

**MAINTAINING THE QUALITY OF TUNGSTEN ALLOYS FOR
SPECIAL PURPOSES**

Šaban Žuna
Center for advanced technologies
Sarajevo

prof. dr. Aida Imamović
Faculty of metallurgy and technology
Zenica

Ensar Mulaosmanović
Center for advanced technologies
Sarajevo

Suljo Mešić
Faculty of metallurgy and technology
Zenica

Zijad Alibašić
Center for advanced technologies
Sarajevo

ABSTRACT

Tungsten heavy alloys have wide applications where hardness, high density, high wear and high-temperature resistance are required. Within the advanced technologies in the production of tungsten heavy alloys, the results of tungsten heavy alloys for special purposes are presented. This paper reviews the progress of work within the area of tungsten alloys and presents the results of mechanical and microstructure research on the example of the characteristic tungsten alloy 91W-6Ni-1,8Fe-1Co heavy alloy with a defined Ni/Co ratio. The SEM results show that the defined Ni/Co ratio promotes a fine microstructure and a relatively high hardness that is very important for the maintenance of the quality of tungsten alloys for special purposes.

Keywords: tungsten alloy, SEM microstructure, special purpose

1. INTRODUCTION

Tungsten belongs to group of refractory (resistant to heat) metal that possess extraordinary resistance to heat and wear. Tungsten has a very high melting temperature, high density, high elastic modulus, high strength, plasticity, and impact strength, high thermal conductivity, and excellent mechanical properties at elevated temperatures. These properties have led to tungsten being used for numerous applications. The earliest application of tungsten was as an alloying element to produce special steels. From there, it quickly gained prominence as filaments in incandescent bulbs where it replaced carbon filaments. Since then, the material has seen extensive adoption in various fields, including aviation, automotive, electronics, medicine, military, chemicals, and sports. Tungsten alloyed with nickel, iron or cobalt, can replace uranium in kinetic energy penetrators so that the harmful radiations of uranium can be

avoided. Typical applications include bearings, gears, valves, pump components, injection molding dies (ejection pins and part release) figure 1 (2). Tungsten the ideal material for high-temperature structural use in fusion energy and other applications. It is used in making carbide tools for metalworking equipment after alloying with other metals, thus producing superalloys for nuclear reactors, radiation shields, balancing elements, missile parts, tanks, vessels, and jet engines. Therefore, the aerospace and defence industries are also great customers of tungsten.

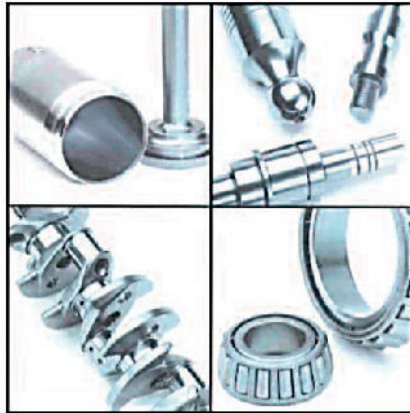


Figure 1: Typical applications of tungsten alloys.

Quenched tungsten steel with approx. 5.5% to 7.0% W is also used to make hard permanent magnets, thus contributing to the growth of the tungsten market (3). Tungsten powder is obtained from ammonium paratungstate by hydrogen reduction at temperatures in the range 700 °C - 1100 °C. Purity of the metal powder is above 99.97 %. In the manufacture of alloyed tungsten products, the alloying elements are either introduced into the raw materials prior to reduction using the sol-gel process, or they can be added to the metal powder after reduction. The initial densification of the powder to various plate and rod geometries takes place predominantly through die pressing and cold isostatic pressing. The pressed compacts are subsequently sintered at temperatures between 2000 °C - 2500 °C, mostly using furnaces with hydrogen (mixed gas with hydrogen and argon) flow. This increases the density and the strength of the pressed blanks. Deformation of the sintered blanks takes place at temperatures up to 1600 °C, using for example rolling, forging and swaging. Intermediate annealing, leading to recovery and recrystallization, is necessary to maintain sufficient workability. The working temperature can be reduced as the degree of deformation increases. In this way forged parts, sheets and foils are produced. Wires are produced from rods by rolling and drawing (4).The schematic flow of production of tungsten semi - finished products is given in figure 2.

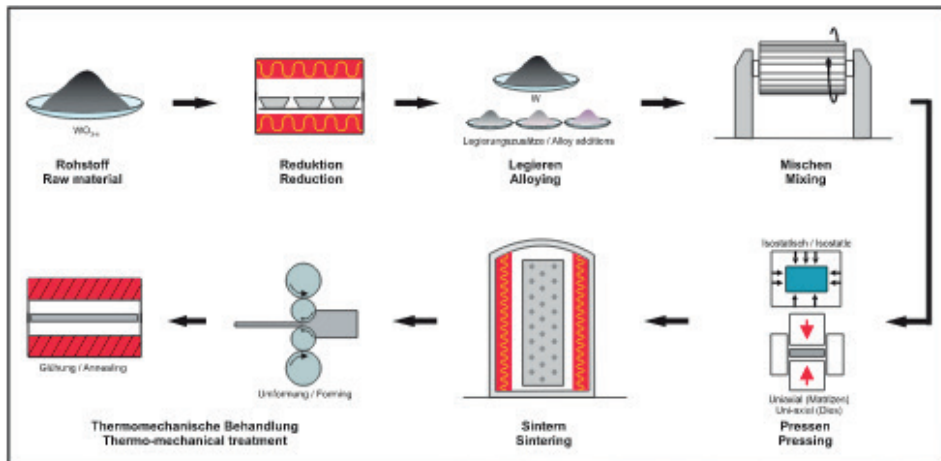


Figure 2: Schematic flow of production of the tungsten semi-finished products [3]

Tungsten heavy alloys are produced mostly by liquid phase sintering. The two-phase microstructure consisting of tungsten particle phase and a binder matrix phase. This causes these materials also to be referred to as tungsten composites (5). The chemical composition of the matrix is a nickel solution with the addition of elements such as iron, cobalt or copper. The change of the Ni/Co ratio and the processing of mechanical alloying are important to influence characteristics and sintering behaviour of the tungsten based materials. The results show that the high Ni/Co ratio facilitates the process of solid phase sintering and promotes a fine-grained structure and a relatively high hardness. However, the behaviour of liquid phase sintering was found in the alloys with the low Ni/Co ratio condition, corresponding to a coarse-grained structure and decrease in hardness (6).

2. RESEARCH RESULTS

Microstructure and production parameters are key factors influencing the properties of heavy alloys. The samples of tungsten heavy alloy 91W-6Ni-1.8Fe-1Co with a defined Ni/Co ratio (Ni/Co=6) have been investigated in this study – because of its good properties and practical application for special purposes. The samples of tungsten alloy 91W-6Ni-1.8Fe-1Co were tested, in order to determine the microstructural and mechanical properties of these samples in according to their quality from the aspect of a two-component binder based on Ni-Co. This paper presents the results of chemical, mechanical and microstructure research on the example of the tungsten alloys 91W-6Ni-1.8Fe-1Co, which corresponds to class 1 according to ASTM B777-15, (7)

2.1. Chemical and mechanical results

The tungsten materials were characterized with chemical and metallography analysis, hardness measurement and tensile test. For the sample of the 91W-6Ni-1.8Fe-1Co, chemical and mechanical analysis were performed at the Institute “Kemal Kapetanović” Institute, University of Zenica and at the Faculty of Natural Sciences and Mathematics Sarajevo, Department of Analytical Chemistry according to their technical instructions and appropriate standards. The results of chemical content of this tungsten alloy as well of mechanical properties such as tensile strength, hardness and elongation are presented in table 1.

Table 1. Chemical and mechanical properties of the 91W-6Ni-1.8Fe-1Co sample

Chemical analysis, %								Mechanical properties		
Ni	Fe	Co	Si	Cr	Mn	S	W	Tensile strength, MPa	Elongation, %	Hardness, HRC
6.00	1.81	1.05	0.11	0.05	0.03	0.002	rest	1485	10	49

The results of chemical composition and mechanical tests of tensile strength, elongation and hardness, confirm that they are in accordance with the prescribed standard for this type of tungsten alloy.

2.2. Results of testing of tungsten alloy phases

The analysis of samples 91W-6Ni-1.8Fe-1Co was carried out with the aim to define the phase content, size and distribution of tungsten phase. The detailed SEM/EDS analyses of phases were performed by scanning electron microscope (SEM ThermoFisher Science Quattro S with attached energy-dispersive x-ray spectroscopy (EDS) system). Tungsten alloys are a typical class of two-phase composites consisting of spherical tungsten based particles surrounded by a ductile phase of a lower melting point matrix consisting of Ni, Fe, Cu and Co. The sample was analysed in the longitudinal direction, figure 3. Sintered microstructure of the samples is the matrix with round tungsten-based phase.

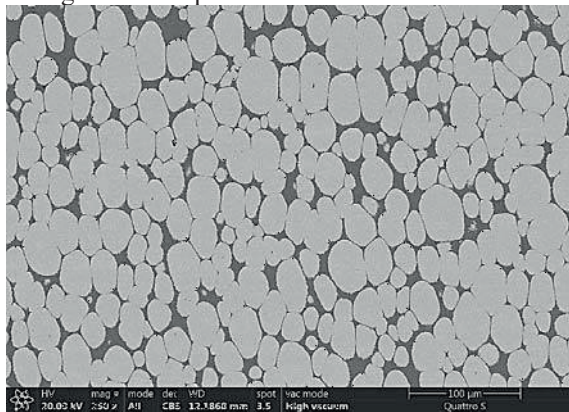


Figure 3: SEM image of the longitudinal samples 91W-6Ni-1.8Fe-1Co.

As can be seen from figure 4, tungsten heavy alloy is composite material which consisted of two different phases, phase 1 and phase 2. These two phases are special phases that differ in chemical composition as well as mechanical properties. Phase 2 is in fact a binder phase enriched in the elements Fe, Ni and Co. Figure 4 presents the SEM image of the longitudinal samples 91W-6Ni-1.8Fe-1Co.

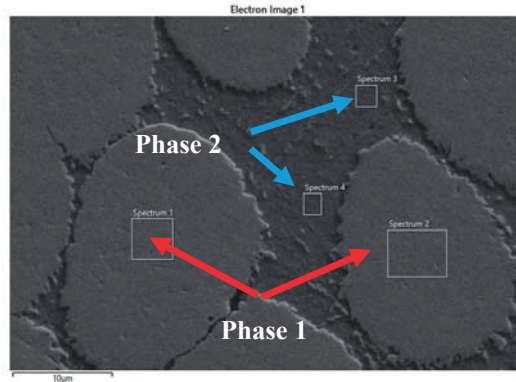


Figure 4: SEM image of the characteristic region/ phases of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co sample.

In the samples presented in figures 3 and 4, the average size of tungsten based phase 1 is approximately 30 µm and a certain slight deformation in the longitudinal direction can be observed. This type of indicates higher strength properties of tungsten phase 1 and therefore these phase have higher resistance to plastic deformation and do not deform significantly compared to the matrix – phase 2.

2.2.1. Chemical analyses of phases

The chemical analyses of phases have shown that the main component of the W, Fe, Co and Ni contents in the phase 1 and phase 2 has significant exchange. The results of spectral analysis on SEM images of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co samples from the region 1-4 from (figure 4) is shown in the table 2. The table 2 presents the contents of W, Ni, Co and Fe on the sample of materials for the spectral regions marked with 1, 2, 3 and 4 from figure 2.

Table 2: W, Ni, Co and Fe contents for spectrum regions 1, 2, 3 and 4 from figure 4

Spectrum Label	Spectrum 1	Spectrum 2	Spectrum 3	Spectrum 4
Fe			10.51	10.73
Co			13.47	13.90
Ni	0.17	0.90	44.29	43.73
W	99.83	99.10	31.74	31.65
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

From table 2 can be seen the differences in the distribution of elements in tungsten phase 1 and binder matrix phase 2. Thus in the phase 1 in the regions 1 and 2 the tungsten dominated by with over 99%, while in binder matrix phase 2 the share of tungsten is less than one third. Also in the tungsten phase 1 is the proportion of Ni in the traces from 0.17 to 0.90, while Ni, Co and Fe are present in the binder phase 2.

2.2.2. SEM analyses of phases

Examination of the phases on the scanning electron microscope gives the highest data on the type of phases and their composition. SEM image for spectrum regions 1 and 2 of samples 91W-6Ni-1.8Fe-1Co (figure 4) can be seen in the figures 5 and 6.

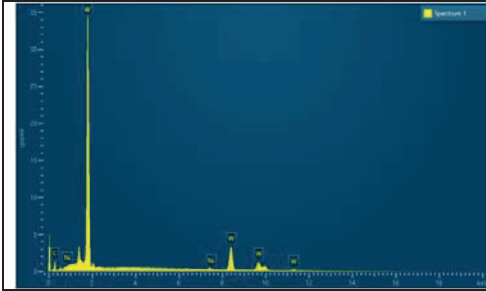


Figure 5: SEM analysis of the phase 1 in region 1 of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co (from figure 4)

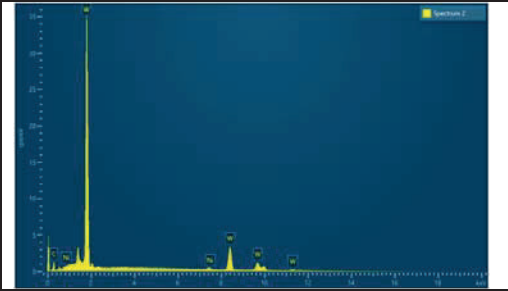


Figure 6: SEM analysis of the phase 1 in region 2 of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co (from figure 4)

SEM analysis of the 91W-6Ni-1.8Fe-1Co sample in the area 3 and area 4 (from figure 4) are presented in the figures 7 and 8.

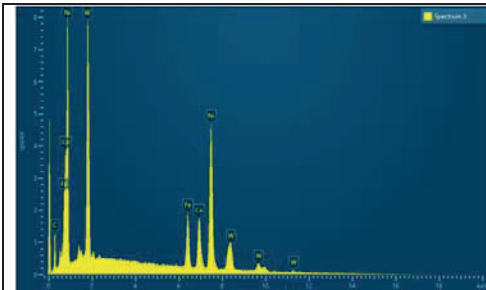


Figure 7: SEM analysis of the phase 2 in region 3 of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co (from figure 4)

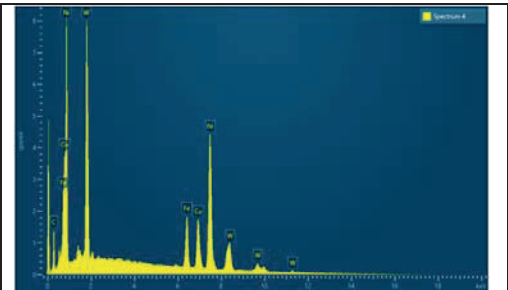


Figure 8: SEM analysis of the phase 2 in region 4 of 91W-6Ni-1.8Fe-1Co (from figure 4)

In this material, different distributions between phase and matrix were registered, with regard to the elements Fe, Co, Ni and W, table 3. Statistical analysis revealed a relatively small difference as well as a small variation in the maximum and minimum distribution of Fe and Co elements. On the other hand, there is a significant difference in the distribution of the Ni and W content. The Ni content in the observed alloy ranges from a maximum of 44.29 to a minimum of 0.17%, with a standard deviation of 25.10. There is even greater variation in the W distribution, which varies from 99.83% to 31.65% with a standard deviation of 39.13.

Table 3: Statistics of the W, Ni, Co and Fe contents for samples from figure 4.

Statistics	Fe	Co	Ni	W
Max	10.73	13.90	44.29	99.83
Min	10.51	13.47	0.17	31.65
Average			22.27	65.58
Standard Deviation			25.10	39.13

A higher level of mechanical properties of the sample materials 91W-6Ni-1,8Fe-1Co could be achieved only by using powders of smaller granulation or correcting the chemical composition (for example replacing Fe with Co), otherwise by reducing the microstructure with cold plastic deformation (9).

3. CONCLUSION

- Testing the characteristics of tungsten alloys for special purposes, especially SEM analysis is of great importance for knowing and maintaining the quality of these alloys.
- Mechanical properties can be adjusted to some extent with chemical composition, primarily with Ni/Co ratio, and additionally with post-sinter thermomechanical treatment and plastic deformation.
- The sample 91W-6Ni-1,8Fe-1Co has a tensile strength of 1485 MPa, a hardness of 48 HRC-50 HRC, and an elongation of 10%.
- Metallographic tests of the sample 91W-6Ni-1,8Fe-1Co show significantly spherical tungsten-based phase surrounded with continued matrix phase.
- It was presented with SEM analysis the distribution of the W, Ni, Co and Fe elements in tungsten phase and binder phase.
- The progress in the area of tungsten alloys and presents the results of mechanical and microstructure research on the example of the characteristic tungsten alloy 91W-6Ni-1,8Fe-1Co heavy alloy with a defined Ni/Co ratio have been researched in this study.

4. REFERENCES

- [1] Christian J., Singh Gaur R.P., Wolfe T. and Trasorras J. R. L.: Tungsten Chemicals and their Applications Global Tungsten and Powders Corp., Towanda, PA, USA, June 2011.,
- [2] Omole, S.; Lunt, A.; Kirk, S.; Shokrani, A. Advanced Processing and Machining of Tungsten and Its Alloys. *J. Manuf. Mater. Process.* 2022, 6, 15. <https://doi.org/10.3390/jmmp6010015>,
- [3] <https://www.researchandmarkets.com/reports/5412064/global-tungsten-market-outlook-to-2026>,
- [4] <https://docplayer.org/20247587-Wolfram-tungsten-wc-20-werkstoffeigenschaften-und-anwendungen-material-properties-and-applications-wt-20-wvm.html> [pristup, junijune 2022.],
- [5] Skoczylas P., Gulbinowicz Z., Goroch O.: Microstructure and Properties of Tungsten Heavy Alloy Connections Formed during Sintering with the Participation of the Liquid Phase, *Materials (Basel)*.2020 Nov; 13(21): 4965, Published online 2020 Nov 4. doi:10.3390/ma13214965,
- [6] Chen C.-L., Ma S.-H.: Effects of Ni/Co ratio and mechanical alloying on characteristics and sintering behavior of W-Ni-Co tungsten heavy alloys, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 711, 15 July 2017, Pages 488-494,
- [7] Žuna Š., Alibašić Z., Nuhić I.: Prethodno istraživanje legura tvrdih metala za KEP, Centar za napredne tehnologije u Sarajevu : 28-39. 2021,
- [8] Žuna Š., Alibašić Z., Imamović A.: Investigation of properties of tungsten heavy alloys for special purposes, 8th International Conference „New technologies, development and application“ NT-2022, June 23-25. 2022 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina,
- [9] Caldwell S. G.: Tungsten heavy alloys, in *Powder Metal Technologies and Applications*, P. W. Lee and R. Lacoocca, Eds., vol. 7, pp. 914–921, ASME Handbook, Materials Park, Ohio, USA, 1998.

ODREDNICE ZAŠTITE NA RADU I HSQE STANDARDA SA PRAKTIČNOM PRIMJENOM NA GRADILIŠTU U KONTEKSTU ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

DETERMINANTS OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HSQE STANDARDS WITH PRACTICAL APPLICATION ON THE CONSTRUCTION SITE IN THE CONTEXT OF MAINTENANCE OF TECHNICAL SYSTEMS

Dr Ismar Alagić, Vanredni profesor
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
E-mail: ismar.alagic@gmail.com , alagicismar@yahoo.com

REZIME

Autor u ovom radu ukazat će na odrednice sigurnosti i zaštite na radu u kontekstu zahtjeva standarda HSEQ (eng. Health, Safety, Environment and Quality) sa praktičnom primjenom na gradilištu u kontekstu održavanja tehničkih sistema. Ključnu odrednicu u pristupu zaštite na radu u kontekstu opće sigurnosti i održavanja tehničkih sistema predstavlja prevencija. Prevencija podrazumijeva, planirane i poduzete mjere sigurnosti u svakom radnom postupku kod poslodavca, s ciljem sprječavanja ili smanjenja rizika na radu. U ovom radu autor će dati primjere primjene prevencije i opće sigurnosti rada sa procjenom rizika na gradilištu u konkretnom slučaju renomirane firme sa obimnim međunarodnim iskustvom.

Ključne riječi: HSQE, prevencija, opća sigurnost, gradilište, tehnički sistemi, održavanje.

1. SIGURNOST I ZAŠTITA NA RADU U KONTEKSTU ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

Zaštita na radu je sistem pravila, načela, mjera, postupaka i aktivnosti, čijom se organizovanom primjenom ostvaruje i unapređuje sigurnost i zaštita zdravlja na radu, s ciljem sprječavanja rizika na radu, ozljeda na radu, profesionalnih bolesti, bolesti u vezi sa radom, kao i drugih materijalnih i nematerijalnih šteta na radu, a u vezi sa radom. Smisao zaštite na radu je izbjegavanje opasnosti, štetnosti kojima mogu biti izloženi radnici i osobe na radu. Stoga je prevencija osnova zaštite na radu, a mogla bi se posmatrati i kao značajan faktor koji djeluje na konkurentnost poslodavca [1].

Sigurnost na radu podrazumijeva ličnu i kolektivnu brigu i odgovornost za zdravlje i život svakog pojedinca u slučajnom radnom okruženju. To znači da smo svi dužni voditi brigu o zdravlju, kako nas samih tako i svih ljudi koji rade oko nas, te da je to zakonska odgovornost kako lična tako i kolektivna. Pored zakonske odgovornosti, jednostavno svaki pojedinac ima dužnost brinuti o svojim kolegama koji ga okružuju, iako ih možda i ne poznaje, jer je to jednostavno ispravan ljudski postupak. Dakle, sigurnost na radu nije isključivo zadatak samo

nadležne osobe, šefa gradilišta, supervizora i slično, već svakog pojedinca u radnom okruženju, kako bi sačuvali zdravlje odnosno život.

Kada govorimo o sigurnosti u tada se treba referisati na najviši svjetski HSEQ standard (eng. Health Safety, Environment and Quality – Bhs. Zdravlje, Sigurnost, Okolina i Kvalitet), zatim europske konvencije o zaštiti zdravlja radnika, a pri razmatranju poslova montaže mašinskih konstrukcija treba uzeti u obzir odrednice o sigurnosti koje je izdao CITB (eng. Construction Industry Training Board – Bhs. Odbor za obuku u građevinarstvu) u Velikoj Britaniji. Prema tome, radnik koji usvoji osnovna znanja za sigurnost prema odrednicama CITB, smatra se sposobnim i prihvatljivim na tržištu građevinarstva u cijelom svijetu, a posebno na tržištu Europe gdje su kao standard, općeprihvaćena uputstva CITB odbora.

Kako bismo što ozbiljnije prihvatili sistem sigurnosti i važnost njegove primjene, navest ćemo nekoliko činjenica, koje su rezultat analize i statistike CITB-a na svjetskom nivou. Svake godine oboli oko 80.000 radnika od profesionalnih oboljenja, odnosno oboljenja za koja se smatra da su prouzrokovana poslom koji obavljaju, ili bar pogoršana zbog posla koji izvode. Od toga oko 52.000 se odnosi na bolesti leđa, oštećenih ramena i slične povreda lokomotornog sistema. Zatim, 12.000 slučajeva su povezani sa stresom, anksioznošću, i depresijom, dok je oko 3.000 slučajeva vezano za disajne bolesti i oboljenja pluća. Preostalih 13.000 oboljelih su bolesti i poremećaji sluha, vida, kože, nešto manji broj oboljenja su oboljenja probavnog sistema, toksikacija – trovanje, te mehaničke i termičke povrede [2].

Broj smrtnih ishoda se znatno smanjio, upravo zahvaljujući razvoju svijesti o mjerama sigurnosti, te sve većoj primjeni mjera sigurnosti, kao i zahvaljujući zakonskim regulativama za sprovođenje mjera sigurnosti. Međutim, u građevinarstvu i dalje se zna desiti fatalan/smrtni ishod, posebno trenutni fatalni ishod kao posljedica nepridržavanja mjera sigurnosti na visinskim radovima, a zatim postposlovni fatalni ishodi kao posljedica profesionalnih oboljenja. Stoga imajući u vidu da je čak i jedna smrt previše, potpuno legitimno se može zaključiti da je građevinarstvo još uvijek jedna od najopasnijih industrija na tržištu rada. U ovom radu ponudit ćemo osnovne napomene o odrednicama zaštite na radu i HSQE standard sa praktičnom primjenom na gradilištu u kontekstu održavanja tehničkih sistema.

2. OSNOVNI POJMOVI ZAŠTITE NA RADU I ODREDNICE HSQE STANDARDA PRI ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA

Prevenција podrazumijeva, planirane i poduzete mjere sigurnosti u svakom radnom postupku kod poslodavca, s ciljem sprječavanja ili smanjenja rizika na radu. Poslodavac i radnici su dužni sprovesti zaštitu na radu, na temelju općih načela prevencije, definisanih europskim/međunarodnim zakonom o zaštiti i prevenciji na radu. Opća načela prevencije su sljedeća: a) procjene rizika, b) izbjegavanja rizika, c) sprječavanja rizika, d) otklanjanja rizika na njihovom izvoru, e) prilagođavanja rada i mjesta rada radniku naročito u pogledu izbora opreme za rad i metoda rada, kao izbora tehnološkog postupka da bi se izbjegla jednoličnost u radu u cilju smanjenja njihovog uticaja na zdravlje radnika, f) prilagođavanja tehničkom napretku, g) zamjene opasnih tehnoloških procesa ili metoda rada bezopasnim ili manje opasnim, h) zamjene opasnih materija bezopasnim, i) utvrđivanja jedinstvenih preventivnih mjera s ciljem međusobnog povezivanja tehnologije, organizacije rada, uvjeta rada, socijalnih odnosa i uticaja faktora vezanih za radnu okolinu, j) davanja prednosti zajedničkim mjerama zaštite pred pojedinačnim, k) odgovarajućeg osposobljavanja i obavještanja radnika [3].

Prevenција i procjenjivanje rizika se temelji na obavezi poslodavca da se aktivno uključi u zaštitu na radu, kao i obavezi radnika da uči i primjenjuje propisane upute zaštite na radu. Program prevencije je uključen u politiku firme, ne samo radi sprječavanja povreda na radu, i ne da bi se izbjegle sankcije zbog zapostavljanja zaštite na radu, nego prvenstveno zbog

motivacije radnika za bolji i sigurniji rad u svom slučajnom tkz. „random“ okruženju. Sada ćemo ukazati neke od pojmova značajnih pri razmatranju područja zaštite na radu.

Da li u firmi osposobljavanje radnika za rad obavlja na siguran način?

Cijeli proces osposobljavanja radnika otpočinje sa obavještanjem radnika od strane poslodavca o svim činjenicama i okolnostima koje utiču ili bi mogle utjecati na sigurnost i zdravlje radnika (o organizaciji rada, rizicima i načinu izvođenja radnih postupaka i slično), a tokom osposobljavanja radniku je potrebno objasniti i pripremiti ga za praktičnu primjenu mjera zaštite na radu, koje je dužan primjenjivati tokom rada [4].

Radnik, da li je to osoba na radu?

Radnik je fizička osoba koja u radnom odnosu obavlja poslove za poslodavca. Osoba na radu, fizička osoba koja nije u radnom odnosu kod poslodavca, ali za njega obavlja određene aktivnosti, to može biti osoba na stručnom osposobljavanju, osoba na sezonskom radu za obavljanje privremenih poslova, osoba koja radi na određenim poslovima prema posebnim propisima, kao što su studenti, učenici, volonteri, zatvorenici, itd.

Ko su poslodavac, ovlaštenik i stručnjak zaštite na radu?

Poslodavac je fizička ili pravna osoba za koju radnik, odnosno osoba na radu obavlja poslove. Odgovoran je za obezbjeđenje, organizovanje, te kontrolu sprovođenja zaštite na radu, u svim dijelovima organizacije rada kao i u svim radnim procesima. Poslodavac može provođenje zaštite na radu prenijeti na svog ovlaštenika u okviru njegovog djelokruga rada [5].

Ovlaštenik, lice kojem je poslodavac neovisno o drugim ugovorenim poslovima sa istim, dao ovlaštenja za provedbu zaštite na radu, imajući u vidu njegovu sposobnost koja može uticati na sprovođenje zaštite na radu.

Stručnjak zaštite na radu, je lice koje je poslodavac odredio za obavljanje poslova zaštite na radu, a koje je sposobno odnosno ispunjava propisane uslove za obavljanje poslova zaštite na radu. Obavlja sprovođenje organizovane zaštite na radu sa osposobljenim radnicima za sigurno izvođenje poslova, dakle ovo lice ne provodi osposobljavanje radnika za izvođenje poslova za siguran rad, već izvodi radove na siguran način sa osposobljenim radnicima [4].

Rizik, opasnost, štetnost, naponi?

Rizik je umnožak vjerovatnoće nastanka opasnog ili štetnog događaja ili štetnosti tog događaja, odnosno njegove posljedice. Procjenu rizika vrši poslodavac za sve poslove predviđene na jednom gradilištu, za svako gradilište posebno, bez obzira da li se radi o istoj vrsti izvođenja poslova [3].

Opasnost, podrazumijeva sve uslove na radu u vezi sa radom, koji mogu ugroziti sigurno izvođenje radnih zadataka, odnosno ugroziti sigurnost i zdravlje radnika ili osoba na radu, odnosno ugroziti njihov život.

Štetnost, podrazumijeva sve hemijske, biološke i fizičke agense koji mogu uzrokovati oštećenje zdravlja radnika ili osoba na radu, pri izloženosti štetnim agensima, odnosno koji mogu trenutno ugroziti ili ugasiti život [1].

Naponi, podrazumijevaju statodinamička i psihofizička naprezanja, zatim naprezanja vida, sluha i govora, kao i naprezanje probavnih organa (npr. trpljenje za obavljanje fizioloških potreba), koji mogu uzrokovati oštećenje zdravlja radnika i osoba na radu, ukoliko su im isti izloženi.

Šta su sredstva rada, radna oprema, mjesto rada, lična zaštitna oprema?

Sredstva rada su građevine namijenjene za rad s odgovarajućim materijalima, instalacijama, uređajima i opremom, transportna sredstva i radna oprema.

Radna oprema, podrazumijeva mašine i uređaje, postrojenja, sredstva za prijevoz i prenošenje tereta, alate i skele, te svaka druga sredstva za rad na zemlji i rad na visini.

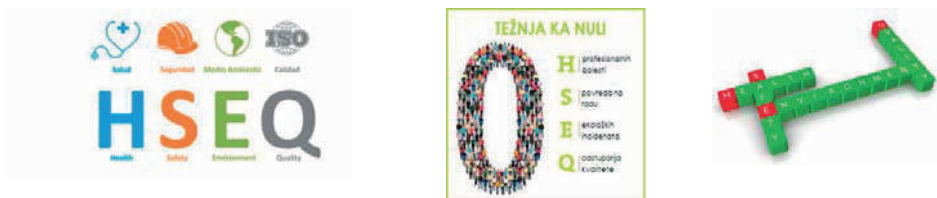
Mjesto rada, je svako mjesto na kojem radnici ili osobe na radu moraju biti, ili na koje moraju ići, ili kojem imaju pristup tokom rada zbog poslova koje obavljaju za poslodavca, kao i

svaki prostor, odnosno prostorija koju poslodavac koristi za obavljanje poslova, a koja je pod njegovim direktnim ili indirektnim nadzorom.

Lična zaštitna oprema, je oprema koju radnik nosi, drži ili na bilo koji drugi način upotrebljava pri radu, tako da ga štiti od jednog ili više rizika vezanih za njegovu sigurnost ili zdravlje, kao i svako pomagalo ili dodatak koji se upotrebljava u vezi sa radom i sigurnošću na radu [4].

HSEQ standard, je svjetski autentični standard, koji sa svojim planom i programom, te visokim kriterijima sigurnosti i zaštite na radu, obezbjeđuje najadekvatnije sigurnosne uslove u radnim okruženjima, potpunim odstranjivanjem ili smanjivanjem na minimum bilo kojih štetnih uticaja na zdravlje i život radnika, odnosno teži ka nuli po pitanju profesionalnih bolesti, povreda na radu, ekoloških incidenata, i odstupanja od kvaliteta. Navedeni standard integriše u okviru sebe odrednice sljedećih međunarodnih standarda kvaliteta, i to [3]:

- **ISO 45001** - standard zaštite zdravlja i zaštite na radu;
- **ISO 9001** - standard upravljanja kvalitetom;
- **ISO 14001** - standard upravljanja zaštitom okoliša [3].



Slika 1. Ilustrovani prikaz ciljeva standarda HSEQ.

Pojmovi koji su povezani sa standardom HSEQ su sljedeći [1]:

- HSE – eng. Health and Safety Executive – Bhs. izvršne direktive za zaštitu zdravlja i sigurnost;
- HSEQ – eng. Health Safety, Environment and Quality – bhs. zdravlje, sigurnost, upravljanje okolišom i kvalitetom. To je specijalizovano područje koje se odnosi na očuvanje zdravlja, sigurnost na radu, te upravljanje okolišom i kvalitetom bilo koje organizacije ili firme. Individualno profesionalno bavljenje ovom problematikom podrazumijeva prisustvo HSEQ rukovodioca/ menadžera u organizacionoj šemi firme i sistematizaciji radnih mjesta.
- NEBOSH -eng. National Examination Board in Occupational Safety and Health – Bhs. državni stručno/ispitni sekretarijat za zaštitu na radu.
- IGC -eng. International certificate Safety and Health – Bhs. međunarodni certifikat za zaštitu na radu.
- ISO -eng. International organization for standardization – Bhs. međunarodna organizacija za standardizaciju.
- OSHAS - Occupation Health and Safety Assessment Series - Bhs. serija za ocjenu zdravlja i sigurnosti na radu.
- BS OSHAS -eng. British Standard occupation health and safety assessment series – Bhs. Britanski standard, serija za ocjenu zdravlja i sigurnosti na radu.
- OHSAS 18001- standard zaštite zdravlja i zaštite na radu, koji od 01. marta 2021. godine je u potpunosti zamijenjen sa standardom ISO 45001.

3. OSNOVNA PODRUČJA RELEVANTNA ZA PREVENCIJU I SIGURNOST RADA NA GRADILIŠTU

Na prevenciju i sigurnost rada na gradilištu gdje se vrši montaža mašinskih konstrukcija prvenstveno utiču sljedeća područja: zakon i upravljanje; politika poslovanja; etika i bonton; opća sigurnost; specifična sigurnost; visokorizične i specijalizovane aktivnosti; zdravlje i zdravstvena zaštita, i; okolina. Kada je riječ o zakonu i upravljanju polazimo od pitanja: “Šta poslodavac treba omogućiti za siguran rad na gradilištu?”

Zakon i upravljanje na radu/gradilištu podrazumijeva opće, individualne i kolektivne kompetencije i odgovornosti, koje podrazumijevaju šta svaki poslodavac treba omogućiti za sigurno obavljanje poslova na gradilištu, a s druge strane šta svaki radnik treba znati, kako korektno obavljati poslovne zadatke i kako se ponašati za sigurno obavljanje poslova na gradilištu. Također, treba znati svaki pojedinac, iako se poduzmu sve moguće mjere zaštite u pripremi gradilišta, da se nesreće ni u kom slučaju ne gube iz vida te da su itekako moguće, stoga od izuzetne je važnosti poznavanje procedura i obaveza postupanja u slučaju nesreće. To podrazumijeva kako prevenirati eventualnu nesreću, kako se ponašati u slučaju nesreće, kako tražiti pomoć ukoliko smo povrijeđeni, kako sanirati povrede i kako pomoći povrijeđenom. Pored navedenog, od izuzetne važnosti je prijavljivanje i bilježenje nesreće, kako lične nesreće tako i nesreće svojih kolega. Dakle treba znati, kada, kako, gdje i zašto se i najmanje nesreće moraju prijaviti i zabilježiti u knjigu nesreća na radu. Zakonske regulative koje podrazumijevaju prava i odgovornosti radnika, kao i poslodavaca, su propisane Zakonom o zaštiti na radu i podzakonskim aktima u obliku propisa. Poslodavci i radnici su dužni poštivati pravila i procedure propisane zakonom, prije svega matične države, kao i država u kojima obavljaju radne zadatke npr. na gradilištima za vrijeme rada, u privatnom životu tokom boravka u nekoj trećoj državi. Te zakonske regulative mogu biti općeg i individualnog karaktera. Kršenje zakonskih propisa povlači za sobom prekršajne i krivične odgovornosti kako za pojedinca tako i za kolektiv [4].

Da bismo ispravno shvatili zakonske regulative trebamo biti svjesni njihove dobrobiti za poslodavce, a nikako ih ne doživljavati kao kazne, jer istim podliježu kako radnici tako i poslodavci. Prema tome da bi ispravno postupali ne smijete zanemariti zakon, trebate se educirati o zakonu, i imati razvijenu svijest tj. biti svjesni svojih zakonskih dužnosti i prava. Okvir zakona o zdravlju i sigurnosti uključuje sljedeće [4]:

- a) Zakon o zdravlju i sigurnosti na radu osnovna je zakonska regulative koja pokriva zdravlje i zaštitu na radu. Nudi temeljne principe kako radne aktivnosti treba provoditi sigurno.
- b) Detaljnije podzakonskim zakonodavstvom (struka, institucije, firme, nevladine organizacije itd. svojim aktima - statutima, poslovnica, pravilnicima itd.) pruža se izdavanje konkretnih i preciznih propisa (prema prirodi poslova), koji se također stavljaju na punu snagu zakona.
- c) Zakon o zaštiti na radu i njegove podzakonske akte, shodno različitim oblastima poslovanja izvršavaju akreditovane osobe za zaštitu zdravlja.

Svi zaposleni na poslu moraju biti svjesni politike zdravstvene zaštite zdravlja i sigurnosti svojih firmi. Svi trebaju naučiti i razumjeti svoje dužnosti da bi zaštitili opću dobrobit i sigurnost. Politika zdravstvene zaštite i sigurnosti firme pokriva veoma važne sigurnosne aspekte dužnosti poslodavca i dužnosti radnika.

Politika zaštite zdravlja i sigurnosti firme podrazumijeva sljedeće:

- a) Politika zaštite zdravlja i sigurnosti firme je **pisani dokument** o načinu na koji poslodavac upravlja zaštitom zdravlja i sigurnošću na radu prema zahtjevima zakona.
- b) Svi radnici imaju dužnosti i pruža im se zaštita prateći smjernice navedene u politici zdravlja i sigurnosti, i to:
 - Politika (3.14) – namjere i smjernice organizacije, formalno izražene od strane njenog top managementa.
 - **OHS politika** (3.15) - politika za sprečavanje ozljeda vezanih uz rad i lošeg uticaja na zdravlje radnika i osiguranje sigurnih i zdravih radnih mjesta.
- c) Politika zdravlja i sigurnosti za veće firme može da se sastoji od mnogo različitih elemenata (različitih pisanih dokumenata shodno različitosti poslova).
- d) Područja poput savjetovanja sa zaposlenicima također su obuhvaćena politikom zdravstvene zaštite i sigurnosti poslodavaca odnosno firmi.

Propisi zaštite na radu primjenjuju se na sve vrste građevinske projekcije, od najosnovnijih poslova do visokogradnje i metalnih konstrukcija. Prvo i osnovno šta treba znati na gradilištima i poslodavac i radnici jeste da **trebaju biti sigurni na gradilištu**. Ove regulative pokrivaju osnovne/glavne sigurnosne propise svakodnevnog rada na sigurnom mjestu. Opće regulative/zahtjevi koje nalaže zakon za gradilište su sljedeći:

- a) Radna mjesta, iskopi, skele, metalne konstrukcije, ljestve, pokretne radne platforme i slično, moraju biti provjereni prije upotrebe, potvrđeni kao ispravne i prikladne za predviđeni posao.
- b) Provjeriti ispravnost vozila, da li se sigurno koriste, prevoze terete i vrše utovari i istovari.
- c) Osigurati dovoljan broj prilaza na mjestu gradilišne površine (ulaz / izlaz).
- d) Pripremiti precizan plan za bilo kakvo izvođenje radova, na izgradnji, rušenju, sanaciji, ili montaži i demontaži montažnih objekata i konstrukcija.
- e) Pripremiti siguran plan skladištenja, prevoza, korištenja, bilo koje opasne hemikalije tj. štetne materije ili eksplozivne materije.
- f) Treba imati plan predviđenih posebnih postupaka za sprječavanje povreda podzemnih ili nadzemnih službi naročito visinskih radova.
- g) Osigurati sigurne pješačke i saobraćajne rute na licu mjesta.
- h) Osigurati adekvatnu osvjetljenost radnog područja u svakom trenutku.

Obaveza poslodavca prije svega podrazumijeva aktivno uključjenje u prevenciji i procjeni rizika na gradilištu s ciljem što bolje zaštite na radu [5]. Također, obaveza poslodavca je organizacija i nalogodavno sprovođenje zaštite na radu, u tom smislu pored procjene rizika i organizacije sigurnosti, **poslodavac obezbjeđuje osposobljavanje radnika, te sredstva potrebna za organizaciju sigurnog izvođenja radova**. Obaveze i odgovornosti, kao i prava poslodavca, u vezi sa zaštitom na radu propisuje zakon o zaštiti na radu, prije svega u matičnoj državi tj. državi porijekla ili prebivališta poslodavca/firme i radnika, a zatim u bilo kojoj drugoj državi gdje firma šalje svoje radnike na gradilišta. Dakle, stroga obaveza je obostrano poštivanje zakonodavnih principa bez obzira u kojoj državi se nalazili u datom vremenskom periodu. Radnik je dužan da prisustvuje obuci koju organizuje poslodavac, da se poduči korištenju zaštitne opreme i mjera zaštite, da postupa prema naučenom i nikada ne odstupa od mjera zaštite na radu. Također, radnik je dužan da čuva zaštitnu opremu, da je održava, da oštećenje opreme prijavi i traži zamjenu, da je strogo nosi na gradilištu i nikada ne odlaže prije završetka radnog vremena i napuštanja radnog prostora. Ukoliko se desi da radnik i pored svega obezbjeđenog, te pored obuke o sigurnosnim mjerama, nepoštuje propisane mjere zaštite, ili pak ne nosi odgovarajuću zaštitnu opremu, može biti sankcionisan bez obzira da li je došlo do neke nesreće ili ne, a ukoliko dođe do eventualne nesreće bilo

kojeg stepena radnik snosi svu materijalnu i krivičnu odgovornost, što je navedeno u Pravilniku o radu firme.

Kompetentnost poslodavca ili ovlaštenog lica od strane poslodavca je da sankcioniše i propiše adekvatne odgojne mjere/kazne, koje mogu biti novčane, privremeno ili trajno odstranjenje sa gradilišta, promjena radne pozicije i slično. Kontrolom stanja zaštite na radu poslodavac utvrđuje kako se poštuju mjere prevencije i upute za sigurno izvođenje radova, ispunjavaju li se propisane obaveze u vezi s tim, te da li je njihovo sprovođenje odgovorilo očekivanim rezultatima na gradilištu. Kompetentnost ili nadležna sposobnost ljudi važna je za sigurnost svih prisutnih na poslu/gradilištu. Od izuzetne važnosti jeste da svi znaju granica svoje kompetentnosti. Prvenstveno, kompetencije posjeduje poslodavac, koje akreditovanjem prenosi na certificirane i sposobne operatere, a oni dalje na grupe i pojedince. Svaki iskusan radnik posjeduje određene kompetencije, te prema tome treba da se ponaša u skladu sa njima, a to podrazumijeva da u datom momentu reaguje shodno nekoj nepredviđenoj situaciji, kao npr. da spriječi eventualnu opasnost, da ukaže na eventualni problem ili grešku shodno prethodnim sličnim iskustvima, da svoje mlade radne kolege uvodi u posao, da ih savjetuje i ukazuje na sigurnost itd.



Slika 2. Prikaz pojmovnog značenja kompetencija poslodavca, lične kompetencije i prednosti lične kompetencije.

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Iz svega iznesenog, možemo zaključiti da ono što odlikuje sve najrazvijenije sisteme za upravljanje HSEQ jeste 11 ključnih elemenata, koji odstupaju d uobičajenih poglavlja sistema upravljanja kvalitetom prema zahtjevima standarda ISO 9001, ISO 14001 I ISO 45001, i to [1]:

a) **Način kontrolisanja i distribuisanja najnovijih dokumenata**

Kreiranje protokola omogućuje da osoblje uvijek ima pristup trenutnim i istinskim sigurnosnim informacijama.

b) **Lista za kontrolu sigurnosti**

Mogu smanjiti vrijeme potrebno za obavljanje kontrola i pružiti podatke o sigurnosnim područjima koja se vremenom poboljšavaju ili opadaju.

c) **Procjena rizika**

Nakon prepoznavanja potencijalnih opasnosti za radnike, mogu se odrediti područja sigurnosnih nepridržavanja i osmisлити, te primijeniti rješenja.

d) **Plan hitnog odgovora**

Uključuje kako prijaviti hitne slučajeve, postupke evakuacije i sabirna mjesta, postupke za zatvaranje projektnih operacija, spasilačke i medicinske dužnosti za sve radnike koji su im dodijeljeni da ih izvrše i podatke o kontaktima za pojedince s više informacija. Pored toga, planovi reagovanja u vanrednim situacijama mogu sadržavati informacije o lokalnim bolnicama i medicinskim službama i postupcima medicinske evakuacije.

e) **Obuke i sisteme arhiviranja**

Programi obuke za sigurnost zaposlenih mogu uključivati vježbe za vatru, tornado i zemljotrese, simulacije nesreća, prvu pomoć, pa čak i zdravstvene i wellness programe. Ovi osnovni protokoli o sigurnosnoj obuci mogu spasiti živote u slučaju nužde i spriječiti daljnje sigurnosne rizike.

f) **Unutrašnja politika revizije i rasporedi**

Revizije zdravlja i sigurnosti još su jedan sjajan način da se osigura poštivanje zakona o sigurnosti, kao i da se prepozna snage i slabosti u HSE sistemu upravljanja.

g) **Lista zakonskih i zdravstvenih i sigurnosnih propisa za usklađenost**

OSHA (eng. Occupational Safety and Health Administration) zahtijeva od mnogih poslodavaca da svoj poster za sigurnost i zdravlje na radu istaknu na vidljivom mjestu gdje ga zaposleni mogu vidjeti. Ovaj poster informiše radnike o njihovim pravima prema Zakonu o zaštiti na radu.

i) **Mjerljive mjerne performanse**

- Stopa izgubljenog vremena (LTR);
- Ukupna stopa nesreća (TAR);
- Stopa ozbiljnosti nesreće (ASR);
- Ukupna stopa povrede koja se može evidentirati (TRIR);
- Stopa modifikacije iskustva (EMR)
- Radni dani od posljednjeg incidenta

j) **Redovni sastanci i strategija komunikacije**

k) **Redovna kontrola uprave**

Kontrolom stanja zaštite na radu poslodavac utvrđuje kako se poštuju mjere prevencije i upute za sigurno izvođenje radova, ispunjavaju li se propisane obaveze u vezi s tim, te da li je njihovo sprovođenje odgovorilo očekivanim rezultatima na gradilištu.

5. REFERENCE

[1] Alagić I., PROJEKTOVANJE TEHNIČKIH SISTEMA ZA ODRŽAVANJE- sa fokusom na montažu mašinskih konstrukcija i visokoregalnih skladišta, ISBN 978-9958-31-492-6, COBISS.BH-ID 45855494, Off-set, Tuzla, 2021.,

- [2]xxx, Construction Industry Training Board - Odbor za obuku u građevinarstvu pri Ujedinjenom Kraljevstvu u Engleskoj, 2020.
- [3] Alagić I., Priručnik za menadžere u proizvodnji i održavanju tehničkih sistema-lidere budućnosti, ISBN 978-9958-31-435-3, COBISS.BH-ID 28873222, Off-set, Tuzla, 2020.
- [4] xxx, Zakon o zaštiti na radu, Službene novine FBiH, br. 79/2020.
- [5] xxx, Zakon o radu, Službene novine FBiH“, br. 26/16 i 89/18.

ODREDNICE SPECIFIČNE SIGURNOSTI, VISOKORIZIČNE I SPECIJALIZOVANE AKTIVNOSTI U KONTEKSTU ZAŠTITE NA RADU NA PRIMJERU KONKRETNE FIRME

DETERMINANTS OF SPECIFIC SAFETY, HIGH-RISK AND SPECIALIZED ACTIVITIES IN THE CONTEXT OF OCCUPATIONAL SAFETY AND SAFETY ON THE EXAMPLE OF A SPECIFIC COMPANY

Dr. Ismar Alagić, Vanredni profesor
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
E-mail: ismar.alagic@gmail.com , alagicismar@yahoo.com

REZIME

Autor u ovom radu ukazat će na odrednice specifične sigurnosti, visokorizične i specijalizovane aktivnosti u kontekstu zaštite na radu na primjeru konkretne firme. Kada osnovnim organizacijskim mjerama sigurnosti, odnosno osnovnim pravilima i opremom za zaštitu na radu, nije moguće otkloniti ili u dovoljnoj mjeri ograničiti rizike za sigurnost i zdravlje radnika, poslodavac je obavezan kao dio specifične sigurnosti osigurati dodatnu odgovarajuću zaštitnu opremu i dodatne mjere zaštite na radu, te osigurati osposobljavanje radnika kako bi istu koristili na propisan i ispravan način. U ovom radu autor će dati brojni primjeri praktične primjene specifične sigurnosti u konkretnim radnim uslovima.

Ključne riječi: specifična sigurnost, visokorizične i specijalizovane aktivnosti, zaštita na radu, gradilište, mjere sigurnosti, zaštitna oprema.

1. OPĆA SIGURNOST I PROCJENA RIZIKA

Opća sigurnost podrazumijeva, teoretsko i praktično osposobljavanje radnika za rad na siguran način, koja se postiže tako što radnici budu upoznati o svim činjenicama i okolnostima koje bi mogle uticati na njihovu sigurnost i zdravlje (organizacija, rizici, načini izvođenja poslova i sl.) [1]. Osposobljavanje se vrši prema programu zaštite na radu koji se temelji na procjeni rizika u izvođenju radova, koji mora obuhvatati sve opasnosti, štetnosti i napore shodno prirodi posla. Osposobljavanje radnika se vrši putem detaljnih kurseva, predavanja, indukcije, kratkih razgovora, konsultacija itd., što predstavlja teoretsko osposobljavanje radnika. Pored teoretskog dijela osposobljavanja radnika sprovodi se i praktično osposobljavanje radnika tj. obuka i trening sa radnicima na kojem se demonstrira; lična zaštitna oprema i načini korištenja iste, kao i dodatna pomagala za sigurno izvođenje radova, zatim treninzi za osposobljavanje izvođenja općih poslovnih zadataka i treninzi za korištenje specifične zaštitne opreme za izvođenje specifičnih poslova. Osposobljavanje radnika rade stručna i iskusna lica angažovana od strane poslodavca [2].

Procjena rizika podrazumijeva sve moguće opasnosti i nezgode koje bi se mogle desiti u izvođenju radova, stoga prema procjeni rizika se sačinjava pravilnik sigurnosti izvođenja radova na odgovarajućem gradilištu koji sadrži, sve sigurnosne mjere za izvođenje radova s ciljem izbjegavanja opasnosti ili njihovog svodenja na minimum, stoga je stroga obaveza rad

po tom sigurnosnom pravilniku a zanemarivanje istog predstavlja tešku povredu zakona o sigurnosti [3]. Procjene rizika sačinjavaju iskusni i stručno osposobljeni timovi ili eventualno pojedinci ovlaštteni od strane institucija zakonodavnog sistema. Procjena rizika ili opasnosti predstavlja osnovno polazište za ustrojavanje radne jedinice ili preduzeća, te za izradu procedura zaštite na radu kao i sprovođenju istih [4].

U ovom radu iz razloga potpunijeg sagledavanja svih mogućih sigurnosnih izazova na gradilištu ponudit ćemo osnovne napomene o specifičnoj sigurnosti, te visokorizičnim I specijalizovanim aktivnostima u kontekstu zaštite na radu na primjeru konkretne firme [1].

2. SPECIFIČNA SIGURNOST

Kada osnovnim organizacijskim mjerama sigurnosti, odnosno osnovnim pravilima i opremom za zaštitu na radu, nije moguće otkloniti ili u dovoljnoj mjeri ograničiti rizike za sigurnost i zdravlje radnika, poslodavac je obavezan kao dio posebne ili specifične sigurnosti odnosno kao dio posebnih sigurnosnih mjera zaštite na radu, osigurati dodatnu odgovarajuću zaštitnu opremu i dodatne mjere zaštite na radu, te osigurati osposobljavanje radnika kako bi istu koristili na propisan i ispravan način.

Pored navedenog, shodno zahtjevima i dokumentaciji od strane klijenata, vrši se dodatno upoznavanje i osposobljavanje radnika za zaštitu na radu, kao dio specifične sigurnosti. Određena odstupanja kroz sigurnosnu dokumentaciju od strane klijenta u odnosu na opću sigurnost se mogu odnositi na: klimatske razlike i uticaje na ljudsko zdravlje, gdje se traži odgovarajuća dodatna oprema (zaštita od toplote, hladnoće i slično) odgovarajuća vakcinacija, upoznavanje sa određenim riziko faktorima koji mogu dovesti do određenih bolesti, određene razlike u načinu sprovođenja općih mjera zaštite na radu, razlike u navici rada, vremenskoj razlici itd. Dakle, specifična sigurnost podrazumijeva nadogradnju opće sigurnosti, prema potrebama koje nisu definisane općim sigurnosnim mjerama, jer se koriste samo na pojedinim područjima npr. vakcinacija.

S obzirom da je svako gradilište specifično za sebe, vrlo često se dešavaju neki dodatni zahtjevi specifični za dato gradilište od strane klijenta, koji se naravno uvrste u predviđeni program opće sigurnosti. Dodatni zahtjevi od strane klijenta mogu da se odnose na pojedine metode izvođenja neke poslovne operacije ili korištenja nekog alata i pomagala, npr. da je općenito zabranjeno korištenje merdevina na gradilištu, održavanje i upotreba mehanizacije itd. Izvođač radova postupa prema zahtjevima i ispuni tražene uslove.

Klimatske razlike su vrlo ozbiljan faktor na koji treba obratiti pažnju prilikom izrade plana sigurnosti za odgovarajuće gradilište. Dakle, ako trebamo putovati iz zemlje u zemlju gdje je velika razlika u temperaturi (iz velikog plusa u veliki minus ili obrnuto) trebalo bi postupiti na sljedeći način:

- Prije polaska na par dana pripremiti tijelo tj. ako se ide u veliki minus, rashlađivati tijelo boraveći u hladnom da bi se naviklo tijelo na hladnoću kako bi se izbjegao šok pri iznenadnom rashlađivanju, prehladi, padu imuniteta itd., i obrnuto na suprotan način ako se ide iz minusa u plus tj. pripremiti tijelo za visoku temperature da bi se izbjegli toplotni šokovi za tijelo.
- Koristiti odgovarajuću dodatnu opremu za zimu (namjenske kape za ispod šljema, zimske jakne, hlače itd.), nositi slojevitú odjeću.
- Na visokoj temperature koristiti dodatne odjevne predmete za zaštitu od sunca npr. za zaštitu vrata dodatak na šljemu, zatim unositi dovoljne količine tečnosti da bi se nadoknadio gubitak znojenjem i češće se rashlađivati.

Mjere sigurnosti prema specifičnim bolestima i insektima podrazumijevaju adekvatnu vakcinaciju - imunizaciju ukoliko se planira boravak u podnebljima gdje su prisutne određene vrste insekata i mikroorganizama, nepoznatih našem organizmu u našem podneblju, a postoji velika mogućnost ujeda ili infekcije, te realna opasnost za naše zdravlje.

3. VISOKORIZIČNE I SPECIJALIZOVANE AKTIVNOSTI SA PREGLEDOM ZAŠTITNE OPREME

Visokorizične i specijalizovane aktivnosti na gradilištima podrazumijevaju poslove za čije izvođenje je potrebna dozvola za rad prema utvrđenim standardima, a izvođači moraju biti stručno osposobljeni za te poslovne zadatke. Poslovni zadaci za koje je potrebna dozvola za rad su; Rad na visini; Vrući radovi; Kritično podizanje terete; Rušenja i demontaže; Elektro radovi; Zatvoreni prostor, i; Duboke iskopine [1].

Prije započinjanja bilo kojeg od navedenih poslovnih zadataka mora se odobriti dozvola za rad od strane odgovornog lica na gradilištu. Dozvola za rad može biti i poništena iz razloga značajnog kršenja sigurnosni pravila, oštećenja imovine nesavjesnim ponašanjem, u slučaju ozljeda sebe i drugih itd.

Visokorizične aktivnosti na gradilištu podrazumijevaju rad na visini za koji treba posebna dodatna zaštitna oprema, te osposobljenost za ispravno korištenje iste opreme kao i izvođenje visinskih radova, kojim opasnostima za život i zdravlje možemo biti izloženi u radu na visini, kako postupiti u slučaju pada sa visine. Zatim, iskopavanje i rad u zatvorenom prostoru gdje treba biti upućen kako sigurno izvoditi radove u zatvorenom ili ograničenom prostoru, kojim štetnim uticajima možemo biti izloženi, te šta treba uraditi ukoliko smo izloženi nekim štetnim uticajima.

Specijalizovane aktivnosti na gradilištu podrazumijevaju: radove na specijaliziranim zadacima kao što su, radovi sa dizalicama, električnim instalacijama, vrućim radovima tj. zavarivanju, podizanje tereta i konstrukcija, instalacije vodenih protupožarnih sistema. Za sve visokorizične i specijalizovane aktivnosti na gradilištu je potrebna specifična osposobljenost radnika kao i specifična zaštitna oprema i pomagala u izvođenju poslovnih zadataka. Naravno, specifična zaštitna oprema je dodatak osnovnoj zaštitnoj opremi, nikako se ne smije shvatiti da ukoliko koristimo specijalnu zaštitnu opremu da ne trebamo koristiti osnovnu zaštitnu opremu, to bi npr. moglo da znači ukoliko zavarujemo da možemo skinuti radno zaštitno odijelo i obući samo zaštitnu kecelju i rukave, uzet masku za zavarivanje i zavarivati?! Dakle, osnovna zaštitna oprema ide uvijek, a kao dodatak se koristi specijalna zaštitna oprema [3].

Kako pristupiti zadacima visokog rizika?

- Poznavati i slijediti pravila i postupke za visoko rizične zadatke.
- Shvatiti prirodu rizika i biti svjestan mogućih posljedica.
- Upravljati rizikom kroz analizu onoga što se moglo dogoditi.
- Nastojte da budete uključeni u razgovore, prijedloge, pitanja, diskusije itd.
- Nikada poslovima visokog rizika ne prilazite rutinski.
- Razmislite o svemu!

Pored osnovne lične zaštitne opreme koju posjeduje svaki radnik, postoji posebna dodatna **specijalna zaštitna oprema** namijenjena za radnike koji su predviđeni i osposobljeni za izvođenje posebnih specijalnih i visoko rizičnih radnih zadataka, kao što su: radovi na visini, vrući radovi zavarivanja, radovi sa betonskim smjesama i farbama, radovi u dubinskim iskopinama, radovi na transportu i podizanju tereta, itd. Specijalna zaštitna oprema je isključivo namjenska za predviđenu vrstu posla, gdje osnovna oprema nije dovoljna da bi

zaštitila zdravlje radnika od predviđenog štetnog uticaja određenih agenasa ili opasnosti, ili barem smanjila na minimum riziko faktore i rizike opasnosti.

U protivpadnu zaštitnu opremu odnosno opremu za radove na visini ubrajamo obični opasač za rad na visini – tzv. „ćentura“, bez podrške za leđa. Dva kontaktna sigurnosna mjesta za kačenje; straga, na gornjem dijelu leđa - između plećki, i sprijeda na prsima.



a) obični opasač za rad na visini;

b) Opasač za rad na visini sa podrškom za leđa;

c) Opasač za rad na visini – ćentura, sa dodatnim ojačanjem za gornji i donji dio leđa, i ramena, te ojačanje preponsko-butnog dijela;

d) Opasač za rad na visini – ćentura, namijenjen za poslove u poziciji sjedenja;

Slika 1. Različite vrste opasača za rad na visini.

Opasač za rad na visini – ćentura, sa podrškom za leđa tj. pojasom za radno pozicioniranje sa dvije bočne kopče koje služe kao dodatak za sprječavanje pada unaprijed, uprtače i kaiševne za vezivanje. Ima dvije osnovne kontaktne tačke za kačenje ; straga u gornjem dijelu leđa između plećki, i sprijeda u predjelu grudni. Opasač za rad na visini – ćentura, sa dodatnim ojačanjem za gornji i donji dio leđa, i ramena, te ojačanje preponsko-butnog dijela, radi povećane udobnosti i komfora, namijenjene za rad gdje se predviđa duži i jači oslonac na nogama. Posjeduje dvije osnovne kontaktne tačke kačenja; straga gornji dio leđa između plećki, i sprijeda u predjelu grudni, te dvije bočne tačke kačenja na bokovima za pozicioniranje. Opasač za rad na visini – ćentura, namijenjen za poslove u poziciji sjedenja. Posjeduje tri kontaktne sigurnosne tačke kačenja: straga gornji dio leđa između plećki, i dvije tačke kačenja sprijeda na grudima i stomaku za poziciju sjedenja, te bočne dvije tačke za pozicioniranje na bokovima. Ojačan je u predjelu donjeg i gornjeg dijela leđa, ramena i preponsko-butnog dijela radi bolje udobnosti zbog duge i neugodne pozicije na radu.



Slika 2. Opasač za leđa sa užetom koje na sebi ima integrisani karabiner.



Slika 3. Automatski kljunasti karabiner.



Slika 4. Karabineri.

Opasač za leđa sa užetom koje na sebi ima integrisani karabiner - koje služi za pozicioniranje pri radu na stubovima. Automatski kljunasti karabiner - kuka za kačenje, od laganih legura, u kombinaciji sa užadima služi za usidrenje u radu na visini. Karabineri – čelične halke, koji mogu biti automatski i manualni. Služe za spajanje užadi sa zaštitnim pojasevima – ćenturama i pojasevima, kao i za usidravanje u kombinaciji sa kaiševima, gurnama i sl. Također služe kao pomoćna sredstva u različitim kombinacijama sa poteznicama, vezicama itd. pri izvođenju radova na visini.

Užad za rad na visini sa integrisanim fleksibilni nastavkom – absorberom, koji služi za amortizaciju odnosno ublažavanje pada. Užad u kombinaciji sa karabinerima posredstvom kojih se fiksiraju na opasače – ćenture, i kljunastim karabinerima – kukama, služe za osiguravanje prije izvođenje radova na visini. Kompletirana užad sa integrisanim absorberom, kljunastim i običnim karabinerima, koja ovako kompletirana su neizostavni dio uz zaštitne opasače - ćenture, s pomoću kojih se postiže sigurno usidravanje pri radu na visini.



Slika 5. Užad za rad na visini sa absorberom.



Slika 6. Kompletirana užad sa integrisanim absorberom, kljunastim i običnim karabinerima.

Užad za pozicioniranje, sa mehanizmom za podešavanje dužine i sa integrisanim karabinerima služe se kačenjem za predviđene halke na leđnom pojasu čime postizemo pozicioniranje. Također služi za pozicioniranje u korpama pri upravljanju sa bum liftom i platformom. Automatskim integrisanim karabinerom se zakačimo za predviđeno mjesto na zaštitnom pojasu - ćenturi s prednje strane u predjelu stomaka, a drugim kljunastim karabinerom za usidrenu tačku na korpi - dnu korpe. Užad za pozicioniranje onemogućavaju ispadanje preko ograde iz korpe. Uže za pozicioniranje sa integrisanim karabinjerima i mehanizmom za kočenje, u kombinaciji sa zaštitnim leđnim pojasom postiže se sigurno pozicioniranje.



Slika 7. Kompletirana užad sa integrisanim absorberom, kljunastim i običnim karabinerima.



Slika 8. Automatski integrisani karabiner.



Slika 9. Uže za pozicioniranje sa integrisanim karabinjerima i mehanizmom za kočenje.

Kruta gurnta - kaiš, ojačana sa unutrašnje strane gumenim slojem koji pojačava otpornost na abraziju. Služi za usidravanje pri radu na visini, kada nemamo odgovarajuću tačku kačenja sa

kukama. Npr. kada su pozicije oko nas predebele i nije moguće da zakačimo kuke, ili kada su nam užad kratka.



Slika 10. Kruta gurtina – kaiš.



Slika 11. Obična gurtina – kaiš.



Slika 12. Zaštitni šljem sa posebnim dodacima.

Obična gurtina – kaiš, služi za usidranje na visini, kada nije moguće s pomoću kuka na užadima da se osiguramo. Npr. predebele pozicije na koje nije moguće zakačiti kuke, kratka užad, osjetljive pozicije koje bi kuke mogle oštetiti itd. Usidranje se vrši jednostavno, prebacimo gurtinu preko određene pozicije, izjednačimo krajeve i zakačimo kuke. Ove gurtne u kombinacijama sa užadima, karabinerima i slično uveliko olakšavaju rad na visini. Zaštitni šljem sa posebnim dodacima za vezice, namijenjen za rad na visini. Pored osnovne zaštitne opreme za rad na visini, postoje različiti dodaci koji nam omogućavaju lakše obavljanje poslova na visini, kao što su poteznice i vezice za fiksiranje alata i sprječavanje od pada, različite vrste gurtne i užad za usidranje, kao i različita pomagala za fiksiranje i pružanje sajli kako bi smo obezbijedili sigurnu putanju kretanja kojom se možemo vezati pri izvođenja radova.



Slika 13. Osnovna pomoćna sredstva za rad na visini.

Možemo zaključiti da protivpadna zaštitna oprema ima zadaću sprječavanja pada ili privremenog zaustavljanja odnosno ublažavanja pada. Rad na visini podrazumijeva dozvolu za izvođenje svih vrsta poslovnih zadataka na visini. Rad na visini podrazumijeva sve radove koji se izvode na visini od dva i više metara, sa površine čije strane ili ivice nisu zaštićene pregradom ili zaštitnom ogradom. Zaštita od pada sa visine se postiže pravilnim korištenjem adekvatne protivpadne sigurnosne opreme. Svaki radnik koji obavlja poslove na visini mora imati ličnu zaštitnu opremu za zaštitu pada sa visine. Protivpadna zaštitna oprema i tehnike njenog korištenja kao i tehnike izvođenja radova na visini predstavljaju sistem zaštite pri radu na visini. Lična zaštitna oprema za rad na visini mora biti odabrana prema vrsti posla koji se obavlja, pri čemu se osnovni zahtjevi postavljaju na najveći mogući stepen zaštite i minimalno ograničavanje mogućnosti kretanja. Elementi koji sačinjavaju sistem zaštite od pada sa visine su sljedeći:

- Sigurnosni pojasevi ili kaiševi;
- Sigurnosna užad;
- Usporivači pada (absorberi energije);

- Mehanizmi za spuštanje sa sistemom za blokadu;
- Spojni elementi (konektori);
- Mehanizam za zaustavljanje pada uvlačnog tipa;
- Elementi – tačke sidrišta;
- Klizni vertikalni i horizontalni sistem (linee vite) za sprječavanje pada.

Osnovne upute za korištenje sigurnosnih pojaseva - ćenture su sljedeće:

- Provjeriti i pratiti upute proizvođača - deklaraciju koja mora da sadrži sljedeće informacije; namjena upotrebe, nosivost, datum proizvodnje, serijski broj, datum trajanja garancije, itd.;
- Ispravno obući i zakopčati ćenturu;
- Ako radnik ne zna obući ćenturu pitati instruktora da objasni;
- Praktično dobro pratiti, uvježbati i zapamtiti postupak;
- Ne mijenjati postupak nikada, uzeti jedan način;
- Mijenjanje postupka može dovesti do zaborava kopčanja nekih kopči;
- Radnik treba da je vlasnik jedne svoje ćenture i ne treba je razmjenjivati sa drugima;
- Podesiti sebi mjere, ali opet svaki put pred korištenje pregledati;
- Obratite pažnju da ti kaiševi budu izravnati tj. da ne budu uvrnuti;
- Obratiti pažnju kod provlačenja kaiševa između nogu, da idu paralelno jedan pored drugog za desnu i lijevu stranu kako bi izbjegli njihovo ukrštanje u međunožju;
- Mjesto kopčanja sigurnosnih užad na leđima podesite naviše između plaečki;
- Umjereno zategnuti kaiševe, provjeriti mjesta kopčanja i sigurnosna užad;
- Sigurnosne kaiševe prilikom penjanja, spuštanja i rada na visini, zakačiti uvijek iznad sebe.

Preporučeni postupak oblačenja sigurnosnog pojasa – ćenture je prikazan na slici 14.



Slika 14. Preporučeni postupak oblačenja sigurnosnog pojasa – ćenture.

Skele su montažni pomoćni objekti za izvođenje radova na visini. Mogu biti fiksne pričvršćene za podlogu i objekat, i pokretne skele, različitih dimenzija; širine i visine. Bez obzira o kojoj vrsti skele se radi, i bez obzira što skele u sklopu svog sastava posjedu zaštitnu ogradu, stroga je obaveza korištenje osnovne lične zaštitne opreme i opreme za sprječavanje pada sa visine, prema utvrđenim standardima izvođenja radova na visini. Prije postavljanja skele i početka radova obavezna je procjena rizika. Instrukcije opće sigurnosti za rad na skelama su sljedeće:

- Ne penjite se gore ili dole cijevima skele - koristite merdevine ili obezbijedene stepenice.
- Pobrinite se da su merdevine ispravno postavljene.
- Pri kraju posla, uklonite merdevine ili ih sklopite.
- Ne preopterećavajte skele.

- Pobrinite se da je materijal ostavljen na svom mjestu i da ne može pasti. Koristite mrežu ukoliko je to potrebno. Uvijek ostavite prolaz za pješake minimalno 60 cm širok za druge ljude da prolaze. Ne ostavljajte alat ili opremu da bude na platformi skele.

Opasnosti pri radu na skeli su sljedeće:

- Zaštitne šine i zaštite za stopala moraju biti upotrijebljena gdje bi osoba mogla da padne ili da se ozlijedi.
- Nepotpune skele ne smiju biti upotrebljavane.
- Nemojte da uklanjate ili mijenjate bilo kakav dio skele. Zamjene mogu biti vršene samo od strane kompetentnih osoba.
- Ne bacajte ili spuštajte materijal s visine - spustite ga adekvatno ili koristite užu.

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Iz svega iznesenog, možemo zaključiti da zdravlje i zdravstvena zaštita podrazumijeva, uobičajne zdravstvene probleme koji se dešavaju na gradilištima, uglavnom zbog nepravilnog položaja tijela, nepravilnog držanja alata, nepravilnog korištenja zaštitne opreme i pomagala, ne pridavanja pažnje određenim uputama u smislu nekih rizikofaktora i higijene, te kako možemo izbjeći nastajanje zdravstvenih problema. Također, ovim se podrazumijeva obezbjeđenje adekvatnih zdravstvenih/socijalnih objekata na gradilištu, organizovanje prve pomoći i procedura u slučaju opasnosti, sta treba učiniti u slučaju hitnog slučaja, sta trebamo imati obezbjeđeno na gradilištu. Zašto je lična zaštitna oprema bitna, zašto se trebe koristiti i ko je odgovoran za istu. Određene opasnosti za ljudsko zdravlje od isparavanja, prašine, kako raditi sigurno u tim uslovima i kako zaštititi sebe i one oko sebe od izloženosti štetnim uticajima prašine i isparavanja, koja oboljenja se mogu javiti kao uzrok izloženosti štetnim uticajima prašine i isparavanja. Određene opasnosti za ljudsko zdravlje od buke i vibracije, šta je bitno minimizirati pri izloženosti zvukovima i vibracijama na radnom mjestu, kako zaštititi sebe i one oko sebe od buke i vibracije. Opasnosti od štetnih supstanci, kako ih prepoznati, koje mjere zaštite bi trebalo sprovesti kako bi se osiguralo sigurno izvođenje posla. Opasnosti po ljudsko zdravlje pri manuelnom prenošenju tereta, zašto i kako izvoditi sve teretne manuelne radnje koristeći sigurnosni sistem rada. Koja su ključna područja kojih morate biti svjesni pri ručnom prenošenju tereta? Sve gore navedeno predstavlja podsjetnik da se u proizvodnim pogonima treba voditi računa o: profesionalnim bolestima i poremećajima; prevenciji nastanka bolesti uzrokovanih prenosom sa glodara i uslijed loše higijene, te osnovnim mjerama pružanja prve pomoći i prevenciji nastanka ozljeda na radu. O svemu navedenom detaljno govori međunarodni standard ISO 45001 [5].

5. REFERENCE

- [1] Alagić I., PROJEKTOVANJE TEHNIČKIH SISTEMA ZA ODRŽAVANJE- sa fokusom na montažu mašinskih konstrukcija i visokoregalnih skladišta, ISBN 978-9958-31-492-6, COBISS.BH-ID 45855494, Off-set, Tuzla, 2021.,
- [2] xxx, Construction Industry Training Board - Odbor za obuku u građevinarstvu pri Ujedinjenom Kraljevstvu u Engleskoj, 2020.
- [3] Alagić I., Priručnik za menadžere u proizvodnji i održavanju tehničkih sistema-lidere budućnosti, ISBN 978-9958-31-435-3, COBISS.BH-ID 28873222, Off-set, Tuzla, 2020.
- [4] xxx, Zakon o zaštiti na radu, Službene novine FBiH, br. 79/2020.
- [5] xxx, BAS ISO 45001:2019 Sistemi upravljanja zdravljem i bezbjednošću na radu - Zahtjevi s uputstvom za korištenje, Institut za standarde BiH, 2019.

**RAZMATRANJE VREMENA POJAVE DIFUZIJE VODENE PARE,
KOLIČINE KONDENZATA I VREMENA ISUŠIVANJA**

**ASSESSMENT OF WATER VAPOUR DIFFUSION OCCURANCE,
AMOUNT OF CONDENSATE AND DRYING TIME**

**mr. sc. Emir Hodžić, dipl. ing. grad.
Gromeks Company doo
Srebrenik**

**dr. sc. Amela Softić, vanredni profesor
Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet
Tuzla**

REZIME

Kondenzovana vodena para u građevinskom elementu neće napraviti štetu ako je ukupna vlažnost materijala u kojem je došlo do kondenzacije po završetku zimskog perioda manja od najveće dozvoljene vlažnosti za dati materijal. Radi kompletnog sagledavanja problema difuzije vodene pare, u radu je razmotreno ukupno vrijeme pojave difuzije, količina kondenzata i vrijeme isušivanje za dva, za naše područje, najčešće korištena materijala za gradnju: siporeks blok i beton. Takođe, kako slojevite fasade, mogu imati termiku položenu sa vanjske strane ili sa unutrašnje strane konstrukcije, u razmatranje su uzeta oba slučaja.

Ključne riječi: termička izolacija, količina kondenzata, trajanje difuzije, period isušivanja

1. UVOD

Jedna od mjera za poboljšanje energetske-tehničkog stanja objekata sa ciljem smanjenja primarne energije za grijanje i hlađenje je kvalitetna toplotna izolacija. Ranije provedenim proračunom je uočeno da odabir materijala konstrukcije i položaj termičke izolacije utiče na mjesto pojave kondenzacije vodene pare.³

Građevinski element u kojem je došlo do kondenzacije vodene pare mora zadovoljiti uslov da se ukupna količina u njemu kondenzovane vodene pare na završetku perioda difuzije vodene pare može isušiti kroz period difuzijskog isušivanja. Ako je dobivena vrijednost kraća od stvarno mogućeg trajanja difuzije u ljetnom period, element će zadovoljiti u pogledu difuzije vodene pare.²

Ako su parcijalni pritisci vodene pare u vazduhu sa obje strane građevinskog materijala manji od pritiska zasićenja vodene pare u ravni kondenzacije, dolazi do isušivanja građevinskog materijala pojavom difuzije vodene pare iz elementa prema vani.

Dok se relativna vlaga vanjskog vazduha relativno malo mijenja, njegova se temperatura, a time i parcijalni pritisak vodene pare, kreće u vrlo širokom rasponu i stalno se mijenja.¹ Stoga se vrijednosti proračunskih temperatura i relativnih vlažnosti vanjskog vazduha i ukupno trajanje pojave difuzije vodene pare definišu odgovarajućim tehničkim propisima.^{2,4}

Pri određivanju difuzije i kondenzacije pare, proračun se vrši na mjesečnom nivou za svih dvanaest mjeseci u godini, pri čemu se računaju količine kondenzovane ili isušene pare s obzirom na mjesečne prosječne spoljašnje uslove. Ukupna akumulirana vlaga, za sve mjesece u kojima se pojavljuje kondenzacija, se upoređuje sa ukupno isušenom količinom pare tokom ostatka godine.

Za proračun gustine protoka vodene pare g koristi se izraz⁴:

$$g = \frac{\delta_0 \cdot \Delta p}{\Delta x \cdot \mu} \quad \dots (1)$$

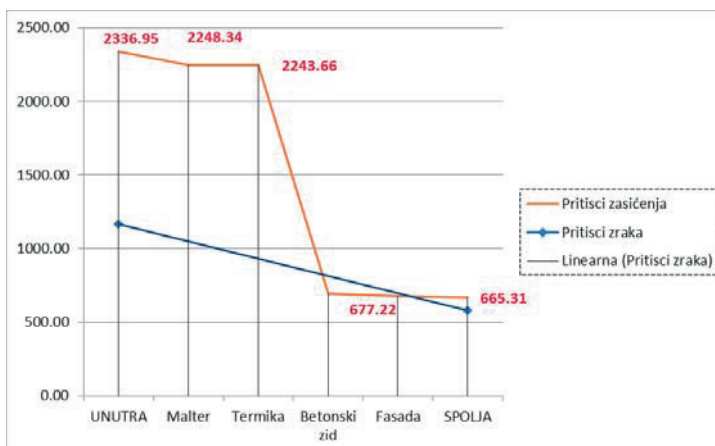
gdje je δ_0 koeficijent propustljivosti vodene pare za vazduh, Δp razlika unutrašnjeg i spoljašnjeg pritiska pare u Pa, Δx pređeni put pare (odnosno, debljina sloja materijala elementa d) u m, μ koeficijent otpora difuziji vodene pare, a debljina difuzno-ekvivalentnog vazdušnog sloja $S_d = \mu \cdot d$ u metrima.

Za slučaj kada dolazi do kondenzacije vodene pare u ravni kondenzacije, gustina difuzijskog toka vodene pare koji ulazi u građevinsku konstrukciju nije jednaka gustini difuzijskog toka vodene pare koji izlaze iz građevinske konstrukcije. Stepen kondenzacije je ovom slučaju jednak razlici između količine vlage transportovane do ravni kondenzacije i količine vlage transportovane od ravni kondenzacije, dok se za slučaj kada se kondenzacija javlja na više od jedne ravni stepen kondenzacije računa za svaku ravan.

2. PRORAČUN VREMENA POJAVE DIFUZIJE I ISUŠIVANJA

Prije pristupanja analizi pojave difuzije i isušivanja, bilo je potrebno unijeti odgovarajuće podatke za sve slojeve građevinskog elementa: d , λ , R , μ , proračunati vrijednosti otpora difuziji vodene pare s_d [m] i temperatura na granicama slojeva za svaki mjesec u godini, te za proračunate temperature na granicama slojeva odrediti pritiske zasićenja. Navedeni proračun je izvršen u skladu sa ranije provedenom istraživanju autora².

N slici 1. je primjer nacrtanih poprečnih presjeka elementa zgrade za jedan od materijala, gdje je debljina slojeva ekvivalentna otporu difuziji vodene pare za svaki sloj (u odgovarajućoj razmjeri). Prave linije na grafičkom prikazu dobijaju se spajanjem pritisaka zasićenja na svakoj površini između materijala.



Slika 1. Grafički prikaz provedenog proračuna difuzija vodene pare za jedan od mjeseci sa međuslojnom kondenzacijom na jednoj unutrašnjoj površini

Isti proračun i grafičko predstavljanje je provedno za oba materijala i raspored izolacije za sve mjesec u godini. Za pronalaženje pritiska zasićenja vodene pare korištene su srednje mjesečne vrijednosti spoljašnje temperature i relativne vlažnosti definisane prema raspoloživim podacima za lokaciju objekta. Unutrašnji uslovi temperature i relativne vlažnosti definisani su u skladu sa namjenom objekta.¹

Proračun međuslojne kondenzacije sadržavao je nekoliko koraka. Najprije je određen prvi mjesec pojave kondenzacije, a zatim izračunat nivo godišnje kondenzacije sabiranjem iznosa za svaki mjesec. Potom je određen prvi mjesec pojave isparavanja (isušivanja). Sabiranjem iznosa za sve mjesec u godini je određena količina isparenja koja je upoređena sa ukupnom kondenzacijom. Isparenje bi trebalo biti veće od kondenzacije.

U provedenom proračunu je utvrđeno da za oba materijala kondenzacija počinje u oktobru, odnosno, kada se pojavljuje parcijalni pritisak zasićenja u jednoj površini između slojeva. Ova pojava je u datim primjerima prisutna do juna. Nakon toga dolazi do isparavanja (sušenja) koje traje do kraja septembra. Primjenjujući navedenu relaciju (1) za gustinu toka vodene pare, dobijene su vrijednosti stepena difuzije i isušivanja akumulirane vlage (tabela 2).

Kao što se može uočiti iz prikazanih rezultata proračuna za sve mjesec u godini, stepen kondenzacije je najveći za betonski zid sa izolacijom sa vanjske strane, dok je najmanji za zid od siporex bloka sa izolacijom sa unutrašnje strane. Takođe, rezultati difuzije i isušivanja ukazuju da je položaj izolacije sa unutrašnje strane konstrukcije omogućio bolje isušivanje.

Tabela 2. Rezultati proračuna kondenzacije i isparavanja za a) beton i b) siporex

a) Izolacija sa unutrašnje strane

Izolacija sa vanjske strane

	Stepen kondenzacije	Količina akumulirane vlage
	Gc	Ma
	kg/m ²	kg/m ²
Okt	0.00000008	0.00000008
Nov	0.00002869	0.00002878
Dec	0.00001645	0.00004522
Jan	0.00003844	0.00008367
Feb	0.00001795	0.00010161
Mart	0.00003455	0.00013617
April	0.00000019	0.00013635
Maj	0.00000004	0.00013640
Juni	-0.00000014	0.00013626
Juli	-0.00000024	0.00013602
Aug	-0.00000026	0.00013576
Sep	-0.00000010	0.00013566

	Stepen kondenzacije	Količina akumulirane vlage
	Gc	Ma
	kg/m ²	kg/m ²
Okt	0.00000008	0.00000008
Nov	0.00000022	0.00000030
Dec	0.00100628	0.00100658
Jan	0.00119334	0.00219992
Feb	0.00109826	0.00329818
Mart	0.00000029	0.00329847
April	0.00000019	0.00329866
Maj	0.00000004	0.00329870
Juni	-0.00000014	0.00329856
Juli	-0.00000024	0.00329833
Aug	-0.00000026	0.00329806
Sep	-0.00000010	0.00329797

b) Izolacija sa unutrašnje strane

	Stepen kondenzacije	Količina akumulirane vlage
	Gc	Ma
	kg/m ²	kg/m ²
Okt	0.00000010	0.00000010
Nov	0.00000028	0.00000038
Dec	0.00040169	0.00040207
Jan	0.00023819	0.00064026
Feb	0.00043848	0.00107874
Mart	0.00000037	0.00107911
April	0.00000024	0.00107935
Maj	0.00000006	0.00107940
Juni	-0.00000018	0.00107923
Juli	-0.00000030	0.00107892
Aug	-0.00000033	0.00107859
Sep	-0.00000012	0.00107847

Izolacija sa vanjske strane

	Stepen kondenzacije	Količina akumulirane vlage
	Gc	Ma
	kg/m ²	kg/m ²
Okt	0.00000010	0.00000010
Nov	0.00000028	0.00000038
Dec	0.00100431	0.00100470
Jan	0.00047644	0.00148113
Feb	0.00109631	0.00257744
Mart	0.00000037	0.00257782
April	0.00000024	0.00257805
Maj	0.00000006	0.00257811
Juni	-0.00000018	0.00257793
Juli	-0.00000030	0.00257763
Aug	-0.00000033	0.00257730
Sep	-0.00000012	0.00257717

Bitno je ukazati i na činjenicu da, iako je isušenje trajalo od juna do oktobra, ni u jednom od slučajeva nije došlo do potpunog isušavanja, odnosno, došlo je do zadržavanja određene količine kondenzata unutar sloja konstrukcije. Zadržavanje kondenzata unutar slojeva konstrukcije dovodi do povećanje vlažnosti materijala tog sloja što može značiti da dizajn objekta nije uspio izbjeći uslove za pojavu buđi, korozije i drugih oštećenja uzrokovanih vlagom, što ne bi smio biti slučaj.

3. ZAKLJUČAK

Protok vlage je veoma složen proces i precizno poznavanje mehanizama transfera vlage, karakteristika materijala te početnih i krajnjih uslova je često ograničeno. Stoga primijenjeni međunarodni standard predstavlja uprošteni jednodimenzionalni metod proračuna koji pretpostavlja da se transfer vlage vrši samo kroz difuziju pare i koristi srednje mjesečne klimatske podatke. Zbog toga je on pogodan samo za komparaciju različitih konstrukcija, odnosno, procjenu ponašanja materijala konstrukcije, a ne alat za precizno određivanje.

Razrađena metoda se može primijeniti za ocjenu rizika usljed problema izazvanih površinskom kondenzacijom. Sadržaj vodene pare u vazduhu ima veliki uticaj na uslove komfora u životnom prostoru, a njegova brzina isparavanja zavisi od temperature i strujanja vazduha. Prekomjerni sadržaj vodene pare dovodi do nepoželjne pojave buđi na površinama zidova.

Dodatno, da bi se izbjegla pojava buđi srednja mjesečna vlažnost na površini ne smije prelaziti kritičnu relativnu vlažnost koja dovodi do promjena na površini, naročito razvoja buđi. U daljoj analizi bilo bi potrebno razmotriti i taj uslov termičkog proračuna, odnosno, da li je ukupna vlažnost materijala manja od higroskopskog kapaciteta vlage za predmetni materijal.

4. REFERENCE

- [1] Energetske karakteristike zgrada prema EN ISO 13790, Građevinski fakultet Podgorica, <https://www.ucg.ac.me>, feb 2020
- [2] JUS U.J5.520 Metoda proračuna difuzije vodene pare u zgradama, Beograd, 1980.
- [3] Hodžić E., Softić A., Fizikalni aspekt prenosa toplote kroz primjer rješavanja problema pojave kondenzacije kod termičke izolacije objekata, "Održavanje 2018", pp 273-279, Zenica, BiH, juni 2018
- [4] Maier T., ISO 13788, Hygrothermal calculation procedure of building, description components of the calculation method, 2002

PROTECTION OF FORESTS FROM FOREST FIRES AND THEIR CONSEQUENCES

Martin Jež, BForSC
Biotechnical Faculty, University of Ljubljana
Ljubljana, Slovenia

Amina Gačo, BForSC
Biotechnical Faculty, University of Bihać
Bihać, Bosnia and Herzegovina

ABSTRACT

Forest fires are a big problem today. Today, they are one of the biggest problems facing the forest ecosystem. A forest fire represents the uncontrolled movement of fire across the forest surface. Most forest fires are caused by human carelessness or natural phenomena such as lightning strikes. Every fire that occurs is a big risk for the disappearance of a vegetation system. The damage caused by the fire itself is great, and therefore biomass and undergrowth are destroyed, which causes reforestation costs. Various methods are used to suppress the resulting fires and extinguishing burnt surfaces. As preventive protection measures, biological, educational, technical, and technological fire protection measures are used. Presented are different types of forest fires, extinguishing in different stages (low, medium, high fire), and damages caused by fire.

Key words: Forest, fire, preventive measures, fire damage

1. INTRODUCTION

A forest fire is the uncontrolled spread of fire in the forest and other overgrown areas. Such a spread of fire is of course a disaster. Due to climate change, forest fires are becoming more frequent and causing more and more damage to forests. Apart from climate change, humans are also important in the occurrence of fires, as they cause many fires. The resulting fires can easily lead to the loss of the entire ecosystem. After a fire, it is very difficult to restore a lost ecosystem to its original state, as it can take many hours. With people learning what a forest fire is and observing fires, today there are various methods to prevent and extinguish fires, which are faster and more effective than in the past.

2. CAUSES OF FIRE

Each of the forests has specific characteristics that affect the dynamics of fires. The occurrence of fires is influenced by biotic and abiotic factors. Most of the fires in the European Union are the result of human activity in the form of camping in the open air, burning garbage, discarded cigarettes, malfunctions in the electrical installation and arson. In addition to the human factor, there is also the influence of weather conditions.

Forest fires are also affected by:

- **The relief**, which with its shape makes it inaccessible for extinguishing in most cases, favours the fire.
- **The climate and the time of year** have a significant influence on the occurrence of fires. In the summer months, there are dry periods, low humidity in the air, high temperatures and relatively high wind speed, which results in an increased number of fires [1].
- **Wind** is the main factor affecting the spread of fires. It has a positive effect on the progress of the fire, as it dries the fuel, increases the supply of oxygen and transfers energy in the form of convection, but burning particles. It allows the fire to move quickly in drier air, which makes it burn faster [5].

3. FIRE

Fire is a natural phenomenon during which organic matter or light metals are oxidized [4]. In the case of forest fires, it is about the oxidation of the organic matter from which the plants are composed, the organic layer of the soil on which they grow. Three conditions must be met for fire to occur: fuel, oxygen, and ignition energy. These three conditions make up the fire triangle.

3.1 TYPES OF FOREST FIRE

Forest fires are divided according to the type of fuel that burns and the place of burning. Every forest is different in terms of its vegetation form and age. Depending on the burning method, we know different types of forest fires. Types of fire are:

- Underground fire
- Thermal fire
- Tree top complex fire
- Trunk fire

Underground fire occurs on the surface, in forests that have a large amount of humus and organic litter, which slowly decomposes. Due to the large mass of organic matter in the soil, such fires occur. Of course, such fires are most often caused by the phenomenon of being struck by lightning. It is difficult to detect them, because they spread under the surface and move through underground tunnels. The method of extinguishing such a fire is digging and soaking with water. The greatest damage to vegetation is caused by the destruction of root systems [3].

Soil fires occur on the surface of the soil. Most often they occur in deciduous forests. Large amounts of fallen leaves appear there. It also often appears in forests, where grass appears in the lower layers. They are most often caused by humans; they can also be caused by the underground fires. Such fires are quite easy to limit [8].

Tree top complex fires are fires that often occur due to lightning striking the tops of trees in the forest. They often appear in the summer season, as the frequency of lightning is higher then. Such types of fires quickly spread into larger fires [4]

Trunk fire occurs most often in a coniferous forest due to the shape of the coniferous trees, where the tree cleans the lower branches and only the trunk remains. During this fire, the treetops do not burn, but it can easily spread in the ground or underground fire [3].

Underground and soil fires are less dangerous, trunk fires are somewhere in the middle, while tree top fires are the most dangerous when it comes to big fires.

3.2 FIRE EXTINGUISHING

For movement in the forest area when extinguishing fires, firefighters use forest roads. In the forest, it is a network of the first and second level, or they represent fire protection forest roads. Their purpose is easy access to the fire that needs to be extinguished. There are two types of roads, namely fire prevention forest roads and intersections. When extinguishing a fire, we know concepts and terms such as:

The black zone indicates the area that has already caught fire. **The green zone** is not damaged yet, but it can easily reach the black zone. **The tail of the fire**, which has the lowest fire intensity. **The front of the fire**, which has the greatest intensiveness of fire. **Left flank and right flank of the fire** also have to be mentioned. These two represent the area where the fire can spread to in the green zone [7].

When extinguishing fires in nature, **direct and indirect fire extinguishing methods** are used [6].

Direct fire extinguishing methods for fires of lower intensity. It is used to surround the fire, extinguish the tail of the fire, extinguish the front or side of the fire. Extinguishing is also easier to do from the air.

Fire containment is mainly useful for small fires that spread slowly. The firemen thus arrange themselves around the fire and extinguished it towards its interior.

Extinguishing from the tail of a fire is mainly used when the fire spreads with the help of the wind. Since it is not possible to encircle it at that time, the front of the fire is followed, then extinguished.

Extinguishing from the front of the fire is mainly used when the fire spreads quickly to more urgent areas, such as populated but particularly endangered areas. First, the front of the fire is extinguished, and then it is heated in the opposite direction (as in the previously mentioned extinguishing from the tail).

There is also side extinguishing, which is useful especially in variable wind directions. It starts to be extinguished on the sides, the firemen then spread out in two directions towards the front and the tail once [7].

Indirect methods of extinguishing fires are used for larger fires. They are extinguished with the help of pre-fire, counter-fire, wetting and gaps in the forest. It is easier to use only one of these methods. In case of larger fires, they often use multiple at the same time [7].

Pre-fire is a method in which fire is used in smaller quantities, so that the fire runs out of fuel. It is useful when the spread of the fire due to the direction of the wind is obvious. It is used in areas, such as meadows, clearings, roads, watercourses, pastures or cultivated areas. It is important to keep the fire under control, because otherwise the fire can get worse. Several front lines are set on fire. First, an obstacle is needed, which can be, for example, a road. Other lines are then set on fire further against the original forest fire, so the area beyond which the fire will not be able to spread is extended. Such methods are mainly used when there is no time for firefighters [7].

Another method is wetting, during which large amounts of water are mainly dropped from the planes. Gels that prevent fire in advance can also be used. Red dye is often used in water that is mixed with water, so that it is obvious to firefighters on the ground which areas have already been flooded with water [7].

It is worth mentioning fires that are set to counter the original forest fire, which often exist as a last resort against a large fire. Even more than the pre-fires, these ones can get out of control, so great caution is needed when performing them. The burning is carried out from the safe area onwards, on roads or intersections, which are well protected. Because the fire raises warm air above it, and sucks the air in front of it, it happens that the counter-fire starts to move towards the actual fire. After the two fires combine, the original fire drastically loses its intensity and can be put out more easily by direct methods [2].

When extinguishing fires, chemical agents that do not threaten the biological balance are easily used. Foams, gels, carbon dioxide, and various types of powder are used for this type of extinguishing [6].

4. DAMAGE FROM FOREST FIRES

Damage from forest fires can be direct or indirect. Direct damage is caused by burnt tree mass, destroyed saplings, destroyed forest vegetation and reforestation costs. Indirect damage to the ecological, social, and protective functions of the forest. Fire affects plants and animals.

The effects of fire on the forest depend mainly on the duration of the fire and the temperature reached. In addition to the damage caused by fire, there are also positive consequences, the main one being soil mineralization. The product of burning is ash, which contains various elements that the forest needs during its growth. After the fires, the soil is rich in nutrients, and at the same time, more light is reached, which quickly enables the growth of pioneer plants.

The biggest damage is the loss of organic mass. As a result of fires, soil moisture often decreases, and water evaporation increases. In addition to the loss of the vegetation system, fires also cause damage to the animals for which the forest is a habitat. The consequences are also in the air and water quality.

5. PREVENTIVE MEASURES AND PROTECTION

To reduce the number of fires and reduce the harmful consequences caused by fires, preventive protection measures are essential. The speed of reaching the fire is crucial to prevent it from spreading and igniting. If the fire spreads too much and flares up, carried by a strong wind, extinguishing it is almost impossible, so spotting the fire in time is crucial in extinguishing it.

As a preventive measure against the occurrence of fires, we have various protection measures such as:

- Biological protection measures such as crop belts, leaf cutting and pruning of the lower branches
- Educational protection measures such as seminars, information boards and other types of education
- Technical protection measures include the creation and maintenance of fire roads
- Technological protection measures, various graphic methods such as satellites, surveillance, various software.

6. CONCLUSION

Forest fires are getting more and more common as the climate change makes temperatures higher, vegetation drier and thunderstorms more intense. People are making them more common than they used to be too, so firefighting methods are needed to stop them from spreading and causing damage in the forest ecosystems. Preventative measures can also be used to make fires less likely to spread on big surfaces. Forest fires represent a big danger to forest ecosystems, so a lot of caution is needed, so that the fires don't happen and when they do, they need to be stopped quickly.

7. REFERENCES

- [1] Bubalo L.: Zaštita šuma od požara, University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology, Zagreb, Croatia, 2018.,
- [2] Galović I.: Biološke i tehničke mjere te organizacija otkrivanja i gašenja šumskih požara, Centar za informacije i publicitet, Zagreb, Croatia, 1987.,
- [3] Jakša J.: Gozdni požari, Zavod za gozdove Slovenije, 2002.,
- [4] Jakša J.: Varstvo gozdov pred požarom, Zavod za gozdove Slovenije, 2009.,
- [5] Kočman P.: Vpliv klimatskih sprememb na požarno varnost gozdov, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia, 2019.,
- [6] Kravanja M.: Protipožarne gozdne prometnice kotu krep aktivnega varstva pred požari v naravnem okolju, Biotechnical faculty, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia, 2006.,
- [7] Muhič D.: Požari v naravi, Gasilska zveza Slovenije, Ljubljana, Slovenia, 2004.,
- [8] Urbančič M.: Vpliv požarovna tla v črnoborovih in v puhavčevih gozdovih slovenskega Primorja, Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, Slovenia, 2002.,

**OCJENA STANJA HIDROAGREGATA SA KAPLAN TURBINOM
ANALIZOM MJERENIH MEHANIČKIH, ELEKTRIČNIH I
HIDRAULIČKIH PARAMETARA U STACIONARNIM I
NESTACIONARNIM REŽIMIMA RADA**

**HYDROAGREGATES WITH KAPLAN TURBINE CONDITION
EVALUATION BY ANALYSIS OF MEASURED MECHANICAL,
ELECTRICAL AND HYDRAULIC PARAMETERS IN STATIONARY
AND NON-STATIONARY MODES OF OPERATION**

MSc. Damir Špago, dipl.ing.maš., doc.dr. Emir Nezirić, dipl.ing.maš.
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mašinski fakultet
Mostar

MSc. Mensud Đidelića, dipl.ing.maš.
J.P. Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo – Hidroelektrane na Neretvi
Jablanica

REZIME

Održavanje prema stanju, kao filozofija održavanja, podrazumijeva kontinuirano i periodično praćenje radnih parametara sistema i njegovih podsistema. Hidroagregati, kao kompleksni elektromašinski sistemi, su izloženi veoma promjenljivim opterećenjima, od hidrauličkih do elektromagnetnih sila. Upravo zbog toga je neophodno vršiti sveobuhvatnu analizu radnih parametara agregata, kako mehaničkih, tako i hidrauličkih i električnih. U ovom radu je prikazan postupak mjerenja i analize podataka o stanju hidroagregata sa Kaplan turbinom izmjerenih na hidroagregatima HE Salakovac na rijeci Neretvi. Analizom mjerenih podataka je pokazano da su sva tri agregata ocijenjena u radnom stanju bez ograničenja rada, prema važećim standardima relevantnim za ocjenu stanja hidroagregata.

Ključne riječi: Održavanje prema stanju, hidroagregat, Kaplan turbina, vibrodijagnostika

ABSTRACT

Condition-based maintenance as a philosophy of maintenance implies that the working parameters of the system should be measured constantly and periodically. Hydroaggregates are complex electromechanical systems and are exposed to different forces: hydraulic, mechanical, and electromagnetic forces. This is the main reason it is necessary to perform a comprehensive analysis of working parameters. Procedures for the measurement and analysis of working parameters for hydroaggregates in hydropower plant Salakovac on river Neretva are presented in this paper. Analysis of the measured data has shown that all aggregates could be evaluated as work-ready without limitations, according to relevant standards.

Ključne riječi: Condition based maintenance, hydroaggregate, Kaplan turbine, vibration analysis

1. UVOD

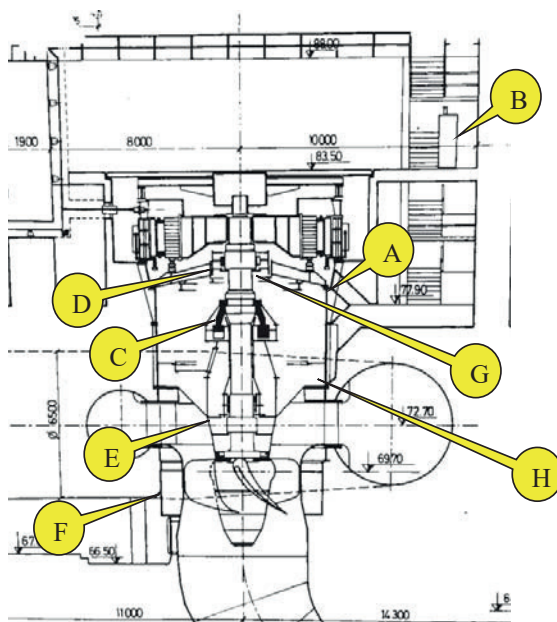
Održavanje mašina prema stanju zahtjeva praćenje radnih parametara sistema, kako bi se moglo pravovremeno djelovati i planirati buduće aktivnosti u održavanju [1]. Na osnovu vrijednosti različitih izmjerenih veličina donose se zaključci na osnovu kojih se pokreću aktivnosti održavanja, ukoliko su neophodne. U ovom radu će biti prikazan postupak mjerenja i analize radnih parametara hidroagregata sa Kaplan turbinom u HE Salakovac u svrhu preventivne provjere pogonske ispravnosti i funkcionalnosti.

2. SADRŽAJ ISPITIVANJA I ODABIR MJERNIH MJESTA

Ispitivanje agregata je obuhvatilo mjerenje: protoka, visinske razlike nivoa gornje i donje vode (Δh), pritiska u spirali i difuzoru, vibracija, opletanja vratila, buke i brzine vrtnje.

Na Slici 1. prikazane su osnovne lokacije mjernih mjesta za mjerenje navedenih veličina:

- A – instalacija za kontrolu pritiska u spirali;
- B – upravljački ormar agregata 1;
- C – konusni nosač aksijalnog ležaja;
- D – kućište gornjeg vodećeg ležaja;
- E – kućište donjeg vodećeg ležaja;
- F – revizioni otvor difuzora;
- G – donji dio kartera;
- H – turbinski prostor;



Slika 1. Osnovne lokacije mjernih mjesta na agregatu 1.

Mjerna mjesta za mjerenje vibracija instalisana su se na lokacijama C, D i E. Mjerenje vibracija na vodećim ležajevima izvršeno je u dva međusobno okomita horizontalna pravca: x – smjer vode i y – okomito na smjer vode. Mjerenje vibracija na nosećem ležaju izvršeno je u vertikalnom pravcu.

Mjerenje opletanja vratila izvedeno je lokaciji G na mjestu neposredno ispod poklopaca kućišta gornjeg vodećeg ležaja. Senzori za mjerenje opletanja postavljeni su na nosače sa magnetnim postoljem.

Mjerenje pritiska u spirali izvedeno je priključivanjem senzora pritiska na cijevnu instalaciju na lokaciji A, na mjestu instalacije kontrolnog manometra sa Bourdonovom cijevi. Mjerenje pritiska u difuzoru izvedeno je priključivanjem senzora pritiska na priključak na revizionom otvoru difuzora na lokaciji F.

Buka je mjerena u turbinskom prostoru postavljanjem uređaja za mjerenje buke do zida turbinskog prostora na visini od cca 1 m.

Mjerenje aktivne snage generatora i brzine vrtnje izvršeno je preuzimanjem strujnog signala sa upravljačkog ormara, koji je kalibrisan prema nazivnim podacima iz dokumentacije upravljačkog ormara, odnosno pokazivača na samom ormaru. Podaci o neto padu, protoku i otvoru sprovodnog aparata su preuzeti iz monitoring sistema iz komandne sobe, te su zabilježeni ručno.

Mjerenje podizanja generatora je izvršeno postavljanjem induktivnih kontaktnih davača pomaka na vratilo agregata pomoću magnetnih stalaka, te je mjereno pomjeranje vratila u odnosu na kućište ležaja (lokacija G). Podizanje je mjereno u 4 tačke, po dvije u pravcu vode i okomito na pravac vode.

2.1. Oprema za mjerenje

Za akviziciju mjernog signala korištena su dva univerzalna osmokanalna mjerno-pojačivačka uređaja Spider 8 (HBM) kontrolisana računarom pomoću softvera Catman 5.0. Za mjerenje podizanja vratila sa turbinom i rotorom generatora korišten je jedan mjerno-pojačivački uređaj. Mjerenje vibracija, opletanja, pritisaka u spirali i difuzoru, buke, snage i brzine vrtnje vršeno je sa dva mjerno-pojačivačka uređaja. Na slici 2. i prikazana je oprema za akviziciju i registrovanje mjernog signala.



Slika 2. Oprema za akviziciju i registrovanje mjernog signala

Intenzitet vibracija mjereno je sa piezoelektričnim akcelerometrima tipa AC102-1A, proizvođača CTC, te KD41 proizvođača MMF. Mjerenje opletanja vratila vršeno je korištenjem dva beskontaktna senzora pomjeranja tipa BALLUFF M12MG2. Mjerenje pritiska u spirali i difuzoru vršeno je sensorima pritiska P8AP. Mjerenje podizanja agregata je izvršeno induktivnim davačima pomaka WA20. Navedeni senzori na prvom mjerno-pojačivačkom uređaju povezani su na mjerne kanale tipa SR 55 (naponski signal 0-10 V ili senzori sa vezom u most/polumost).

Mjerenje snage vršeno je direktnim preuzimanjem naponskog signala 0-10 mA sa upravljačkog ormara. Intenzitet buke je mjereno preuzimanjem naponskog izlaza sa uređaja TES-1350A. Mjerenje brzine vrtnje izvršeno je preuzimanjem strujnog signala 4-20 mA sa upravljačkog ormara. Senzor za mjerenje buke povezan je na mjereni kanal tipa SR55, dok su strujni signali sa upravljačkog ormara povezani na mjerni kanal SR01.

2.2. Program ispitivanja hidroagregata

Programom ispitivanja vibracija na agregatima HE Salakovac predviđeno je mjerenje prethodno navedenih veličina pri različitim režimima rada agregata. Obzirom na zatečene radne režime pojedinih agregata, raspored pojedinih faza ispitivanja se međusobno razlikovao od agregata do agregata. Na agregatu 1. je ispitivanje počelo od zatečenih 53 MW snage, dok je na agregatima 2. i 3. ispitivanje krenulo iz stanja mirovanja agregata.

Na svim agregatima je izvršeno mjerenje u sljedećim stacionarnim režimima:

- Rad na 7 MW (minimalna snaga nakon sinhronizacije na mrežu)
- Rad na 20 MW
- Rad na 35 MW
- Rad na 50 MW
- Rad na 70 MW

Također je izvršeno mjerenje svih prelaznih stanja između stacionarnih režima, kao i prelazna stanja pri stupanju na mrežu:

- Start 0-100% obrtaja
- Mehanička vrtnja
- Prazan hod
- Sinhronizacija na mrežu 0-7 MW

Za svaki agregat će biti dat detaljan raspored pojedinih faza ispitivanja.

3. OCJENA STANJA HIDROAGREGATA PREMA STANDARDU ISO 10816-5:2018

3.1. Ocjena stanja hidroagregata na osnovu mjerenja vibracija

Korištenjem navedene mjerne opreme registrovani su akcelerogrami vibracija na kućištu donjeg vodećeg ležaja u svim fazama ispitivanja. Akcelerogrami su filtriranjem i integracijom transformisani u dijagrame brzina. Obradom dijagrama brzina su izračunate srednje kvadratne vrijednosti (RMS) brzine oscilovanja kućišta za frekventno područje 2-

1000 Hz pri stacionarnim režimima rada. Dobljene vrijednosti RMS-a brzine oscilovanja u pravcima x i y na donjem i gornjem vodećem ležaju prikazane su u tabeli 1. Najveće vrijednosti izmjerene su u pravcu okomitom na pravac vode (osa y) na oba vodeća ležaja.

Tabela 1. RMS vrijednosti brzine mjerene na gornjem vodećem i donjem vodećem ležaju agregata 1

	P [MW]	$GV - x$ [mm/s]	$GV - y$ [mm/s]	$DV - x$ [mm/s]	$DV - y$ [mm/s]	$Aks - z$ [mm/s]	Napomena
M0	53	0,49	1,46	0,43	1,27	1,27	Zatečeno stanje
M1	50	0,24	0,75	0,41	1,06	1,06	
M2	↓	-	-	-	-	-	
M3	68	0,39	1,16	0,62	1,45	1,45	Maksimalna moguća snaga
M4	↓	-	-	-	-	-	
M5	35	0,31	0,93	0,40	1,09	1,09	
M6	↓	-	-	-	-	-	
M7	20	0,93	0,88	0,48	2,15	2,15	
M8	↓	-	-	-	-	-	
M9	7	0,51	2,07	0,50	1,37	1,37	
M10	0	-	-	-	-	-	Start 0-100% obrtaja
M11	0	0,30	0,97	0,98	2,28	2,28	Mehanička vrtinja
M12	0	0,23	0,77	0,82	2,06	2,06	Prazan hod
M13	0-7	-	-	-	-	-	Sinhronizacija
AL1		0,70	0,70	1,10	1,10	-	
AL2		1,10	1,10	1,80	1,80	-	

Napomena: ↓ - prelazno stanje između stacionarnih režima

U pravcu toka vode (osa x) su vibracije mjerene na gornjem vodećem ležaju unutar granica dozvoljenih (ispod Action limit 1 granice), osim za mjerenje M7. Mjerenje M7 je pri snazi od 20 MW, koja je <30% nazivne snage, te nije relevantna ocjena ovih vrijednosti, prema standardu ISO 20816-5 [3]. Okomito na pravac vode (osa y) su vibracije mjerene na gornjem vodećem ležaju prekoračile AL1 ili AL2 vrijednost vibracija.

U pravcu toka vode (osa x) su vibracije mjerene na donjem vodećem ležaju ispod granice AL1, te nije zahtijevana nikakva dodatna analiza agregata. U pravcu okomitom na pravac toka vode (osa y) u relevantnim režimima rada je prekoračena granica AL1, koja zahtjeva osnovnu analizu stanja agregata. Režimi M7, M11 i M12 u kojima je prekoračena granica AL2 nisu relevantni režimi za ocjenu prema navedenim granicama (<30% nazivne snage, režimi koji se javljaju samo pri startu agregata).

Prema preporuci standarda ISO 20816-5 [3], kako je najdominantniji vrh u frekventnom spektru mjerenih vibracija niži od AL1, nije neophodno vršiti ispitivanja u svrhu detektovanja uzroka povišenih vibracija.

3.2. Ocjena stanja hidroagregata na osnovu mjerenja opletanja

Iz mjerenja opletanja u pravcima x i y u svakoj od pojedinih faza ispitivanja, određivana je srednja vrijednost pomjeranja u navedenim pravcima, x_0 i y_0 .

Orbite oplitanje vratila u svakoj fazi ispitivanja prikazane su u koordinatnom sistemu koordinatnom sistemu xOy , gdje osa x predstavlja vrijednost oplitanje u pravcu vode a y u pravcu okomitom na pravac vode. Za ocjenu stanja se uzima maksimalni raspon pomaka tokom rada agregata (peak-to-peak).

U tabeli 2. su prikazane vrijednosti rezultujućeg opletanje u toku ispitivanja.

Tabela 2. Vrijednosti opletanja vratila s_{max} agregata 1

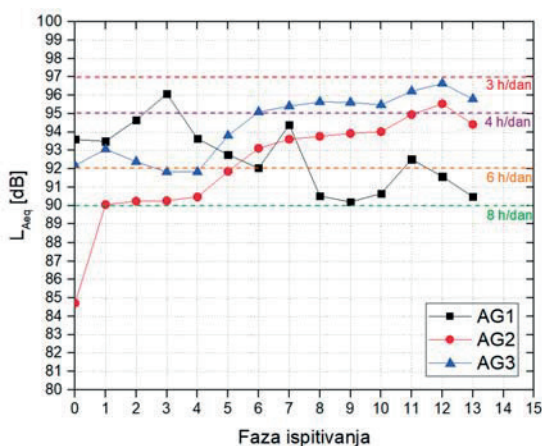
Mjerenje	S_{p-p} [μm]	Action limit 1 [μm]	Action limit 2 [μm]
M0	150	170	260
M1	146	170	260
M3	168	170	260
M5	182	170	260
M7	198	170	260
M9	188	170	260
M11	98	170	260
M12	142	170	260

Prema kriteriju za ocjenu opletanja hidroagregata, prekoračena je Action limit 1 granica. Kako je najdominantniji vrh u frekventnom spektru mjerenih vibracija niži od AL1, nije neophodno vršiti ispitivanja u svrhu detektovanja uzroka povišenih vibracija.

4. ANALIZA OSTALIH MJERENIH RADNIH PARAMETARA

4.1. Rezultati mjerenja buke

Promjena ekvivalentnog nivoa buke u turbinskom prostoru u toku pojedinih faza ispitivanja agregata 1, 2 i 3 prikazana je na dijagramu na slici 3.



Slika 3. Promjena nivoa buke u toku faza ispitivanja na agregatima 1, 2 i 3.

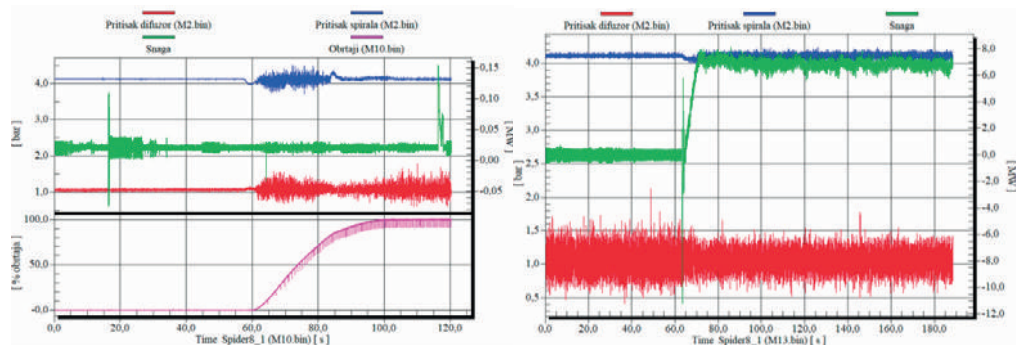
Na slici 3 se može vidjeti da nivoi buke ne prekoračuju nedozvoljenu vrijednost opasnu za kratkotrajno izlaganje od 140 dB [4,5]. Sve faze ispitivanja za agregate prema izmjerenim nivoima buke dozvoljavaju boravak od najmanje 3 sata dnevno u turbinskom prostoru, što je dovoljno za aktivnosti tekućeg održavanja koje se može obaviti u toku rada agregata (praćenje stanja pritisaka ulja, vizuelna kontrola, ostale aktivnosti). Jedina faza ispitivanja koja je pokazala maksimalnu vrijednost buke koja ne dozvoljava dnevno izlaganje duže od 1,5 h je faza 14 agregata 3 (odbacivanje tereta). Obzirom da ta faza je svakako kratkotrajna, nema mogućnosti eventualnom izlaganju duže od par minuta, obzirom da je odbacivanje tereta kratkotrajna proces. Prema tome, nema prepreka za nesmetan rad agregata 1, 2 i 3 HE Salakovac.

4.2. Rezultati mjerenja pritiska, snage i obrtaja

Na ranije prikazanim lokacijama su izvršena i mjerenja pritiska (spiralna i difuzor), snage i obrtaja na agregatima 1, 2 i 3 u HE Salakovac. U tabeli 3. su prikazane vrijednosti izmjerenih veličina pritiska za sve faze mjerenja na svim agregatima.

Tabela 3. Vrijednosti pritiska za različite režime pri fazama ispitivanja

Faza	Agregat 1		Agregat 2		Agregat 3	
	p_{dif} [bar]	P_{spir} [bar]	p_{dif} [bar]	P_{spir} [bar]	p_{dif} [bar]	P_{spir} [bar]
0	0,873	4,035	0,810	4,150-4,140	1,036-0,999	4,202-4,173
1	0,882	4,043	0,806	4,130	1,013	4,167
2	0,87-0,714	4,039-3,967	0,802	4,126	1,014	4,157
3	0,714	3,961	0,802-0,815	4,124-4,117	1,015-1,026	4,153-4,143
4	0,714-0,978	3,964-4,074	0,808	4,117	1,022	4,142
5	0,979	4,077	0,808-0,858	4,117-4,107	1,015-1,056	4,141-4,126
6	0,979-1,072	4,077-4,098	0,853	4,107	1,062	4,125
7	1,072	4,098	0,850-0,761	4,108-4,084	1,043-0,948	4,125-4,094
8	1,072-1,068	4,098-4,114	0,755	4,084	0,946	4,095
9	1,068	4,114	0,754-0,613	4,086-4,045	0,948-0,799	4,093-4,054
10	1,066-1,098	4,114-4,124	0,614	4,045	0,800	4,054
11	1,071	4,119	0,613-0,477	4,046-3,989	0,798-0,645	4,053-3,987
12	1,067	4,116	0,478	3,988	0,641	3,988
13	1,062	4,120	0,478-0,765	3,989-4,080	0,642-0,840	3,986-4,057
14	-	-	-	-	0,837-1,034	4,052-4,162



Slika 4. Promjena pritiska, snage i obrtaja u toku faze 10 (start 0-100% obrtaja) – LIJEVO i u toku faze 13 (sinhronizacija) – DESNO ispitivanja agregata 1

Snaga kao veličina je bilježena sa kontrolnog displeja iz komandne sobe, te su njene vrijednosti navedene u tabeli koja opisuje režime rada, i to za stacionarna stanja. Mjerenja snage će biti analizirana u prelaznim režimima (pri povećanju i smanjenju snage, sinhronizaciji, odbacivanju tereta). Broj obrtaja je konstantan (100%) za sve režime, osim za režime prilikom starta i zaustavljanje mašine, kada će biti i analizirani.

Promjena aktivne snage generatora se odražava i na pritisak u spirali i difuzoru, što se i može uočiti na dijagramima koji prikazuju promjenu snage između pojedinih stacionarnih faza. Također se primjećuje da pri startu mašine (0-100% obrtaja mehaničke vrtnje) se nestabilnost

pritiska u spirali uveliko smiri nakon postizanja 100% broja obrtaja, dok u difuzoru se ta nestabilnost pritiska još naglašava. Sinhronizacija na mrežu malo umiri pritisak u difuzoru, obzirom da vrtnja turbine sa vratilom se stabilizuje puštanjem na mrežu.

4.3. Rezultati mjerenja podizanja agregata prilikom rada uljne pumpe

Na agregatima HE Salakovac je izvršeno i mjerenje podizanja rotirajućeg dijela agregata prilikom rada startne pumpe nosećeg ležaja, što u konačnici daje i debljinu uljnog filma između statičnog i pokretnog dijela nosećeg kliznog ležaja. Mjerenja su izvršena na 4 tačke raspoređene po obodu vratila, i to dvije tačke u pravcu toka vode (sa obje strane vratila) i dvije tačke okomito na pravac toka vode (sa obje strane vratila).

Tabela 4. Vrijednosti izmjenog vertikalnog pomaka na 4 lokacije

Lokacija mjerenja	Agregat 1 Vertikalni pomak [mm]	Agregat 2 Vertikalni pomak [mm]	Agregat 3 Vertikalni pomak [mm]
MM 1	0,1144	0,1120	0,1146
MM 2	0,1175	0,0937	0,1110
MM 3	0,1294	0,0901	0,1188
MM 4	0,1187	0,0987	0,1187
AVG	0,1200	0,0986	0,1157

Iako je pokazano da statička debljina uljnog filma nije ravnomjerna po obimu, srednja vrijednost uljnog filma je dovoljna za rotaciono kretanje agregata.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan postupak mjerenja i analize radnih parametara hidroagregata sa Kaplan turbinom u HE Salakovac na rijeci Neretvi. Mjerenjem vibracija i opletanja je zaključeno da nema smetnje u radu agregata 1, prema standardu 20816-5. Mjerenjem buke u turbinskom prostoru je zaključeno da nema smetnji za standardne dnevne aktivnosti u tom prostoru prema OSHS 1910.95 standardu za sve tri agregata u pogonu HE Salakovac. Mjerenjem ostalih radnih parametara je također zaključeno da su unutar granica odstupanja za projektovane radne parametre.

6. REFERENCE

- [1] Prajapati, A., Bechtel, J. and Ganesan, S., "Condition based maintenance: a survey", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 18 No. 4, pp. 384-400, 2012. <https://doi.org/10.1108/13552511211281552>
- [2] Sebastijanović S., Tufekčić Dž., Održavanje, Univerzitet u Tuzli – Mašinski fakultet, 1998.
- [3] International Organization for Standardization (2018.), Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants (ISO 20816-5:2018).
- [4] Occupational Safety and Health Standards (2008.), Occupational noise exposure (Standard number 1910.95).
- [5] Carvalho M.L. de U., Leroy V., Calixto R.J., Borges C.I.R.: Noise Evaluation of Hydroelectric Power Plants, The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Rio de Janeiro, Brazil, 2005.

MODEL SIGURNE PLOVIDBE U BOKOKOTORSKOM ZALIVU – ODRŽAVANJE I NADZOR

SAFE NAVIGATION MODEL IN THE BAY OF BOKA KOTORSKA – MAINTENANCE AND SUPERVISION

mr Igor Stanovčić
Univerzitet Crne Gore, Pomorski Fakultet Kotor

REZIME

Bokokotorski zaliv je vrlo atraktivno mjesto za plovidbu posebno u period godine od aprila do novembra. U ovom periodu zaliv posjećuje veliki broj kruzera, jahti, a izražen je i veliki saobraćaj manjih plovniha objekata - čamaca. Tema ovog rada je uspostavljanje šema odvojene plovidbe u zalivu u cilju povećanja sigurnosti plovidbe, kao i održavanje i nadzor od strane nadležnih institucija. Analiziraće se pravne norme, dosadašnji saobraćaj, najprometnija područja plovidbe, prostorna ograničenja te shodno tome odrediti pravila i način plovidbe zalivom. Posebno će se predložiti način održavanje plovniha puteva i njihov nadzor.

Ključne riječi: Bokokotorski zaliv, šeme odvojene plovidbe, održavanje i nadzor, pomorski saobraćaj

ABSTRACT

The Bay of Boka Kotorska is a very attractive nautical destination, particularly from April to November. During this period, many cruise ships and yachts visit the bay and there is frequent traffic of smaller vessels. The subject of this paper is the establishment of the traffic separation scheme in the Boka Kotorska Bay as a way to enhance the safety of navigation, as well as maintenance and surveillance by responsible institutions. The analysis of the maritime legal framework and the past frequency of the traffic, the busiest areas of navigation and spatial limitations in the bay, will determine optimal rules of maritime traffic and the method of navigation in the bay. Furthermore, we shall suggest optimal measures aimed at maintaining and monitoring navigable waterways in the The Bay of Boka Kotorska.

Key words: The Bay of Boka Kotorska, traffic separation scheme, maintenance and surveillance, maritime traffic

1. UVOD

Akvatorijum Bokokotorskog zaliva je u proteklom periodu zabilježio značajan porast plovila koji ga posjećuju, a posebno grad Kotor. Veličina brodova koji posjećuju Zaliv varira od malih jahti do mega kruzera, što uzrokuje gust saobraćaj posebno u periodu između aprila i oktobra. Takođe, veliki je broj manjih čamaca koji čine dio ukupnog pomorskog saobraćaja obavljajući lokalnu plovidbu. Srećom, do sada nisu zabilježeni ozbiljniji incidenti na moru, ali s obzirom na potencijalne opasnosti i uzimajući u obzir konfiguraciju Zaliva tj.

ograničenost vodenog prostora, kao i sve intenzivniji saobraćaj, u radu će biti razmatrano uspostavljanje *šema odvojene plovidbe* (eng. *Traffic Separation Scheme – TSS*) u Bokokotorskom zalivu, kao model sigurne plovidbe koji bi umanjio potencijalne rizike.

Svrha uspostavljanja ovakvog sistema je povećanje sigurnosti plovidbe, zaštite životne sredine i zaštite kulturnog naslijeđa Bokokotorskog zaliva. Grad Kotor i njegovo okruženje svjetski je prepoznato, o čemu svjedoči i činjenica da se isti nalazi na UNESCO listi svjetske kulturne baštine (zvaničan naziv je *Prirodni i kulturno historijski region Kotor*) od 1979. godine [1]. U širem kontekstu, ovom regionu pripada i sam Bokokotorski zaliv. S toga se prethodno definisani cilj ovog rada postavlja kao imperativ, posebno ako uzmemo u obzir pomorsku nezgodu koju je pretrpio putnički brod *Costa Concordia* 2012. godine. Podsjećanja radi, nezgoda ovog broda, nakon što je udario u greben kod ostrva *Giglio*, imala je za ishod, osim velike materijalne štete, i gubitak 32 ljudska života.

U ovom radu izvršen je pregled pravnih normi koje definišu TSS sistem. Analiziran je akvatorijum Bokokotorskog zaliva, kao i saobraćajne aktivnosti koje se odvijaju u istom. Dat je predlog za način uspostavljanje TSS sistema i izvršena je analiza postojećeg nadzora nad plovidbom, i predloženo je kako bi nadzor mogao biti značajno unapređen.

2. PRAVNE NORME

Za uspostavljanje TSS-a u Bokokotorskom zalivu potrebno je analizirati nacionalno i međunarodno zakonodavstvo.

2.1. Nacionalne pravne norme

Ključni nacionalni pravni akti u ovom smislu predstavljaju *Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe* [2] i *Pravilnik o izbjegavanju sudara na moru* [3] koji u članu 8 - *Šeme odvojene plovidbe*, faktički ratifikuje *Pravilo 10 iz Međunarodnih pravila o izbjegavanju sudara na moru* (eng. *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 - COLREG*).

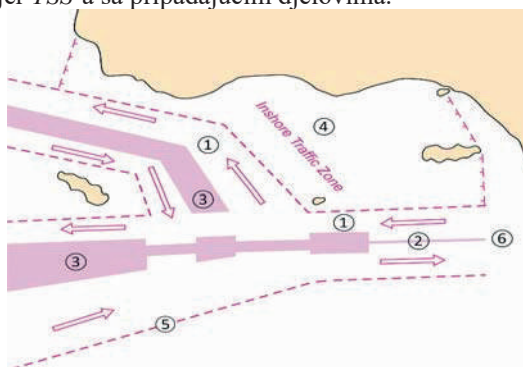
2.1.1. Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe

Ovaj Zakon, između ostalog, definiše pojmove broda, putničkog broda, ribarskog broda, brodice, čamca, jahte i sl., odnosno sve subjekte koji mogu biti učesnici pomorskog saobraćaja. Takođe, istim je definisano što je to *šema odvojene plovidbe* (*šema odvojene plovidbe je režim usmjeravanja plovidbe plovniha objekata, radi odvajanja suprotnih smjerova plovidbe odgovarajućim objektima sigurnosti plovidbe, odnosno oznakama na pomorskim kartama kojima se utvrđuje plovidbeni put odgovarajućeg područja;...*). Ovaj Zakon posebno definiše plovidbu Bokokotorskim zalivom u smislu najveće dozvoljene brzine koja iznosi 10 čvorova (čv) za brodove dužine veće od 24 m. Za kraće brodove ta brzina iznosi 14 čv. Nadalje, a veoma važno, Zakon definiše pojam i posebna pravila plovidbe u uskom kanalu (tjesnacu) i ujedno tačno definiše, sa datim geografskim koordinatama, uske kanale (Kumborski tjesnac i tjesnac Verige). U ovim tjesnacima brzina plovidbe je ograničena na 6 čv za brodove dužine veće od 24 m i 10 čv za brodove kraće od 24 m. Ova ograničenja brzine su važan faktor u smislu povećane sigurnosti plovidbe [4]. Ono što je veoma važno za ovaj rad jeste činjenica da Zakon definiše maksimalno dozvoljeno približavanje obali za brodove, jahte i hidroavione (300 m) kao i za motorne čamce i ribarske brodove (150 m). Naravno, izuzeće od ovog predstavlja uplovljenje ovih plovila u luke.

2.1.2. Pravilnik o izbjegavanju sudara na moru

U ovom Pravilniku, u članu 8, definisana su pravila plovidbe u TSS-u. S tim u vezi postoji obaveza brodova da plove u tačno određenom opštem smjeru toka plovidbe a da se ne

približavaju zonama ili linijama razdvajanja. Opisan je način uključivanja i isključivanja iz TSS-a, kao i način eventualnog presijecanja istog. Dalje, opisane su zone priobalne plovidbe koje u normalnim okolnostima ne bi trebali koristiti brodovi duži od 20 m, već ove zone služe za lokalni saobraćaj manjih plovila. U skladu sa Pravilnikom, brodovi kraći od 20 m, brodovi zauzeti ribolovom i jedrenjaci ne smiju ometati siguran prolaz brodovima koji koriste TSS. Na slici 1. dat je primjer TSS-a sa pripadajućim djelovima.



Slika 1. Izgled TSS-a sa pripadajućim djelovima [5]¹

2.2. Međunarodne pravne norme

U glavi V/10 *Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru* (eng. *The International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS*) [6] se opisuje rutiranje brodova i navodi da je *Međunarodna pomorska organizacija* (eng. *International Maritime Organization - IMO*) jedina organizacija koja je zadužena za razvoj, implementaciju i primjenu TSS-a širom svijeta. U nautičkoj publikaciji *Ships' Routeing* [7] dat je detaljan opis rutiranja brodova. Za potrebe ovog istraživanja, njeni najznačajniji dijelovi su:

- *Ciljevi* - Uvođenjem TSS-a regulisao bi se vodeni saobraćaj u Zalivu i to po unaprijed postavljenim kriterijumima, što bi imalo za cilj spriječavanje sudara brodova, nasukanja, zaštitu životne sredine, kao i očuvanje kulturno historijskog nasleđa Boke.
- *Definicije* - Date su u pravilu 10 COLREG-a (eng. *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972*)
- *Procedure i odgovornosti* - Sastoje se od pouzdanosti određivanja pozicije broda u datom području, tačnosti hidrografskih podataka, opravdanosti uvođenja TSS-a, zaštiti životne sredine i sl.
- *Metode*. U ovom dijelu su opisani izgled i metode uspostavljanja TSS-a.
- *Planiranje*. Planiranje treba izvesti tako da se optimizuje plovidba i da se rizik od bilo koje opasnosti svde na minimum. Prilikom planiranja, između ostalog treba uzeti u obzir postojeće stanje saobraćaja na tom području, uključujući i priobalnu plovidbu, kao i plovidbu manjih plovnih objekata.
- *Kriterijum za dizajn* - Kao glavni kriterijum za uspostavljanje TSS-a treba da posluži dotadašnje kretanje brodova, sa posebnim osvrtom na područja gdje dolazi do gustog saobraćaja iz suprotnih smjerova.
- *Korišćenje sistema rutiranja* - Plovidba u TSS-u može da bude obaveza za sve brodove, a može da važi samo za određene tipove brodova. Odluku o ovome donosi vlada države gdje se planira uvođenje TSS-a.

¹ Objašnjenje: 1 – plovidbena staza (eng. *traffic lane*); 2 – separaciona linija tj. linija razdvajanja (eng. *separation line*); 3 – separaciona zona tj. zona razdvajanja (eng. *separation zone*); 4 – zona priobalne plovidbe (eng. *inshore traffic zone*); 5 – vanjska granica šeme odvojene plovidbe (eng. *TSS boundary*); 6 – kraj šeme odvojene plovidbe (eng. *TSS termination*).

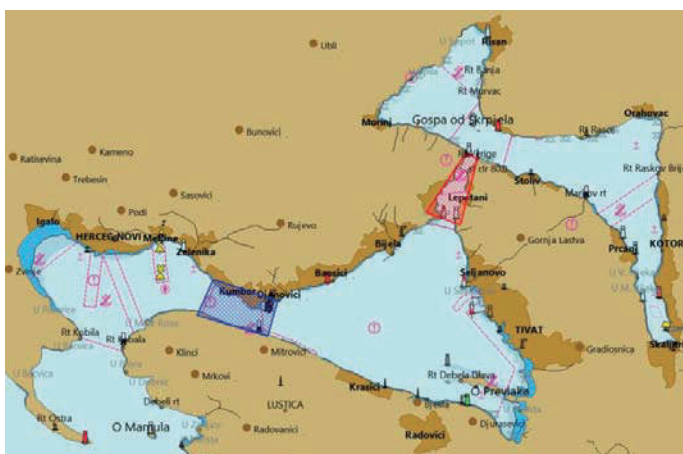
- *Prezentacija na nautičkim kartama* - Ovdje su data uputstva kako se *TSS* ucrtava na nautičkoj karti.

3. BOKOKOTORSKI ZALIV - ANALIZA POMORSKOG SAOBRAĆAJA

Bokokotorski zaliv, sa pravne tačke gledišta, spada u unutrašnje morske vode Crne Gore. Ukupna površina zaliva je 87,33 km². Zaliv je relativno dubok (prosječna dubina iznosi 27,3 m) i sa svih strana je okružen visokim brdima i planinama. Bokokotorski zaliv sačinjavaju pet manjih zaliva: HercegNovski, Tivatski, Morinjski, Risanski i Kotorski, koji su povezani sa dva tjesnaca: Kumborski tjesnac i tjesnac Verige. Dužina zaliva od Ponte oštre do zadnje istočne tačke zaliva (Kotor) iznosi 15.1 nautičke milje (NM). Ulaz u zaliv je širok 1.6 NM, a najuži prolaz u zalivu je tjesnac Verige čija je širina 0.15 NM [8].

U kotorskom zalivu, sjeverno od tjesnaca Verige se nalaze dva manja ostrva (Školji), od koje je jedno prirodno (Sv. Đorđe), a drugo vještačko (Gospa od Škrpjela) i predstavljaju veliko kulturno-istorijsko nasleđe Boke.

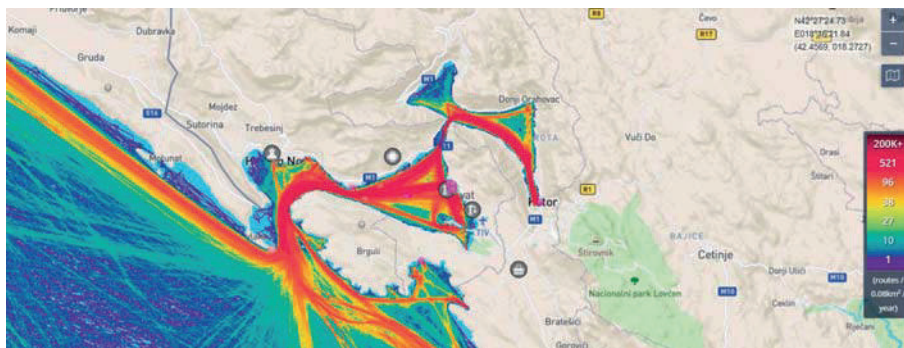
Konfiguracija zaliva obezbeđuje pogodne hidrometeorološke prilike za plovidbu, pogotovo ako se uzme u obzir zaštićenost od uticaja vjetera i talasa što je od velike važnosti sa stanovišta ovog naučnog rada. Markantni objekti na kopnu (rtovi, svjetionici, navigacione plutače i sl.) daju mogućnost sigurne plovidbe sa stanovišta određivanja pozicije, čak i bez upotrebe elektronskih navigacionih sredstava, što je od velikog značaja [9, 10]. U Bokokotorskom zalivu ima pet sidrišta koji su naznačeni na pomorskim kartama i koje svakako treba uzeti u obzir pri projektovanju sigurne plovidbe. Posebno treba uzeti u obzir tri sidrišta u Kotorskom zalivu koje koriste veliki putnički brodovi. Na slici 2. crvenom bojom je prikazan tjesnac Verige a plavom Kumborski tjesnac.



Slika 2. Tjesnaci u Bokokotorskom zalivu²

Kod vršenja analize pomorskog saobraćaja u Bokokotorskom zalivu neophodno je izvršiti podjelu brodova prema kriterijumu koji je propisan u pravnim normama, a tiču se uspostavljanja *TSS*-a. U tom smislu, podjela se vrši na brodove dužine do 20 m i brodove čija je dužina veća od 20 m. Pri tome, posebno treba uzeti u obzir dosadašnje kretanje brodova, pogotovo brodova čija je dužina veća od 20 m jer su oni u obavezi ploviti u *TSS*-u. Na slici 3. su prikazani glavni plovni putevi i gustoća saobraćaja u Boki.

² Slika izrađena uz pomoć elektronske karte Boka u programu *OpenCPN 5.6.0*



Slika 3. Gustoća sobračaja u Bokotorskom zalivu na osnovu AIS podataka za 2019/20 godinu [11]

Analiza ovih kretanja vršena je korišćenjem podataka dobijenih od *Automatskog identifikacionog sistema* (eng. *Automatic Identification System - AIS*) tako da se, u skladu sa međunarodnim propisima, može sa velikom sigurnošću reći da se saobraćaj predstavljen slikom 3. odnosi na brodove duže od 20 m. Kruzeri i veliki putnički brodovi, bez izuzetka, za krajnju destinaciju imaju luku Kotor. Ako se analizira vremenski period od 2014. do 2019. godine, zarad izbjegavanja kasnijih anomalija prouzrokovanih COVID-19 pandemijom, prosječan broj brodova koji su posjetili luku Kotor iznosi 427 godišnje. Važno je istaći činjenicu da se 88% prometa brodova odvija od aprila do novembra, što ovaj period čini periodom izrazitog saobraćajnog intenziteta. Prosječna dužina brodova iznosi 187,24 m, a prosječna bruto tonaža 42609 [12].

Osim luke Kotor, moraju se analizirati i marine u zalivu u koje uplovljavaju jahte raznih dimenzija. Tu se prvenstveno misli na Marinu Kotor, Marinu Porto Montenegro Tivat i Portonovi Montenegro Marinu u blizini Kumbora, tačnije u samom Kumborskom tjesnacu.

Marina Kotor raspolaže sa 65 vezova od kojih je 15 za mega jahte (jahte duže od 24 m). Prosječan broj jahti koje su boravile u Marini Kotor u periodu od 2014. do 2019. godine iznosi 1692 godišnje, od čega 1302 kraće od 20 m, a 390 duže od 20 m [12]. Marina Porto Montenegro Tivat raspolaže sa 460 vezova, od čega su 223 za jahte duže od 20 m. Prosječan broj jahti koje su boravile u Marini Porto Montenegro Tivat u periodu od 2014. do 2019. godine iznosi 2472 godišnje [13]. Marina Portonovi Montenegro ima 238 vezova i mogućnost vezivanja plovniha objekata dužine do 120 m [14].

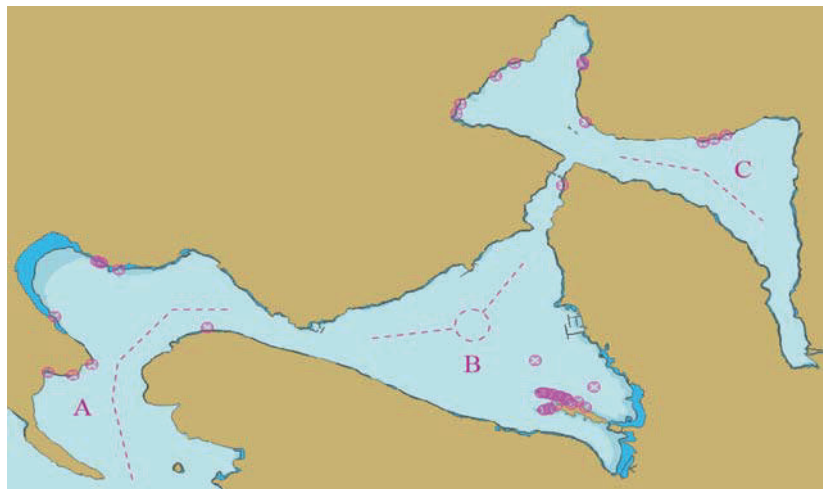
Osim navedenih podataka, potrebno je uzeti u obzir i veliki broj manjih plovila-čamaca koji su registrovani u Lučkoj kapetaniji Kotor i ispostavama Tivat, Herceg Novi i Zelenika. Njihov ukupan broj iznosi 3929 od čega su 365 registrovanih u privredne svrhe što nedvosmisleno ukazuje da su svakodnevno aktivni učesnici saobraćaja tokom turističke sezone [15].

4. PREDLOG USPOSTAVLJANJA SISTEMA SIGURNE PLOVIDBE

Osim ograničenja brzine i udaljenosti na kojoj smiju prići obali, plovila se ne suočavaju sa drugim zakonskim ograničenja pa tako svako plovilo može ploviti rutom po sopstvenom izboru. Uspostavljanjem *TSS*-a svi brodovi duži od 20 m imali bi obavezu ploviti tačno određenim prostorom, odnosno unaprijed utvrđenim rutama, što bi dovelo do smanjenja plovidbenog rizika. Za brodove kraće od 20 m uspostavila bi se zona priobalne plovidbe u kojoj bi oni mogli slobodno ploviti. Planirano je da *TSS* započinje na samom ulazu u Bokotorski zaliv. Širina plovidbene staze, u skladu sa međunarodnim preporukama [7], iznosila bi 0,1 NM cijelom dužinom *TSS*-a, što daje dovoljnu sigurnost i u slučaju da brodovi preteču jedan drugog (širina najvećih kruzera na svijetu se kreće oko 40 m). Razdvajanje

suprotnih smjerova plovidbe, zarad uštede prostora, predviđeno je linijom a ne zonom razdvajanja.

Uzimajući u obzir trajektorije brodova prikazanih slikom 3., koristeći se programom *OpenCPN 5.6.0*, kreiran je prijedlog *TSS*-a predstavljen slikom 4.



Slika 4. Prijedlog forme *TSS*-a u Bokotorskom zalivu

Dakle, od ulaska u Zaliv *TSS* bi se prostirao bliže istočnoj obali, na udaljenosti od obale kako je to propisano pravnim normama (dio *TSS*-a obilježen slovom *A*). Zatim bi se ovaj dio *TSS*-a, prateći obalu, završio neposredno pred ulazak u Kumborski tjesnac. Ovaj prekid je iz razloga što u tjesnacima važe posebna pravila plovidbe pa samim tim ne mogu biti uspostavljene, istovremeno, i šeme odvojene plovidbe. *TSS* se dalje nastavlja nakon Kumborskog tjesnaca u smjeru tjesnaca Verige (dio *TSS*-a obilježen slovom *B*). Na tom putu, u visini geografske širine Marine Porto Montenegro postavio bi se kružni tok (eng. *roundabout*) u skladu sa međunarodno odobrenim metodama. Razlog leži u činjenici postojanja gustog saobraćaja koji se odvija ka i iz Marine Porto Montenegro. Na ovaj način izbjegle bi se potencijalne opasnosti uključivanja ili isključivanja brodova iz *TSS*-a. Poslije kružnog toka *TSS* bi bio umjeren ka tjesnacu Verige, gdje bi opet bio prekinut. Nakon izlaska iz tjesnaca Verige, pravac bi vodio na udaljenost od 0,2 NM od svjetionika u Perastu i na azimutu od svjetionika 235° gdje bi došlo do promjene pravca ka poziciji koja se nalazi na azimutu 068° i udaljenosti od 0,94 NM od svjetionika na Markov Rtu (dio *TSS*-a obilježen slovom *C*). Iz ove pozicije šeme bi imale pravac na poziciju koja se nalazi na azimutu 090° i udaljenosti od 0,36 NM svjetionika na Prčnju sa karakteristikama svijetla FLG 3s 6m 3NM. Na ovoj poziciji završile bi se šeme odvojene plovidbe u Bokotorskom zalivu, jer bi njihov nastavak značio kršenje nacionalnih pravnih normi. Nastavak plovidbe do luke Kotor morao bi se regulisati kroz poseban vid nadzora kako je to opisano u sledećem poglavlju.

5. NADZOR I ODRŽAVANJE PLOVIDBE U BOKOKOTORSKOM ZALIVU

Temeljni pravni akt u Crnoj Gori vezan za nadzor plovidbe je *Pravilnik o načinu vršenja nadzora, informisanja i upravljanja pomorskim saobraćajem* [16]. U pravilniku je detaljno razrađen način rada nadzora i definisano ko vrši taj nadzor. To je pomorski operativni centar, odnosno *Vessel Traffic Monitoring and Information System – VTMIS* sa sjedištem u Baru. *VTMIS* je opremljen sa odgovarajućom navigacionom opremom (radar, *AIS*, elektronske

karte, radio goniometar, sistem nadzornih kamera, dronova i sl.), kao i sveobuhvatnim sistemima komunikacija. U nadzor je uključena i Lučka kapetanija, koja bi u obavljanju svojih zadataka trebalo tijesno da sarađuje sa *VTMIS*-om.

Međutim, iako su pravno jasno definisane ingerencije svih službi u cilju nadzora plovidbe, u praksi to nije slučaj. Svaki veći brod ili jahta su zakonski obavezni da plovidbu Bokokotorskim zalivom obavljaju uz stručnu pomoć pilota. Pilot predstavlja samo savjetodavno lice, a odgovornost ostaje na zapovjednicima tih brodova. Tako je u praksi čest slučaj da se piloti između sebe dogovaraju o načinu manevrisanja brodova u Zalivu. Ako ovome dodamo da u luci Kotor postoje tri pilotske organizacije koje obavljaju pilotažu, onda je upitna efikasnost nadzora nad plovidbom. Lučka kapetanija Kotor ne raspolaže sa opremom za efikasno praćenje brodova već se oslanja na podatke koje dobije od *VTMIS*-a, što ni u kom slučaju nije dobro sa aspekta sigurnosti. Dakle, trebalo bi u potpunosti implementirati *Pravilnik o načinju vršenja nadzora, informisanja i upravljanja pomorskim saobraćajem*, gdje bi *VTMIS* imao obavezu sveobuhvatnog nadzora i održavanja reda plovidbe u Bokokotorskom zalivu. Ovo predstavlja praksu u cijelom svijetu. Uspostavljanje *TSS*-a bi, bar u nekoj mjeri, riješilo ovaj problem.

Poseban problem predstavljaju i sidrišta u Kotorskom zalivu. Ona su označena kao preporučena što se pravno može tumačiti da nisu obavezna. Takođe, nije definisano kada je koje sidrište dostupno za brodove. Lučka kapetanija to određuje u zavisnosti od vremenskih prilika. Dakle, za efikasan nadzor plovidbe potrebno je u potpunosti povezati sve činioce koji u tome učestvuju (*VTMIS* kao krovni organ, Lučka kapetanija, MUP i Mornarica Vojske Crne Gore) sa pomoćnim službama, prvenstveno sa Zavodom za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore. Takav sistem sa jasno definisanim odgovornostima i obavezama sigurno bi bitno unaprijedio nadzor i održavanje reda plovidbe u Zalivu i time doprinjeo osjetnom povećanju stepena sigurnost.

Do sada nisu registrovani ozbiljniji incidenti, osim čestog prekoračenja maksimalno dozvoljene brzine kretanja u Zalivu. Uglavnom su ta prekoračenja počinjena od strane manjih čamaca i glisera. Ona mogu biti identifikovana samo od strane *VTMIS*-a (slika 5.) koji ta saznanja prosleđuje Lučkoj kapetaniji, a koja bi nadalje trebala na terenu sankcionisati kršioca. Ovo je, uslijed nadostataka materijalnih i ljudskih resursa (dovoljan broj brzih čamaca i dovoljan broj zaposlenika), u praksi često nemoguće. Stoga je neophodno da u svakom od pet zaliva koji čine Bokokotorski zaliv funkcioniše po jedan brzi čamac sa adekvatnom posadom koji bi na svaku prijavu koju dobiju od *VTMIS*-a brzo i efikasno reagovali.



Slika 5. Gliser koji se u hercegnovskom zalivu kreće brzinom od 34,6 čvorova [17]

Od velike pomoći nadzoru i održavanju reda plovidbe u Zalivu, posebno sa aspekta manjih čamaca i glisera, bila bi izrada mobilne aplikacije. Ideja se oslanja na koncept e-navigacije preko *Long Term Evolution - LTE (G4)* mreže koji je jako pogodan za manje plovne objekte [18]. Benefiti e-navigacije za ove tipove plovila bili bi navigaciona, komunikaciona i sigurnosna podrška. Tako bi oni koji upravljaju plovilima koja nisu opremljena osnovnom

navigacionom opremom (kompas, nautička karta, sistema za pozicioniranje i sl.) uz pomoć svojih mobilnih telefona imali osjetne olakšice. Do potpunog ostvarenja smislenosti koncepta došlo bi se omogućavanjem nadzora mobilne aplikacije od strane *VTMIS*-a.

6. ZAKLJUČAK

Plovidba Bokokotorskim zalivom trenutno je ograničena samo brzinom i udaljenošću na kojoj plovila smiju prići obali. S obzirom na veliki broj učesnika u pomorskom saobraćaju, postavlja se pitanje da li je to dovoljno za postizanje zadovoljavajućeg nivoa sigurnosti i zaštitu životne sredine. Zato je u ovom radu predloženo uvođenje *TSS*-a kao modela čija bi implementacija dovela do značajnog smanjenja plovidbenog rizika u Zalivu. Izvršena je analiza pravnih normi, akvatorija Bokokotorskog zaliva i frekvencije saobraćaja te predložen model za uspostavljanje *TSS*-a. Kritički je ukazano na trenutno stanje nadzora plovidbe i dati su konkretni prijedlozi za njegovo poboljšanje. Cilj istraživačkog rada upotpunjen je prijedlogom razvoja mobilne aplikacije koja bi manja plovila, bez dovoljno navigacione opreme, inkorporirala u sistem, i omogućila lakše i efikasnije vršenje, ne samo plovidbe, već i plovidbenog nadzora od strane nadležnih.

7. REFERENCE

- [1] UNESCO: Natural and Culturo-Historical Region of Kotor, dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/list/125/> (pristupljeno: 31. maj 2022.)
- [2] Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe, Službeni listu Crne Gore, br. 62/2013, 6/2014, 47/2015, 71/2017, 34/2019 i 77/2020, Podgorica
- [3] Pravilnik o izbjegavanju sudara na moru, Službeni list Crne Gore, br. 49/2021, Podgorica
- [4] Szlapczynski R., Szlapczynska J.: Evolutionary Sets of Safe Ship Trajectories: Problem Dedicated Operators in Computational Collective Intelligence, Technologies and Applications, ICCCI 2011, Lecture Notes in Computer Science, vol 6923, Springer, Berlin, Heidelberg, doi: 10.1007/978-3-642-23938-0_23, 2011.
- [5] Stanovčić I., Mraković I.: Pravila držanja navigacione straže na brodu, Kotor, 3MMakarije, pp. 91, 2020.
- [6] IMO: The International Convention on Safety of Life at Sea, Consolidated edition, 2020.
- [7] IMO: Ships' Routeing, 2019.
- [8] Institute of hydrometeorology and seismology: Pilot–Montenegrin coast of the Adriatic sea, Podgorica, 2014.
- [9] Song, H. R.: Research on GPS Positioning Error and Improvement Measures for Ships in Applied Mechanics and Materials, (556–562), pp. 3309–3312, Trans Tech Publications Ltd, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.556-562.3309, 2014.
- [10] Naus K., Waz M., Szymak P., Gućma L., Gućma M.: Assessment of ship position estimation accuracy based on radar navigation mark echoes identified in an Electronic Navigational Chart, Measurement, vol. 169, doi: 10.1016/j.measurement.2020.108630, 2021.
- [11] Marine Traffic: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:18.7/centery:42.4/zoom:11> (pristupljeno: 15. maj 2022.)
- [12] Podaci dobijeni od „Luka Kotor“ A.D. – Kotor, maj 2022.
- [13] Podaci dobijeni od Marine Porto Montenegro, april 2022.
- [14] Marina Portonovi: <https://portonovi.com/me/marina> (pristupljeno: 28. april 2022.)
- [15] Podaci dobijeni od Lućke kapetanije – Kotor, mart 2022.
- [16] Pravilnik o načinu vršenja nadzora, informisanja i upravljanja pomorskim saobraćajem, Službeni list Crne Gore, br. 34/2015, Podgorica
- [17] Izvod iz *VTMIS* arhive praćenja brodova
- [18] An K.: E-navigation Services for Non-SOLAS Ships, International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, (4), pp. 13-22, doi: 10.1016/j.enavi.2016.06.002, 2016.

**ANALIZA OBLIKA I UČESTALOSTI KVAROVA KORISNIČKE
INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE OPREME**

**ANALYSIS OF THE FORM AND FREQUENCY OF FAILURES OF
USER INFORMATION AND COMMUNICATION EQUIPMENT**

**Assoc. Prof. Ivan Grgurević, PhD, Ivan Jovović, PhD student, Luka Ištvanović, student
University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences
Department of Information and Communication Traffic
Vukelićeva 4, 10 000 Zagreb, Croatia
ivan.grgurevic@fpz.unizg.hr, ivan.jovovic@fpz.unizg.hr**

**Allen Brodarić, PhD student
Optima Telekom d.d.
Bani ul. 75a, 10 000 Zagreb, Croatia
allenbrodaric@gmail.com**

ABSTRACT

The use of modern information and communication services (ICS) is conditioned by using advanced information and communication equipment (ICE). The provision of the ICS can be achieved through various transmission technologies. The key factors for the ICS provider are the decision-making processes adopted for various types of ICE, the type of supporting technology and the type of ICS. Failure analysis makes it possible to obtain a broader view which ultimately reduces the risk and increases the reliability of ICS delivery. This paper presents an analysis that provides insight into the forms and frequency of failures on ICE at the level of the selected telecommunications operator.

Keywords: information and communication equipment, network monitoring, failure analysis, reliability, lifecycle

REZIME

Korištenje suvremenih informacijsko-komunikacijskih usluga (ICS) uvjetovano je korištenjem suvremene informacijsko-komunikacijske opreme (ICE). Pružanje ICS-a može se postići različitim tehnologijama prijenosa. Ključni čimbenici za pružatelja ICS-a su procesi donošenja odluka usvojeni za različite vrste ICE-a, vrste prateće tehnologije i vrste ICS-a. Analiza kvarova omogućuje dobivanje šireg pogleda što u konačnici smanjuje rizik i povećava pouzdanost isporuke ICS-a. U radu je prikazana analiza koja daje uvid u oblike i učestalost kvarova ICE-a na razini odabranog telekomunikacijskog operatora.

Ključne riječi: informacijska i komunikacijska oprema, nadzor mreže, analiza kvarova, pouzdanost, životni ciklus

1. INTRODUCTION

Monitoring of the electronic communications network and of the maintenance process through failures is an important factor in the informational, technical, functional, and operational work of the public communication network operators, i.e. the telecommunication operator, as a link between the users i.e., control of the operation of the user service, operational management and the entire control of the network operation and planning. This has also been regulated legislatively [1, 2]. In accordance with the operational processes of managing the user ICS, the solving of the faults on the users' equipment is affected proactively through the control of the network, and this acts at the users' satisfaction [3]. Real-time failure monitoring is operationally critical in order to properly allocate the resources to resolve ICE issues and affect the improvement of the existing failure resolution processes.

In this paper, the emphasis is placed on the traffic network of operators of public communication networks through which the telecommunication traffic takes place, and it is monitored from 0 to 24 hours. The system of network and failure monitoring is used to describe the method of monitoring traffic and the operation of the network elements as well as the users' equipment as the end point of the access network. The process of system operation has been shown structurally at the moment when the end user's ICS stops working. In that case, the monitoring system is used to proactively diagnose the fault and the ICE of the user is replaced, with the aim to ensure that the user is without ICS for as short as possible. Due to the shortening of the period of inability to use the ICS, there is special effort to replace the ICS as quickly as possible in situations when the number of failure reports increases. Fast detection through the network monitoring system, fast diagnostics and speed of action, i.e. troubleshooting, ultimately increases the user satisfaction.

The current research is mainly related to the issue of the impact of the lifecycle and service life of the network equipment and the components regarding the selected information and communication technology (Internet technology, smart grid, etc.) [4]. The authors in papers [5, 6] deal with the analysis of the methods of strengthening the LAN (Local Area Network) maintenance and reducing the computer network failures. The operator of public communication networks apart from the obligation of delivering the network equipment to the user (ICE), continuously monitors the reliability and the lifecycle of ICE, considering the maintenance issues at several levels [7]. The reliability and the lifecycle of ICE of the telecommunication operator, observing the maintenance issue through the dynamics of failures, the time of resolution, and call, are the subject of research and standardization [8, 9]. The results of the study show that inappropriate maintenance models affect the reduction of continuous operation of the equipment, which eventually results in the dissatisfaction of the end users [10]. A well-maintained communication network requires less corrective maintenance and becomes more cost-effective and reliable for the work and provision of ICS. Preventive or predictive maintenance in the context of a telecommunication network is a set of predefined strategies aimed at reducing the impact of component damage in the communication network. [11].

The purpose of this research is to conduct an analysis of the occurrence of failures on the ICE of the public communication network operators. The goal of the analysis is to correlate the causes, i.e. the type of infrastructure, service provided, equipment, number of users, etc., and the consequences, which in this case is the occurrence of ICE failures. The paper is structured in five chapters which provide the insight into the system of control and monitoring of the failures of the telecommunication operators, and the implementation of the monitoring of the network, and control of the ICE operation. The telecommunication operator's network monitoring system, analytics (from data collection to data processing), and data correlation, as well as specific ways of detecting certain types of failures and real-time monitoring, are

explained. Chapter 2 describes the standardization of the monitoring and management of telecommunication systems by the public communication networks. Chapter 3 describes the control of the public communication networks operator systems, monitoring of the user equipment and monitoring of the failures. In Chapter 4 the types of failures are defined, and the analysis of the failures is performed on the example of a selected telecommunications operator. Chapter 5, the conclusion, summarizes all the information collected and processed during the work on this paper. The paper includes graphical presentations of the method of monitoring certain relevant statistical elements and indicators of failures and disturbances at the level of the selected operator of the public communication networks in Croatia.

2. STANDARDIZATION OF MONITORING AND MANAGEMENT OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS

The concept of the Telecommunications Management Network (TMN) was brought by the International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), intended for the standardization of the control and management of telecommunication systems [12]. As a follow-up on TMN, the Tele Management Forum (TMF) organization developed the concept of eTOM (enhanced Telecommunication Operations Map) which focuses on the management of ICS and of end users [13].

With these concepts the building of a special network is recommended for collecting data from every single element of the network in the operational systems which are processed and made available to the users at workstations. Also recommended is the protocol standardization in order to enable the introduction of a unique system for monitoring and management, regardless of the function of the element in the electronic communication network and regardless of its manufacturer. Apart from standardization of interfaces between single network elements, the areas of application of monitoring and managing in the electronic communication network, i.e. the databases and types of data required for certain areas, have also been standardized. This is applied in the following areas:

- Data Base Management;
- Configuration Management;
- Fault Management;
- Security Management;
- Performance Management, and
- Billing Management.

3. OPERATOR NETWORK MONITORING, USER EQUIPMENT MONITORING, AND FAILURE MONITORING

In order for the network to be sustainable and complete, the monitoring of the network is a necessary segment through which the network is managed [14]. The communication between network elements is performed by means of different and mutually compatible protocols. The monitoring of the entire telecommunication system is done by means of the interface which is used to manage all network elements and their links, and the interface displays: live monitoring of the operation of all network elements, a system for displaying the operation of all network elements through graphs, system of displaying the operation of all connections, alerting system, announcement of works, a list of active / inactive faults, on-call calendar, display of tables and maps, maps with GEO locations of all users, statistical data and the overview of all historical events [12, 13]. The monitoring and management system has the task to monitor the state of all network elements and services in the network and send timely information in case an individual network element has operational problems. The management of user equipment monitoring functions takes place through the interface, and for high-quality monitoring and management systemic communication with the network

elements is required, so that the system would collect information on the operation of single elements, process them, and analyse them. Network monitoring and failure monitoring by the telecommunication operators is done at the following levels: network elements, connections between network elements, the entire network on the transit, interurban, and urban (metro network) levels, user equipment and user services.

The network monitoring system has the feature of detecting all the problems in the network. By collecting the data from network elements and monitoring the operation of the users' service, their systematic analysis results in timely reaction. For the purpose of faster resolution of the failure, interruption of the operation of the customer service, which occurred due to the technical fault, through the CRM (Customer Relationship Manager) system and the system for monitoring, management and diagnostics of broadband services, a rapid identification of the users and the diagnostics of the failure are possible. By monitoring the network in the function of detecting and resolving the failures we want to achieve proactivity. This is achieved by using the system for monitoring, managing and diagnostics of broadband services to identify the service operation interruption, and to diagnose the failure. Regarding its purpose, the system has an indisputable technical advantage of detecting and correlating the data of other systems, but the advantages in the reaction and proactivity are the crucial elements, and the drawbacks are unfavourable in terms of finances.

Maintenance management is defined as a function related to the maintenance technologies, equipment design regarding reliability and sustainability, sustainability research and reliability regarding improving operations. Proper and functional user network equipment is the basic precondition for access and use of the service by the service provider. The telecommunication operator must ensure adequate user network equipment. Also, they can increase the level of reliability in the equipment performance by predicting the failure probability and the conditions necessary to maximize the lifecycle of the equipment.

The user support uses requests to log reported issues. For each problem reported by the user, one request is created, with the associated problem area. This means that if a user during one call reports several problems, several requests need to be entered in CRM and they will all be connected to the same call. The connection with CRM system allows activation of the troubleshooting process regarding user problem, and the procedure of replacing the equipment and returning the defective equipment, and the interruption of the operation of a certain ICS is most often seen as an example of the failure.

4. ANALYSIS OF ICE FAILURES ON AN EXAMPLE OF PUBLIC COMMUNICATION NETWORK OPERATOR

Analysing various statistical data about the distribution of failures on the network equipment of the chosen telecommunications operator, it is possible to distinguish the failures regarding: sort of failure, type of failure, network infrastructure, access technology, failure report, recurring failure and failure logout report and failure location. When reporting malfunctions, the task of the telecommunications operator is to keep a detailed record of reporting difficulties in using the services and diagnostics of the network infrastructure and the user equipment (CPE, Customer Premises Equipment, and STB, Set-Top Box). Early diagnostics and preventive diagnostics allow the operators of public communication networks a faster access and method of solving the problems, and monitoring and control of the failures in the function of failure detection is performed by means of the system for monitoring and diagnostics. In order for the network of the telecommunication operator to be complete and sustainable, functional and operational, it is necessary to connect the network monitoring system with other systems in the network so that network monitoring becomes an indispensable segment which is used to manage the telecommunication network and user services. Failure monitoring is performed through a series of parameters in order to monitor

the technical stability of the network and the operation of the user equipment (at the same time also the service provided through the equipment, CPE and STB), and also to influence the future failures and operational organization in elimination of failures. With this, the failures can be monitored according to the status (open or closed faults), time of fault removal, geographic distribution, type of network equipment, level of resolution (remote access at the level of user support, on-the-field activity, replacement of equipment, problem on the network part), service, user segment, etc. The analysis of the failures of the public communication network operators has been made for the three observed years (2020, 2021 and 2022), i.e. the comparative presentation refers to the following periods: 1 January 2020 – 31 May 2020; 1 January 2021 – 31 May 2021 and 1 January 2022 – 31 May 2022.

Figure 1 shows the level of troubleshooting in the observed period. The analysis found that almost 55% of all failures are eliminated through communication with the end user for the purpose of resolving the failures at the first level. At the second level, almost 33% of failures are eliminated, which include solving by remote access and going out to the field by a technician. Almost 12% of all failures are solved by direct equipment replacement, and the public communication network operators replace the equipment for which the failure is detected immediately through delivery services, due to the price i.e. costs.

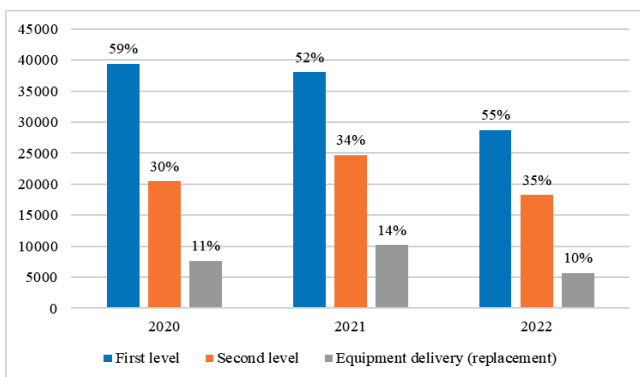


Figure 1 – The level of troubleshooting in the observed period

The analysis gives insight into the forms and frequency of ICE failures through the following parameters: fault resolution level, sort of failures, type of failure, and the user equipment. Table 1 shows the types of failures for the observed period of time.

Table 1. Types of failures for the observed period

Type of failures	2020	2021	2022
Internet connection failure	19%	20%	24%
Network infrastructure failure	19%	17%	18%
Impossibility of establishing an xDSL connection	17%	17%	17%
Interruption ("bursting") of the line	16%	16%	15%
IPTV quality problems	7%	8%	7%
IPTV is not working	7%	6%	5%
Faulty CPE equipment	5%	5%	4%
Defective STB equipment	4%	4%	4%
Problems with xDSL quality	4%	4%	3%
Voice service problem	4%	4%	3%

The analysis of the failures of the telecommunication operator regarding the type of failure found that the biggest problem generators are the quality of the network infrastructure which affects the Internet connection, establishment of xDSL connection, and the physical problems

in the very infrastructure. Line quality failures, i.e. line interruptions are the second most common group of problems that depend again on the quality of the network infrastructure (in Croatia 76% is copper public communication network). Defective equipment represents 4-5% of all failures reported by the end users while using the service.

Figure 2 shows the types of failures for the observed period. The analysis per type of failure of the telecommunications operator gives us an overview and the relation between three key variables: service degradation (the service works, but with reduced quality and with frequent interruptions on the line), failure (when the service does not work at all), and force majeure (failures that are under the influence of weather or other weather conditions).

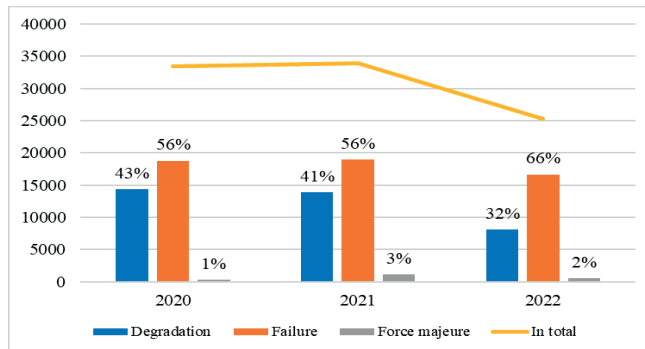


Figure 2 – Types of failures for the observed period

Table 2 shows the failure report or the location of the failure for the observed period. The analysis of failures by check-out i.e. by location of the failure where by the detection upon resolving the problem the failure had occurred, shows that almost 36% of all failures occur on the network infrastructure which is the consequence of reduced quality of service, load, and absence of maintenance of the existing copper access network.

Table 2. Failure report/failure location for the observed period

Failure report / failure location	2020	2021	2022
Network infrastructure failure	36%	36%	36%
Failure solved by changing profile	15%	11%	11%
Failure in responsibility of the user (home installation, connection of equipment)	13%	11%	10%
Modem failure (replacement)	10%	15%	17%
Failure was solved on the second level (remotely; by upgrading the modem and stabilizing the line)	7%	10%	10%
Defect on the output cabinet	6%	4%	4%
STB failure (replacement)	5%	7%	4%
Replacing the remote control	5%	3%	2%
Application cancelled; the user solved the problem according to the instructions	4%	4%	5%

If we add the end point of the network (outlet cabinets) to the network infrastructure, almost 41% of failures occur on the network part. DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) profiles and line stabilization make up 13% of all failures and are resolved by remote access, and if other faults are added that are solved by remote access, such as device upgrade and additional stabilizations of the user line, the percentage of 22% is reached, of failures that are resolved remotely. Equipment replacements (CPE, STB) account for a total of 20% of all failures. Also, by analysing the failures that are generated by the user, incorrect connection of the equipment, home installation, careless manipulation of the equipment, etc. it results that these are the causes of almost 15% of all failures.

Figure 3 shows the logging of malfunctions (service) for the observed period.

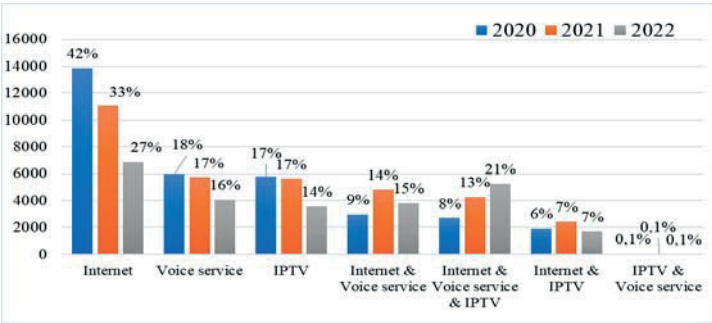


Figure 3 – Logging of malfunctions (services) for the observed period

The analysis of failure logging at the level of service for which the failure is reported, the Internet connection and the quality of Internet operation have the highest share of 34%, and for the reduction over the three years the selected telecommunications operator argue that this is due to better monitoring, following the trends by introducing new user equipment and ultimately by stabilizing the line on DSLAM. After the Internet, the share of voice services and IPTV that are reproduced in real time, is relatively the same and ranges between 14% and 17%.

Table 3. Modem replacements due to failure for the observed period

Modem replacements due to failure	2020	2021	2022
Iskratel Innbox v45 VDSL AnnexB	43%	72%	76%
Iskratel Innbox v45 POTS	40%	0%	0%
TP link TP8961 ND ADSL AnnexA	7%	11%	9%
Iskratel Innbox v51 VDSL AnnexB	4%	6%	6%
TP link TDW8951 ND ADSL AnnexA	3%	5%	3%
ZTE H108L ADSL AnnexA	1%	2%	2%
Iskratel Innbox v51 POTS	0%	0%	1%
Sagem 1704	1%	2%	1%
TBAND TB9600A1 ADSL AnnexA	1%	1%	1%
TBAND TB9600A1 VDSL AnnexB	1%	0%	0%

Table 3 shows the percentage of modem replacement due to failure for the observed period. The public communication network operators follow the trends and introduce new user equipment. According to the data presented in Table 3, it is evident that there is periodic mass replacement of services and the interruption in their distribution in the coming years (e.g. Iskratel Innbox v45 POTS is not being used after 2020 anymore). Also, one can see which ICE is more represented in the replacements, and the lifecycle of ICE is monitored in order to realistically plan the purchase of new and repair of the existing equipment.

5. CONCLUSION

Network control and real-time failure monitoring is an important and necessary factor in the entire telecommunication system and very significant for the integrity, stability of network and user experience. The monitoring system is used at all network levels, from network elements in the very network of the telecommunications operator to the control of user equipment and collection and analysis of data. From the aspect of user experience, proactive action is a factor that has impact on the lifecycle of the user, which, for the telecommunications operator means the realization of profit. Today’s trend is that the systems for monitoring and control have the analytics, and that the system and the data are accessed

through the interface, and the emphasis is placed on proactive action. The systems for monitoring and control are very complex systems with the aim of being oriented to business efficiency, data analysis and proactive action. After the performed analysis, the correlation between the occurrence of failures and the quality of the public communication network can be seen. The development of advanced ICS and the increase of the base of the end-users show that the occurrence of failures is more frequent on the copper communication network. Wider introduction of FTTx (Fiber to the x) technologies represents an assumption that the failures in the communication segment will be less frequent. The end goal is to increase the reliability and availability in providing ICS to the end user. The future research expects the implementation of Weibull distribution by using specialized programming tools in the function of higher quality in determining the reliability and lifecycle of ICE.

REFERENCES

- [1] Croatian Parliament.: Law on Electronic Communications, NN 76/22. Zagreb, Croatia, EU; 2022.
- [2] HAKOM.: Ordinance on Amendments to the Ordinance on the Ways and Conditions of Conducting Activities of Electronic Communication Networks and Services, NN 68/2019. Zagreb, Croatia, EU; 2019.
- [3] Grgurević I, Jovović I, Jasak M, Brodarić A.: Reliability and Lifecycle of User Network Equipment for Provision of Telecommunication Services. In Održavanje 2020 - Maintenance 2020; 2020; Zenica, BiH. p. 15-22.
- [4] Itten R, Hischier R, Andrae ASG, Bieser JCT, Cabernard L, Falke A, et al.: Digital transformation—life cycle assessment of digital services, multifunctional devices and cloud computing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2020; 25: p. 2093-2098.
- [5] Liu J.: Analysis of Computer Network Maintenance Strategy Based on Lan. *Journal of Physics: Conference Series*; 2021; 1744: p. 1-4.
- [6] Duan J.: Computer network fault analysis and maintenance research. *Science and fortune*. 2015; 7(2).
- [7] Aleksic S, Mujan V.: Life Cycle based Analysis of ICT Equipment for Advanced Metering Infrastructure. In 13th International Conference on Telecommunications (ConTEL); 2015; Graz. p. 1-7.
- [8] ETSI.: Environmental Engineering (EE); Life Cycle Assessment (LCA) of ICT equipment, networks and services; General methodology and common requirements. Sophia Antipolis Cedex: European Telecommunications Standards Institute; 2011; Report No.: ETSI TS 103 199 V1.1.1.
- [9] ITU-T.: End of Life Management for ICT Equipment. Geneva: International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector; 2012.
- [10] Kareem JAH, Saeed KFA, Faraj OMM.: Maintenance Practices in Poor Uptime of Operating Equipment Toward Dynamic of Business Issues. *International Journal of Innovation and Technology Management*. 2018; 16(2): p. 1-21.
- [11] Hossain K, Shahrir MS, Yusof MIM, Yusof Z, Asraf NM.: Predictive Maintenance of Network Elements using Markov Model to Reduce Customer Trouble Tickets. In IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA); 2017; Beijing. p. 31-36.
- [12] ITU-T.: Recommendation M. 3100 and M. 3400. Geneva, Switzerland; 2000.
- [13] TM Forum.: Enhanced Telecom Operations Map (eTOM), The Business Framework. London, UK; 2010.
- [14] Salau A, Yinka-Banjo C, Misra S, Adewumi A, Ahuja R, Maskeliunas R.: Design and Implementation of a Fault Management System. In Abraham A, Gandhi N, Pant M, editors. *Advances in Intelligent Systems and Computing, Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications (IBICA 2018)*. Cham: Springer; 2019, p. 495-505.

**NADZOR I DIJAGNOSTIKA SUSTAVA ZA GRIJANJE UPRAVLJAN
UMJETNOM NEURONSKOM MREŽOM**

**MONITORING AND DIAGNOSIS OF HEATING SYSTEM CONTROLLED BY
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

Ivan Đuračić, mag.ing.el., student

Marinko Stojkov, dr.sc.

Tomislav Šarić, dr.sc.
Strojarski fakultet Slavonski Brod
Slavonski Brod

Krešimir Crnogorac, ing.el.
CONSTRUO-MAT d.o.o
Slavonski Brod

Bernarda Crnogorac, student
Fakultet Elektrotehnike i računalstva
Osijek

REZIME

Ovaj rad prikazuje implementaciju reprogramabilnog mikrokontrolera na sustavu za grijanje (kotlovnica). Mikrokontroler služi kao mjerni uređaj, uređaj za dojavu stanja i monitoring stanja sustava za grijanje u stvarnom vremenu. Na osnovu stvarnih mjerenja sustava oblikovana je umjetna neuronska mreža u svrhu prediktivnog održavanja i dijagnostike. Predložen je model umjetne neuronske mreže s optimalnom aktivacijskom funkcijom, te su dane smjernice za daljnje istraživanje.

ABSTRACT

This paper shows the implementation of a reprogrammable microcontroller on a heating system (boiler room). The microcontroller serves as a measuring device, a device for reporting the status and monitoring the status of the heating system in real time. Based on real measurements of the system, an artificial neural network was developed for the purpose of predictive maintenance and diagnostics. An artificial neural network model with an optimal activation function is proposed, and guidelines for further research are given.

Ključne riječi: Umjetna neuronska mreža 1, IoT 2, cloud 3, dijagnostika 4, prediktivno održavanje 5, industrijska revolucija 4.0 6.

1. UVOD

Kada govorimo o čimbenicima koji utječu na životni vijek električnih uređaja, temperature i vibracije koje se stvaraju unutar i izvan promatranog uređaja su zasigurno među važnijima. Pod nazivom „uređaj“ misli se na bilo koju vrstu motora, pogonskih motora, kompozicije međusobno povezanih strojeva u nekom postrojenju i dr. U ovom radu proučavaju se pogonski sustavi kotlovnice. Utjecaj

topline na životni vijek motora je značajan. Švedski znanstvenik Svante August Arrhenius (1859-1927), fizičar kojega često spominju kao osnivača fizikalne kemije kao znanosti, dolazi do spoznaje da pri različitim temperaturama brzina kemijske reakcije ovisi o temperaturi [1]. Vibracije i problemi koje one uzrokuju datiraju od vremena kada su se počeli graditi strojevi za industrijsku proizvodnju, a osobito otkada se različiti motori upotrebljavaju za njihov pogon [2].

Primjena umjetne inteligencije u dosadašnjim istraživanjima pokazuje velik potencijal u razne svrhe kod modernih proizvodnih tehnologija [3]. Autori rada [4] koriste neuronsku mrežu u svrhu smanjenja potrošnje električne energije kod klima uređaja i mehaničkih ventilacijskih sustava. Njihov predloženi model pokazuje potencijal uštede energije za 36.5%. Kod J. Reynolds i ostalih [5] neuronska mreža ima zadaću predvidjeti potražnju energije u odnosu na mogućnost opskrbe iz obnovljivih izvora energije. Takva strategija rezultirala je povećanjem profita za 52.92%, pri čemu je smanjena emisija CO₂ za 3.75%. A. Afram i ostali u svojoj studiji [6] smanjili su operativne troškove stambenog HVAC sustava između 6% i 73% ovisno o dobu godine. Njihov algoritam daje između 6% i 59% bolje prediktivne rezultate u odnosu na postavljeni (eng. Default) algoritam u programskom paketu MATLAB®.

Na tržištu postoje razni programibilni logički kontroleri (eng. Programmable logic controller – PLC) koji imaju zadaće upravljanja i monitoringa proizvodnih industrijskih sustava. E.R. Alphonsus i ostali u svom preglednom radu dolaze do zaključka kako uporaba jednostavnih ili izrazito kompliciranih PLC-a ima svojih nedostataka, ali su oni daleko manji od prednosti takvih uređaja [7]. Korisnici obično biraju između PLC-a i mikrokontrolera, ovisno o zadacima koje treba izvršiti te o dostupnom budžetu [8]. Obzirom da industrija svakodnevno napreduje i da je uporaba umjetne inteligencije u industriji sadašnjost a ne daleka budućnost, ovim se radom predlaže jedna vrsta mikrokontrolera koji služi kao upravljačko - nadzorni uređaj [9].

Prediktivne metode u održavanju dobivaju sve više pozornosti u posljednjih nekoliko desetljeća. Međutim, uporaba tehnika u optimizaciji i odlučivanju o održavanju višekomponentnih sustava još je uvijek nedovoljno istraženo područje. Autori prema [10] postavljaju si za cilj optimalno planiranje kod održavanja višekomponentnih sustava temeljenog na prognostičko / prediktivnim informacijama uz razmatranje različitih ovisnosti o komponentama sustava. Prikazali su dinamičku politiku predviđanja kod održavanja sustava uz minimizaciju srednjoročnih troškova održavanja po jedinici vremena. U ovom radu analiziraju se i koriste prediktivne metode za određivanje stanja ležajnog bloka motora sustava za grijanje. Istraživanje se vrši u svrhu proširenja životnog vijeka motora i preventivnog održavanja sustava za grijanje primjenom umjetne neuronske mreže.

2. OPIS SUSTAVA

Istraživanje se provelo na sustavu za grijanje (kotlovnici) u stvarnim uvjetima rada kroz 10 radnih dana. Mjerne sonde postavljene su na prednjem ležaju elektromotora napojne pumpe sustava za grijanje. Snaga promatranog elektromotora je 200 kW, a snaga kotla 5 MW. Za mjerenje je korišten uređaj naziva Telmatiks [9] patentiran 2016. godine (Slika 1). Iako je Telmatiks prezentiran i patentiran u druge svrhe, njegova je primjena šireg spektra. Obzirom da je uređaj u potpunosti reprogramibilan (osim raznih vrsta mjerenja), njime je moguće daljinsko upravljanje pojedinih sustava ili automatsko upravljanje ugradnjom jednog od tipa umjetne inteligencije. Telmatiks putem IoT (eng. Internet-of-Things) platforme sprema izmjerene podatke na oblak (eng. Cloud) te daje pristup izmjerenim podacima krajnjem korisniku (operateru) sustava u stvarnom vremenu tablično i dijagramski.

U promatranom sustavu za grijanje mjerile su se vrijednosti temperature ležaja elektromotora, temperature ambijenta i vibracije ležaja elektromotora.

Iz gore navedenih mjerenja na sučelju PC-a u realnom vremenu vidimo sljedeće parametre:

- trenutnu temperature ležaja (T_1),

- temperaturu ambijenta (T_2),
- srednju vrijednost vibracija (V_{sr}),
- minimalnu vrijednost vibracija (V_{min}),
- maksimalnu vrijednost vibracija (V_{max}).



Slika 1. Telmatiks

3. ANALIZA PODATAKA

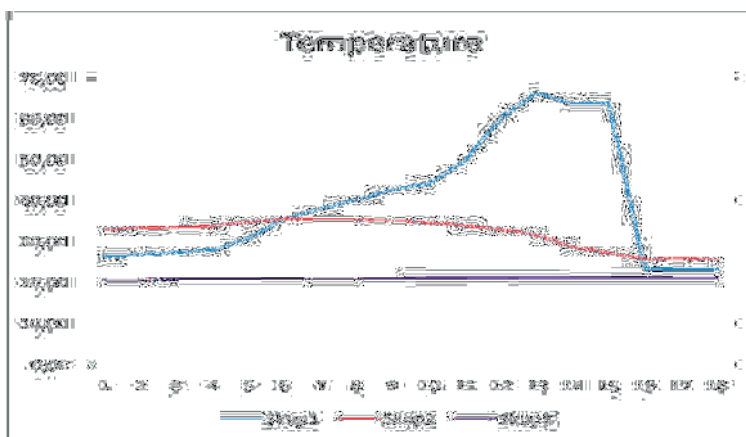
U postupku mjerenja izmjeren je 1901 zapis (eng. Logs) od čega je dobiveno ukupno 26.614 izmjerenih podataka. Jedan zapis sastoji se od izmjerene vrijednosti temperature ležaja elektromotora, temperature ambijenta, srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti vibracija i vrijednosti vibracija po x, y i z osi.

Iz dobivenih rezultata danim u tabeli 1. vidi se da je maksimalna temperatura ležaja elektromotora 80.75°C , dok je minimalna temperatura 22.38°C . Maksimalna izmjerena temperatura ambijenta je 41.78°C , dok je minimalna temperatura ambijenta 25.02°C . Prema [11] atmosferska temperatura u dane mjerenja kretala se između $7.8 - 31.3^{\circ}\text{C}$, u prosjeku 19.18°C .

Tabela 1. Deskriptivna statistika temperatura i vibracija

Parametar	T_1 [$^{\circ}\text{C}$]	T_2 [$^{\circ}\text{C}$]	V_{sr}	V_{min}	V_{max}
\bar{x}	36.42	32.09	1.08	0.91	1.15
max	80.75	41.78	1.10	1.07	2.00
min	22.38	25.02	1.03	0.00	1.09
σ	16.29	4.03	0.0048	0.35583	0.125505
σ^2	265.31	16.22	2.1539E-05	0.12662	0.015752

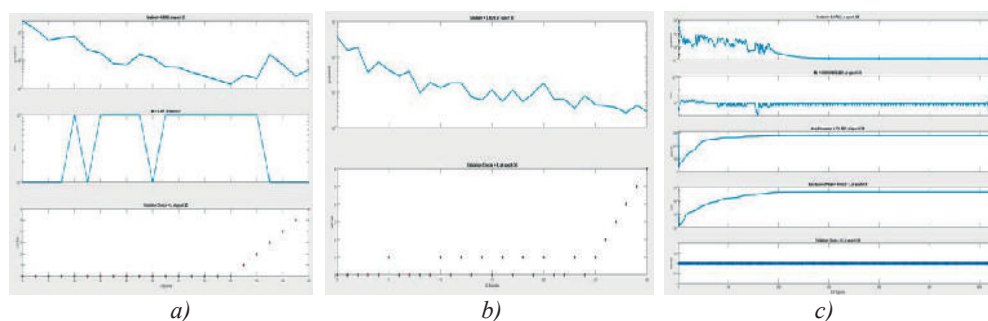
Slikom 2 prikazane su razlike u izmjerenim temperaturama jednog ciklusa rada elektromotora. Jedan ciklus rada elektromotora počinje njegovim uključivanjem te mjerenjem temperature, kada se elektromotor isključi mjere se temperature hlađenja. Njegovim idućim uključivanjem završava jedan te počinje drugi ciklus mjerenja temperatura motora. Skup 1 prikazuje atmosfersku temperaturu, skup 2 prikazuje temperaturu ambijenta, a skup 3 prikazuje temperaturu ležaja elektromotora.



Slika 2. Skup 1 atmosferska temperatura, skup 2 temperatura ambijenta, skup 3 temperatura ležaja

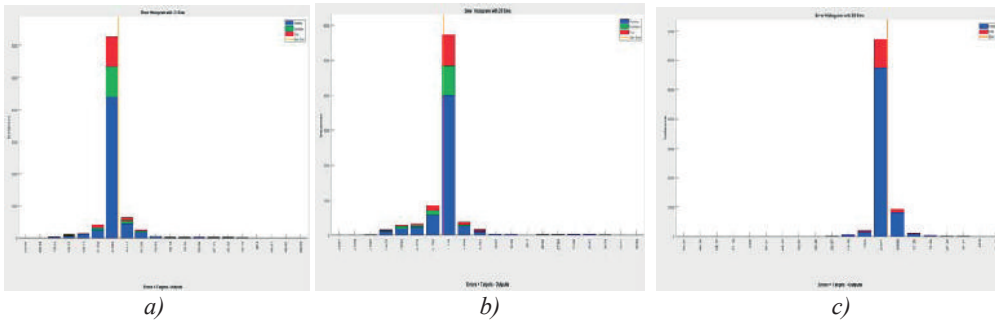
4. IZBOR ALGORITMA NEURONSKE MREŽE

Za učenje, potvrđivanje i testiranje neuronske mreže korišten je postavljeni (eng. Default) omjer 70% - 15% - 15% u programskom paketu MATLAB® [12]. Odabrana su tri algoritma za treniranje neuronske mreže: *Lavenberg – Marquardt training algorithm* (LM), *Scaled Conjugate Gradient training algorithm* (SCG) i *Bayesian Regularization training algorithm* (BR). U sva tri algoritma koristila su se od 1 do 20 skrivenih slojeva. Za svaki skriveni sloj provedeno je 100 treniranja te je odabran najbolji dobiveni rezultat za svaki algoritam. Slika 3. prikazuje dobivene rezultate u postupku učenja neuronske mreže kod najboljih slučajeva za odabrane algoritme.



Slika 3. Postupak učenja mreže kod a) LM algoritma, b) SCG algoritma i c) BR algoritma

Putem upravljačkog uređaja [9] upravljanog neuronskom mrežom vrši se mjerenje temperatura i vibracija te se upravlja sustavom za grijanje. Upravljački uređaj šalje izmjerene podatke na IoT korisnički sustav s grafičkim prikazom na udaljenoj lokaciji. Takvim načinom, osim upravljačke komponente, dobiva se i komponenta monitoringa sustava u stvarnom vremenu. Unaprijed je određeno korištenje 20 skrivenih slojeva u tri različita algoritma. Histogram pogreški kod najboljih slučajeva za odabrane algoritme prikazan je Slikom 4.

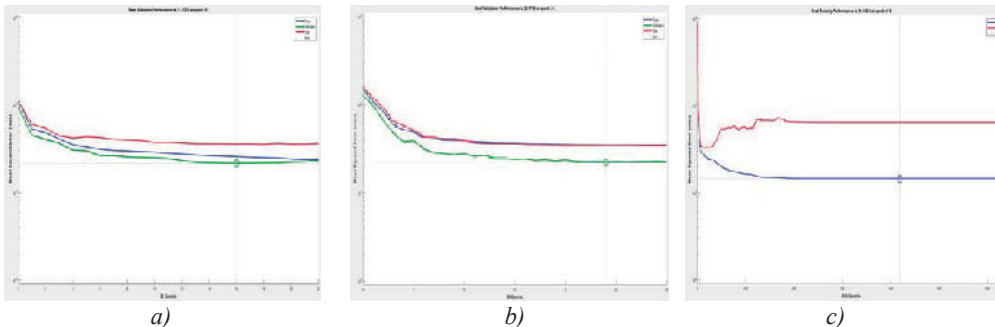


Slika 4. Histogram pogreški kod a) LM algoritma, b) SCG algoritma i c) BR algoritma

Autori rada [13] kao kriterij za ocjenu modela koriste korijen srednje kvadratne pogreške (eng. Root Mean Squared Error – RMSE). Nedostatak mjera kvalitete koje se koriste kvadriranjem pojedinačne pogreške zbog kojeg veće vrijednosti pojedinačne pogreške poprimaju veći udio u ukupnim rezultatima pa time većim odstupanjima daje veća važnost [14]. Šarić i ostali prema [15], koriste neuronsku mrežu u planiranju održavanja metalurške opreme. Optimizacijom njihovog modela, RMSE poprima vrijednosti u prosjeku od 3,7%.

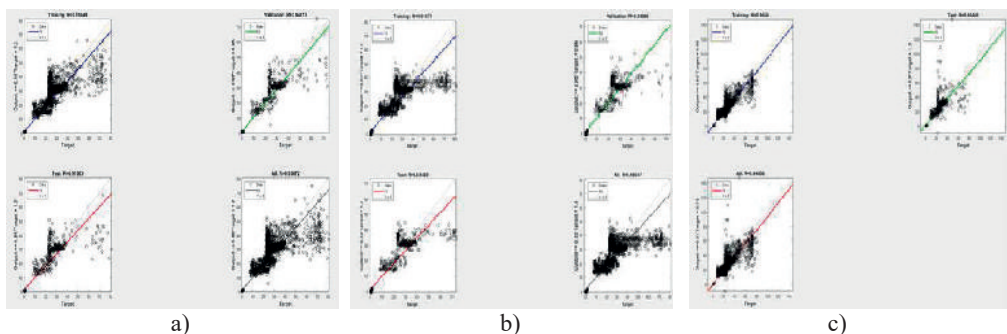
Kod provjere valjanosti modela (Slika 5) RMSE iznosi 4,6558% za LM algoritam, 4,7087% za SCG algoritam i 3,8037% za BR algoritam. Obzirom da RMSE ovisi o području vrijednosti unutar kojeg se kreće vrijednost varijable prema [14] važno je napomenuti da baza podataka koja je korištena za treniranje, validaciju i testiranje ove neuronske mreže ima skokova u vrijednostima temperatura što rezultira velikim RMSE postotkom slično kao kod [16].

U daljnjem istraživanju potrebno je koristiti veći broj uzoraka jer bi na taj način neuronska mreža prepoznala uzorak ponavljanja takvih stršćih vrijednosti temperatura. Također, rezultati bi se zasigurno poboljšali korištenjem dubinske analize podataka i dodavanjem dodatnih varijabli, pri čemu svakako treba uzeti u obzir starost uređaja.



Slika 5. Provjera valjanosti kod a) LM algoritma, b) SCG algoritma i c) BR algoritma

R faktor kod LM algoritma kretao se između 0.91 i 0.94, kod SCG algoritma između 0.91 i 0.93 a kod BR algoritma između 0.91 i 0.95. Grafički prikaz linearne regresije najboljih slučajeva kod tri odabrana algoritama prikazan je slikom 6.



Slika 1. Grafički prikaz linearne regresije kod a) LM algoritma, b) SCG algoritma i c) BR algoritma

Detaljni rezultati R faktora za trening, validaciju, test i ukupni, te MSE i RMSE za LM algoritam prikazani su tabelom 2, za SCG algoritam tabelom 3 te za BR algoritam tabelom 4.

Tabela 2. Rezultati za Lavenberg-Marquardt training algorithm

Skriveni sloj	MSE	RMSE	R trening	R validacija	R test	R ukupno
1	26,1604	5,1147	0,91782	0,92944	0,91751	0,9188
2	25,6528	5,0648	0,92093	0,9315	0,91237	0,92053
3	27,9478	5,2865	0,91811	0,93387	0,92483	0,92148
4	25,6517	5,0647	0,92271	0,93424	0,92572	0,92453
5	25,9547	5,0945	0,92824	0,93554	0,92815	0,92921
6	24,3132	4,9308	0,93335	0,93976	0,92937	0,93363
7	24,1115	4,9103	0,93171	0,93516	0,92092	0,93025
8	25,2708	5,027	0,93292	0,9344	0,91429	0,93016
9	21,6763	4,6558	0,93949	0,94613	0,91563	0,93672
10	23,2027	4,8169	0,93203	0,93837	0,90464	0,92833
11	23,1347	4,8098	0,92922	0,94417	0,91139	0,92848
12	23,2391	4,8206	0,93781	0,94036	0,89617	0,93138
13	22,0357	4,6942	0,93725	0,94155	0,90917	0,93273
14	25,6729	5,0668	0,93046	0,93629	0,91524	0,92898
15	26,1745	5,1161	0,94231	0,93174	0,92298	0,93759
16	25,1782	5,0177	0,94319	0,93708	0,90578	0,9365
17	26,0839	5,1072	0,93376	0,93317	0,92794	0,93267
18	24,9142	4,9914	0,92999	0,9378	0,91603	0,92877
19	27,861	5,2783	0,93416	0,92809	0,90249	0,92829
20	27,7048	5,2635	0,93001	0,92736	0,91981	0,92769

Tabela 2. Scaled Conjugate Gradient training algorithm

Skriveni sloj	MSE	RMSE	R trening	R validacija	R test	R ukupno
1	27,2547	5,2206	0,91498	0,93085	0,92421	0,91852
2	25,0521	5,0052	0,91405	0,93271	0,90939	0,91527
3	27,7713	5,2698	0,91886	0,92867	0,91528	0,91961
4	24,118	4,911	0,91728	0,93709	0,91202	0,91901
5	25,4351	5,0433	0,92453	0,9321	0,91615	0,9239
6	24,7863	4,9786	0,92285	0,93654	0,91091	0,92282
7	27,9948	5,291	0,9183	0,92723	0,90982	0,91811
8	23,5468	4,8525	0,91609	0,93671	0,91552	0,91848
9	25,7807	5,0775	0,91819	0,93296	0,92164	0,92058
10	24,0136	4,9004	0,91682	0,93649	0,91916	0,9192
11	25,3653	5,0364	0,92214	0,93324	0,91859	0,92276
12	23,6266	4,8607	0,92566	0,93711	0,9172	0,92543
13	22,1719	4,7087	0,91673	0,94066	0,92402	0,92047
14	24,968	4,9968	0,92345	0,93537	0,92277	0,92483
15	24,098	4,909	0,92362	0,93877	0,91581	0,9244
16	25,5163	5,0514	0,92422	0,93432	0,91311	0,92366
17	22,6194	4,756	0,92685	0,94292	0,91472	0,9268
18	26,155	5,1142	0,92332	0,93324	0,91069	0,92257
19	24,808	4,9808	0,92244	0,93725	0,91752	0,92363
20	26,2747	5,1258	0,92474	0,9371	0,92876	0,92715

Tabela 3. Bayesian Regularization training algorithm

Skriveni sloj	MSE	RMSE	R trening	R test	R ukupno
1	32,691	5,7176	0,92079	0,91157	0,91925
2	28,8991	5,3758	0,93106	0,91518	0,92867
3	28,3892	5,3282	0,93112	0,91418	0,92816
4	27,502	5,2442	0,93381	0,92308	0,93209
5	25,9285	5,092	0,93831	0,923	0,93592
6	24,473	4,947	0,94225	0,90137	0,9361
7	24,0662	4,9057	0,94296	0,9179	0,93919
8	22,5737	4,7512	0,94697	0,92165	0,94307
9	22,1933	4,711	0,94721	0,92352	0,94355
10	20,6146	4,5403	0,95107	0,8894	0,94153
11	20,3235	4,5082	0,95191	0,88963	0,94224
12	18,8146	4,3376	0,95563	0,90942	0,94851
13	18,4937	4,3004	0,9572	0,90193	0,94921
14	17,8733	4,2277	0,95813	0,92195	0,95275
15	17,2246	4,1528	0,95922	0,90464	0,95062
16	17,2475	4,153	0,9592	0,91464	0,95222
17	16,2554	4,0318	0,96173	0,88871	0,94985
18	16,0756	4,0094	0,96267	0,87201	0,94923
19	15,5107	3,9384	0,96293	0,86232	0,94467
20	14,4684	3,8037	0,9659	0,86461	0,94856

5. ZAKLJUČAK

Kod LM i SCG algoritama za treniranje RMSE poprima vrlo slične iznose dodavanjem novog skrivenog sloja. Optimalni RMSE je 4,6558% u 9 skrivenih slojeva kod LM algoritma i 4,7087% u 13 skrivenih slojeva kod SCG algoritma. BR algoritam za treniranje u 20

skrivenih slojeva poprima najniži RMSE iznosa 3,8037%. Međutim, BR algoritam iziskuje i puno više vremena za svako pojedino treniranje mreže.

Optimalni RMSE iznosa 3,8037% kod BR algoritma implicira na dodatnu optimizaciju predloženog modela uz uvođenje drugih varijabli u budućem istraživanju. Na temelju apsolutnih mjera kvalitete nije moguće postaviti opće granice (prihvatljive i neprihvatljive) točnosti predviđanja, odnosno napraviti klasifikaciju modela pa se u tu svrhu koriste relativne mjere kvalitete [14]. U budućim istraživanjima potrebna je veća baza podataka, te je svakako potrebno odraditi filtraciju podataka kako bi se izbjegle stršeće vrijednosti. Također, u budućim istraživanjima treba povećavati broj skrivenih slojeva u BR algoritmu.

6. REFERENCE

- [1] D.Kozarac, Višezonski model izgaranja u HCCI–motoru primjenom kemijske kinetike, Doktorski rad, Zagreb 2008.,
- [2] <https://tehnika.Izmk.hr/tehnickaenciklopedija/vibracije.pdf&ved=2ahUKEwj0w93NkaX4AhXUM-wKHyr6BYwQFnoECACQAQ&usg=AOvVaW2J6zw9mcTXJEHaMEmFV0Vo>, od 17.05.2022.
- [3] T.E.Quantrille, Y.A.Iiu, Chapter 10 - Introduction to Artificial Intelligence, Artificial Intelligence in Chemical Engineering, 1991, Pages 197-231,
- [4] T.Chaudhuri, Y.C.Soh, H.Li, L.Xie, A feedforward neural network based indoor-climate control framework for thermal comfort and energy saving in buildings, Applied Energy Volume 248, 15 August 2019, Pages 44-53,
- [5] J.Reynolds, M.W.Ahmad, Y.Rezgui, J.L.Hippolyte, Operational supply and demand optimisation of a multi-vector district energy system using artificial neural networks and a genetic algorithm, Applied Energy Volume 235, 1 February 2019, Pages 699-713,
- [6] A.Afram, K.Raahemifar, Artificial neural network (ANN) based model predictive control (MPC) and optimization of HVAC systems : A state of the art review and case study of a residential HVAC system, Energy and Buildings Volume 141, 15 April 2017, Pages 96-113,
- [7] E.R.Alphonsus, M.O.Abdullah, A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs), Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 60, July 2016, Pages 1185-1205,
- [8] <https://c3controls.com/white-paper/microcontrollers-versus-plcs-detailed-comparison/>, od 14.05.2022.,
- [9] https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20161104&CC=HR&NR=P20150460A2&KC=A2 , od 15.05.2022.,
- [10] A.V.Horenbeek, L.Pintelon, A dynamic predictive maintenance policy for complex multi-component systems, Reliability Engineering & System Safety Volume 120, December 2013, Pages 39-50,
- [11] <https://freemeteo.com.hr>,
- [12] MATLAB R2018a (64-bit), broj licence: 968398,
- [13] T.Šarić, G.Šimunović, Đ.Vukelić, K.Šimunović, R.Lujić, Estimation of CNC Grinding Process Parameters Using Different Neural Networks // Tehnički vjesnik : znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku, 25 (2018), 6; 1770-1775 doi:10.17559/TV-20180419095119,
- [14] P.Matić, Kratkoročno predviđanje hidrološkog dotoka pomoću umjetne neuronske mreže, Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu, Fakultet Elektrotehnike, Strojarsva i Brodogradnje, Split 2014.,
- [15] T.Šarić, R.Lujić, G.Šimunović, Applying of Artificial Neural Network in Maintenance Planning of Metallurgical Equipment // *Metalurgija*, 44 (2005), 2; 107-112.
- [16] Đuračić, I., Stojkov, M., Šarić, T., Alinjak, T. i Crnogorac, K. (2021). Applying Artificial Neural Network to Optimize the Performance of the Compressor Station: A Case Study. *Tehnički vjesnik*, 28 (4), 1197-1202. <https://doi.org/10.17559/TV-20200926113750>

KREIRANJE I ODRŽAVANJE SAJBER-BEZBJEDNIH BRODOVA CREATION AND MAINTENANCE OF CYBER-SECURE SHIPS

mr Ivan Mraković
Univerzitet Crne Gore, Pomorski Fakultet Kotor

REZIME

Međunarodni pravilnik o bezbjednosnoj zaštiti brodova i lučkih područja (ISPS) od stupanja na snagu 2004. godine nije doživio formalne izmjene i dopune uprkos tome što se težište bezbjednosnih prijetnji u međuvremenu preselilo sa piratskih i terorističkih na sajber napade. Implementacijom novih informacionih (IT) i operativnih (OT) tehnologija na brodu, procjena i kontrola bezbjednosnih rizika dobijaju na dodatnoj važnosti. U ovom radu istražena je postojeća regulativa i stanje po pitanju sajber bezbjednosti u pomorstvu. Na osnovu tog istraživanja kreiran je model za postizanje sajber-bezbjednih brodova te održavanja takve bezbjednosti tokom životnog ciklusa.

Ključne riječi: sajber bezbjednost, sajber rizik, ISPS pravilnik, održavanje broda

ABSTRACT

The International Ship and Port Facility Security Code (ISPS) has not been formally amended since its entry into force in 2004, despite the fact that the focus of security threats has shifted from pirate and terrorist attacks to cyber attacks. With the implementation of new information (IT) and operational (OT) technologies on board, security risk assessment and its control are gaining in importance. In this paper, the existing regulations and the situation regarding maritime cyber security are investigated. Based on that, a model was created for achieving cyber-secure ships and preserving such security during the life cycle.

Key words: cyber security, cyber risk, ISPS code, ship's maintenance

1. UVOD

Pomorska, kao i druge industrijske grane, sve više zavisi od digitalizacije, automatizacije i umrežavanja sa ciljem poboljšanja efikasnosti i pouzdanosti. Pandemija virusom *COVID-19* je rezultirala snažnijom digitalizacijom i zavisnošću od *online* sistema. Takav proces je praćen brojnim rizicima među kojima, posljednjih godina, prednjače sajber rizici.

Sajber rizik u pomorstvu odnosi se na utvrđivanje nivoa do kojeg je tehnološki okvir ugrožen potencijalnim okolnostima ili događajima koji mogu dovesti do operativnih, sigurnosnih ili bezbjednosnih incidenata i to uslijed izmjene, kompromitovanja ili uništenja informacija odnosno sistema [1].

Ranjivi sistemi na brodu uključuju navigacionu opremu, mašinski kompleks, opremu za rukovanje teretom, sistem upravljanja električnom energijom, sistem stabilizacije i balastiranja, pristupne sisteme, sisteme za opsluživanje putnika, administrativne, sigurnosne kao i komunikacione sisteme.

Posljedice uspješnog sajber napada na brodu mogu biti katastrofalne. Scenariji u kojima brod može biti meta su brojni. Tako npr, u slučaju uspješnog lažiranja *GNSS* signala (eng. *spoofing*), sajber kriminalci će navigatoru dati pogrešnu informaciju o poziciji, što će dovesti do toga da se donesu odluke na bazi pogrešnih inputa i tako brod usmjeri u pogrešnom smjeru [2]. Modifikacijom signala *AIS*-a mogli bi se stvoriti brodovi duhovi ili modifikovati podaci sopstvenog ili drugih brodova [3]. Preuzimanjem kontrole nad sistemom goriva ili balasta, napadači bi mogli ugroziti ne samo stabilnost i sigurnost broda već i životnu sredinu [2]. Vrste, izvršioци i motivi sajber napada u pomorstvu predstavljani su u 2. poglavlju dok je važeći međunarodni pravni okvir opisan u poglavlju 3. O prijedlogu modela za kreiranje i održavanje sajber-bezbjednog broda govori se u poglavlju 4. Sa tim povezane procedure procjene rizika opisane su u poglavlju 5. Poglavlje 6. donosi zaključke istraživanja.

2. VRSTE, IZVRŠIOCI I MOTIVI SAJBER NAPADA U POMORSTVU

Najznačajniji sajber problemi u pomorstvu manifestuju se u vidu *phishing*-a, raznih malvera, *ransomware*-a, krađe identiteta, krađe podataka i *DDoS* napada [4,5].

Phishing je najčešći oblik sajber napada koji se na brodu obično javlja u formi e-pošte. On kombinuje *socijalni inženjering* i tehničke metode kako bi prevario žrtvu i došao do osjetljivih informacija poput ličnih ili finansijskih detalja [6].

Kompjuterski kod napisan da izvrši krađu ili povredu sajber prostora naziva se *malver*. Uključuje viruse, *spyware* i *ransomware*. *Ransomware* se obično javlja u vidu *.pdf* ili *.zip* fajlova koji su dio e-pošte. Njihovim otvaranjem inicira se blokada pristupa sistemu a jedino rješenje je plaćanje otkupa.

Krađa identiteta najčešće se ostvaruje korištenjem *Trojan* malvera. To je vrsta malicioznog softvera kojeg korisnik instalira vjerujući da je koristan. Kao takav omogućava hakeru tajni i daljinski pristup zaraženom računaru. Preuzimanjem kontrole nad računarom otvara se polje mogućnosti instalacije dodatnih softvera bez znanja korisnika i stvara prilika za zloupotrebom u svrhu realizacije daljih kriminalnih aktivnosti.

Krađa podataka često prolazi neopaženo ili bude otkrivena suviše kasno. Podaci bivaju kopirani ili preuzeti bez autorizacije. Upotrebom *ransomware*-a i malvera, neovlašten pristup rezultira krađom podataka a zatim i njihovim brisanjem kako bi se sakrili tragovi ili napravila šteta poslovanju kompanije [7].

DDoS napadi se svrstavaju u grupu najznačajnijih. Zbog svoje jednostavnosti i efikasnog mehanizma djelovanja predstavljaju konstantnu prijetnju. Paketi koji se distribuiraju mrežom tokom *DDoS* napada se veoma teško razlikuju od ostalih paketa koji čine mrežni saobraćaj. Uz to, alati koje napadači koriste su lako dostupni što ove napade čini sve učestalijim u posljednjih desetak godina [8].

Glavni počinioci sajber napada u sektoru pomorstva su *haktivisti*, *sajber ratnici* i *kriminalci*. *Haktivisti* su najčešće motivisani političkom ideologijom a glavni cilj im je eksploatacija slabosti *IT/OT* sistema broda. Ovome svjedoči napad koji je 2011. godine pretrpjela iračka nacionalna kompaniji *ISIRL* pri kojem je onespособljen sistem za prevoz tereta i prouzrokovana velika materijalna šteta. Određene količine tereta trajno su izgubljene. Razlog napada je bila umiješanost Iraka u brojne međunarodne sporove, razvoj nuklearnog programa i otvoreni sukob sa arapskim zemljama [9,10,11].

Sticanja nadmoći jedne države nad drugom sve češće se odvija kroz sajber ratovanje. Motivi *sajber ratnika* kriju se, prvobitno, u političkom sukobu koji često zalazi u polje ekonomskog rata među državama. *Sajber ratnici* nastoje onespособiti infrastrukturu druge države čime će je ekonomski oslabiti i pričiniti velike direktne i indirektnе troškove. Visoko sofisticirani, dobro organizovani i veoma skupo plaćeni rade za ciljeve države kako bi izvršili sabotažu, prikupljali informacije ili podatke korištenjem neke od raznovrsnih tehnika. Kao posljedica

sukoba J. Koreje i S. Koreje, vlasti S. Koreje su izvršile ometanje GPS signala i tako prouzrokovali da stotine brodova imaju poteškoće pri određivanju pozicije satelitskim putem uz obale njihovog južnog susjeda [12].

Iako se sve nezakonite sajber aktivnosti mogu nazvati kriminalnim, ipak, posebnu vrstu izvršioaca takvih aktivnosti čine *sajber kriminalci*. Razlog je njihov primarni a najčešće i jedini motiv – profit [13]. Suzbijanjem tradicionalnog piratstva, uvođenjem kripto valuta, kao i upotrebom sve zastupljenijih *e-commerce* i *e-banking* servisa, mogućnosti djelovanja sajber kriminalaca u pomorstvu se naglo proširuje. Tako su krijumčari droge primjenom *spear phishing-a* uspjeli da zaobiđu sisteme praćenja i kontrole tereta u luci Antwerpen [10].

3. MEĐUNARODNI PRAVNI OKVIR

Glavni regulatorni okvir u kontekstu bezbjednosti u pomorstvu čine *Međunarodni pravilnik o bezbjednosnoj zaštiti brodova i lučkih područja* (eng. *International Ship and Port Facility Security Code - ISPS*) i *Smjernice za upravljanje sajber rizikom u pomorstvu (MSC-FAL.1/Circ.3)* koje su svojevrsna nadogradnja *Međunarodnog pravilnika za upravljanje sigurnošću* (eng. *International Safety Management Code – ISM*). Ove *Smjernice* ne daju detaljna uputstva kako se mogu ostvariti ciljevi sajber-bezbjednog broda.

ISPS pravilnik, temeljem terorističkih aktivnostima koje su se odigrale 11. septembra 2001. u Nju Jorku, je stupio na snagu 1. jula 2004. godine kao dio *SOLAS* konvencije. Cilj *ISPS pravilnika* je kreiranje standardizovanog pravnog okvira kako bi se na osnovu procijenjenog rizika implementirale srazmjerne zaštitne mjere na nivou brodova i luka. Zapravo, prvobitna ideja *ISPS pravilnika* je odbrana od fizičkih prijetnji.

Kada je riječ o sajber prijetnjama, jedino što se dotiče teme je *tačka 8.3.5 dijela B ISPS pravilnika* u kojoj se kaže da *procjena bezbjednosne zaštite broda* (eng. *Ship Security Assessment – SSA*) treba da obuhvati, između ostalog, radio i telekomunikacione sisteme kao i kompjuterske sisteme i mreže [14]. Na osnovu sprovedene *procjene bezbjednosne zaštite broda* neophodno je kreirati *plan bezbjednosne zaštite broda* (eng. *Ship Security Plan – SSP*). S obzirom na površnost *ISPS pravilnika* po pitanju sajber bezbjednost, nedvosmisleno se može tvrditi da će *SSP* biti dovoljno detaljan kako bi brod učinio *sajber-bezbjednim*.

IMO rezolucija MSC.428(98) - Upravljanje pomorskim sajber rizikom kroz Sistem sigurnog upravljanja podstiče države zastave da učine sve kako bi se upravljanje sajber rizikom rješavalo na nivou pomorskih kompanija kroz *Sistem sigurnog upravljanja* (eng. *Safety Management System – SMS*) a koji proističe iz *ISM pravilnika*. Ova rezolucija oslanja se na prethodno pomenute *Smjernice za upravljanje sajber rizikom u pomorstvu (MSC-FAL.1/Circ.3)* a stupila je na snagu 1.1.2022. godine [15].

U cilju ublažavanja rizika od sajber prijetnji nekoliko vodećih pomorskih organizacija, među kojima su *BIMCO* i *ICS*, su objavile *Smjernice za sajber bezbjednost na brodu* [16].

Opšte prihvaćen okvir za upravljanje sajber rizikom nudi *Nacionalni institut za standarde i tehnologiju* (eng. *National Institute of Standards and Technology - NIST*) [17]. Prednosti *NIST Okvira za kontrolu sajber bezbjednosti* su univerzalnost i fleksibilnost što ga čini primjenjivim u brojnim industrijskim granama uključujući i pomorsku. Od *NIST* osnove polaze *IMO rezolucija MSC.428(98) – Upravljanje pomorskim sajber rizikom kroz Sistem sigurnog upravljanja* kao i *Smjernice za upravljanje sajber rizikom u pomorstvu (MSC-FAL.1/Circ.3)*.

U *Praktičnom kodu – Sajber bezbjednost za brodove* [18] predlaže se razvoj plana upravljanja rizicima na osnovu prethodne procjene sajber rizika ali bez oslanjanja na *NIST*, što neodoljivo podsjeća na koncept *ISPS pravilnika*.

Zajednička karakteristika pomenutih propisa i smjernica jeste da prvi korak u zaštiti od neželjenih posljedica treba biti procjena rizika. Za sada, ne postoje konvencije ili pravnim

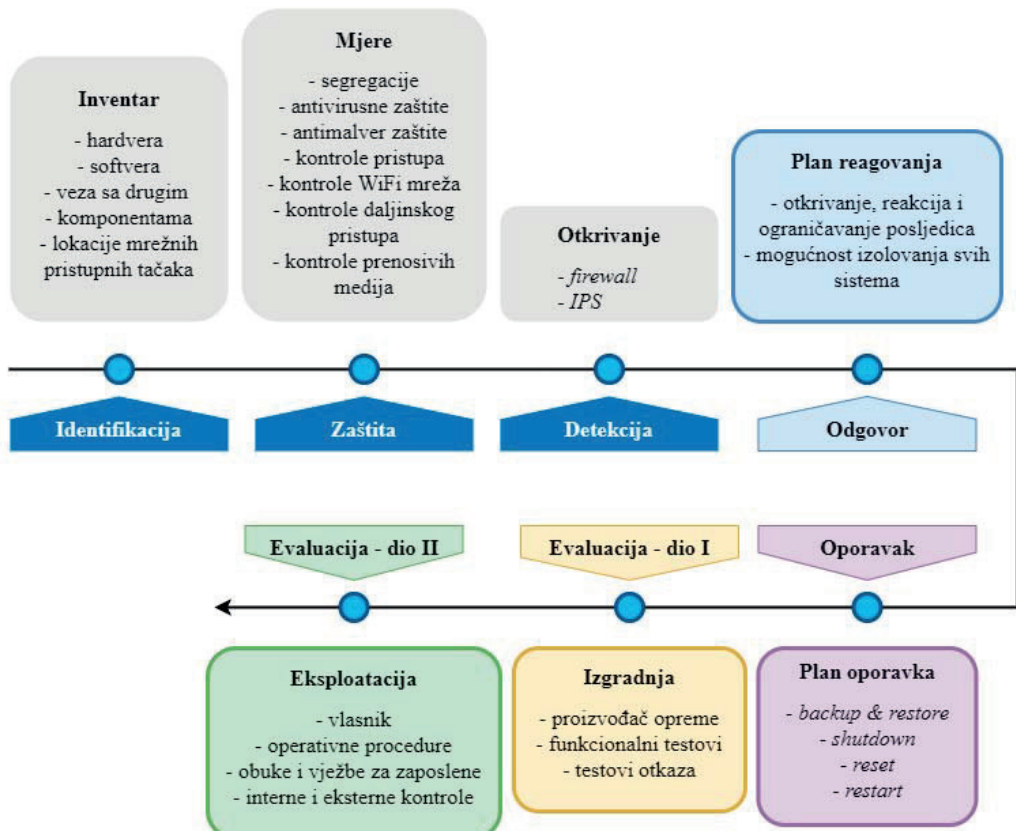
akti slične snage koje bi brodovlasnike obavezale da brodovi kojima upravljaju moraju biti *sajber-bezbjedni*. Takva međunarodno-pravna slika otvara prostor kreiranju sajber-bezbjednog modela predstavljenog sljedećim poglavljem.

4. KREIRANJE I ODRŽAVANJE SAJBER-BEZBJEDNOG BRODA

Na osnovu analize trenutne pomorske regulative u vidu obavezujućih ili preporučenih pravnih normi, stiče se potreba za razvojem modela koji će omogućiti kreiranje *sajber-bezbjednih* brodova, a čija se *sajber-bezbjednost* može održati tokom cijelog životnog vijeka. Oslanjajući se na *IMO rezoluciju MSC.428(98) – Upravljanje pomorskim sajber rizikom kroz Sistem sigurnog upravljanja*, autor je kreirao model njene nadogradnje.

Naime, pojam *sajber-bezbjednost* podrazumijeva se kao karakteristika koja brodovima i posadi daje sposobnost da se efikasno nose sa sajber rizicima što će omogućiti nesmetano i efikasno funkcionisanje složenog sistema kakav je brod. Koncept *sajber-bezbjednog* broda primarno ima za cilj prevenciju realizacije sajber rizika a sekundarno saniranje njegovih posljedica. Ukoliko se ne sprovedu mjere koje će brod učiniti *sajber-bezbjednim* lako može doći do realizacije sajber rizika što posljedično ugrožava sigurnost ljudskih života, imovinu i životnu sredinu [19].

Na slici 1. prikazan je model kreiran od strane autora, koji teži dizajnom i održavanjem *IT/OT* sistema na brodu stvoriti bezbjedno sajber okruženje. Temelji takvog okruženja su mehanizmi zaštite od neovlašćenog pristupa, zloupotrebe, modifikacije, uništenja ili otkrivanja informacija koje se koriste ili pohranjuju kroz brodske *IT/OT* sisteme.



Slika 1. Model kreiranja i održavanje sajber-bezbjednog broda

Model se oslanja na *NIST Okvir za kontrolu sajber bezbjednosti* sa svojim ključnim elementima, a to su: *identifikacija, zaštita, detekcija, odgovor i oporavak*.

Predloženi model zahtjeva kreiranje inventara *IT/OT* sistema, adekvatnu segregaciju mreže, implementaciju antivirusnih i antimalver zaštitnih mehanizama te instalaciju *IPS* sistema. Uz to, opisanim modelom zahtjeva se kreiranje i odražavanje zasebnih *Planova za reagovanje, oporavak i evaluaciju*.

4.1. Identifikacija

Inventar svih *IT/OT* sistema i mreža na brodu polazna je tačka. To podrazumijeva popis hardvera, softvera, međusobne veze i veze sa drugim *IT/OT* sistemima na brodu ili van njega. Inventar hardvera i softvera mora sadržati kratak opis namjene, funkcionalnosti i tehničkih karakteristika (proizvođač, model, glavni tehnički podaci i sl.), blok dijagram koji identifikuje logičke i fizičke veze među različitim *IT/OT* sistema, eksternim uređajima ili mrežama, topologiju mreža i predviđenu funkciju svakog pojedinačnog čvora. Moraju se definisati glavne karakteristike svake mreže i tokovi komunikacije u svim predviđenim načinima rada te definisati fizičke lokacije *IT/OT*-a na brodu kao i lokacije mrežnih pristupnih tačaka. Za svaki operativni sistem i aplikativni softver moraju se navesti detalji o licencama, verzijama, početnoj instalaciji, validnosti, hronologiji ažuriranja, načinu i politici održavanja što uključuje definisanje pristupnih uloga i odgovornosti zaposlenih.

Sve povjerljive informacije uključene u inventar moraju biti zaštićene posebnim mjerama kako bi se pristup njima ograničio samo na ovlaštene osobe. Inventar je neophodno ažurirati tokom cijelog životnog ciklusa.

4.2. Zaštita

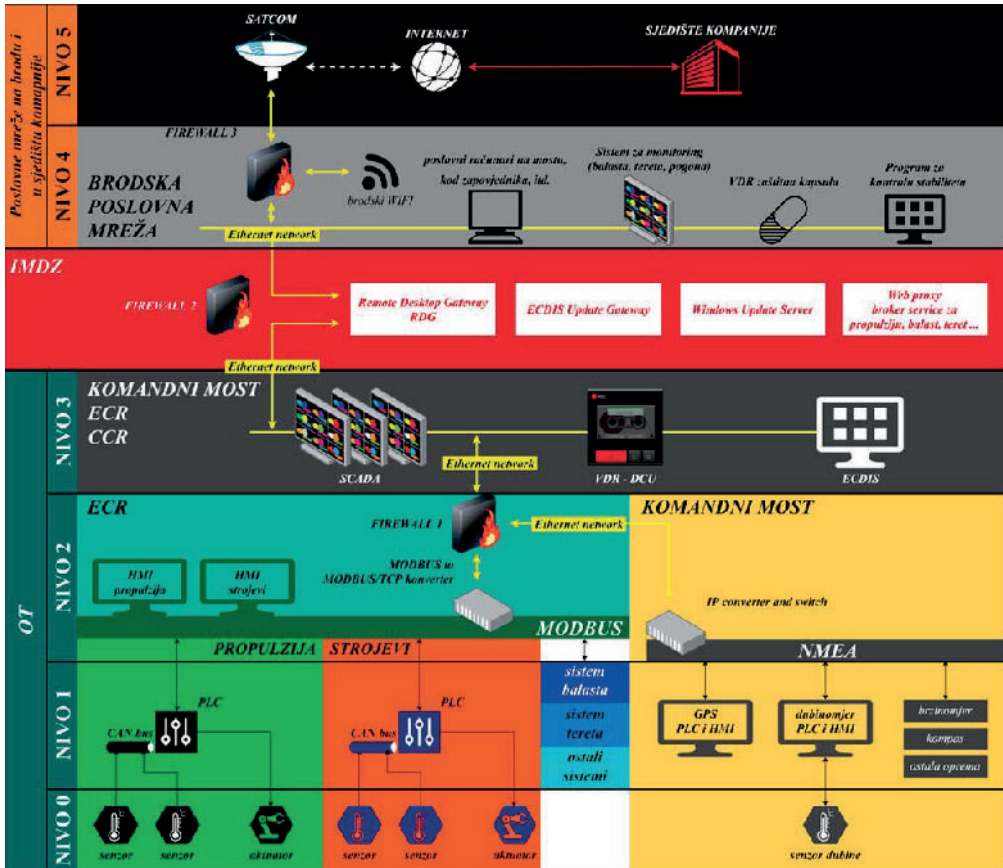
Za prethodno indentifikovane sisteme neophodno je implementirati odgovarajuće zaštitne mjere u vidu:

a. *Segregacije* - Često se ranjivost brodskih *IT/OT* sistema ogleda u nedostatku razdvojenosti poslovne od ostalih mreža na brodu [20]. Segregacijom brodske *IT/OT* infrastrukture po zonama sa dobro definisanom politikom bezbjednosne zaštite otežava se posao sajber aktivistima. Zone moraju biti ili potpuno izolovane ili povezane putem *firewalla* s drugim zonama ili mrežama kako bi se kontrolisao protok podataka između njih. Navigacijski i komunikacioni sistemi ne smiju biti u istoj sigurnosnoj zoni kao sistemi mašina ili tereta. Na slici 2. je dat prijedlog mrežne infrastrukture koja bi se mogla uspostaviti na brodu. Ona pokriva sve od bazičnih komponenti (*nivo 0*) do brodske poslovne mreže (*nivo 4*) i satelitskih sistema komunikacije koji omogućavaju pristup internetu i komunikaciju sa kompanijom na kopnu (*nivo 5*). Prijedlog rješenja pomaže u identifikaciji mjesta na kojima treba uspostaviti zaštitne barijere na mreži. Ukoliko pojedinačni sistem treba da obezbijedi prenos podataka između poslovne mreže i *OT* mreže, to bi trebalo omogućiti putem *broker servisa* lociranog unutar *demilitarizovane zone* (eng. *Industrial Demilitarized Zone – IDMZ*).

b. *Antivirusne i antimalver zaštite* – Na mjestima gdje je to izvodljivo neophodno je instalirati antivirusne i redovno ih ažurirati. Tamo gdje iz nekog razloga nije moguće instalirati antivirusni ili antimalver softver, alternativu treba tražiti u operativnim procedurama, fizičkim mjerama zaštite ili u preporukama proizvođača.

c. *Kontrole pristupa* - Pristup brodskoj *IT* mreži i *IT/OT* sistemima mora se omogućiti samo ovlaštenom osoblju na osnovu njihove potrebe za pristupom. Kontrola pristupa treba da funkcioniše na bazi minimuma privilegija neophodnih za izvršenje traženog zadatka. S tim u vezi, brodski server bi trebao biti fizički obezbjeđen ali ujedno i lako dostupan radi održavanja, popravki itd. Administratorske privilegije koje omogućavaju konfigurisanje

sistema imaće samo adekvatno obučeno osoblje [22]. Ostali korisnici, kao npr. posada broda, mora imati samo minimum privilegija.



Slika 2. Model segregacije mreža na brodu [21]

d. *Kontrole bežičnih mreža* - Bežične mreže moraju biti projektovane kao zasebni segmenti i adekvatno zaštićeni. Bežične pristupne tačke i drugi uređaji u mreži moraju biti instalirani i konfigurisani tako da se pristup mreži može kontrolisati. Mrežni uređaj ili sistem koji koristi bežičnu komunikaciju mora pružiti mogućnost identifikacije i provjere autentičnosti svih korisnika (osoblja, softverskih procesa ili uređaja) uključenih u tu komunikaciju.

e. *Kontrola daljinskog pristupa i prenosivih medija* – Činjenica je da nisu svi sajber incidenti rezultat namjernog napada. S tim u vezi, IT/OT sistemi moraju biti osmišljeni tako da omogućavaju korisniku da prekine vezu tokom daljinske sesije i da vrati sistem u prethodno stanje. Osim toga, niti jedna daljinska sesija neće biti moguća dok je odgovorna osoba na brodu izričito ne odobri. Neophodno je implementirati automatsko evidentiranje svih sesija kako bi se mogla sprovesti istraga nakon otkrivanja sajber incidenta. Prenosive medije neće biti moguće koristiti na fizički dostupnim računarima i mrežnim portovima, osim na onim koji su u *offline* režimu i koji nisu dio integrisanog sistema.

4.3. Detekcija

Detekcija kao funkcionalni element modela treba biti usmjerena na razvoj i implementaciju odgovarajućih mehanizama koji otkrivaju anomalije IT/OT sistema i mreža. U nomenklaturi predstavljenoj slikom 1. uvođenjem više *firewall*-a tj. sistema za *prevenciju i detekciju upada* (eng. *Intrusion Prevention System – IPS*) postiže se adekvatno nadgledanje i zaštita mreže od neovlaštenog pristupa. Osim praćenja protoka i paketa na mreži, *IPS* će poslužiti i kao dijagnostički alat čije funkcije mogu biti automatske ili ručne.

4.4. Odgovor

Prvi korak u smislu adekvatnog odgovora po realizaciji sajber napada je kreiranje *Plana reagovanja* na sajber incidente. *Plan reagovanja* treba da sadrži uputstva i procedure za otkrivanje, reagovanje i ograničavanje posljedica incidenta. On treba da navede indikatore koji ukazuju na sajber napad, očekivane posljedice i rješenja kojim bi se ublažile posljedice a što može uključivati, između ostalog, prelazak na *offline* režim ili izolaciju određenog segmenta mreže. *Plan reagovanja* se izrađuje na osnovu informacija dobijenih od proizvođača opreme broda. Isti će biti neophodno ažurirati shodno izmjenama sajber prijetnji ili izmjenama same IT/OT opreme broda. Drugi korak proističe iz propisa *SOLAS II-1/31* u kojem se traži da svi sistemi upravljanja, npr. strojevi, moraju imati mogućnost lokalnog upravljanja u slučaju kvara daljinskih komandi. Međutim, u sferi sajber rizika, neophodno je sve ključne sisteme kontrole i upravljanja izvesti tako da se mogu izolovati i da ne zavise od drugih umreženih sistema. U smislu izolacije, mora postojati mogućnost ručnog ili automatskog prekida komunikacije sa mrežnim segmentom.

4.5. Oporavak

Oporavak nakon sajber incidenta posljednji je u nizu koraka koji trebaju biti temelj sajber-bezbjednom brodu. U tom smislu, mora postojati *Plan oporavka* (eng. *recovery plan*) koji će definisati procedure za sve brodske IT/OT sisteme pojedinačno. U tom smislu neophodno je definisati mogućnost pravljenja rezervnih kopija i vraćanje sistema u prethodno stanje (eng. *backup and restore*), kao i kontrolisano gašenje (eng. *shutdown*), resetovanje (eng. *reset*) i ponovno pokretanje sistema (eng. *restart*). Svrha *backup and restore* strategije je sprječavanje gubitka podataka i omogućavanje rekonstrukcije baze podataka ukoliko se gubitak desi, kako bi omogućili brodu da brzo i sigurno povрати operativno stanje nakon sajber incidenta. Kreiranjem *offline* rezervnih kopija bi se povećala redundantnost sistema i smanjila ranjivost po pitanju *ransomware* napada. S tim u vezi, mora biti definisan način, obim, učestalost, medij za pohranjivanje i period čuvanja rezervnih kopija.

U slučaju nekih sajber incidenata, nasilno gašenje sistema (eng. *hard shutdown*) može se smatrati adekvatnom mjerom uprkos mogućnosti nastanka softverske greške. Stoga, integrisani IT/OT sistemi moraju imati mogućnost kontrolisanog gašenja pomoću softverske funkcije. Na ovaj način se svim povezanim sistemima daje signal koji im omogućava pravilno okončanje aktivnih procesa što će rezultirati predvidljivim tokovima ponašanja. Slično tome, resetovanje sistema bi pokrenulo tzv. *soft boot*, dajući instrukcije sistemu da prođe kroz proces gašenja, obriše keš memoriju i resetuje uređaje. U zavisnosti od sistema koji se razmatra, operacija resetovanja može imati različite efekte.

Ponovno pokretanje sistema tj. svježa instalacija operativnih sistema i softvera može biti efikasan način za oporavak od sajber napada. Ovakav pristup kod jedne komponente integrisanog sistema na brodu može rezultirati nepredvidivim ponašanjem cjelokupnog sistema pa treba biti posebno oprezan i ovu opciju izbjegavati kad god je to moguće.

5. PROCJENA RIZIKA I EVALUACIJA SAJBER-BEZBJEDNOSNIH MJERA

Procjena rizika nezaobilazni je dio svih brodskih operacija. Sa aspekta sajber-bezbjednosti, neophodno je da bude sprovedena prvobitno od strane brodogradilišta. U procjeni rizika uzimaju se u obzir sve poznate ranjivosti sistema, moguće unutrašnje i spoljašnje prijetnje, eventualni uticaj sajber incidenata na ljude, imovinu i životnu sredinu [23]. Tokom eksploatacije broda, brodovlasnik će uz pomoć proizvođača opreme i zaposlenih u kompaniji ažurirati procjenu rizika uzimajući u obzir dinamične izmjene u sajber svijetu i eventualno novo-identifikovane slabosti *IT/OT* sistema. Ako se otkriju novi rizici, neophodno je ažurirati postojeće ili implementirati nove mjere za njihovo smanjenje.

U cilju održavanja sajber rizika na prihvatljiv nivo, neophodno je vršiti provjeru efikasnosti implementiranih sajber-bezbjednosnih mjera za šta je neophodno postojanje *Plana evaluacije*. Inicijalni kreator *Plana evaluacije* je proizvođač opreme. *Plan evaluacije* treba biti dizajniran, implementiran i održavan na adekvatan način tokom različitih faza životnog vijeka broda.

5.1. Plan evaluacije sajber-bezbjednosnih mjera tokom izgradnje broda

Proizvođač opreme trebao bi osmisliti i dokumentovati procedure testiranja kojima se dokazuje efikasnost sajber-bezbjednosnih mjera kod *IT/OT* sistema odnosno mreža i mrežnih komponenti koji su međusobno povezani. Ishod testiranja treba biti dostavljen brodogradilištu i onima koji su uključeni u proces instalacije opreme. Postupci testiranja uključuju funkcionalne testove, testove otkaza sistema uz definisanje indikatora koji će signalizirati u kakvom stanju se nalaze testirane komponente.

Brodogradilište i subjekti uključeni u proces instalacije opreme će *Plan evaluacije* dopuniti dodatnim procedurama testiranja. Prije nego se brod stavi u komercijalnu upotrebu neophodno je realizovati testiranje shodno dopunjenom *Planu evaluacije* uz prisustvo inspektora klasifikacionog društva. Rezultati testiranja stavljaju se na raspolaganje vlasniku broda i inspekcijским tijelima.

Shodno navedenom, postupci ispitivanja moraju biti definisani *Planom evaluacije* tako da tokom eksploatacije broda omogućiti trećoj strani simulaciju predviđenih uslova ispitivanja, izvršenje ispitivanja i poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima prvobitno dobijenim od strane proizvođača opreme i/ili brodogradilišta tj. strane koja je vršila instalaciju opreme.

5.2. Plan evaluacije sajber-bezbjednosnih mjera nakon stavljanja u broda u službu

Neophodno je voditi računa da *Plan evaluacije* bude usklađen sa sistemima na brodu i mrežama koje ih povezuju, uzimajući u obzir sve operativne izmjene koje su se dogodile na brodu kao i nove rizike i sajber prijetnje koje su posljedica takvih promjena. Osim toga, vlasnik broda je dužan pripremiti i implementirati operativne procedure za očuvanje sajber-bezbjednog nivoa što će zahtjevati periodičnu obuku i vježbe posade kao i osoblja na kopnu. Dakle, vlasnik broda je odgovoran da sve sajber-bezbjednosne mjere budu na snazi i adekvatno implementirane. Kopija rezultata sprovedenih evaluacija kao i ažurirani *Plan evaluacije* trebaju se čuvati na brodu jer će isti biti predmet inspekcija od strane klasifikacionog društva, državne administracije i *PSC*-a.

6. ZAKLJUČAK

Ubrzan tehnološki razvoj posljednjih godina otkrio je rizike o kojima se do skoro u domenu pomorstva nije govorilo. Sajber napadi mogu ciljano ugroziti kritične *IT/OT* sisteme na brodu i time dovesti u opasnost posadu, brod, teret i životnu sredinu. Stoga je jasno da sajber bezbjednost mora biti integralni dio upravljanja rizicima u pomorstvu. Uslijed nepostojanja jasne međunarodne regulative koja bi načelno brodove učinila sajber bezbjednim, u radu je,

na bazi *NIST* okvira, predložen model usmjeren rješavanju problema. Predloženi model nalaže kreiranje inventara *IT/OT* sistema, adekvatnu segregaciju mreže, implementaciju antivirusnih i antimalver zaštitnih mehanizama te instalaciju *IPS* sistema. Uz to, opisanim modelom zahtjeva se kreiranje i odražavanje planova za *reagovanje*, *oporavak* i *evaluaciju*. Na taj način dolazi se do mehanizma koji bi uz obuku zaposlenih, smislene radne procedure i redovne procjene rizika brod učinio sajber-bezbjednim. Dalja istraživanja biće fokusirana na razradu pomenutih planova kako bi se sajber rizici sveli na što niži nivo i time brodove i posadu učili bezbjednijim.

7. REFERENCE

- [1] IMO: MSC-FAL.1/Circ.3: Guidelines on maritime cyber risk management, 2017.
- [2] Mileski J., Clott C., Galvao C. B.: Cyberattacks on ships: a wicked problem approach, *Maritime Business Review*, 3(4), pp. 414–430, doi: 10.1108/MABR-08-2018-0026, 2018.
- [3] Mraković I., Vojinović R.: Maritime Cyber Security Analysis – How to Reduce Threats?, *Transactions on Maritime Science*, 8(1), pp. 132–139, doi: 10.7225/toms.v08.n01.013, 2019.
- [4] Gupta B.B. et al.: Fighting against phishing attacks: state of the art and future challenges, *Neural Computing and Applications*, 28(12), pp. 3629–3654, doi: 10.1007/s00521-016-2275-y, 2017.
- [5] IHS Markit: Maritime Cyber Survey 2018 - the results, 2018.
- [6] Furnell S., Millet K., Papadaki M.: Fifteen years of phishing: can technology save us?, *Computer Fraud & Security*, 2019(7), pp. 11–16. doi: 10.1016/S1361-3723(19)30074-0, 2019.
- [7] Borazjani P.N.: Security Issues in Cloud Computing in The 12th International Conference on Green, Pervasive and Cloud Computing, Cetara, Italy, pp. 800–811, doi: 10.1007/978-3-319-57186-7_58., 2017.
- [8] Mahjabin T. et al.: A survey of distributed denial-of-service attack, prevention, and mitigation techniques, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13(12), doi: 10.1177/1550147717741463, 2017
- [9] Torbati Y., Saul J.: Iran's top cargo shipping line says sanctions damage mounting, Reuters, dostupno na: www.reuters.com/article/us-iran-sanctions-shipping-idUSBRE89L10X20121022 (pristupljeno: 20. maj 2022.)
- [10] DiRenzo J., Goward D. A., Roberts F. S.: The little-known challenge of maritime cyber security in The 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), IEEE, pp. 1–5, doi: 10.1109/IISA.2015.7388071, 2015.
- [11] Jensen L.: Challenges in Maritime Cyber-Resilience, *Technology Innovation Management Review*, Carleton University, 5(4), pp. 35–39, doi: 10.22215/timreview889, 2015.
- [12] GPS World: South Korea to build eLoran system after jamming incident, dostupno na: www.gpsworld.com/south-korea-to-build-eloran-system-after-jamming-incident/ (pristupljeno: 15. maj 2022.)
- [13] Sebruck R.: A typology of hackers: Classifying cyber malfeasance using a weighted arc circumplex model, *Digital Investigation*, 14, pp. 36–45, doi: 10.1016/j.diin.2015.07.002, 2015.
- [14] IMO: International Ship and Port Facility Security Code, 2003.
- [15] IMO: MSC.428(98) Maritime cyber risk management in safety management systems, 2017.
- [16] BIMCO: The guidelines on cyber security onboard ships, version 3, 2017.
- [17] NIST: Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, Version 1.1, Gaithersburg, MD. doi: 10.6028/NIST.CSWP.04162018, 2018.
- [18] Boyes H., Isbell R.: Code of Practice Cyber Security for Ships, London: Institution of Engineering and Technology, 2017.
- [19] ILO: Rec 166 - Recommendation on Cyber Resilience, 2022.
- [20] Erstad E., Ostnes R., Lund M.S.: An Operational Approach to Maritime Cyber Resilience in TransNav, the *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 15 (1), doi:10.12716/1001.15.01.01, pp. 27-34, 2021.
- [21] Mraković I.: Analiza modela za smanjenje DDoS sajber bezbjednosnih prijetnji na brodovima u prekookeanskoj plovidbi, Magistarski rad, Fakultet za Informacione tehnologije (Univerzitet Mediteran), Podgorica, 2020.

- [22]Kavallieratos G., Diamantopoulou V., Katsikas S. K.: Shipping 4.0: Security Requirements for the Cyber-Enabled Ship in IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(10), pp. 6617-6625, doi: 10.1109/TII.2020.2976840, 2020.
- [23]Kavallieratos G., Katsikas S.: Managing Cyber Security Risks of the Cyber-Enabled Ship in Journal of Marine Science and Engineering, 8(10), doi: 10.3390/jmse8100768, 2020.

MATERIAL CODING IN INVENTORY MANAGEMENT

İzzettin Hakan Karaçizmeli
Harran University
Şanlıurfa
Türkiye

ABSTRACT

Continuity of production is very important for enterprises that produce in an intensely competitive environment. While providing this, limited resources should be used in the most effective way. In this sense, the inventory management function appears as a very important function. The aim is to ensure the sustainability of production without increasing costs. In the inventory management function, materials are coded in accordance with both the software used in the relevant business and the culture of the business. Deficiencies in the material coding system can complicate the inventory management function and have a negative impact on costs. In this study, information about material coding systems, which is an important component of inventory management, are shared with an example. In addition, some suggestions are made about the points to be considered while coding and classification.

Keywords: Inventory management, material, coding, classification.

1. INTRODUCTION

Various inputs are used in order to create outputs in enterprises where production or service is provided. In production enterprises, various semi-finished products are also formed in the adventure of inputs until the product. Therefore, in the production sector, when talking about the materials in the process, the existence of some input materials, the semi-finished products formed by their processing, and finally the products, which are the outputs of the system, can be mentioned. From this point of view, the idea that a management system is necessary for all these materials to move smoothly within the system emerges. The system used for this purpose, in the literature; It is called material management system.

The material management system is also very important for maintenance. Maintenance should be planned in advance not to interrupt production, and necessary materials should be planned not to disrupt the maintenance too. In material management system, materials are tracked from the stage they are ordered to the stage when they are used in the business. To facilitate this tracking, materials are coded in accordance with both the software used in the relevant business and the nature and culture of the business. Especially in large enterprises, the number of materials circulating in the enterprise may be too large. In this case, classification and codification become very important. Material tracking may become difficult due to errors in the material coding system. Errors made may result in excess stock or material shortages. Barcode systems, which are widely used today, have also been

developed due to the need for coding in order to track materials easily. In the next section, some studies from the literature are shared. Then a code example from a manufacturing business are given.

2. CODIFICATION SYSTEM

Gökler proposed a coding system for parts produced on horizontal forging machines [1]. Xiong et al. developed a coding system for the power industry [2]. Apak also proposed a coding system for a jacket manufacturing company [3]. Cai et al. proposed a material coding system for the company that manufactures aircraft [4]. Sorensen et al. presented a schema for classification and coding of production. Their codes have 25 digits [5].

The codification system used in the enterprise should be able to distinguish and follow the materials in the enterprise. Therefore, when creating a codification system, it is necessary not only to meet the needs of the moment, but also to think ahead. The system should not lose its functionality in the long run. Figure 1 shows the basic steps of an example codification process.

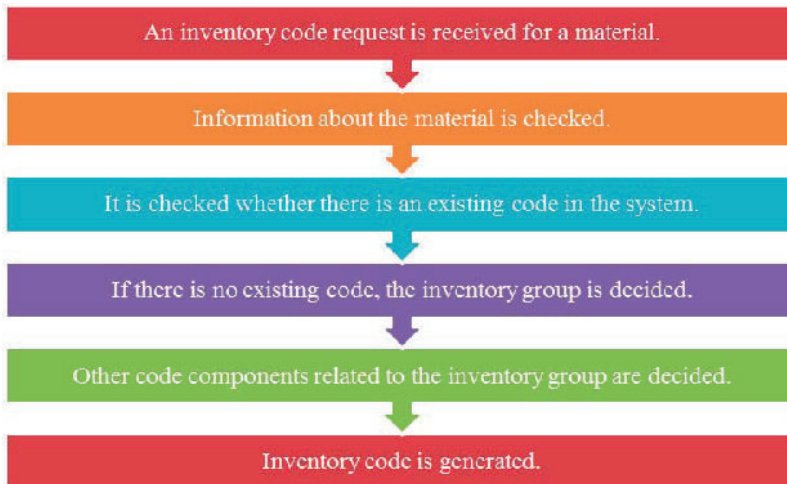


Figure 1. The steps of a codification process

The controls made, the accuracy of the incoming information, and the experience and training of the employee who generated the code are very important. Some mistakes can be made in classification and coding. For example, different names and different codes can be given to the same material. As a machine part, stamp and washer are the same material. However, if the responsible employee gives different codes to the two materials, the system cannot understand that the two materials are the same. Because stamp and washer are different materials for the system, excess stock may occur due to unnecessary purchases. Even the language and keyboard use of the coding employee is very important. System confusion can occur if the employee taps the wrong letter while giving the code, or even creates a blank character by mistake.

On the other hand, codes should also have some features. For example, the code given to a material should not allow this material to be mixed with another material. Codes should not be unnecessarily long. However, it should also have enough character to provide

distinctiveness. When interested people look at the code, they should be able to recognize the material. So, the codes should not be too complex. The two examples to be given in this section are codes belonging to a code system prepared by considering these features.

2.1. An Example of Spare Part Codes

In the relevant enterprise, there are many departments and many machines in each department. Thousands of spare parts are needed for these machines. Sample code for spare parts is shown in Table-1.

Table – 1. Spare Part Code Structure

Inventory Group	Type	Department	Machine Type	Serial No
SP	X	X	XXXX	XXXXXX

Inventory Group; consists of two letters. As in the sample code, when the material is called SP, it is understood that the material is from the spare part group.

Type; It is a single character and consists of numbers (0,1,2,3,4,5). This section indicates the main purpose of the spare part. For example, properties such as general purpose, electrical, mechanical or electromechanical features are understood from this code.

Department; It has a single character and consists of numbers (2,3,4,5). This section provides an understanding of which department the spare part belongs to.

Machine Type; has four characters and consists of numbers (0001, 0002... 9999). The machines installed in the enterprise are coded according to the assembly order. Therefore, this section shows which machine the spare part belongs to. The same machines have the same code.

Serial No; consists of five digits and numbers (00001, 00002...99999). The parts of a machine type are coded into the system in order starting from 1 in order of processing.

As a result, when we look at a code like SP 3 2 0004 00135 opened in this group, it can be understood that the material is the electrical spare part of the 2nd department, the machine number 4, in the 135th place.

3. CONCLUSION

The codification system is a tool that makes material management very easy. However, it is very important that this system is designed prospectively while it is being established. Especially in large enterprises where there is a lot of code, it is very difficult to change the system afterwards. Therefore, needs should be determined meticulously.

When generating a new code, it must be checked whether the same material exists in the system. Code requesters can use different names for the same material, so code generators should be careful. The same materials may be used in different areas of use. For these,

general purpose sections should be established in the classification and coding structure. The codes in the system should be checked at certain periods. If there are any faulty codes, they should be cleared from the system.

In addition, unnecessary information should not be entered in the codes, but all necessary information should be entered. The authorization to generate the code should be given to a limited number of personnel who have undergone the same training by the company. Thus, coding operations can continue without disrupting the code structure.

REFERENCES

- [1] Gökler, M. İ.: Yatay Dövme Makinalarında Üretilen Parçalar için Sınıflandırma Kodlama Sistemi (Bölüm I), Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 1(2): 77-84, 1987.
- [2] Xiaong G., Hu, L., Qin, T., Nyberg, T. R., Wang F. and Shi, Q.: Design and improvement of the material coding standardization for power group enterprise, 2010 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 597-602, 2010.
- [3] Apak S.: Classic Jacket Men's Clothing that the Production of Raw Materials and Finished Article Coding System's Development, Marmara University, MSc Thesis, 2013.
- [4] Cai H. X., Dai M. Y. and Yu T.: Material Coding for Aircraft Manufacturing Industry, Journal of Aerospace Technology and Management [online], 6(2), pp. 183-191, 2014.
- [5] Sorensen D.G.H., ElMaraghy H., Brunoe T.D. and Nielsen K.: Classification coding of production systems for identification of platform candidates, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 28, pp. 144-156, 2020.

USING FMEA FOR FAILURE PREVENTION

İzzettin Hakan Karaçizmeli
Harran University
Şanlıurfa
Türkiye

ABSTRACT

Risk management is one of the important research areas in maintenance. As it is known, the way to keep equipment efficiency high is possible with a correct maintenance strategy. One of the popular methods used in determining maintenance strategies is risk analysis. Identifying potential risks and creating maintenance plans accordingly is an important step in risk management. In this study, Failure Mode and Effect Analysis, which is one of the important techniques used in risk analysis, are emphasized. Implementation example for the use of the method in equipment failure situations are presented.

Keywords: Risk management, risk analysis, FMEA, maintenance.

1. INTRODUCTION

Failure mode and effects analysis (FMEA) is a method that identifies and evaluates potential faults in a product or process and their effects before the failure occurs [1]. It is a disciplined procedure that documents the work done, reducing the likelihood of failure occurring.

The method was first described in the American Armed Forces' procedures document (MIL-P-1629) in 1949. Then, in the 1960s, NASA started using the FMEA. After NASA, automotive manufacturers also used the method. They tried to reduce the risks by using the FMEA method. In 1993, Automotive Industry Activity Group (AIAG) and American Quality Control Society (ASQC) established and published FMEA standards for the automotive industry [2].

With this method, it is aimed to find alternatives to reduce the risk of fault. In the literature, there are examples of FMEA made in different areas. Some examples of the use of FMEA in maintenance are reviewed. Sharma and Sharma used the FMEA method together with fuzzy logic to plan the maintenance strategies of industrial enterprises [3]. Chen used FMEA to determine maintenance frequencies [4]. Sutrisno et al. identify the risk of maintenance wastes with FMEA [5]. Selim et al. used fuzzy TOPSIS and FMEA to create a maintenance plan that would reduce maintenance costs [6]. Chong et al. used FMEA to increase OEE in a semiconductor manufacturing company [7]. Villarini et al. used FMEA to optimize the maintenance plans of photovoltaic systems [8]. In this study, the use of FMEA for a maintenance problem is given as an example.

2. THE WORKFLOW OF THE FMEA

The workflow of the method is summarized in Figure-1. First of all, it is revealed which failures can be encountered in any product or process. Then, the possible effects of these failures are determined, and the severity of these effects is scored with the help of a ten or five scale. Then the probabilities of these effects are analysed by analysis of historical data or simulation etc. determined ways. Finally, the probability of detecting the failure before going to the next stage is determined. Occurrence probabilities and detectability are also scored with the help of scales. Then, these three points are multiplied, and the risk priority number is calculated. Each row in the FMEA table is ranked from largest to smallest according to risk priority numbers, and the effects that may cause failures are tried to be eliminated or taken under control, starting from the most risky situation – in line with the determined budget. A certain time is given for the actions to be done. Rows are then scored again at a scheduled time and risk priority numbers (RPN) are recalculated.

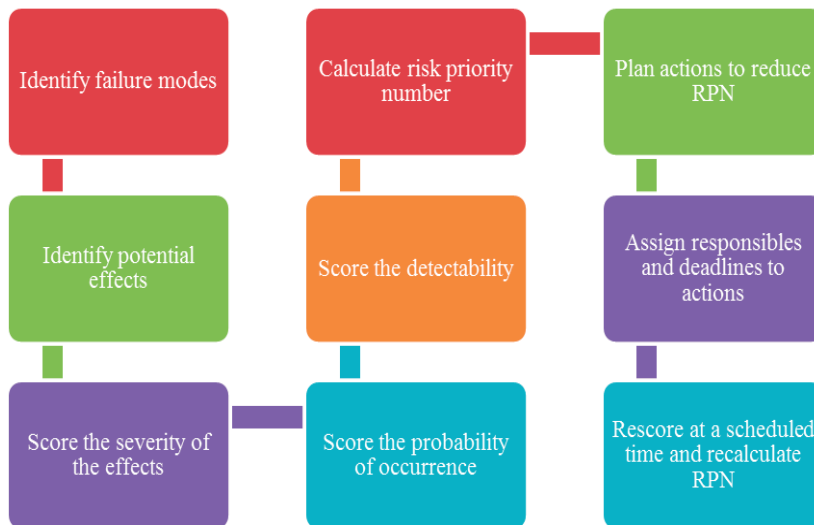


Figure 1. The workflow of the method

FMEA method can be used in different areas and for different subjects. The method can be used when designing a new product and process or changing existing designs and processes [9]. The method is named according to the stage in which it is performed. If it is in the design phase, it is called design FMEA; if it is work done in a process, it is called process FMEA; if it is related to systems, it is called system FMEA [10]. There are sample forms and scales that can be used in the implementation of the method on NASA's website [11].

3. AN EXAMPLE OF FMEA

An example of FMEA on failure prevention is shared in this section. The example was carried out in a fabric production process in the textile industry. Sample 10-point scales are shown in Table 1 for severity, occurrence and detectability factors. There are examples of scales in the literature. Scales suitable for the sector in which the study will be conducted can also be prepared.

Table 1. Scale of FMEA

Scale	1	10
Severity	Safe	Most risky
Occurrence	Hardly any	Very often
Detectability	Almost certain	Almost impossible

In Table 2, a sample FMEA application for the fabric production process is seen. The FMEA was carried out by an experienced team in the process. The order of the actions to be taken can be determined according to the calculated RPNs. At the same time, the severity scores on the rows, the ease of solving the cause and the budget allocated for the study are also important for action planning.

The first process seen in the Table 2 is the weaving process. Oil stains are seen on the woven fabrics after the maintenance of the looms. When the processes were examined, it was seen that there was no effective cleaning in the oiled areas after the maintenance. In addition, it has been determined that oil splashes on the fabric during the cleaning of the loom edge by holding air.

The second process is the maintenance of the washing machine. Two failure especially stand out. There are rollers in the machine. As can be seen in Figure 2, speed differences can occur between the rollers of the machine because of the sync problems [12]. This can lead to permanent defects in the fabric. Too much pressure on the rollers is another problem.

Table 2. FMEA application in textile processes

Process/ Subprocess	Potential Failure	Potential Effects of Failure	S	Potential Causes of Failure	O	Existing Process Controls	D	RPN
Maintenance of Weaving Looms	Oiled loom	Stained fabrics	7	Improper cleaning	5	Visual inspection on fabrics	3	105
			7	Irregular cleaning	4	Visual inspection on fabrics	3	84
Maintenance of Washing Machine	Rollers out of sync	Permanent crease on fabrics	8	Delaying maintenance	6	Visual inspection on fabrics	3	144
			8	Faulty maintenance	4	Visual inspection on fabrics	3	96
	Applying too much pressure	Permanent crease on fabrics	8	Using improper settings	5	Visual inspection on fabrics	3	120

S: Severity, O: Occurrence, D: Detectability.

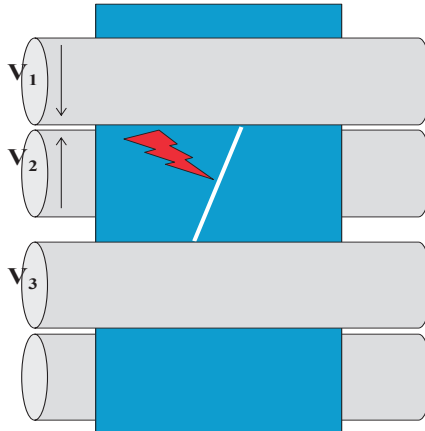


Figure 2. Washing machine rollers and fabric flow [12]

Table 3 shows the actions planned to eliminate the causes. These actions are carried out by the designated responsible until the deadlines determined. In addition, the rescoring made after the actions taken can also be seen.

Table 3. FMEA actions

Recommended Actions	Responsible /Deadline	Actions Taken	S	O	D	RPN
Training of maintenance operators.	Name/01.07.2022	SWI created. Training was organized.	7	3	3	63
Regular cleaning of looms.	Name/15.06.2022	SWI created. Regular process control.	7	3	2	42
Timely maintenance.	Name/15.06.2022	Maintenance reporting provided.	8	2	2	32
Training for proper maintenance. Regular process control.	Name/05.07.2022	Training was organized. Regular control system established.	8	2	2	32
Making experiments for the correct settings.	Name/20.06.2022	DOE was done. SWI created.	8	2	3	48

4. CONCLUSION

FMEA is a risk management tool that has been used in many sectors for many years. In this study, an example is given in the field of risk management for maintenance. With the use of FMEA, it is possible to prevent failures and eliminate faults that may occur due to failures. Thus, capacity losses can be reduced. Material and maintenance costs can be reduced. As a result, the competitiveness of the implementing company can be increased. This study can be applied and detailed for other sectors as well.

REFERENCES

- [1] McDermott R.E., Mikulak R.J. ve Beauregard M.R., The Basics of FMEA, pp. 3, ISBN 0-527-76320-9.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis - (Accessed 10.07.2022)
- [3] Sharma R.K. and Sharma P.: System failure behavior and maintenance decision making using, RCA, FMEA and FM, Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 16 No. 1, pp. 64-88, 2010.
- [4] Chen C.C.: A developed autonomous preventive maintenance programme using RCA and FMEA, International Journal of Production Research, Vol. 51 No.18, pp. 5404-5412, 2013.
- [5] Sutrisno A., Gunawan I. and Tangkuman S.: Modified Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Model for Accessing the Risk of Maintenance Waste, Procedia Manufacturing, Vol. 4, pp. 23-29, 2015.
- [6] Selim H., Yunusoglu M.G. and Balaman Ş.Y.: A Dynamic Maintenance Planning Framework Based on Fuzzy TOPSIS and FMEA: Application in an International Food Company, Quality and Reliability Engineering International, Vol.32 No.3, pp.795-804, 2016.
- [7] Chong K.E., Ng K.C. and Goh G.G.G.: Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (maintenance-FMEA) in a semiconductor manufacturer: A case study, 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), pp. 1427-1431, 2015.
- [8] Villarini M., Cesarotti V., Alfonsi L. and Introna V.: Optimization of photovoltaic maintenance plan by means of a FMEA approach based on real data, Energy Conversion and Management, Vol. 152, pp.1-12, 2017.
- [9] <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html> - (Accessed: 10.07.2022)
- [10] Stamatis D.H., Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution, 2nd ed., pp.459, 2003, ISBN 0-87389-598-3.
- [11] NASA, Standard for Performing a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Establishing a Critical Items List (CIL) (DRAFT) , Flight Assurance Procedure (FAP) – 322 - 209 “<http://rsdo.gsfc.nasa.gov/documents/Rapid-III-Documents/MAR-Reference/GSFC-FAP-322-208-FMEA-Draft.pdf>” (Accessed 10.07.2022)
- [12] Karaçizmeli İ.H. and Kaya S.: Increasing the Quality of Cotton Fabric Production in Textile Finishing Plants, Harran University Journal of Engineering, Vol.3 No.3, pp. 251-257, 2018.

DEVELOPING AND CONSTRUCTING INDUSTRY ROTATION SYSTEM FOR ACCEPTANCE OF PRODUCTS FROM STAMPING

Jure Marijić, mag.ing.mech
Marko Vilić, mag.ing.mech
Dr.sc.Ivan Grgić, postdoctoral researcher
Mirko Karakašić, Full professor
Goran Šimunović, Full professor with tenure
Mechanical Engineering Faculty
University of Slavonski Brod
Slavonski Brod, Croatia

Ines Delhusa, mag.ing.mech
Industrial-Craft High School Slavonski Brod
Slavonski Brod, Croatia

ABSTRACT

The current trend of increasing demand for electrical products defines the need for the production of basic elements of these devices. The basic elements are stators and rotors. In the stamping (progressive) process, a large number of stators and rotors are manufactured and, due to the technical complexity of the product, control is required, which usually cannot be carried out in the required time, as the production time is shorter than the control time. To enable the control of each product, it is necessary to accumulate products, i.e. time. The paper presents the design solution of the intermediate station, which enables the accumulation of products and ensures uninterrupted punching and control of 2/3 of the products, with special emphasis on easy maintenance, assembly and disassembly.

Key words: Product development, production, maintenance, stamping

1. INTRODUCTION

Stamping is the processing of metals or non-metals without separation of particles. As today's trend is towards large-scale and mass production, this technique is an ideal choice because the machines can be automated, very high productivity is achieved [1].

Progressive tool performs two or more operations at different stages in each stroke. The stock strip is advanced through a series of stations that form one or more distinct press working operations on the strip to get the component [2].

In progressive press tool the final product is obtained by progressing the sheet metal or strip in many stages. In each and every stage the component will get its shape and at the final stage the component is completely ready [3].

Progressive tools are suitable for continuous production of thin sheets with complex geometry, and the same sheets can be combined into packages. A progressive tool is a highly efficient production tool. It is used to produce very large quantities [4].

Since the geometry of the stamped product is very complex and defined by a narrow tolerance field, it is necessary to control the specified product. The control points are specified by the manufacturer and are usually the outer and inner diameter as well as the height of the product. Depending on the prescribed control points, a control machine is developed. Due to the limited technical possibilities of assemblies, pneumatic devices, the time needed for this control is longer than the time needed to manufacture the product. For this purpose, an industrial rotation system for acceptance of stamping products has been developed. The purpose of this system is to accumulate products and at the same time accumulate product production time so that the control system manages to control the defined items.

In the following, the design process of an industrial rotating system is presented and described in detail, focusing on easy maintenance, assembly and disassembly.

2. MACHINE MAINTENANCE

Machine maintenance is the work that keeps mechanical assets running with minimal downtime. It can include regularly scheduled service, routine checks, and both scheduled and emergency repairs. It also includes replacement or realignment of parts that are worn, damaged, or misaligned. Maintenance can be done either in advance of failure or after failure occurs. It is critical at any plant or facility that uses mechanical assets. It helps organizations meet production schedules, minimize costly downtime, and lower the risk of workplace accidents and injuries, affects every asset and every employee who uses those assets. That's why it's essential to develop a strategy to keep equipment working. Depending on the assets you use, your most effective strategy will include several types of maintenance. Determining the perfect balance isn't always easy and will definitely take some time, but you'll be paid back with healthier equipment, a more productive team, and fewer cost-inducing inefficiencies.

There are four main areas to focus on when aiming to improve machine maintenance at your facility:

1. **Planning** - Having a machine maintenance plan in place will ensure that parts, equipment, and labour are available when they're needed, and that there is a strategy in place to use those resources effectively.
Many maintenance plans will include both planned and scheduled maintenance, which will identify problems before failure occurs, and planned unscheduled maintenance, which ensures that failures are repaired, and assets are returned to working order as quickly as possible.
2. **Precision** - Establishing a precision maintenance strategy will ensure that maintenance tasks are performed consistently, accurately, and according to industry best practices.
3. **Protection** - A key part of improving maintenance involves keeping workers safe. Workers must have adequate personal protective equipment (PPE) and be trained in how to use it correctly.
4. **Measurement** - The final piece of the machine maintenance puzzle is measuring asset performance. Without data, condition-based, predictive, and prescriptive maintenance plans will not work. Accurate data about how your machinery performs lets you choose the right maintenance strategy, which will lead to better, more reliable performance [5].

Routine maintenance is provided for the industrial rotation system. Routine maintenance consists of basic maintenance tasks such as checking, testing, lubricating and replacing worn or damaged parts on a planned and ongoing basis. This maintenance is scheduled due to the possibility of failure of certain parts and the possibility of continuing the production process of products and their control with a higher workload of workers at the machine. The choice of maintenance method is also influenced by the price and availability of workers for the task.

3. DESIGN FOR ASSEMBLY AND DESIGN FOR MAINTENANCE

Designers not only have a major influence on the costs and the quality of the production of components but also on the costs and quality of assembly. The aims are to simplify, standardize, automate and ensure quality.

In accordance with the steps of the embodiment design phase, it seems useful to start considering assembly even while working on the working structure and the layout. An easy-to-assemble layout can be achieved if the assembly operations are:

- structured,
- reduced,
- standardised,
- simplified.

This will lead to a reduction in expenditure because the assembly process is improved and to increase in product quality because assembly is clearer and easier to control [6].

Maintenance requirements should have been included in the requirements list. When solutions have to be selected, easily maintained variants should be preferred. Examples are variants that require minimal servicing, include components that can be exchanged easily, and use components with similar life expectancies. During the embodiment phase, it is important to consider accessibility and ease of assembly and disassembly. However, design for maintenance should never compromise safety. A technical solution should, in principle, require as few preventative measures as possible. The aim is complete freedom from the need for service by using components with identical lives, reliability and safety. The chosen solution should thus incorporate features that make maintenance unnecessary or reduce it substantially. Only when such features cannot be realised or are too costly should service and inspection measures be introduced. In principle, the following aims are important:

- prevent damage and increase reliability,
- avoid the possibility of errors during disassembly, reassembly and start-up,
- simplify service procedures,
- make the results of servicing checkable,
- simplify inspection procedures [6].

3.1. Development of an industrial rotation system for acceptance of stamping products

In the development of the industrial rotation system, both the principles of design for assembly and design for maintenance have been followed. Following the proposed guidelines of the two techniques, the chosen design solution provides a predefined function and functionality, the design includes standard elements (profiles), standard elements for connection and at the same time the machining requirements are minimised to create the design solution. Guided by such a design approach, a system was developed that enables a specific function, ensures availability and the possibility of replacing construction elements, and is safe for employees, as well as enabling easier maintenance and reducing the time required for assembly and disassembly.

Figure 1. shows an industrial rotating system as a finished product made by Experio d.o.o. In the rest of the paper, the development and design features of the individual parts are presented.



Figure 1. Industry rotation system

3.2. Design features of industry rotation system

In the constructive elaboration of the problem presented, the limited space in which the said machine must be placed, the variant shown was chosen. This design allows for the acceptance of a large number of products and, at the same time, the accumulation of the time necessary for the smooth execution of the product control. A 3D model of the machine can be seen in Figure 2.



Figure 2. 3D model of industry rotation system

The design solution is based on the rotation of the products via a rotating stand. The products are positioned independently on the stand with their own geometry and rotate together until the products activate the stop system located in the centre of the stand with their outer geometry. Such a design solution allows the acceptance of a maximum number of products and at the same time the largest accumulation of time.



Figure 3. Stopping system

The operation of the stopping system is discussed and described in detail below, Figure 4. The system consists of a switch activated by the geometry of the product and attached to the mounted shaft. A release for the switch shaft is provided in the drive shaft of the transmission gear, which is connected to a mechanism with springs and an inductive sensor. This mechanism consists of a "flag" that activates the stop sensor when turned. This solution ensures that the machine is stopped when the product and the switch on the turntable touch.

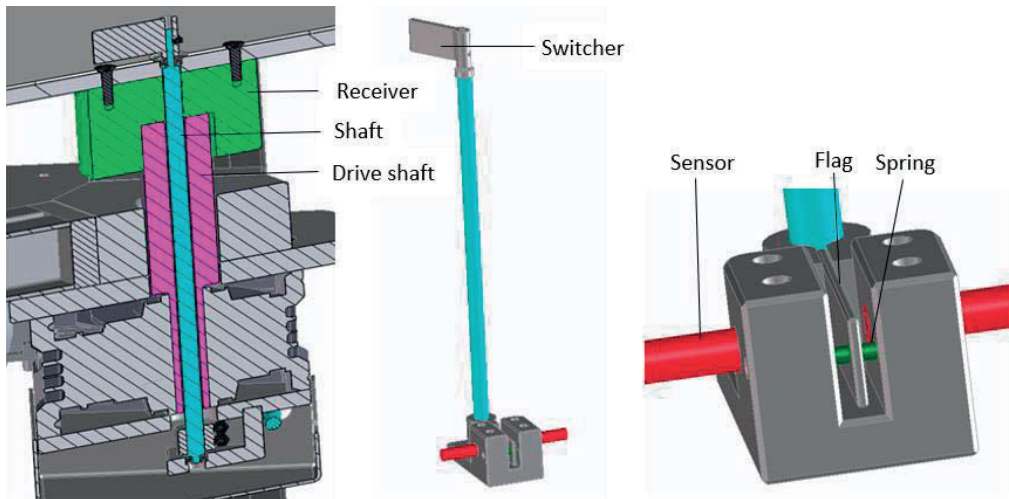


Figure 4. Function of stopping system

The electric motor transmits the torque via a standard coupling to the transmission gear, which is transmitted via the driveshaft to the receiver, which further transmits the specified torque to the rotation table. Both the electric motor and the transmission gear are attached to the structure. This is shown in figure 5.

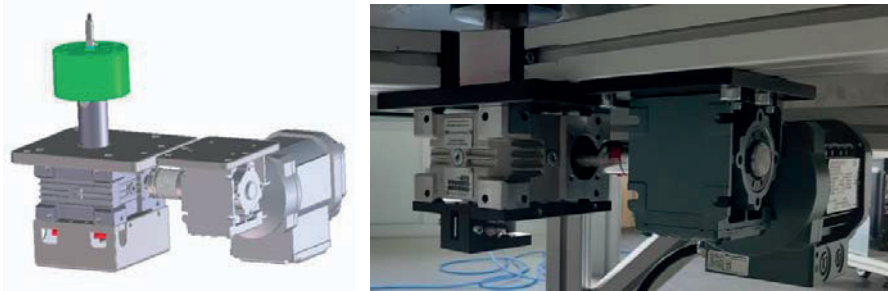


Figure 5. Electric motor and transmission

The rotation table rests on three articulated wheels which are protected. Such a choice of wheels (articulated) ensures independent positioning, regardless of the angle of rotation of the wheels, due to the friction between the base of the rotation table and the surface of the wheels. This is illustrated in figure 6. Both the wheels and the wheel protection are attached to the structure.

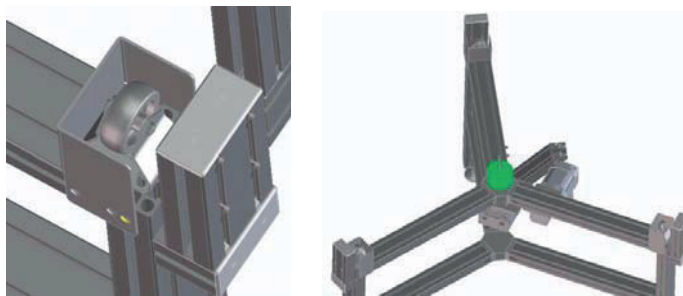


Figure 6. Position of wheels

The structure to accommodate all the systems consists of standard aluminium profiles and elements to attach the profiles to the structure. This is shown in figure 7. The 45x45 aluminium profiles were chosen for their strength and lightweight. Such a construction allows all the necessary elements to be attached without additional machining, which is ultimately an advantage in terms of maintenance, as all the necessary elements can be assembled or disassembled in a short time.



Figure 7. Construction

The choice of connecting elements was made according to the chosen construction profiles. The connecting elements are easy to install and do not require any additional machining, which makes them easy to use. This is illustrated in figure 8.

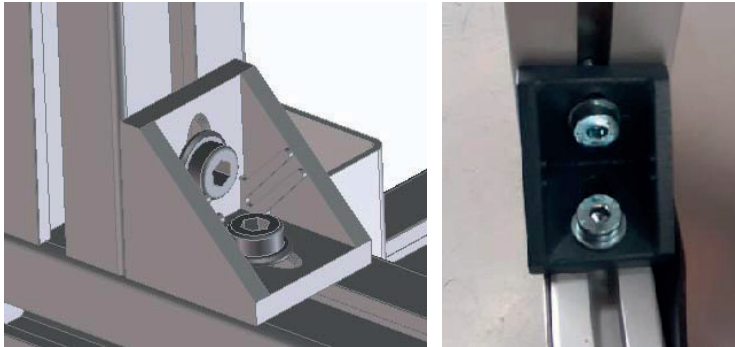


Figure 8. Connection elements

These parts, profiles and fasteners also have a strong impact on the production costs of the machine, as they are used as standard elements that are readily available when needed. This approach reduces the need for machining, which has a direct impact on maintenance.

When developing the design solution, great attention was paid to the safety of the employees who will maintain the machine, as well as to a design solution that ensures easy access to all design elements during maintenance. For this reason, all rotating parts are protected, sharp edges are rounded or covered with protective rubber, and there are safety labels. The construction solution has the possibility of high levelling, which allows versatile use in terms of infinite height. These elements can be seen in figure 9.



Figure 9. Safety elements



Figure 10. Official data of machine

4. CONCLUSION

Today's trend in demand for electrical products has indirectly influenced the need to develop an industrial rotating system for receiving stamped products. As mentioned earlier, the increased demand for stators and rotors, as the basic elements of electrical devices, has a direct impact on the development of control systems for the control of stamped products due to their geometric complexity. Due to the lack of technological capabilities of the existing equipment needed for control, it was necessary to develop an intermediate station for the accumulation of products, i.e. the accumulation of time.

The main goal of this paper was to apply the elements of design in the conception, development, and finally the manufacturing of an industrial rotating system for product acceptance. In developing the design solution, great attention was paid to maintenance and safety in the workplace. The use of standard construction elements such as aluminium profiles and the associated connecting elements ensures easy maintenance. Such a choice allows for on-demand maintenance in case of malfunctions or difficult work. Since the construction elements used are available in large quantities, the required parts can be replaced quickly. The paper presents the design features of all-important design elements such as drive, stop mechanism, aluminium construction, and connecting elements as well as safety measures for the safety of workers.

Based on the transferred experience after a period of use, it was found that the feedback was positive and the design solution met all requirements, both functionally and for easier maintenance and assembly and disassembly.

5. REFERENCES

- [1] Margić S., Rebec B.: Stamping part I. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1990.,
- [2] Mastanamma C., Prasada Rao K., Venkateswara Rao M.: Design and Analysis of Progressive Tool. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2012.,
- [3] Jaya Laxmi B., Vijaya Kumar Y.: Design of progressive die using FE analysis. International Journal of research in modern Engineering and Emerging Technology, 2014.,
- [4] Marijić J., Vilić M., Grgić I., Karakašić M., Ivandić Ž.: Development, structure and design of stamping tool, 30th International Conference on Organization and Technology of Maintenance OTO 2021, Osijek, Croatia, 2021.,
- [5] Fiix by Rockwell automation Homepage, <https://www.fiixsoftware.com/machine-maintenance/>, last accessed 2022/05/05.
- [6] Pohl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K. H.: Engineering Design A Systematic Approach. Springer, London, 2007

RUKOVANJE, UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE VENTILATORA AVD 650-90 kW ZA PROVJETRANJE JAME „BEGIĆI-BIŠTRANI“, POGON „HALJINIĆI, RMU „KAKANJ“ d.o.o KAKANJ

HANDLING, MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF AVD 650-90 kW FANS FOR VENTILATION OF BEGIĆI-BIŠTRANI PIT, HALJINIĆI PLANT, RMU „KAKANJ“ d.o.o KAKANJ

doc.dr.sc. Kasim Bajramović, dipl.inž.rud.
RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj / Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica

Irfan Bajramović, BA ing.cestovnog prometa, Kakanj

REZIME

Detaljnije sagledavanje parametara ventilatora za provjetranje jama, koji se prvenstveno odnosi na njegove osnovne karakteristike, funkciju i ugradnju, predstavlja jedan od značajnijih uslova potrebnih za poduzimanje aktivnosti na rukovanju, upravljanju i održavanju. Analiza osnovnih karakteristika ventilatora podrazumijeva svrhu i način njihovog regulisanja i čini osnovni zadatak koji prethodi odgovarajućim fazama. U tu svrhu, radi pravilnog i kontinuiranog funkcionisanja ventilatora, veoma je bitno pitanje rukovanja, upravljanja, ugradnje i održavanja ventilatora po odgovarajućim metodama [1], što je i osnovni cilj ovoga rada.

Ključne riječi: ventilator, provjetranje, održavanje, rukovanje.

ABSTRACT

A more detailed consideration of the parameters of the pit ventilation fan, which primarily refers to its basic characteristics, function and installation, is one of the important conditions required to undertake activities for operation, management and maintenance. The analysis of the basic characteristics of fans implies the purpose and manner of their regulation and is the basic task that precedes the appropriate phases. For this purpose, for the proper and continuous operation of the fan, it is very important to operate, control, install and maintain the fan according to appropriate maintenance methods [1], which is the main goal of this paper.

Keywords: fan, ventilation, maintenance, handling.

1. UVOD

Jama „Begići-Bištrani“ se provjetrava vještački pomoću instalisanog aksijalnog ventilatorskog postrojenja tip AVD 650-90 kW, prečnika rotora 1600 mm sa pripadajućim elektromotorom 4KTC 280 M-4, B3, Exd (Explosion Proof Motors - Exd / Exde), IP65.

Ventilatorsko postrojenje se sastoji od glavnog ventilatora, rezervnog ventilatora sa usisnim kanalom i difuzorom, elektroenergetske opreme za zaštitu i frekventnu regulaciju glavnog i rezervnog ventilatora, opreme za monitoring parametara ventilacije i ventilacione opreme.

Upravljanje, pokretanje, zaustavljanje, promjena broja obrtaja, je izvedeno na ormaru automatike u sklopu elektroupravljačkog bloka ventilacione stanice u redovnom i režimu reverzije (okretanje vazdušne struje). Pored ventilatorskog postrojenja i prateće opreme instalirano je i rezervno napajanje to je dizel agregat.

Radi ostvarenja neophodne pouzdanosti invertori i sve važne komponente elektropreme glavnog i rezervnog ventilatora su duplirane. Upravljanjem se može podešavati količina vazduha ventilacionog sistema rudnika, programsko zalijetanje i kočenje bilo kog ventilatora i reverzija (okretanje vazdušne struje). Promjena parametra ventilacije ostvaruje se za 10 do 15 sekundi, a okretanje vazdušne struje 25 sekundi, kada se prelazi na kompresioni režim provjetravanja rudnika. Predviđeni su svi savremeni sistemi zaštite opreme (zaštita od kratkog spoja, preopterećenja, asimetrije faza, podnaponska i prenaponska zaštita) i kompenzacija reaktivne električne snage od 98 do 99%.



Slika 1. Ventilatorsko postrojenje s ventilatorom AVD-650-90kW Begiči [3]

2. OPIS VENTILATORA AVD-650-90kW

Ventilator je jednostepeni aksijalni ventilator prečnika rotora 1600 mm. Ventilator pogoni elektromotor specijalne konstrukcije Bartec — Varnost 4KTC 280 M-4 Exd 1. Elektromotor je izveden kao neprodorni oklop u stepenu zaštite Exde I mehaničke zaštite IP65.

Rotor se okreće u smjeru suprotnom od kazaljke na satu gledano sprijeda. Lopatice rotora su sa aeroprofilom G433M, sklop je u cjelini od karbonskih niti, velike zatezne čvrstoće 400 do 500 N/mm². Dva ili više ventilatora po potrebi mogu se serijski ugrađivati. Pri serijskom radu dva ventilatora AVD-650-90kW protok je 10 do 20 % veći a izlazni pritisak 80 do 90 % veći od jednog ventilatora. U paralelnom radu pritisak ostaje isti, a protok obično poraste za 40 do 60 % , zavisno od ekvivalentnog otpora jame.

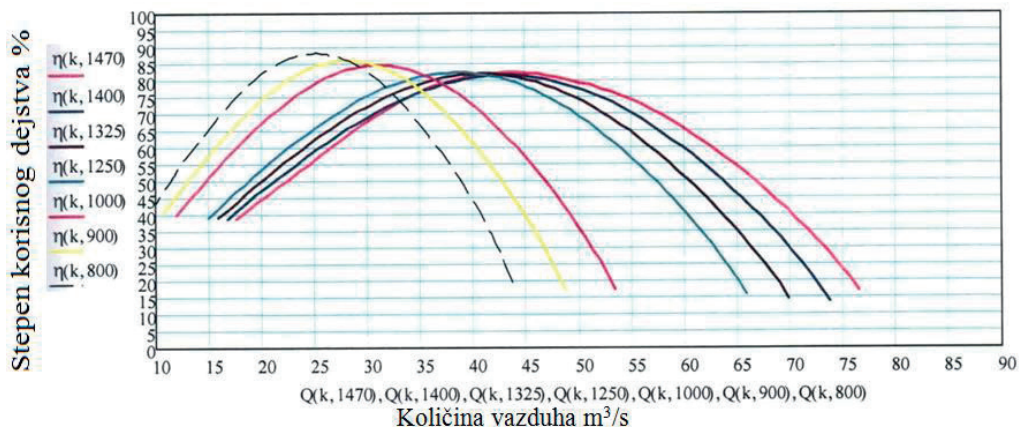
Tabela 1. Karakteristike glavnog i rezervnog ventilatora tip AVD 650

NAZIV	GLAVNI VENTILATOR	REZERVNI VENTILATOR
Proizvođač	Bartec - Varnost	Bartec - Varnost
Tip	AVD 650	AVD 650
Motor	4KTC 280 M-4, B3, Exd, IP65	4KTC 280 M-4, B3, Exd, IP65
Kapacitet	30 do 70 m ³ /sec	30 do 70 m ³ /sec
Depresija pri protoku vazduha od 60 m ³ /sec	1000 Pa	1000 Pa

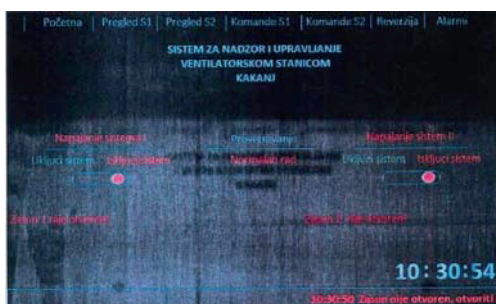
NAZIV	GLAVNI VENTILATOR	REZERVNI VENTILATOR
Maksimalna depresija pri protoku vazduha od 70 m ³ /sec	2150 Pa	2150 Pa
Snaga motora	90 kW	90 kW
Stepen iskorištenja ventilatora	82 %	82 %
Napon napajanja ventilatora	500 V, 50 Hz	500 V, 50 Hz

2.1. Dizel električni agregat

Za potrebe rezervnog napajanja sistema u slučaju nestanka električne energije, što je posebno važno za održavanje stalnog protoka vazduha u jami rudnika, predviđeno je postavljanje dizel električnog agregata. Agregat je predviđen za spoljnu montažu u zvučno izolovanom kontejneru. Dizel agregat je tipske izvedbe, kontejnerskog tipa u kome je kao pogonski agregat instaliran dizel motor i trofazni asinhroni generator, sa opremom za razvođenje i zaštitu. U istom se nalazi i rezervoar za dizel gorivo kapaciteta dovoljnog za rad agregata od najmanje tri (3) sata.



Slika 2. Performanse VENTILATORA AVD-650-90 Kw [3]



Slika 3. HMI touch displej - prikaz početna strana [3]

3. RUKOVANJE I UPRAVLJANJE VENTILATOROM AVD-650-90 kW

3.1. Prvo puštanje u rad

Prije prvog puštanja u rad stručno lice mora obaviti kontrolu ispravnosti veza napojnog voda, a naročito ispravnost veza zaštitnog voda (uzemljenje).

Nakon što se provede kontrola, stručno lice pristupa hladnoj probi [3, 4]:

- Provjerite da li je otvoren zasun na ventilatoru? Ukoliko nije potrebno otvorite zasun.
- Uključite automatske osigurače u ormanu frekventne regulacije LVVFD, a zatim i osigurače u ormanu LVCP, sem osigurača koji je namijenjen za napajanje grijača elektro motora (grijač protiv kondenzacije). Ovo je posebno važno jer grijač elektro motora dobija napajanje kada je ventilator van funkcije (isključen). Stoga je veoma važno da osigurač grijača motora koji se nalazi u ormanu LVCP bude isključen prilikom prvog puštanja i hladne probe. Kada se završi hladna proba uključite osigurač grijača motora.



Slika 4. Automatski osigurači u ormanu LVVFD [3]

- Uključiti glavne prekidače, preko ručice koja se nalazi na vratima ormana LVVFD.
- Provjerite prisutnost faza preko signalnih sijalica na vratima ormana (signalne sijalice žute boje), a zatim izmjerite međufazni napon na dolaznoj grani, preko analizatora mreže koji se takođe nalazi na vratima ormana.



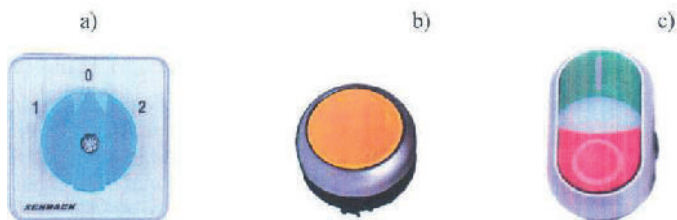
Slika 5. Analizator mreže na vratima ormana LVVFD [3]

- Podesiti parametre frekventnog regulatora. Ukoliko je sve u redu, pristupiti podešavanju i parametrisanju frekventnog regulatora.



Slika 6. Analizator mreže na vratima ormana LVVFD [3]

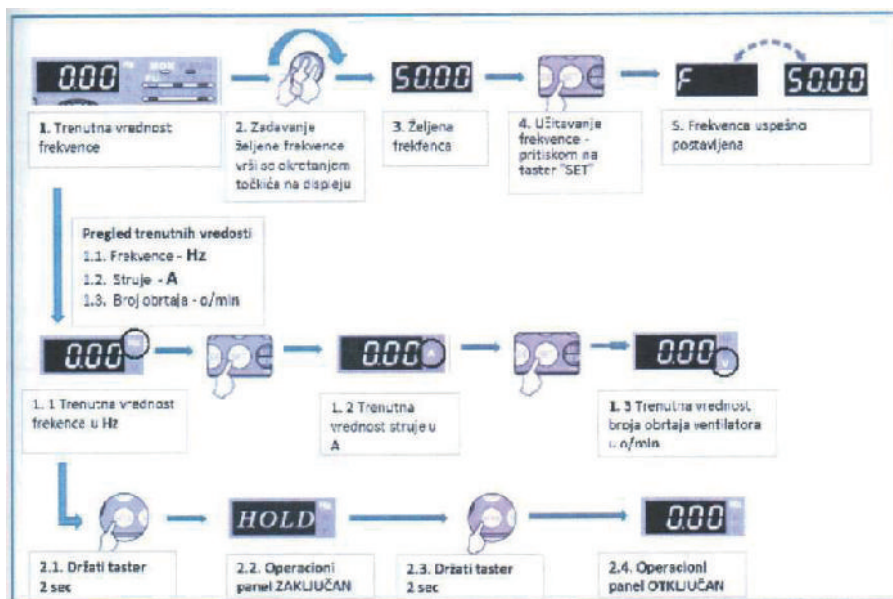
- Provjerite smjer okretanja. Nakon podešavanja parametara, može se početi sa provjerom smjera okretanja ventilatora. Prebaciti izborni prekidač RUČNO — 0 — AUTOMATSKI, u položaj RUČNO, a zatim izvršite testiranje otpora izolacije, pritiskom na taster TEST/RESET. Nakon provjere otpora izolacije, kratkotrajno uključiti ventilator preko prekidača START / STOP.



Slika 7. a) izborni prekidač; b) taster TEST/RESET; c) taster START / STOP- ručno [3, 4]

Ako je pogrešan smjer okretanja, proba se zaustavlja dok se ne izvrši promjena faza na napojnom kablu motora ventilatora.

Da ne bi došlo do neželjene situacije, strujnog udara, sačekati oko 10 minuta, da bi se ispraznili kondenzatori na frekventnom regulatoru. Nakon toga zamijenite redoslijed faza na napojnom kablu motora ventilatora, ili na priključnim stezaljkama u ormanu ili u dekli motora. Još jednom kratkotrajno uključite ventilator da se provjeri smjer. Ako je sve uredi krenuti s testiranjem i u probni rad.



Slika 8. Postupak postavljanja frekvencije [3, 4]

4. PREGLED I ODRŽAVANJE VENTILATORA AVD-650-90 kW

Preduzimanje potrebnih aktivnosti održavanja radi dovođenja tehničkih sredstava – proizvodne opreme u stanje koje će omogućiti postizanje postavljenog cilja materijalne proizvodnje postiže se odgovarajućim metodama održavanja [1]. Sljedeći ovu definiciju, moguće je definisati održavanje ventilatora u okviru ventilatorskih postrojenja.

Ventilatorsko postrojenje u toku smjene dužni su obični nadzornici vjetrenja, jedan put sedmično poslovođa vjetrenja i dva puta mjesečno pomoćnik upravnika za ventilaciju. Poslovođa elektro i mašinskih postrojenja dužni su najmanje dva puta mjesečno izvršiti pregled ventilatorskog postrojenja kako bi se konstatovala funkcionalnost i ispravnost rada ventilatora. Pomoćnici upravnika za mašinske i elektro poslove dužni su kontrolisati stanje na ventilatorskom postrojenju najmanje jedan puta mjesečno. Svi pregledi ventilatorskog postrojenja moraju se evidentirati u knjige pregleda.

Ventilator je projektovan tako da nema posebnih periodičnih radnji i mjera održavanja tokom radnog vijeka izuzev podmazivanja ležajeva svakih 6 mjeseci sa po 70 gr masti LIS-3 preko mazalica na plaštu ventilatora. Realni radni vijek ventilatora je računski utvrđen na 500.000 sati rada, uz uslov pravilnog korištenja ventilatora i pridržavanja sigurnosnih mjera proizvođača. Zavisno od uslova rada stvarni vijek ventilatora se utvrđuje dijagnostikom vibracija izazvanih stanjem rotirajućih elemenata i ležajeva. U elektromotor ventilatora ugrađena su 2 kotrljajuća ležaja i to prednji valjkasti FAG NU316C3 a zadnji QJ316-N2-MPA.

Periodičnim mjerenjem vibracija na prednjem i zadnjem upornom prstenu utvrđuje se stvarni vijek ventilatora do njegovog remonta. Prvo mjerenje se vrši nakon 2 godine od prvog puštanja u rad ventilatora. Ako je vibro brzina do 1,8 mm/s ventilator kontrolisati nakon sljedeće 2 godine. Ako je vibro brzina u obimu 1,8 do 4 mm/s ventilator kontrolisati nakon

isteka 1 godine dana. Ako je vibro brzina u obimu 2,8 do 7 mm/s ventilator kontrolisati nakon 6 mjeseci. Ako je brzina veća od 17 mm/s ventilator poslati na remont.

Remont može obaviti specijalizovana radionica korisnika ili neka druga stručna firma sa ovlaštenjem za remont opreme u Ex zaštiti. Pri remontu je obavezna zamjena svih oštećenih elemenata, zamjena ležajeva, zamjena svih dijelova od gume, dinamičko uravnoteženje rotora elektro motora i rotora ventilatora prema ISO 1940 klase G2.5 i ispitivanje da li remontovani motor ispunjava uslove Exde I.

Konstrukcija ventilatora je kruta robusna, lahka za demontažu i ponovnu montažu. Za demontažu rotora koristiti vijak M27 kao radapciger, čijim zavrtanjem u glavu rotora, rotor se skida sa rukavca motora. Kod montaže rotora koristiti vijak M16 koji pri uvrtanju u rukavac motora navlači rotor na rukavac.

Nije dozvoljeno udarati po rotoru ventilatora u cilju montaže ili demontaže jer to sigurno dovodi do velikih oštećenja ležajeva motora.

4.1. Isključivanje u kritičnim uslovima

- Kada glavni prekidač na primarnoj strani pretvarača isključi napajanje, provjeriti eventualni kvar na ožičenju (kratki spoj), oštećenje unutrašnjih dijelova pretvarača, itd. Odrediti uzrok „iskakanja“, zatim uklonite uzrok i uključiti prekidač.
- Kad je aktivirana zaštitna funkcija (npr. frekventni regulator se isključi sa porukom greške), preduzeti odgovarajuće radnje kao što je opisano u priručniku pretvarača, zatim resetovati pretvarač, i nastavite rad.

4.2. Održavanje, pregled i zamjena dijelova

Održavanje prema stanju je proces dijagnostike koji ima za cilj da se praćenjem rada proizvodne opreme definiše tehničko stanje svakog njenog sastavnog dijela. Na ovaj način praktično se prati „zdravlje“ sastavnih dijelova proizvodne opreme [2], slično kao što ljekar prati zdravlje čovjeka, da bi se poduzele potrebne aktivnosti, planirane zamjene ili opravke pojedinih dijelova a u cilju eliminacije zastoja. Ova metoda održavanja može se primijeniti kod one proizvodne opreme kod koje je moguće sprovesti dijagnosticiranje njenih sastavnih dijelova, kao što je slučaj kod ventilatora u sklopu ventilatorskog postrojenja.

- Ne vršite izmjene na opremi.
- Ne vršite zamjenu dijelova koji nisu navedeni u priručniku za održavanje ventilatora.
- Periodično izvršite vizualni pregled opreme.
- Ukoliko je potrebno preventivno dotegnite kablovske priključke.

5. ZAKLJUČAK

Ventilatori u sklopu ventilatorskog postrojenja imaju poseban značaj zbog čega je poznavanje tehničkih karakteristika, rukovanja, ugradnje i održavanja bitno za pravilno funkcioniranje tih postrojenja. Regulisanjem ventilatora rješavaju se zadaci koji se javljaju u slučajevima permanentnog podešavanja radnih parametara postrojenja prema nekim unaprijed programiranim uslovima, ili uslovima koji se nepredviđeno stižu u toku rada postrojenja. Poduzimanje aktivnosti održavanja radi osiguranja ispravnog funkcioniranja ventilatora omogućuje se primjenom odgovarajućih metoda a u sklopu njih i konkretnih akcija

održavanja. Poseban značaj u procesu održavanja ventilatora predstavlja primjena metode preventivnog održavanja a u sklopu nje primjena metode održavanja prema stanju, kao specifičnog vida ove metode, koja se prvenstveno bazira na dijagnostici sastavnih dijelova ventilatora. Bez obzira na primijenjene metode održavanja, u opštem slučaju nije moguće izbjeći neplanirane zastoje a time i potrebu za hitnim intervencijama.

Poznavanje pouzdanosti proizvodne opreme na bazi izvršenog dijagnosticiranja u procesu njene eksploatacije jedan je od bitnih faktora za donošenje odluke o potrebi za nabavkom nove. U ovom, važnom procesu, radnici na održavanju su među najodgovornijima za pravilan i nesmetan rad opreme koja se nabavlja, zbog čega oni predstavljaju važnu kariku u lancu odlučivanja.

Način na koji je izvršeno razmatranje regulisanja ventilatorskih postrojenja i njihovo održavanje postupkom dijagnosticiranja, može se kao model primijeniti kod bilo koje opreme, pa time i kod ventilatorskog postrojenja.

Ovaj rad je rezultirao uspješnoj implementaciji ventilatora AVD 650-90 u jami “Begići-Bištrani” Rudnika Kakanj, a može poslužiti kao osnova za poboljšanje, humanizaciju uslova rada i poboljšanje ukupne sigurnosti na radu.

REFERENCE

- [1] Mijović B., Održavanje strojeva i uređaja, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2019.
- [2] Soldat, A., Regulisanje ventilatorskih postrojenja i njihovo održavanje, Tehnika – Menadžment 53(2003)4-5, 7-14
- [3] DRP montaže i puštanja u rad ventilatorskog postrojenja jame „Begići –Bištrani“, RMU „Kakanj“ d.o.o. Kakanj.
- [4] <https://pdfcoffee.com/ventilacija-rudnika-odabrana-poglavlja-pdf-free.html>, pristup ostvaren 13.06.2022.

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA UTJECAJA AKTIVNOSTI
ODRŽAVANJA VOZILA, STROJEVA I OPREME**

**MULTICRITERIA IMPACT ANALYSIS ACTIVITY MAINTENANCE
VEHICLES MACHINERY AND EQUIPME**

**student poslijediplomskog studija
mr. sc. Mario Lovrić**

**prof. dr. sc. Marinko Stojkov
Strojarski fakultet Slavonski Brod
Slavonski Brod**

**prof. dr. sc. Goran Šimunović
Strojarski fakultet Slavonski Brod
Slavonski Brod**

**prof. dr. sc. Tomislav Šarić
Strojarski fakultet Slavonski Brod
Slavonski Brod**

REZIME

Cilj rad je, na osnovi provedenog istraživanja, pokazati i dokazati da se sustavnim pristupom praćenja održavanja i primjenom planskog održavanja može povećati efikasnost tvrtke, smanjiti broj i vrijeme zastoja te višestruko smanjiti troškove održavanja vozila, strojeva, postrojenja i uređaja u tvrtkama koje se bave niskogradnjom, transportom i proizvodnjom..

ABSTRACT

The aim of the work is to show and prove, on the basis of the conducted research, that with a systematic approach to maintenance monitoring and the application of planned maintenance, the company's efficiency can be increased, the number and time of downtime can be reduced, and the maintenance costs of vehicles, machines, plants and devices in companies engaged in civil engineering can be reduced multiple times, transport and production.

Ključne riječi: 1 Održavanje, 2 Kvar, 3 Vozilo, 4 Stroj, 5 Građevinski stroj, 6 Oprema

1. UVOD

Cilj ovog rada je pokazati i dokazati značaj uloge sustavnog održavanja i praćenja stanja vozila, strojeva i opreme na uspješnost poslovanja građevinskih tvrtki iz Slavenskog Broda. Naime, zbog visokih troškova održavanja, velikog broja zastoja i otežanog upravljanja provedeno je istraživanje u cilju odabira modela održavanja koji pridonosi boljem poslovanju tvrtki u cijelosti. U tom smislu, uvedena je nova strategija planskog održavanja, koje se sastoji od korektivnog i preventivnog održavanja, [1]. Preventivno održavanje uključuje

plansko podmazivanje, planske popravke, preventivne preglede, traženje i otklanjanje slabih mjesta i održavanje po stanju, [2]. Analizom vozila i strojeva izrađen je univerzalni i normirani katalog planskog održavanja vozila i strojeva, koji je rezultat višegodišnjeg rada i iskustva u održavanju. Doprinos univerzalnog i normiranog kataloga je velik, obuhvaća sve vrste vozila i strojeva, koji su podijeljeni u devet glavnih cjelina (sklopova), gdje je detaljno prikazano na koliko prijeđenih kilometara za vozila ili broja radnih sati za strojeve, koju operaciju održavanja treba izvesti i koji je ciklus ponavljanja kao proces sustavnog praćenja svih značajki u održavanju. Ove tvrtke ustrojene su s velikom alokacijom materijalnih, ljudskih i ustrojenih resursa. Poslovna aktivnost je različita i uloga pojedinih ustrojenih jedinica ima različiti značaj u poslovnom sustavu u različitim godišnjim dobima. Time složenost organizacijskog ustroja postaje jedan od dominantnih čimbenika za profitabilno poslovanje, a posebna važnost je u odgovornosti, ovlastima i komunikacijskim odnosima između svih organizacijskih jedinica i zaposlenika (prema ovlastima i ulogama koje su im dodijeljene). Ovaj problem, nakon provedbe istraživanja, za potrebe ovog rada i drugih potreba za unapređenje efikasnosti poslovnog sustava u cjelini, riješen je uvođenje detaljnih procedura, a kontrola njihovih primjena u tvrtkama je pomoću ISO 9001 - Sustava upravljanja kvalitetom i ISO 14001 - Sustava zaštite okoliša. Na osnovi istraživanja provedena je višekriterijska analiza postojećeg stanja održavanja i organizacijskog ustrojstva u transportnom i proizvodnom odjelu. Sustavnim prikupljanjem i praćenjem tehničkih, ekonomskih i organizacijskih kriterija kroz istraživanje, te primjenom analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP – Analytic Hierarchy Process, *engl.*) kao višekriterijskog modela utvrđen je model planskog održavanja koji omogućuje smanjenje broja zastoja, vrijeme zastoja i broj sati popravka, a time se i produljuje vijek trajanja vozila, strojeva i opreme što višestruko pridonosi boljoj efikasnosti i rentabilnosti tvrtki. Provedena je simulacija rezultata istraživanja primjenom programa Expert Choice.

2. OPIS SUSTAVA

Analizom financijskog stanja u voznom parku, primijećene su velike stavke vezane za održavanje vozila, strojeva i opreme, odnosno za velike popravke – remonte, koji su u većini slučajeva došli zbog zakašnjele intervencije i loše koordinacije. Veliki kvarovi i zastoji se događaju u neprihvatljivom vremenskom trenutku s obzirom na poslovne aktivnosti, odnosno kada su vozila i strojevi najpotrebniji.

Znatne su financijske štete za tvrtke zbog lošeg pristupa procesu održavanja. Tijekom istraživanja, na osnovi praćenja procesa održavanja vozila, strojeva i opreme u tvrtkama reprezentantima uočena je prisutnost korektivnog održavanja samo u slučajevima zastoja ili kvara, a udjel preventivnog održavanja prisutan je u minimalnom obliku kroz aktivnost izmjena ulja, filtera i podmazivanje vozila, strojeva i opreme.

U ovom radu, prikazat će se ishod ovakvog lošeg oblika održavanja kao prikazani ogromni gubici u tvrtkama, a što se može vidjeti u prikazu ovoga rada na 9 izabranih specifičnih slučajeva u kojim su vidljive razlike između korektivnog i planskog održavanja. Financijske uštede su veoma velike, a prosječno se kreću oko 7,17 puta ili 717%.

Posebni doprinos rezultata istraživanja u ovom radu je ostvaren uvođenjem planskog održavanja, vidljiv je i prikazan u brojčanom obliku u navedenim tablicama kao višestruko smanjenje troškova. Podatci nakon prijave neispravnosti u radu vozila, stroja ili opreme, te dijagnosticiranja kvara i naručivanje dijelova potrebnih za izmjenu. Nakon pristizanja potrebnih dijelova izvršen je popravak na vozilu, stroju ili opremi. U fazi dijagnosticiranja i popravaka posebna pozornost je usmjerena na što manje poremećaje u dinamici i efikasnosti poslovnih aktivnosti u tvrtkama, a što direktno smanjuje financijsku štetu za tvrtke.

Klasičnim korektivnim održavanjem se pristupa popravku tek nakon kvara i trajne neispravnosti ili havarije. Na taj način, ovakvim usporednim prikazom, lako je uočljiva razlika u doprinosu uspješnosti poslovanja tvrtki primjenom korektivnog ili planskog modela održavanja. Provedena analiza i uočeni problemi (tehnički i financijski) potvrđuju potrebu provedbe istraživanja i uvođenje organiziranog oblika procesa održavanja kao planskog održavanja.

Tablica je podijeljena u tri segmenta:

1. Potrebni radovi na popravku,
2. Troškovi popravaka (rezervni dijelovi i troškovi rada),
3. Troškovi vremena zastoja vozila, stroja ili opreme.

Veliku stavku čine troškovi zastoja vozila, stroja ili opreme, koji su povezani sa vremenom zastoja i vrijednosti najma po satu vozila, stroja ili opreme.

Vrijeme zastoja je puno veće za korektivno održavanje zato što je pretežno dolazilo do velikog oštećenja ili havarije, a time se znatno mijenja cijeli sklop na vozilu, strojevima ili opremi kao što je npr. sklop spojke, mjenjač, reduktor i dr.

U odnosu na plansko održavanje pravovremena reakcija u izmjeni dijelova, popravak bi bio puno jeftini i brži, a ranije naručeni dijelovi bi se lakše dobavili nego cijeli sklopovi.

3. ANALIZA PODATAKA

Na osnovi analize rezultata provedenog istraživanja definirana je tablica 1.1 kao sustav normiranih operacija planskog pregleda. Na taj način je definiran novi normirani postupak operacija planskog pregleda za potrebe planskog održavanja, a koji ima mogućnost univerzalne primjene i u drugim tvrtkama, a može poslužiti kao primjer u edukaciji kako stručnjaka iz područja održavanja tako i u obrazovnom procesu.

U tablici 1.2 prikazan je dio radnih sustava i komponenti predviđenih za plansko održavanje u tvrtkama u kojima je obavljeno istraživanje i definirano plansko održavanje prema navedenoj metodologiji.

Jedan od doprinosa istraživanja je definiranje i primjena novog univerzalnog i normiranog kataloga planskog održavanja vozila i strojeva prikazan u tablici 1.3, prema navedenoj metodologiji do kojeg se došlo dugogodišnjim radom na poslovima održavanja. Doprinos univerzalnog i normiranog kataloga je značajan, jer obuhvaća sve vrste vozila i strojeva (građevinskih), koji su podijeljeni u devet glavnih cjelina (sklopova), gdje je detaljno prikazano na koliko prijedehenih kilometara (za vozila) ili broja radnih sati (za strojeve-građevinske), koju operaciju održavanja treba izvesti i koji je ciklus ponavljanja. Ovakvu metodologiju aktivnosti planskog održavanja moguće je primijeniti i u drugim poslovnim sustavima ovakvog i/ili sličnog ustroja i poslovnog opsega djelatnosti.

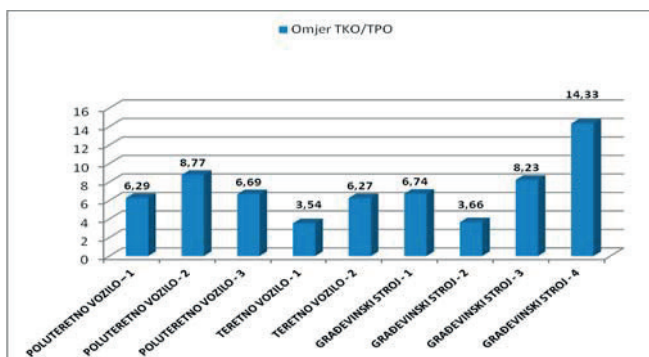
Jasnoća prikupljenih i analiziranih podataka, struktura podataka, financijski i količinski pokazatelji su doprinijeli definiranju i provođenju planskog modela održavanju. Cijela problematika poslovanja u sinergiji s održavanjem je vrlo kompleksna u svim svojim segmentima zahtjeva međusobnu povezanost. Poremećaj u radu zbog zastoja umanjuje poslovnu efikasnost tvrtki.

Analizom ukupnog broja i vremena zastoja te vremena popravka uočen je znatan pad broja izvršenih radnih sati u 2007. godini, a još veći pad broja izvršenih radnih sati je bio u 2008. godini. Na taj način uravnotežen je ekonomski i proizvodni interes tvrtki. Planskim održavanjem se postiže bolje stanje gotovosti vozila, stroja ili opreme za izvršenje određene poslovne aktivnosti, kako bi kvalitetno i pravovremeno poslovna aktivnost započela i bila izvršena, a što je jedan od ishoda u doprinosu ovoga rada. U istraživanju je praćeno stotinjak vozila, strojeva i uređaja.

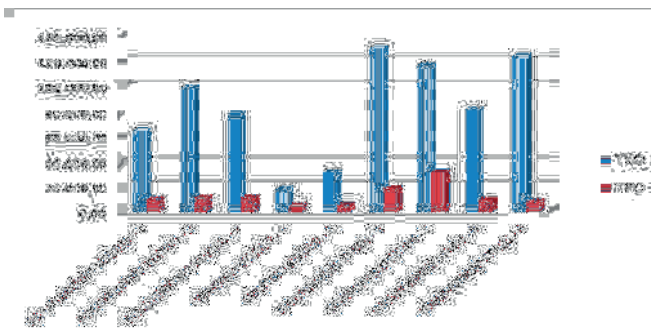
Tablica 1.1 Usporedni prikaz troškova održavanja korektivnog i planskog na odabranim primjerima kao financijski pokazatelj opravdanosti uvođenja planskog modela održavanja

Redni broj	Vrsta vozila ili građevinskog stroja	Troškovi korektivnog održavanje (TKO)	Troškovi planskog održavanje (TPO)	Omjer TKO/TPO	Odstupanje u postotcima [%]
1	POLUTERETNO VOZILO – 1	64.963,77	10.321,36	6,29	629,41
2	POLUTERETNO VOZILO - 2	98.490,27	11.228,48	8,77	877,15
3	POLUTERETNO VOZILO - 3	78.469,60	11.728,80	6,69	669,03
4	TERETNO VOZILO - 1	18.396,24	5.192,15	3,54	354,31
5	TERETNO VOZILO - 2	32.071,41	5.115,72	6,27	626,92
6	GRAĐEVINSKI STROJ - 1	130.355,32	19.336,32	6,74	674,15
7	GRAĐEVINSKI STROJ - 2	116.840,69	31.923,20	3,66	366,01
8	GRAĐEVINSKI STROJ - 3	81.402,08	9.893,12	8,23	822,82
9	GRAĐEVINSKI STROJ - 4	124.284,85	8.671,20	14,33	1.433,31
		Srednja vrijednost		7,17	717,01

Na osnovi brojčanih pokazatelja danih u tablici 1.2 moguće je navedene rezultate prikazati u histogramu na slici 1.1. Dan je prikaz numeričke vrijednosti omjera troškova korektivnog modela održavanja (TKO) u odnosu na troškove planskog modela održavanja (TPO).



Slika 1.1 Histogramski prikaz omjera troškova korektivnog i planskog održavanja



Slika 1.2 Histogramski prikaz financijskog udjela troškova korektivnog i planskog održavanja prema reprezentantima

Na osnovi navedenog prikaza financijskih pokazatelja vrijednosti troškova (na apscisi slike 1.2) nastalih primjenom korektivnog modela održavanja s obzirom na planski model održavanja nastali tijekom praćenja u postupku istraživanja za potrebe ovoga rada, a u svezi navedenih reprezentanata kako prikazuje slika 1.2.

Na osnovi analize rezultata provedenog istraživanja definirana je tablica 1.1 kao sustav normiranih operacija planskog pregleda. Na taj način je definiran novi normirani postupak operacija planskog pregleda za potrebe planskog održavanja, a koji ima mogućnost univerzalne primjene i u drugim tvrtkama, a može poslužiti kao primjer u edukaciji kako stručnjaka iz područja održavanja tako i u obrazovnom procesu.

U tablici 1.2 prikazan je dio radnih sustava i komponenti predviđenih za plansko održavanje u tvrtkama u kojima je obavljeno istraživanje i definirano plansko održavanje prema navedenoj metodologiji.

Analizom ukupnog broja i vremena zastoja te vremena popravka uočen je znatan pad broja izvršenih radnih sati u 2007. godini, a još veći pad broja izvršenih radnih sati je bio u 2008. godini. Na taj način uravnotežen je ekonomski i proizvodni interes tvrtki. Planskim održavanjem se postiže bolje stanje gotovosti vozila, stroja ili opreme za izvršenje određene poslovne aktivnosti, kako bi kvalitetno i pravovremeno poslovna aktivnost započela i bila izvršena, a što je jedan od ishoda u doprinosu ovoga rada. U istraživanju je praćeno stotinjak vozila, strojeva i uređaja.

Tablica 1.2 Normirane operacije planskog održavanja

Oznaka	Operacija	Oznaka	Karakteristika	Oznaka	Karakteristika
01	Dopuni	01	Amplituda	34	Učinak
02	Ispiri	02	Brujanje	35	Ulje
03	Ispitaj	03	Buka	36	Iskrenje
04	Ispusti	04	Debljinu	37	Vibracije
05	Ispuši	05	Djelovanje	38	Vrijeme
06	Izmjeri	06	Istrošenost	39	Zategnutost
07	Očisti	07	Lupanje	40	Zazor
08	Podmaži	08	Mast	41	Začepljenje
09	Pritegni	09	Nalijeganje	42	Deformacije
10	Provjeri	10	Nasjedanje	43	Podmazivanje
11	Rastavi	11	Napon	44	Necentričnost
12	Reguliraj	12	Naslaga	45	Učvršćenje
13	Sastavi	13	Nagorjelost	46	Kontakte
14	Traži	14	Razina (nivo)	47	Duljinu
15	Uključi	15	Olabavljenost	48	Dotrajalost
16	Upitaj	16	Oštećenje	49	Ispravnost
17	Zamjeni	17	Otpor	50	Probojnost
18	Otvori	18	Pritisak	51	Sastav
19	Skini	19	Podesivost	52	Bacanje
20	Potraži	20	Podešenost	53	Uzorak
21	Kontroliraj	21	Pokretljivost	54	Koroziiju
22	Uzmi	22	Položaj	55	Normalizaciju
23	Izvrši	23	Pomjeranje	56	Filter
24	Nadodaj	24	Protok	57	Remen
		25	Popuštanje	58	Izmjenjivi set
		26	Pregrijavanje	59	Kardan
		27	Ravnomjernost	60	Grijač
		28	Razmak	61	Antifriz
		29	Sila	62	Ležaj
		30	Starenje	63	Čelično uže
		31	Struju	64	Nazuvica
		32	Tekućinu	65	Prskalica
		33	Temperaturu	66	Propuštanje

Tablica 1.3 Prikaz radnih sustava i komponenti predviđenih za plansko održavanje

Oznaka	Radni sustav i komponenta MOTORNA VOZILA I GRAĐEVINSKI STROJEVI	Oznaka	Radni sustav i komponenta BETONSKA BAZA
1000	MOTOR	2200	BETONSKA BAZA
1100	SPOJKA ILI KVAČILO	2210	MIJEŠALICA
1200	MJENJAČ	2220	VAGA ZA CEMENT
1300	OSOVINE S KOTAČIMA I OSOVINSKI PRIJENOSNICI (DIFERENCIJALI)	2230	VAGA ZA MATERIJALE
		2240	UREĐAJ ZA DOZIRANJE VODE
		2250	HIDRAULIČNE INSTALACIJE
1400	HIDRAULIČNE INSTALACIJE	2260	TRAČNI TRANSPORTERI
1500	ELEKTRIČNE INSTALACIJE I UREĐAJI	2270	PUŽNI TRANSPORTERI
		2280	OKRETNICA
1600	ZRAČNA INSTALACIJA	2290	VUČNI UREĐAJ
1700	KAROSERIJA, POGONSKI POSTROJ I UPRAVLJANJE	2300	MEHANIZAM ZA UPRAVLJANJE
1800	KOČIONI SUSTAV	2310	USMJERIVAČI ČELIČNIH UŽADI
		2320	ČELIČNO UŽE
		2330	STRIJELA
Oznaka	Radni sustav i komponenta ASFALTNNA BAZA		
2000	ASFALTNNA BAZA		
2010	UREĐAJI ZA DOZATORI		
2020	TRAČNI TRANSPORTERI		
2030	VIBRACIJSKI LJEVAK		
2040	ROTACIONI BUBANJ ZA SUŠENJE		
	2050	ELEVATOR VRUĆEG MATERIJALA	
2060	MIJEŠALICA		
2070	SILOS ZA VRUĆU ASFAL. MASU		
2080	VITLO-DEMAG		
2090	OPRAŠIVAČ		
2100	UREĐAJ ZA OPSKRBU BITUMENOM		
	2110	ELEVATOR ZA KAMENO BRAŠNO	
2120	PUŽNI TRANSPORTER ZA FILER		
2130	KOMPRESOR		

Kroz 2007. i 2008. godinu praćen je broj i vrijeme zastoja na vozilima, strojevima i opremi odnosno ukupno vrijeme popravaka i zastoja. Iz ovoga se vide pozitivni pomaci primjene planskog održavanja kao relevantni podatci i povećanje eksploatabilnost kroz praćenje parametara zastoja, broja zastoja i vremena popravaka. Problem praćenja navedenih značajki ogleda se u velikom broju vozila, strojeva i opreme, ali i različite starosti, različitih proizvođača i različitog području primjene.

Tablica 1.4 Katalog univerzalnog i normiranog planskog održavanja vozila i građevinskih strojeva

Sredstvo ili komponenta	Šifra	Skraćenica	Izvršitelj	Ciklus (RS i likm)	Operacija	Karakteristika	Opis zadatka
1000 MOTOR	1001	GSM SM	M	250 RS 15000 km	17	35	Zamjena ulja u motoru
	1002		M	250 RS 15000 km	17	56	Zamjena filter motora
	1003		M	250 RS 15000 km	05	56	Ispuši filter zraka
	1004	ZFG	M	500 RS 30000 km	17	56	Zamjena filtera goriva
	1005	ČČG	M	500 RS 30000 km	17	56	Očisti filtera-čašica goriva
	1006	ZFZ	M	500 RS 30000 km	17	56	Zamjena filtera zraka
	1007	ZSG	M	1000 RS 60000 km	17	56	Zamjena filtera separatora goriva
	1008	KGM	M	1000 RS 60000 km	21	60	Kontroliraj grijače motora
	1009	KA	M	1000 RS 60000 km	21	61	Kontroliraj antifriz
	1010	DA	M	1000 RS 60000 km	01	61	Dopuni antifriz
	1011	RZMA	M	1500 RS 90000 km	12	40	Reguliraj zazor ventila
	1012	ZRRZ	M	1500 RS 90000 km	17	57	Zamjena remena razvoda-zupčasti
	1013	ZRMK	M	1500 RS 90000 km	17	57	Zamjena remena klinastog
	1014	ZMR	M	1500 RS 90000 km	17	57	Zamjena mikroremena
	1015	ZRK	M	2000 RS 120000km	17	57	Zamjena remena kompresora
	1016	ZRA	M	2000 RS 120000km	17	57	Zamjena remena alternatora
	1017	ZA	M	2000 RS 120000km	17	61	Zamjena antifriz
1100 SPOJKA ILI KVAČILO	1101	KIK	M	1000 RS 60000 km	21	49	Kontroliraj ispravnost kvačila
	1102	RKA	M	1000 RS 60000 km	12	20	Reguliraj podešenost kvačila
	1103	ZCK	M	2000 RS 120000km	17		Zamjena cilindra kočnica
	1104	ZSK	M	2000 RS 120000km	17	58	Zamjena garniture kvačila

4. DEFINIRANJE SKUPA KRITERIJA ZA ODABIR PRIHVATLJIVOG MODELA ODRŽAVANJA

Problematika izbora modela održavanja u tvrtkama složenog poslovanja, kao u navedenom primjeru ovoga rada, omogućuje izdvojeno ili zajedničko promatranje kriterija prema specifičnosti pojedinog segmenta poslovanja (u primjeru ovoga rada se odnosi na transportni i proizvodni odjel građevinskih tvrtki iz Slavenskog Broda) u ovisnosti cilja višekriterijskog vrednovanja. U ovom radu primjenom višekriterijskog vrednovanja, na osnovi rezultata provedenog istraživanja, ima za cilj omogućiti izbor prihvatljivog modela održavanja za oba odjela jer su jedinstveni dio složenog poslovnog sustava navedenih tvrtki. Istovremeno provedenim vrednovanjem omogućen je jasan uvid na značaj i drugih modela održavanja koji se primjenjuju u navedenim tvrtkama. Rangiranjem planskog modela održavanja s najvišim rangom primjenom modela višekriterijskog vrednovanja, na rezultatima provedenog istraživanja, za oba odjela i postignutim rezultatima težinskih rangova drugih modela održavanja potvrđena je postavljena hipoteza rada. Provedena je kompleksna analiza poslovnih aktivnosti oba odjela u fazi definiranja zajedničkih kriterija vrednovanja za rangiranje modela održavanja za oba odjela. Na taj način brojčani iznos ranga modela održavanja prema postavljenim kriterijima predstavlja stupanj prihvatljivosti modela kao sinergija zajedničkih poslovnih aktivnosti oba odjela s kojim se utječe na ukupno poslovanje tvrtke. Ovakav pristup ima za cilj postizanje izbora onog modela održavanja koji će imati najveći stupanj prihvatljivosti za oba odjela, a rezultati rangiranja drugih modela održavanja u konačnom izboru osiguravaju njihovu primjenu zbog posebnosti svakog odjela i međusobno se nadopunjuju u cilju osiguravanja poslovanja sa što manjim diskontinuitetom i poremećajem zbog zastoja ili kvara vozila, stroja ili uređaja. Transportni i proizvodni odjel zbog svoje različite i vrlo kompleksne strukture poslovnih aktivnosti, sredstava za rad u odjelima, organizacijskog ustroja odjela te uloge modela održavanja na poslovnu aktivnost tvrtke predstavlja vrlo složen sustav namijenjen za obavljanje zadaća transporta i proizvodnje u složenim uvjetima. Upravo iz njihove temeljne funkcije proizlaze i zahtjevi na kriterije u postupku vrednovanja, a prikazani su u ovom radu.

Polazeći od istaknutog, proizlazi kako se temeljni zahtjevi i sadržaj kriterija izbora prihvatljive strategije održavanja u transportnom i proizvodnom odjelu te rangiranje drugih strategija težinskim funkcijama kao rangom prihvatljivosti prema zadanim kriterijima mogu grupirati u tri posebne grupacije zahtjeva kao kriterija i to:

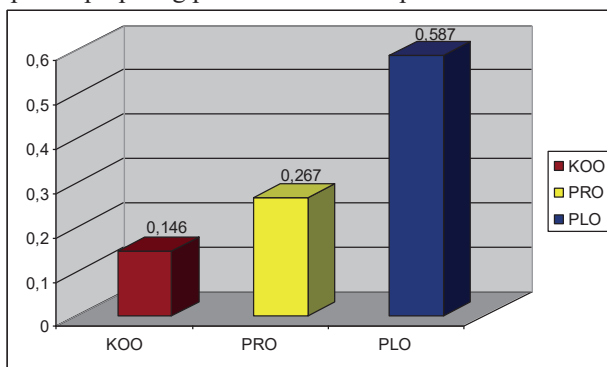
- Tehnički kriteriji.
- Ekonomski kriteriji.
- Eksploatacijski kriterij, [3].

Tablica 1.5. Rješenje metodom AHP za inačice procjene kriterija i alternativa u transportnom Odjelu, [4]

	Prioritet	Rang
KOO	0,146	3
PRO	0,267	2
PLO	0,587	1
Koeficijent nekonzistentnosti	0,02	

Legenda: KOO – korektivno održavanja; PRO – preventivno održavanje; PLO- plansko održavanje

Slika 1.3. Grafički prikaz potpunog poretka alternativa po metodi AHP u transportnom odjelu



Tablica 1.6. Detaljni prikaz rezultata vrednovanja u transportnom odjelu

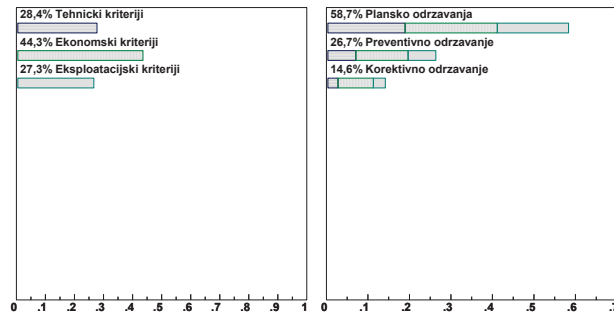
Alternative	Kriterij	Potkriterij	Prior
Korektivno održavanje	Ekonomski kriteriji (L: ,443)	Cijena zastoja (L: ,268)	0,022
		Cijena rezervnih dijelova (L: ,117)	0,032
		Materijalna (financijska) vrijednost sredstva (L: ,614)	0,041
	Eksploatacijski kriteriji (L: ,273)	Sigurnosni kriteriji (L: ,157)	0,004
		Nosivost (kapacitet) sredstva (L: ,249)	0,008
		Dugotrajnost sredstva (L: ,594)	0,016
	Tehnički kriteriji (L: ,284)	Broj zastoja (L: ,108)	0,002
		Vrijeme zastoja (L: ,261)	0,006
		Vrijeme popravka (L: ,630)	0,014
Plansko održavanje	Ekonomski kriteriji (L: ,443)	Cijena zastoja (L: ,268)	0,072
		Cijena rezervnih dijelova (L: ,117)	0,01
		Materijalna (financijska) vrijednost sredstva (L: ,614)	0,166
	Eksploatacijski kriteriji (L: ,273)	Sigurnosni kriteriji (L: ,157)	0,026
		Nosivost (kapacitet) sredstva (L: ,249)	0,041
		Dugotrajnost sredstva (L: ,594)	0,099
	Tehnički kriteriji (L: ,284)	Broj zastoja (L: ,108)	0,019
		Vrijeme zastoja (L: ,261)	0,045
		Vrijeme popravka (L: ,630)	0,109
Preventivno održavanje	Ekonomski kriteriji (L: ,443)	Cijena zastoja (L: ,268)	0,04
		Cijena rezervnih dijelova (L: ,117)	0,017
		Materijalna (financijska) vrijednost sredstva (L: ,614)	0,083
	Eksploatacijski kriteriji (L: ,273)	Sigurnosni kriteriji (L: ,157)	0,01
		Nosivost (kapacitet) sredstva (L: ,249)	0,015
		Dugotrajnost sredstva (L: ,594)	0,04
	Tehnički kriteriji (L: ,284)	Broj zastoja (L: ,108)	0,007
		Vrijeme zastoja (L: ,261)	0,016
		Vrijeme popravka (L: ,630)	0,04

Ulazne podatke i utjecaj promjena na prioritet alternativa moguće je primijeniti kroz analizu osjetljivosti, koja predstavlja vrlo stabilno rješenje.

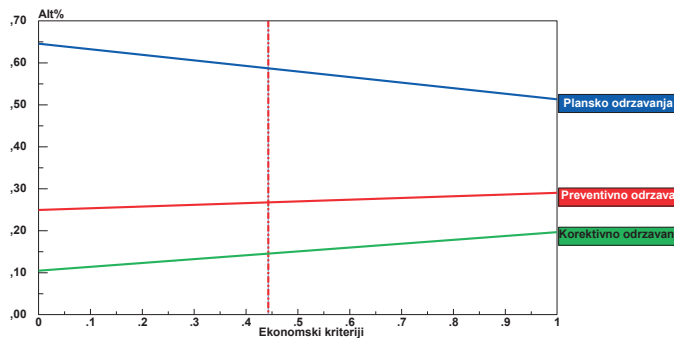
Kroz analize kojih ima pet tipova: dinamička analiza osjetljivosti (Dynamic Sensitivity), analiza osjetljivosti performansi (Performance Sensitivity), gradijenta analiza osjetljivosti (Gradient Sensitivity), Head to head i 2D plot, vidljiv je odnos promjene prioriteta alternativa kao funkcije značaja kriterija, [5].

Slike od 1.4. do 1.6. prikazuju promjenu težinskih vrijednosti kriterija i alternativa u okviru dinamičkih mogućnosti programskog sustava Expert Choica, [6].

Slike 1.4. prikazuje promjenu prioriteta jednog kriterija koji dovodi do promjena ostalih kriterija kao i alternativa.

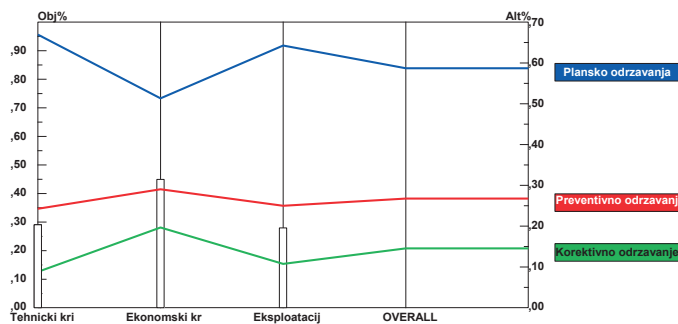


Slika 1.4. Dinamička analiza osjetljivosti u transportnom odjelu



Slika 1.5. Gradijenta analiza osjetljivosti u transportnom odjelu

Kako bismo promatrali sve kriterije i sve alternative može se obavljati i analiza osjetljivosti vrijednosti (performansi) kriterija i alternativa što je vidljivo na slici 1.6. Naime, promjenom težinske vrijednosti potkriterija i/ili kriterija dinamički se mijenja težinska vrijednost alternativa, a izborom stupnja promjene težinske vrijednosti može se direktno u dinamičkom okruženju sustava Expert Choice pratiti promjena vrijednosti alternativa, [6].



Slika 1.6. Analiza osjetljivosti performansi u transportnom odjelu

5. ZAKLJUČAK

Cilj rada je, na osnovi provedenog istraživanja, pokazati i dokazati da se sustavnim pristupom praćenja održavanja i primjenom planskog održavanja može povećati efikasnost tvrtke, smanjiti broj i vrijeme zastoja te višestruko smanjiti troškove održavanja vozila, strojeva, postrojenja i uređaja u tvrtkama koje se bave niskogradnjom, transportom i proizvodnjom.

Temeljem analize postojećeg stanja održavanja i organizacijskog ustrojstva u transportnom i proizvodnom odjelu, provedeno je sustavno praćenje svih zastoja (broj i vrijeme) i popravaka (vrijeme popravka) na vozilima i strojevima s uvedenim sustavom šifriranja svih operacija. Sustavom šifriranja ostvarena je pretpostavka za unificiranje u praćenju zastoja i kasnijeg otklanjanja kvarova.

Rezultat održavanja vozila i strojeva ukazuje na prisutnost korektivnog održavanja. Redoviti servisi su jedini segment planskog održavanja u postojećem stanju u tvrtkama, a što za posljedicu ima veliki broj zastoja, dugo vrijeme zastoja i dugo vrijeme popravka, te veliki troškovi popravaka. Navedeni nedostaci otklanjaju se novim oblikom organizacijskog ustrojstva održavanja, novim pristupom održavanja i uvođenjem odgovornih komunikacijskih kanala između ovlaštenih osoba u sustavu poslovanja tvrtke. Primjenom modela planskog održavanja unapređuje se proces održavanja, a koji su iskazni kroz brojčane rezultate višestrukih financijskih ušteda i višestruko smanjenje vremena zastoja, a prosječno se kreću oko 7,17 puta ili 717%, kao i smanjenje ukupnog i pojedinačnog vremena zastoja.

Praćeni su svi zastoji i popravci na postrojenjima, građevinskim strojevima i uređajima u analiziranim građevinskim tvrtkama.

U navedenom odjelu uvedeno je također plansko održavanje. Kao doprinos provedenog istraživanja izrađen je i primijenjen univerzalni normirani katalog planskog održavanja vozila i građevinskih strojeva, koji je primjenjiv na sva vozila i građevinske strojeve, a s ciljem normiranja aktivnosti planskog održavanja.

U proizvodnom odjelu izrađen je i primijenjen katalog planskog održavanja asfaltne i betonske baze. Svaki zastoj i popravak je evidentiran i šifriran sustavom skraćenica, a rezervni dijelovi koji su zamijenjeni uvode se dodatno u evidenciju rezervnih dijelova, a time je znatan broj rezervnih dijelova smanjen u zalih rezervnih dijelova na skladištu.

Unaprijeđeno je skladišno poslovanje i koordinacija između tehničkog odjela i asfaltnih baza u cilju ušteda i unapređenja poslovanja. S istim brojem zaposlenika na gradilištima puno se brže izvodi radna aktivnost i to doprinosi većoj efikasnosti i financijskoj stabilnosti tvrtki.

Zbog konzervativnog i zastarjelog modela ustrojstva u analiziranim tvrtkama, te međusobne neusklađenosti između različitih razina odgovornosti, primijenjen je ISO 9001 - Sustava upravljanja kvalitetom i ISO 14001 - Sustava zaštite okoliša.

Rezultati primjene višekriterijske analize vrednovanja, na osnovi detaljnih podataka prikupljenih tijekom istraživanja, AHP metodom definira model planskog održavanja kao model koji je težinskim rezultatima vrednovanja za dane kriterije izabran kao preferirani model.

Analizom problema u tvrtkama koje se bave niskogradnjom u području održavanja i organizacije s ciljem otklanjanja nedostataka, nepravilnosti, unapređenja organizacije, unapređenja skladišnog poslovanja, unapređenja procesa održavanja, povećanjem odgovornosti, povećanjem poslovne efikasnosti, a samo istraživanje je direktno primijenjeno u praksi i ostvareni spoznajni učinci su na razini koja ima za mogućnost aplikacije u tvrtkama iz područja rada prikazanog u istraživanju kako u zemlji tako i u okruženju.

6. REFERENCE

- [1] Grupa autora, Inženjerski priručnik IP4, Proizvodno strojarstvo, Treći svezak, Organizacija proizvodnje, I. Čala, poglavlja 6 i 9, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [2] Ž. Ž. Adamović, M. S. Jeftić: Preventivno održavanje u mašinstvu, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [3] R. Zelenika: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog dijela, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2000.
- [4] T. L. Saaty: "Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process", RWS Publications, 4922 Ellsworth Ave., Pittsburgh, PA 15213.
- [5] T. Hunjak: "Kvalitativne metode u odlučivanju – sinopsis predavanje", FOI, Varaždin, 2006.
- [6] <http://www.expertchoice.com>

RISK ANALYSIS OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS ASSOCIATED WITH LIFTING MACHINES WITH THE MATRIX METHOD

Serkan Emre Uygun, MSc.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

Murat Kısa, PhD.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

Mustafa Özen, PhD.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

ABSTRACT

In addition to meeting the technological requirements of the machinery and equipment used today, it is important that they are handled within the scope of occupational health and safety with the perspective of 'technology for human'.

Considering the negative effects of occupational accidents in the construction sector, it is seen that the safe use of lifting machines, which are frequently used in the sector and have critical importance, is of great importance.

In this study, it was carried out to determine the main causes of occupational accidents that occur during the use of mobile cranes used in the construction sector, to examine the obtained findings using the Matrix Method and to reveal the measures to be taken to prevent occupational accidents.

In the works carried out with mobile cranes, it has been determined that the causes of occupational accidents are mostly caused by negative human-induced causes. In this study, it was discussed which parameters should be focused in order to prevent occupational accidents that cause serious consequences such as loss of human life.

Keywords: occupational safety, risk analysis, matrix method

1. INTRODUCTION

According to the World Health Organization, tens of thousands of new occupational diseases and occupational accidents occur every year, and unfortunately, a considerable number of them result in death in the long term. 15% of the world's working population is faced with work accidents or occupational diseases, 3.9% of all deaths occur as a result of work accidents or occupational diseases, 30% of the unemployed workforce has a work accident or injury during or after their previous jobs.

It is estimated that they have been exposed to occupational diseases [1]. In the study, lifting and conveying machines (mobile cranes, tower cranes, etc.), which are frequently used in the construction sector, were determined, and the results of the root cause analyzes applied in the process of examining the work accidents that occurred during the use of these machines and sector work accident records were used to create the data to be used in the risk assessments.

2. RISK ASSESSMENT

A risk assessment is simply a careful examination of the workplace to see what could cause harm to workers [2]. Risk analysis methods are divided into two as qualitative and quantitative. Qualitative risk analysis is observational and includes research on features that cannot be measured numerically.

Quantitative risk analysis includes methods in which numbers come to the fore and results are statistically evaluated. Matrix type risk assessment, which is one of the quantitative methods, is used within the scope of the study.

3. MATRIX (TYPE L) METHOD

It is a method used to determine the probability of occurrence of an adverse event and how to determine the outcome in case of occurrence of this event [3]. This method is applied when determining the cause-effect links related to the event. It is a method that is easy to apply and analysis can be performed with a single analyst.

The experience of the personnel performing the application affects the data to be obtained. With this method, the risk value is calculated. The risk assessment process is examined within the framework of the result to be obtained from the risk value. The risk value is calculated by using the formula in Equation (1).

$$R= P \times S \tag{1}$$

Here, P shows probability and S shows severity. The description and category of the probability required to determine the risk value in the application of the Matrix Method are given in Table 1, the effect values are given in Table 2 and the risk assessment result data is given in Table 3.

Table 1. Matrix method risk categorization (probability)

Value	Description	Category
1	The risk is not expected, very low chance of occurrence	Very Low
2	The risk is low. It can be repeated once a year. Maintain the existing Control System	Low
3	There is a moderate risk. Repeatable several times a year or once a six months	Moderate
4	There is a risk. It can be repeated once a month or once a week. Immediate Risk Management is required	High
5	Risk can happen every day, any minute	Very High

Table 2. Matrix method effect rating (severity) indicator

Impact Ratings		
Value	Description	Category
1	No Missing Persons, First Aid required	Very light
2	No significant damage and no losses, standing treatment	Light
3	Unable to work for a short time, injury, bed and treatment required	Moderate
4	Major damage and loss. Serious injury, Long term Treatment required	Serious
5	Irreparable Damage. Death. Permanent Incapacity for Work. In case of failure to control, the activity will be stopped immediately.	Very Serious

Table 3. Matrix method result indicator chart

Probability		Result (severity)				
		5	4	3	2	1
		Very Serious	Serious	Medium	Light	Very light
5	Very high	25 (R)	20 (R)	15 (R)	10 (Y)	5 (G)
4	High	20 (R)	16 (R)	12 (Y)	8 (Y)	4 (G)
3	Medium	15 (R)	12 (Y)	9 (Y)	6 (G)	3 (G)
2	Low	10 (Y)	8 (Y)	6 (G)	4 (G)	2 (G)
1	Very Low	5 (G)	4 (G)	3 (G)	2 (G)	1 (G)

The areas shown as (R) on the risk matrix indicate the risk groups that need to be remedied in the short time that give unacceptable risk groups. The work must be paused until these risk groups are reduced to an acceptable level. If it is not possible to reduce the risk value, the work in progress must be stopped. Areas shown as (Y) indicate risks that require taking action as soon as possible. It is important that such work should be stopped as soon as possible. The regions shown as (G) represent groups of risks that require action with over a longer period of time. In order to reduce these risks, additional control and audit activities may not be required. It means that the existing control applications used can be maintained and continued to work.

4. RISK ANALYSIS USING MATRIX METHOD

In this study, a risk assessment was made for forklift, which is one of the lifting and conveying machines. The parameters used to obtain the risk score in the matrix method appear as two parameters, namely probability and severity. Here, the probability parameter shows the frequency of encountering the identified danger in construction site applications in general terms and shows how often mentioned danger can be encountered. The probability parameter is the numerical values obtained by arranging the occupational safety analyzes and the occupational accidents and near-miss events to be made and turning them into tangible data. The effect value (intensity) parameter, which is another factor used to reach the risk value in the matrix method, appears as a parameter created by classifying the material and/or moral effects of the events that will occur when the identified danger phenomenon is encountered. The risk value is obtained by using the mentioned parameters in the risk score formula.

5. FORKLIFT RISK ASSESSMENT BY USING MATRIX METHOD

Forklifts are lifting machines that are used to pick up and lift any load, transport it to a certain point and stack these materials to the desired area. Forklifts generally have a lifting capacity of 1-40 tons, and a lifting height of 3-4 meters. Types with filled and air inflatable rubber wheels are available.

Movement area is provided by controlling the rear wheels by means of steering gears. There are various types according to the regions where they are used and the types of production to be carried out. Forklifts can be used specifically for the job by adding attachments designed to be suitable for their functions in various fields of application.

In the study, 2017 model Komatsu brand FD25 T17 industrial type forklift used within the scope of risk assessment is shown in Figure 1.



Figure 1. Industrial forklift

The risk assessment matrix obtained for the forklift lifting machine is given in Table 4. Using the matrix method, the risk assessment obtained for the forklift lifting machine has been carried out. 26 hazards, risk, severity, probability, risk scores and measures to be taken have been identified. Some of these are given in Table 4. from small risk score to large.

In the table, the hazards and risks that may be encountered while working with the forklift are presented and the risk assessment is given as a risk score. The risk score was obtained using the matrix equation. The measures to be taken to prevent each dangerous situation are also given in the table. As the risk score increases, it is clearly seen from the chart that more drastic measures should be taken.

6. CONCLUSION

In the study, the risk assessment of the forklift, which is one of the lifting and conveying machines frequently used in the construction industry, was made with the Matrix Method.

As a result of the risk assessment, it has been concluded that negative behaviours are the main reason for the occupational accidents encountered in the works carried out on lifting and conveying machines in the construction sector.

In the data obtained by the matrix method, the hazards and risks that may be encountered during working with the lifting machines are revealed and the risk assessment is given as a risk score.

Table 4. Matrix method forklift risk assessment table

Number	Hazard	Risk	Risk Assessment			Measure
			Severity	Probability	Risk Score	
01	No informational labels on the vehicle with the necessary information	Inaccurate applications based on lack of information	4	1	4	The vehicle must be fitted with the necessary technical information and the warning marks
02	Periodic maintenance of the vehicle has not been carried out	Accidents caused by technical consequences	5	1	5	Periodic inspections of the vehicle must be carried out regularly at intervals specified in the standards
11	Absence of required fire suppression equipment	Death, loss of property, fire	5	2	10	The vehicle must be equipped with active fire suppression equipment with sufficient features and quantities
12	Vehicle loading beyond safe load capacity	Vehicle tipping over	5	2	10	Transport must be carried out in the technical catalog of the machine, including the limit values
21	The vehicle's maneuvering warning equipment does not operate effectively	Vehicle accident	5	3	15	It is essential to have the active operating warning equipment used in the event of an emergency
22	The vehicle passes over the electrical wiring located on the route	Electrical shock	5	3	15	The vehicle route must be checked for safe distance from the electrical lines
25	Vehicle operation outside the designated safe vehicle path	Hitting people, Vehicle accident	5	3	15	The vehicle must be used along the designated safe vehicle path
26	Sudden unsafe maneuver	Vehicle tipping over	5	3	15	During vehicle use sudden movements must be avoided

The precautions to be taken to prevent the occurrence of each dangerous situation are also given in the charts. As the risk score increases, it is clear from the tables that more serious measures should be taken.

Within the framework of the data obtained as a result of field observations and risk assessments, the general causes of occupational accidents occurring in the use of lifting equipment have been determined. These are; lack of adequate technical training of the working personnel, disruptions in the periodic controls of the machinery and equipment, lack of specialist personnel responsible for the work to be done, long and irregular working hours, not using suitable machinery and equipment for the job, disruptions in the workplace organization and order, unsuitability of the working personnel for the job, insufficient use of necessary equipment for communication, lack of organization and work flow plans.

In this study, it has been determined that the main reasons for the negative situations that occur in the use of lifting and conveying machines are the lack of pre-work plans and controls. This study also provides the necessary precautions to prevent hazardous situation in the lifting and conveying machines used in the construction sector.

7. REFERENCES

- [1] Anonymous, World Health Organization Report, World Health Organization, Geneva, 1995.,
- [2] https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-report_of_spain/documents/presentation/wcms_250138.pdf .
- [3]. https://en.wikipedia.org/wiki/Risk_matrix.

**ANALIZA UTICAJA VELIČINE KONAČNIH ELEMENATA NA
TAČNOST REZULTATA KOD IZRAČUNA PARAMETRA MEHANIKE
LOMA**

**ANALYSIS OF FINITE ELEMENT SIZE INFLUENCE ON RESULT
ACCURACY PERTAINING TO FRACTURE MECHANICS PARAMETER
CALCULATION**

**Prof. dr. Nedeljko Vukojević, dipl. ing. maš.
Vedran Mizdrak, dipl. ing. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici,
Zenica, Bosna i Hercegovina**

REZIME

U ovom radu su prikazani postupci analitičkog i numeričkog određivanja faktora intenziteta napona za I slučaj opterećenja na uzorku standardne CT epruvete. Faktor intenziteta napona je osnovni parameter mehanike loma i koristi se kod procjene cjelovitosti struktura. Procjena stanja i ponašanja struktura u prisustvu pukotine jedan je od ključnih elemenata koji služe za donošenje odluka o daljem postupanju sa promatranom konstrukcijom. Na temelju procjene integriteta može se kvalitetno donijeti stav o upotrebljivosti konstrukcije. Za tačnost izračuna faktora intenziteta napona u predmetnoj konstrukciji mogu se koristiti analitički i numerički izračuni. Tačnost numeričkog izračuna kod složenih konstrukcijskih oblika uveliko zavisi od broja konačnih elemenata posebno oko vrha pukotine. Broj konačnih elemenata može biti ograničavajući faktor sa aspekta mogućnosti softverskih paketa i vremena potrebnog za izračun.

Ključne riječi: faktor intenziteta napona, odstupanje rezultata, vrh pukotine, konačni elementi, veličina konačnih elemenata

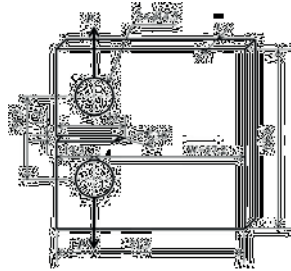
ABSTRACT

Procedures of analytic and numeric determination of stress intensity factor in the first load case of a standard compact specimen are presented in this paper. The stress intensity factor is a basic fracture mechanics parameter and it is used for integrity assessment of structures. The assessment of the condition and acting of structures in the presence of a crack is one of the key elements used for decision making pertaining to further acting with the observed construction. Based on the integrity assessment, a stance pertaining to the usability of the construction can be produced in a quality fashion. Analytic and numeric calculations may be used for the calculation accuracy of the stress intensity factor of the subject construction. The numeric calculation accuracy in complex construction forms is greatly dependent on the finite element number, especially around the crack tip. The finite element number may be a limiting factor from the points of view of software package capability, and the time necessary for performing the calculation.

Keywords: stress intensity factor, result deviation, crack tip, finite elements, finite element size

1. UVOD

Veoma čest uzrok otkaza mašinskih konstrukcija jeste postojanje različitih nepravilnosti u materijalu od kojeg su iste izrađene, naročito pukotina. Kompaktna epruveta (*eng.* compact tension specimen), čije su dimenzije standardizovane i za koju postoje odgovarajući analitički izrazi za određivanje faktora intenziteta napona, se vrlo često koristi za određivanje lomne žilavosti. Kompaktne epruvete korištene u ovom radu, kao i dimenzije istih u [mm] su prikazane na slici 1. Debljina epruvete može imati različite vrijednosti u zavisnosti od kvaliteta čelika i dimenzija ispitivanih uzoraka[1]. Epruvete korištene u ovom radu imaju debljine od $t = 6 \text{ mm}$, $t = 11 \text{ mm}$ i $t = 16 \text{ mm}$.



Slika 1. Korištena kompaktna epruveta [1]

2. ANALITIČKI PRORAČUN

Za slučaj standardnih epruveta koje se primjenjuju u mehanici loma, faktor intenziteta napona se određuje pomoću relacije (1):

$$K_I = \frac{P}{t\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right), \quad (1)$$

Gdje je:

P – zatezna sila [N],

t – debljina epruvete [mm],

W – širina epruvete [mm],

a – dužina pukotine [mm], i

$f\left(\frac{a}{W}\right)$ – bezdimenzionalna funkcija [2].

Vrijednost bezdimenzionalne funkcije za kompaktnu epruvetu se određuje na osnovu relacije (2) [2]:

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{2 + \frac{a}{W}}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[0.886 + 4.64 \left(\frac{a}{W}\right) - 13.32 \left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72 \left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.6 \left(\frac{a}{W}\right)^4 \right]. \quad (2)$$

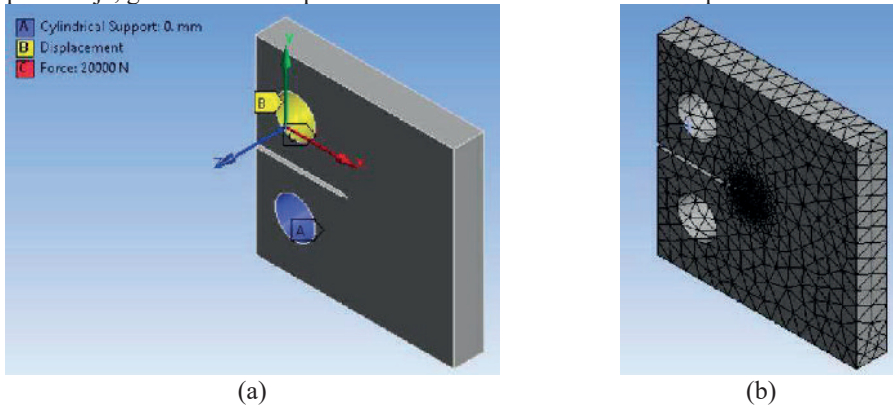
Vrijednosti ulaznih parametara i izračunata vrijednost faktora intenziteta napona K_I su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Ulazni parametri i izračunata vrijednost faktora intenziteta napona

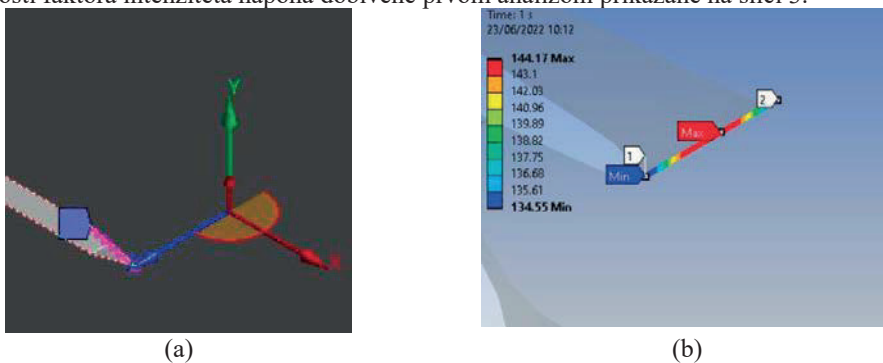
P [N]	t [mm]	W [mm]	a [mm]	K_I [$\text{MPa}\sqrt{\text{mm}}$]
2000	11	57.2	18.7	144.8
2000	16	57.2	18.7	99.5
2000	6	57.2	18.7	265.5

3. NUMERIČKE SIMULACIJE

Definirani su sljedeći granični uslovi: cilindrični oslonac (*eng.* Cylindrical Support) na donjem otvoru modela, te pomjeranje (*eng.* Displacement) na gornjem otvoru modela. Pritom su tokom postavljanja graničnog uslova cilindričnog oslonca onemogućena pomjeranja i deformacije donjeg otvora po radijalnom i aksijalnom pravcu, dok su omogućena pomjeranja po tangencijalnom pravcu. Što se tiče graničnog uslova pomjeranja, omogućeno je jedino pomjeranje gornjeg otvora po vertikalnom pravcu (za usvojeni koordinatni sistem: pravac y-ose), dok su ostala pomjeranja onemogućena. Kao opterećenje je usvojena vertikalna zatezna sila koja djeluje na površinu gornjeg otvora epruvete, intenziteta 20 kN. Za početnu mrežu konačnih elemenata je usvojena tetraedarna mreža sa automatskom veličinom elemenata od 4.9848 mm, koja je dodatno rafinirana u okolini pukotine opcijom sfera utjecaja na veličinu elemenata od 0.8 mm (pri prvoj simulaciji). Navedeno opterećenje, granični uslovi i početna mreža konačnih elemenata su prikazani na slici 2.



Usvojena je pukotina sa prethodno definisanom mrežom konačnih elemenata, te su ta pukotina i vrijednosti faktora intenziteta napona dobivene prvom analizom prikazane na slici 3.



4. PRIKAZ REZULTATA I DEFINISANJE OdstUPANJA

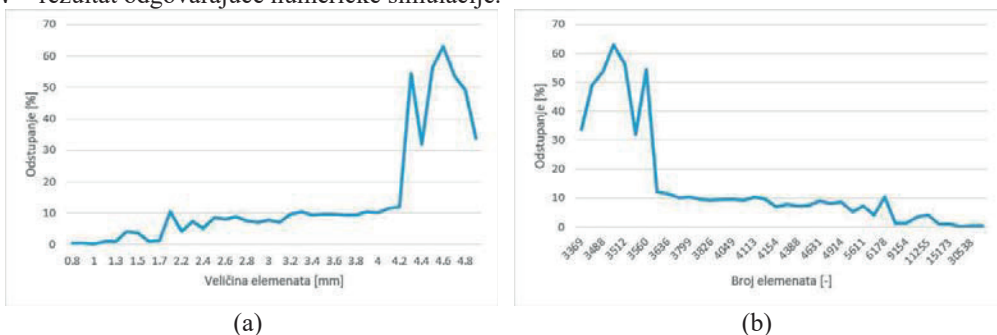
Rezultati dobiveni provođenjem numeričkih simulacija za slučaj epruvete debljine $t = 11 \text{ mm}$, kao i odstupanja svakog od njih od analitičkog rezultata $K_I = 144.8 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, su prikazani dijagramima na slici 4. Odstupanja su određena na osnovu izraza:

$$\Delta = \frac{A - N}{A} * 100\%, \quad (3)$$

Gdje je:

A – analitički rezultat, i

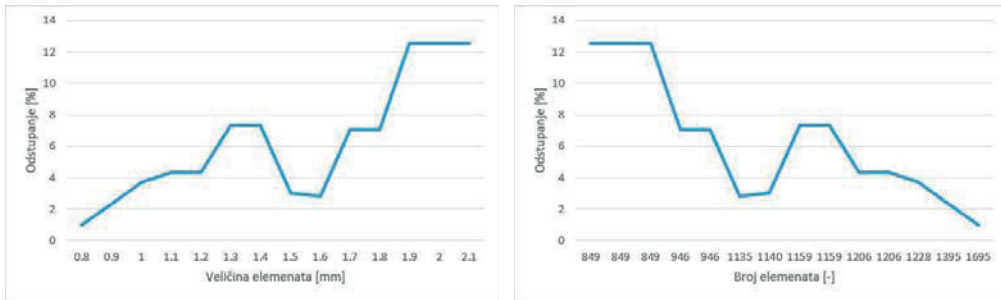
N – rezultat odgovarajuće numeričke simulacije.



Slika 4. Dijagram odstupanja rezultata numeričke simulacije od analitičkog rezultata u zavisnosti od (a) Veličine elemenata i (b) Broja elemenata za epruvetu debljine 11 mm

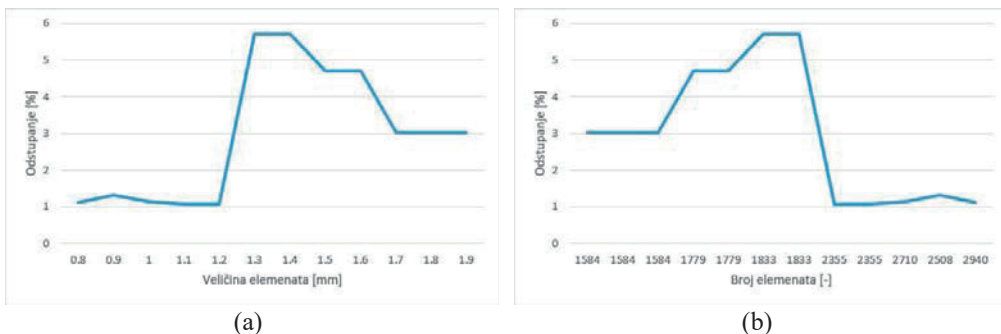
Pri prvoj simulaciji je veličina konačnih elemenata u okolini pukotine iznosila 0.8 mm, broj konačnih elemenata je iznosio 40307, te je dobivena vrijednost faktora intenziteta napona od $144.17 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odstupanje od 0.435%. Izvršene su ukupno 42 simulacije na ovoj epruveti, a pri svakoj je veličina elemenata u okolini pukotine povećavana za 0.1 mm. Pri posljednjoj simulaciji veličina elemenata je iznosila 4.9 mm, njihov broj je iznosio 3369, dok je vrijednost faktora intenziteta napona iznosila $95.891 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odstupanje od 33.777%. Nisu provedene dalje simulacije jer dodatno povećavanje elemenata nije dovelo do značajno drugačijih rezultata u poređenju sa onima iz posljednje simulacije.

Na epruveti debljine 6 mm je izvršeno ukupno 14 simulacija, pri čemu je za prvu simulaciju usvojena veličina elemenata od 0.8 mm, broj elemenata 1695, te je dobiven faktor intenziteta napona od $262.83 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odgovarajuće odstupanje od analitičkog rezultata od 1%. Pri narednim simulacijama je veličina elemenata povećavana za po 0.1 mm, sve do konačne simulacije, gdje je usvojena veličina elemenata od 2.1 mm, broj elemenata 849, te je dobiven faktor intenziteta napona od $232.13 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odgovarajuće odstupanje od analitičkog rezultata od 12.57%. Nisu provedene dalje simulacije jer dodatno povećavanje elemenata nije dovelo do značajno drugačijih rezultata u poređenju sa onima iz posljednje simulacije. Odgovarajući rezultati su prikazani dijagramima na slici 5.



Slika 5. Dijagram odstupanja rezultata numeričke simulacije od analitičkog rezultata u zavisnosti od (a) Veličine elemenata i (b) Broja elemenata za epruvetu debljine 6 mm

Na epruveti debljine 16 mm je izvršeno ukupno 12 simulacija, pri čemu je za prvu simulaciju usvojena veličina elemenata od 0.8 mm, broj elemenata 2940, te je dobiven faktor intenziteta napona od $98.46 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odgovarajuće odstupanje od analitičkog rezultata od 1.12 %. Pri narednim simulacijama je veličina elemenata povećavana za po 0.1 mm, sve do konačne simulacije, gdje je usvojena veličina elemenata od 1.9 mm, broj elemenata 1584, te je dobiven faktor intenziteta napona od $96.552 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}}$, uz odgovarajuće odstupanje od analitičkog rezultata od 3.031%. Maksimalno odstupanje u slučaju ove epruvete je iznosilo za veličine konačnih elemenata od 1.3 mm i 1.4 mm, približno 5.7%. Nisu provedene dalje simulacije jer dodatno povećavanje elemenata nije dovelo do značajno drugačijih rezultata u poređenju sa onima iz posljednje simulacije. Odgovarajući rezultati su prikazani dijagramima na slici 6.



Slika 6. Dijagram odstupanja rezultata numeričke simulacije od analitičkog rezultata u zavisnosti od (a) Veličine elemenata i (b) Broja elemenata za epruvetu debljine 16 mm

6. ZAKLJUČAK

Faktor intenziteta napona je jedan od ključnih parametara u mehanici loma. Evidentno je da se najtačnije vrijednosti navedenog parametra dobivaju finim mrežama konačnih elemenata (konačni elementi najmanjih dimenzija i veliki broj konačnih elemenata). Sa inženjerskog aspekta, potpuno su prihvatljivi rezultati koji odstupaju do 10%, pri čemu se značajno smanjuje veličina konačnih elemenata i vrijeme potrebno za numeričku analizu. Ograničenja se prvenstveno odnose na

kapacitete softverskih paketa (Student i Academic verzije), koje imaju limitirane količine konačnih elemenata koje se mogu koristiti u simulacijama.

Na osnovu sadržaja izloženog u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- najbolje slaganje rezultata numeričkih i analitičkih proračuna se dobija za veličinu konačnih elemenata u okolini vrha pukotine u rasponu od 0.8 – 1.0 mm,
- za prihvatljiva odstupanja do 10%, može se postići značajno smanjenje broja konačnih elemenata (od 2 do 4 puta), u zavisnosti od debljine uzorka.

7. LITERATURA

[1] K. Mashuda, S. Ishihara, N. Oguma, “Effect of specimen thickness and stress intensity factor range on plasticity-induced fatigue crack closure in A7075-T6 alloy,” *Materials*, tom 14, str. 3, januar 2021.

[2] S. Zhang, H. Jin, S. Du, “Structural and Fracture Mechanics Analysis for the Bracket of ITER Upper ELM Coil,” *Journal of Fusion Energy*, tom 33, str. 304-308, jun 2014.

ODREĐIVANJE POSTOJANOSTI ALATA METODOM POUZDANOSTI

TOOL LIFE DETERMINATION BY THE RELIABILITY METHOD

Sanel Gredelj, dr sc., docent
Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću
Bihać

REZIME

U toku obrade dolazi do trošenja reznih pločica ili kompletnog alata. Postojanost alata je vrijeme stalnog rezanja unutar kojeg su očuvane rezne karakteristike alata i tačnost izratka. Ovaj rad pokazuje metod određivanja postojanosti alata preko pouzdanosti izratka, koji je sinonim za pouzdanost alata. Pouzdanost je vjerovatnoća bezotkaznog rada. Metod je zasnovan na trenutnoj, dinamičkoj i kritičnoj pouzdanosti, te kritičnim trenutkom tj. postojanosti alata. Ovaj metod ima dvije bitne prednosti: indirektnost kroz mjerenje izratka, koje se svakako vrši, i predviđanje stanja alata u budućnosti. Na taj način se omogućuje optimalno preventivno održavanje alata prije kritičnog istrošenja, ali sa maksimalnom iskoristivosti.

Ključne riječi: alat, postojanost, pouzdanost, izradak, održavanje

ABSTRACT

During machining, the cutting inserts or complete tools wear out. Tool life is the time of constant cutting within which the cutting characteristics of the tool and the accuracy of the workpiece are preserved. The paper presents a method for determining cutting tool life according to the reliability of the workpiece, which is a synonym for the reliability of the tool. Reliability is defined as the probability that a given item will perform its intended function with no failures. The method is based on instantaneous, dynamical and critical reliability and critical moment, ie tool life. The method has two important advantages: indirectness through workpiece measurement, which is certainly done and predicting the state of the tool in the future. This enables optimal preventive maintenance of the tool before critical wear, but with maximum efficiency.

Keywords: cutting tool, tool life, reliability, work piece, maintenance

1. UVOD

Obradni sistem u osnovi sačinjavaju alatna mašina, stezni pribor, rezni alat i obradak [1]. U toku obrade skidanjem strugotine alat (podrazumijeva se dalje rezni alat) je izložen visokim naprezanjima u zoni odvajanja čestica, visokim temperaturama i pritiscima u nestacionarnom temperaturnom polju [2]. Zbog toga dolazi do trošenja reznih pločica alata kod tokarenja, glodanja, blanjanja i dr. ili trošenja kompletnog alata, kao što je slučaj kod brušenja, slika 1. I kod obrade plastičnom deformacijom, zbog raznih utjecaja, dolazi do trošenja alata. Istrošenost alata se manifestuje na razne načine: odstupanjem obratka od specifikacija, oštećenjem i lomom alata, naglim povećanjem sila rezanja i temperature, pojavom vibracija i zvuka, izmjenom geometrije alata, pojavom bijelih zaglađenih zona na obratku, lošim kvalitetom obrađene površine, promjenom oblika i boje strugotine.

Postojanost alata je sposobnost očuvanja reznih karakteristika alata u određenim uslovima rezanja. Postojanost i trošenje alata su obrnuto razmjerni stohastički procesi. Mjera postojanosti alata može biti: efektivno vrijeme rezanja, ukupna dužina rezanja, količina skinute strugotine, broj obrađenih komada, obrađena površina i dr. [3]

Najčešće se postojanost alata (T) definiše kao vrijeme efektivnog - neprekidnog rezanja unutar kojeg su rezne karakteristike alata očuvane. Postojanost alata je jedan od parametara obrade, koji je zavisian od osnovnih parametara: brzine, dubine i koraka rezanja. Ova zavisnost se matematički iskazuje preko čuvene Taylorove jednačine postojanosti, za čiju tačniju formulaciju se koristi plan eksperimenta i stohastičko matematičko modeliranje. Za konkretne alate i materijale obrade, postojanost alata se daje tabelarno ili u bazama podataka i bazama znanja. [3, 4, 5, 6, 7]

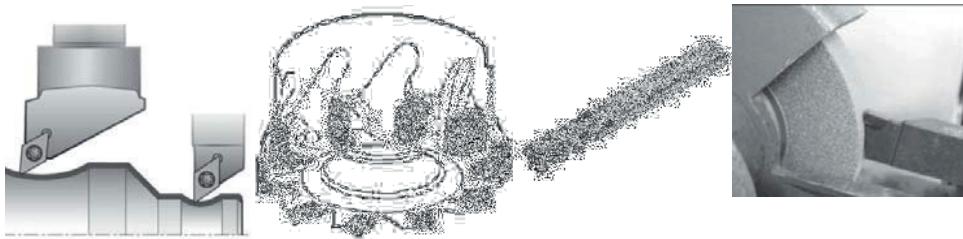
Gubitak sposobnosti očuvanja reznih karakteristika alata se manifestuje se na načine kao i istrošenost alata. Mjerenje kriterija istrošenja, koji ukazuju na gubitak sposobnosti, je često netačno i nepraktično, zahtjeva sisteme stalnog nadzora, zbog čega povećava troškove proizvodnje. Zbog toga je praktičnije kriterije istrošenja, odnosno postojanost alata, određivati na indirektan način, a najpraktičnije je preko mjerenja dimenzija, kvaliteta i geometrije obratka, odnosno izratka, što je procedura koja se provodi u svakom slučaju, u okviru kontrole kvaliteta.

Koncept pouzdanosti u svrhu određivanja postojanosti alata je u dosadašnjim istraživanjima uglavnom primjenjivan na način da je pouzdanost dovođena u vezu sa istrošenjem alata. Pri tome su se za procjenu postojanosti alata provodili eksperimenti i vršila probabilistička analiza ili Monte Carlo simulacija za procjenu vjerovatnoće otkaza alata. Metod primjenjen u ovom radu je usmjeren na izlaz obradnog procesa, izradak, te je u tom smislu konceptualno različit. [8, 9, 10]

2. POUZDANOST I ODRŽAVANJE OBRADNOG SISTEMA

Pouzdanost je vjerovatnoća bezotkaznog rada, odnosno uspješno obavljenog postavljenog zadatka [11, 12]. To znači da je obradni sistem pouzdan ako proizvodi izratke saglasne sa specifikacijama definisanim u projektnoj dokumentaciji. Suprotno, obradni sistem je u stanju otkaza. Pod pretpostavkom da greške alatne mašine i obratka nemaju bitan utjecaj na kvalitet obrade, podrazumijeva se da greške samog alata uslijed istrošenosti najviše utječu na odstupanja obratka ili izratka od zadanih specifikacija. Prema tome, obradni sistem je pouzdan koliko i alat, koji je "najslabija karika" obradnog sistema.

Dovođenje reznog alata u ispravno stanje: oštrenjem, zamjenom i okretanjem rezne pločice, promjenom cijelog alata, pripada domenu održavanja sistema, odnosno poboljšanja procesa. Koji od navedenih zahvata će se koristiti, zavisi od konstrukcije reznog alata, slika 1.



Slika 1. Primjeri raznih konstrukcija alata

Ovdje je izraženo jedinstvo održavanja i proizvodnje, jer funkcija održavanja ne predstavlja uslužnu djelatnost, nego ima čisti proizvodni karakter. Bez održavanja alata nema ni proizvodnje. S tim u vezi je Održavanje prema pouzdanosti - *Reliability Centered Maintenance* (RCM) kao metodologija koja je zasnovana na postavkama teorije pouzdanosti i sistemskim naukama u cjelini. U osnovi ovog prilaza je detaljno izučavanje otkaza i drugih pojava u životu tehničkog sistema, tako da se postupci održavanja sadržajno i terminski usklađuju sa stvarnim potrebama. Drugim riječima, po metodologiji RCM održavanje počiva na poznavanju pouzdanosti, na bazi kojih se stalno, tokom rada tehničkog sistema vrše prognoze budućih stanja, odnosno predviđa pojava otkaza. Dakle, donose se odluke o postupcima preventivnog održavanja koje treba sprovesti u određenim trenucima vremena, kako bi se spriječila iznenadna pojava otkaza, a time i odgovarajući zastoji i dodatni troškovi. [13]

3. POUZDANOST IZRATKA I TRENUTNA POUZDANOST ALATA

Izradak je izlazni produkt obradnog procesa, te je mjerodavan za određivanje pouzdanosti obradnog sistema, odnosno reznog alata. Za određivanje pouzdanosti izratka su bitne karakteristike sa tolerancijama, dok se za ostale slobodne mjere smatra da imaju pouzdanost približno jednaku jedan. [14]

Da bi odredili pouzdanost tehnološkog procesa na osnovu izratka, potrebno je odrediti pouzdanost za svaku karakteristiku. Karakteristike izratka su [1]: dužinske mjere, geometrijski oblik, međusobni položaj, hrapavost površine, mehaničke, hemijske, fizikalne i druge osobine. Sve navedene karakteristike imaju stohastičku prirodu, te su pogodne za određivanje pouzdanosti.

Pod pouzdanošću neke karakteristike izratka smatra se vjerovatnoća da se stvarna vrijednost karakteristike nalazi unutar zadanih tolerancija u tačno određenom vremenskom trenutku, ili vrlo kratkom vremenskom intervalu, što se može predstaviti formulom:

$$R_i(t_1) = P(x \in T), \quad \dots (1)$$

gdje su: x – slučajna promjenljiva za koju se određuje pouzdanost, T – propisana tolerancija čiji oblik zavisi od konkretne karakteristike, i – oznaka karakteristike koja se mjeri i t_1 – oznaka da se pouzdanost odnosi na tačno određeno vrijeme.

Pouzdanosti geometrijskih karakteristika izratka su dane u tabeli 1. što je detaljno razrađeno u literaturi [14].

Nakon određivanja pouzdanosti za svaku tolerisanu karakteristiku izratka, minimalna vrijednost pouzdanosti u odnosu na ostale pouzdanosti karakteristika izratka je trenutna pouzdanost (*Instantaneous Reliability*) procesa. To je upravo i pouzdanost alata u tom trenutku, koja na samom početku procesa treba biti jednaka jedan.

Tabela 1. Pouzdanost geometrijskih karakteristika izratka [14]

Karakteristika	Pouzdanost	Formule	Oznake
Dužinska mjera	$R_{dm}(t_1) = \int_{D_d}^{D_g} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	D_g – gornja granica D_d – donja granica \bar{x} – srednja vrijednost uzorka i σ – standardna devijacija uzorka n – broj uzoraka
Međusobni položaj (paralelnost osa)	$R_{paro} = 2\Phi\left(\frac{T_o}{2 \cdot \sigma_o}\right)$	$\sigma_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{si} - e_o)^2}{n}}$ $\varepsilon_{oi} = y_{si} - y_{pi}$	T_o - tolerancija ε_{oi} - rezidual $i = 1, 2, \dots, n$ y_{si} - stvarne ordinate $y_{pi} = e_o$ - planirane koordinate
Geometrijski oblik	$R_{ob} = 2\Phi\left(\frac{T_{ob}}{2 \cdot \sigma_{ob}}\right)$	$\sigma_{ob} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{obi}^2}{n}}$	T_{ob} - tolerancija ε_{obi} - rezidual (odstupanje stvarnog od idealnog oblika)
Hrapavost	$R_{hr} = R'_{hr} - (1 - R_{hr}(t_k))(D_{fp} - 1)$	$R'_{hr} = \int_{y_{min}}^{y_{max}} \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\bar{y})^2}{2\sigma_y^2}}$ $D_f(Ra) = 2 - e^{-\left(\frac{Ra}{10,6809}\right)^{0,7814}}$	y - odstupanje od profila D_{fp} - fraktalna dimenzija profila R'_{hr} - primarna pouzdanost $R_{hr}(t_k)$ - kritična pouzdanost hrapavosti Ra - srednje aritmetičko odstupanje profila

U tabeli su date pouzdanosti u funkciji karakteristika izratka. Naredno faza je povezati tako određene pouzdanosti u različitim trenucima vremena, tj. dati im dinamički karakter.

4. POUZDANOST ALATA U FUNKCIJI VREMENA

Pouzdanost, kao dinamička veličina, je vjerovatnoća da će sistem obavljati predviđenu funkciju bez otkaza u funkciji vremena. To znači da pouzdanost ima tendenciju pada u vremenu, ukoliko se u međuvremenu ne vrši održavanje sistema. U narednom tekstu sve oznake za vrijeme odnose se vrijeme efektivnog rezanja. Neka je τ slučajna promjenljiva veličina koja označava vrijeme pojave otkaza. Vjerovatnoća da će sistem obavljati predviđenu funkciju bez otkaza u funkciji tog vremena je [11]:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(\tau > t), \quad t \geq 0. \quad \dots (2)$$

$F(t)$ je funkcija raspodjele otkaza i znači vjerovatnoću da će sistem otkazati do vremena t .

$R(t)$ je funkcija pouzdanosti u funkciji vremena.

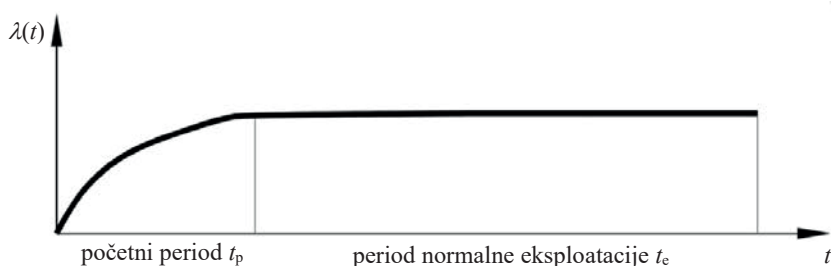
Intenzitet otkaza je vjerovatnoća pojave otkaza u jedinici vremena, pod uslovom da se do tada nije desio otkaz [15]:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}. \quad \dots (3)$$

Distribucija otkaza je odnos između vjerovatnoće otkaza i starosti sistema. Za period normalne eksploatacije, kada se javljaju samo slučajni otkazi, intenzitet otkaza je konstantan tako da se ovaj period naziva i period konstantnog rizika. Konstanta $\lambda(t) = \lambda$ naziva se konstanta intenziteta otkaza ili samo intenzitet otkaza i praktično označava broj otkaza u jedinici vremena.

Za rezne alate je karakteristična distribucija otkaza "novo je najbolje", sa osnovnom karakteristikom da na samom početku rada niska vjerovatnoća otkaza za nove sisteme, te naglo povećanje do konstantne vrijednosti, slika 2. Period normalne eksploatacije je za red veličine veći od početnog perioda, tj. $t_e \gg t_p$, te se u proračunima može zanemariti.

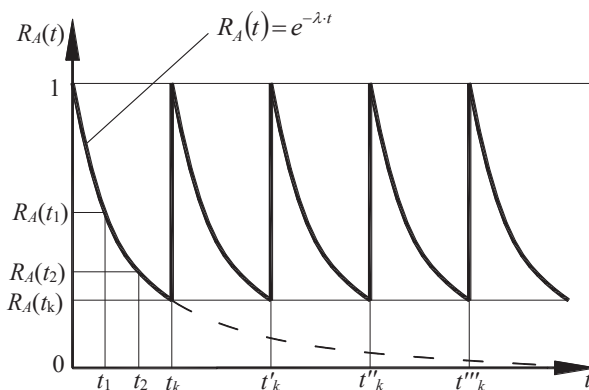
Razrađena je metoda provjere i kontrole kojima se dokazuje ova distribucija otkaza. [14]



Slika 2. Distribucija otkaza alata

Za period normalne eksploatacije pouzdanost alata u funkciji vremena je eksponencijalna funkcija [14]:

$$R_A(t) = e^{-\lambda \cdot t}. \quad \dots (4)$$



Slika 3. Pouzdanost u funkciji vremena sa periodičnim održavanjem

Prema slici 3. (kvalitativni prikaz), zbog raznih uzroka dolazi do trošenja alata i pošto se ne vrše akcije održavanja u periodu t_1 do t_k , pouzdanost alata se stalno smanjuje. U određenom kritičnom trenutku t_k pouzdanost alata poprima kritičnu vrijednost $R_A(t_k)$ koja ukazuje da je u daljnjoj proizvodnji velika vjerovatnoća izrade neispravnih izradaka. Upravo taj kritični

trenutak t_k odgovara vrijednosti postojanosti alata T . Dovođenjem reznog alata u ispravno stanje nakon trenutka t_k pouzdanost alata se povećava na vrijednost približnu jedan, nakon čega se proces ponavlja. Kritična pouzdanost alata $R_A(t_k)$, nakon koje bi se trebala izvršiti dovođenje u ispravno stanje, zavisi od konkretnih uslova. Prema konceptu 6σ najveći nivo uspješnosti (savršenstva) je ekvivalentan pojavi 3,4 greške na milion mogućnosti (DPMO – *Defects Per Million Opportunities*), što znači da je [16]:

$$R_A(t_k) = 0,999996 . \quad \dots (5)$$

Ako je ova kritična pouzdanost prevelika, usvaja se manja, zavisno od realnih uslova.

5. ODREĐIVANJE POSTOJANOSTI ALATA NA OSNOVU POUZDANOSTI ALATA

Za određivanje pouzdanosti alata u periodu normalne eksploatacije prvo je potrebno izmjeriti tolerisane mjere izratka. To znači da je prvo potrebno odrediti pouzdanost u vremenskom trenutku t_1 , odnosno $R_A(t_1)$. Nakon razumnog vremenskog perioda, kada je to svrsishodno, potrebno je odrediti pouzdanost pod istim uslovima u vremenskom trenutku t_2 , odnosno $R_A(t_2)$, s tim da u međuvremenu nije bilo mjera održavanja.

S obzirom na formulu (4), intenzitet otkaza je:

$$\lambda = \frac{\ln R_A(t_1) - \ln R_A(t_2)}{\Delta t} . \quad \dots (6)$$

gdje je: $\Delta t = t_2 - t_1$ vremenski period između određivanja trenutnih pouzdanosti.

Uvrštavanjem izraza (6) u (4) dobije se analitički izraz za pouzdanost alata u funkciji vremena na osnovu određene dvije trenutne pouzdanosti:

$$R_A(t) = e^{-\frac{\ln R_A(t_1) - \ln R_A(t_2)}{\Delta t} t} . \quad \dots (7)$$

Za određivanje intenziteta otkaza i pouzdanosti po prethodnim formulama, potrebno je poznavati samo vrijeme neprekidnog rezanja između dva mjerenja $\Delta t = t_2 - t_1$, dok ostale vremenske kategorije nisu relevantne.

U svrhu određivanja postojanosti alata $t_k = T$ u formuli (7) je potrebno na lijevoj strani uvrstiti kritičnu pouzdanost, tj. uvesti smjenu $R_A(t) = R_A(T)$, tako da se dobiva:

$$T = \frac{\ln R_A(T)}{\ln R_A(t_2) - \ln R_A(t_1)} \Delta t . \quad \dots (8)$$

Ako bi za kritičnu vrijednost pouzdanost usvojili $R_A(T) = 0,9999$ to označava vjerovatnoću da od 10000 proizvoda ispravno bude 9999.

6. PRIMJER

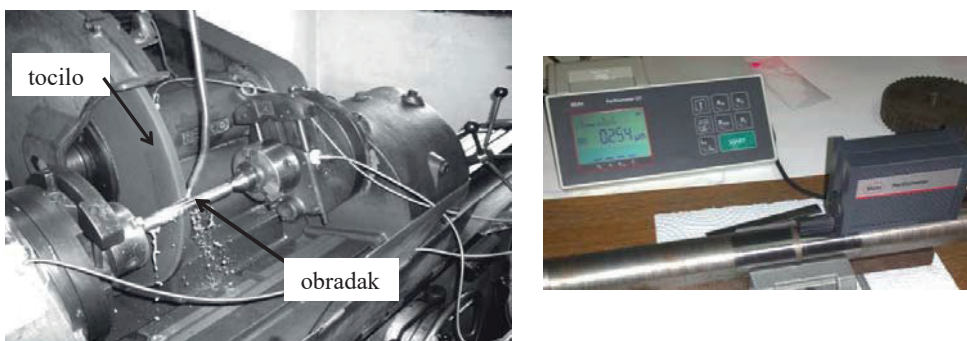
Na brusilici za cilindrično brušenje se vrši brušenje čelične osovine prečnika 30 [mm], dužine 300 [mm], slika 4.

Pošto je brušenje visokokvalitetna obrada, sa velikom vjerovatnoćom može se pretpostaviti i da je primarna pouzdanost hrapavosti $R'_{hr} \approx 1$, odnosno, da su mikroneravnine unutar zadanih granica, tabela 1. Mjerenje profila mikroneravnina izratka vršeno je uređajem za mjerenje

hrapavosti marke "Perthometer", njemačkog proizvođača "Mahr", slika 4. Uređaj se sastoji iz dva dijela i to mjernog uređaja sa dijamantom iglom koja prelazi preko površine i uređaja za registrovanje i obradu podataka. Izmjereno srednje aritmetičko odstupanje profila Ra na osovini je $Ra(t_1) = 0,24 [\mu\text{m}]$, a nakon prvog mjerenja $\Delta t \approx 80 [\text{s}]$ je $Ra(t_2) = 0,31 [\mu\text{m}]$. Dakle, hrapavost se povećava. Fraktalna dimenzija profila mikroneravnina D_{fp} :

$$D_{fp}(Ra(t_1)) = 2 - e^{-\left(\frac{Ra(t_1)}{10,6809}\right)^{0,7814}} = 2 - e^{-\left(\frac{0,24}{10,6809}\right)^{0,7814}} = 1,0502,$$

$$D_{fp}(Ra(t_2)) = 2 - e^{-\left(\frac{Ra(t_2)}{10,6809}\right)^{0,7814}} = 2 - e^{-\left(\frac{0,31}{10,6809}\right)^{0,7814}} = 1,0610.$$



Slika 4. Cilindrično brušenje i mjerenje hrapavosti

Uvrštavanjem ovih vrijednosti fraktalnih dimenzija u formulu iz tabele 1., dobiju se trenutne pouzdanosti kao kvantitativne mjere stohastičnog ponašanja:

$$R_{hr}(t_1) = 1 - (1 - 0,9973)(D_{fp}(Ra(t_1)) - 1) = 1 - (1 - 0,9973)(1,0502 - 1) = 0,9999,$$

$$R_{hr}(t_2) = 1 - (1 - 0,9973)(D_{fp}(Ra(t_2)) - 1) = 1 - (1 - 0,9973)(1,0610 - 1) = 0,9998.$$

Uvrštavanjem navedenih vrijednosti u formulu (7) dobije se da je intenzitet otkaza:

$$\lambda = \frac{\ln R_{hr}(t_1) - \ln R_{hr}(t_2)}{\Delta t} = \frac{\ln 0,9999 - \ln 0,9998}{80} = 1,25 \cdot 10^{-6} [\text{otkaz/s}].$$

Usvajanjem $R_A(T) = 0,999$, što predstavlja svjestan rizik da će od 1000 izradaka 1 biti neispravan, i uvrštavanjem u formulu (8), dobije se vrijednost postojanosti alata:

$$T = \frac{\ln R_A(T)}{\ln R_{hr}(t_2) - \ln R_{hr}(t_1)} \Delta t,$$

$$T = \frac{\ln 0,999}{\ln 0,9998 - \ln 0,9999} 80 = 800,28 [\text{s}] = 13,38 [\text{min}].$$

U ovom primjeru su izračunate pouzdanosti veće od usvojene kritične $R_A(T) = 0,999$, što znači da je kritični trenutak nakon kojeg je potrebno izvršiti oštrenje alata približno $T = 14 [\text{min}]$ neprekidne obrade. Za $R_A(T) = 0,99$, to vrijeme se povećava na $67 [\text{min}]$, ali se

svakako povećava i rizik nastanka škarta. Dakle, u ovo vrijeme ne ulazne pomoćna i druga vremena, nego samo glavno vrijeme obrade kontakta obratka i alata. Sa ovim je izvršeno predviđanje stanja alata u budućnosti na bazi mjerenja izratka, čiji je praktični značaj dobivanje optimalne vrijednosti postojanosti alata.

7. ZAKLJUČAK

Metod određivanja postojanosti alata preko pouzdanosti izratka ima više prednosti. Prva je da se postojanost određuje za konkretan alat u realnim uslovima obrade, a ne preko tabela, baza ili statističkih pokazatelja. Druga prednost je da se istrošenje alata ne mjeri direktno na alatu, što može komplikovati obradu, nego se mjere dimenzije i geometrija izratka, što se svakako i vrši u okviru kontrole kvalitete. Treća i najvažnija prednost je predviđanje stanja alata u budućnosti. Odnosno, mjerenja izratka se vrše kad je pouzdanost velika, prije nastupanja kritične pouzdanosti. Na taj način se određuje kritični trenutak koji, sa pozicije vremena mjerenja izratka, je u budućem vremenu. Taj kritični trenutak određuje postojanost alata i saznanje o njemu omogućuje optimalno preventivno održavanje alata prije kritičnog istrošenja, ali sa maksimalnom iskoristivosti, što smanjuje netačnost, škart i troškove proizvodnje. Osim navedenog metoda, za određivanje postojanosti alata može se koristiti nešto komplikovaniji metod baziran na istom konceptu korištenjem Monte-Carlo simulacija i Weibull-ove raspodjele za funkciju pouzdanosti.

8. REFERENCE

- [1] Jurković M., Tufekčić Dž.: Tehnološki procesi, projektiranje i modeliranje, Univerzitet u Tuzli, Tuzla, BiH, 2015.
- [2] Šavar Š.: Obrada metala odvajanjem čestica, svezak 1. Školska knjiga, Zagreb, RH, 1990.
- [3] Tufekčić Dž., Brdarević S.: Obrada rezanjem i alatne mašine, Mašinski fakultet Zenica, Fakultet elektrotehnike i mašinstva, Tuzla, BiH, 1995.
- [4] Cukor G.: Proračuni u obradi skidanjem strugotine, Tehnički fakultet, Rijeka, RH, 2006.
- [5] Nedić B., Lazić M.: Obrada metala rezanjem, skripta, Mašinski fakultet, Kragujevac, RS, 2007.
- [6] Jurković M.: Matematičko modeliranje inženjerskih procesa i sistema, Mašinski fakultet, Bihać, BiH, 1999.
- [7] Ekinović S.: Postupci obrade rezanjem, Mašinski fakultet, Zenica, BiH, 2003.
- [8] Salonitis K., Kolios A.: Reliability assessment of cutting tool life based on surrogate approximation methods, International Journal of Advanced Manufacturing Technology Volume 71, Issue 5-8, Pages 1197-1208, 2014
- [9] Lin S. W.: The reliability analysis of cutting tools in the HSM processes, International Scientific Journal, Volume 30, Issue 2, Pages 97-100, 2008
- [10] Hitomi K., Nakamura N., Inoue S.: Reliability analysis of cutting tools, Journal of Engineering for Industry 101, Pages 185-190, 1979
- [11] Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, II izdanje, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, RS, 1990.
- [12] Mijović B.: Održavanje strojeva i uređaja, Veleučilište u Karlovcu, RH, 2019.
- [13] Adamović Ž., Milošević Ž. i dr.: Uvod u totalno održavanje, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, RS, 2005.
- [14] Gredelj S., Halilagić R.: Pouzdanost konstrukcija i procesa, Tehnički fakultet, Bihać, BiH, 2021.
- [15] Milčić D.: Pouzdanost mašinskih sistema, Mašinski fakultet, Niš, RS, 2005.
- [16] Park H. S.: Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan, 2003.

SANACIJA UNUTRAŠNJEG KUCAČA SLADA

REPAIR OF THE INTERNAL MALT COOKER

Mr. sc. Zlatan Ištvančić, dipl. inž. maš.
IWE
Metacom d.o.o. Jajce
Bage 3, 70101 Jajce, BiH

Vukašin Tintor, dipl. inž. maš. IWE
Vitaminska a.d. Banjaluka
Braće Pišteljića 22, 78000 Banjaluka, BiH

Vladimir Čavić, dipl. inž. maš.
Banjalučka pivara a.d. Banjaluka
Slatinska 8, 78000 Banjaluka, BiH

REZIME

Unutarnji kuhač je cijevni izmjenjivač topline izrađen od nehrđajućeg čelika AISI 304. Suhozasićenom parom pritiska do 10 bara se zagrijava pivarski slad do potrebne temperature, oko 80 °C, u cilindričnoj posudi zapremine 80 m³. Zavareni spoj cijevi za ploču je potencijalno slabo mjesto u konstrukciji i nakon višegodišnje upotrebe, više od 20 godina, zbog zamora materijala se pojavljuju pukotine (pukotine kroz zavareni spoj ploče i cijevi) i dovode do prekida proizvodnje, odnosno do miješanja pare i kaše. Sanacija pukotina i procjena integriteta konstrukcije je jedino prihvatljivo rješenje zbog vrijednosti opreme i uklopljenosti kotla za slad u objekt varione u krugu pivovare. Procjena preostalog vijeka konstrukcije je urađena na osnovu parametara mehanike loma zavarenih spojeva i preporuka za vijek trajanja.

Ključne riječi: unutrašnji kuvač slada, tehnologija sanacije, mehanika loma zavarenih spojeva, zamor materijala.

ABSTRACT

The internal boiler is a tubular heat exchanger made of AISI 304 stainless steel. Brewer's malt is heated to the required temperature, around 80 °C, in a cylindrical container with a volume of 80 m³, using dry saturated steam at a pressure of up to 10 bar. The welded joint of the pipe to the plate is a potential weak spot in the construction and after many years of use, more than 20 years, due to fatigue of the material, cracks appear (cracks through the welded joint of the plate and pipe) and lead to the interruption of production, i.e. to the mixing of steam and slurry. Repair of cracks and assessment of the integrity of the structure is the only acceptable solution due to the value of the equipment and the integration of the malt boiler into the brewing facility within the brewery. The assessment of the remaining life of the structure was made on the basis of parameters of fracture mechanics of welded joints and recommendations for service life.

Keywords: internal malt cooker, repair technology, fracture mechanics of welded joints, material fatigue.

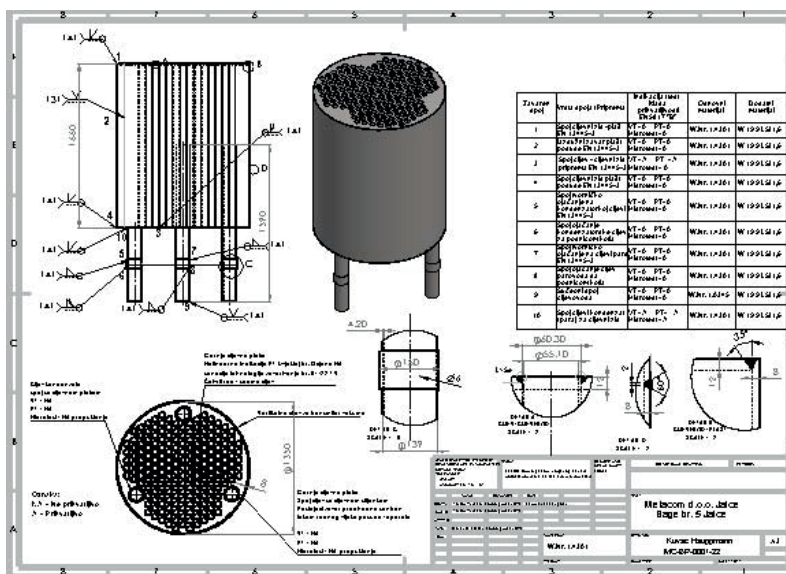
1. UVOD

Klasične metode projektovanja opreme u procesnoj industriji su zasnovane na inženjerskim proračunima, koji uzimaju u obzir pritisak, temperaturu (ravnotežna naponska stanja), napon tečenja osnovnog materijala, dodatke na koroziju i stepen sigurnosti. Međutim, nedovoljno

poznavanje svih radnih uslova koji vladaju u tehnološkom procesu, loša kontrola kvaliteta tokom izrade i montaže, kao i promjene radnih uslova, mogu značajno umanjiti projektni stepen sigurnosti. S druge strane, te metode ne uzimaju u obzir činjenicu da konstrukcijski materijali nemaju iste osobine u svim pravcima i mogu da sadrže greške nastale tokom izrade i/ili eksploatacije postrojenja, koje su mogući začeci prslina (pukotina). Ove prsline mogu da rastu sporo i stabilno pri eksploataciji opreme u procesnoj industriji. Poslije određenog vremena, kada dostignu dovoljnu kritičnu dužinu, one rastu veoma brzo uzrokujući havariju. Ovi otkazi se mogu svrstati u dve grupe: prvu čine otkazi uslijed trenutnog rasta prslina (krti lom), što je praćeno eksplozijom, a drugu otkazi uslijed procurivanja poslije laganog stabilnog rasta prslina. Kod eksplozija posljedice su katastrofalne, jer dolazi do razaranja opreme i štete u okolini. Kod procurivanja posljedice mogu da budu beznačajne, ali i vrlo ozbiljne kod otrovnih i zapaljivih radnih fluida, [1-4]. Sem toga, moguće je prslinu u stabilnom razvoju otkriti i prije procurivanja, npr. tokom redovnih inspekcija. Stabilni razvoj prslina može biti posljedica zamora ili korozije, a u rijetkim slučajevima je posljedica prekomjerne plastične deformacije. Također, posljedice procurivanja poslije stabilnog rasta prslina, iako nisu praćene krtim lomom, izazivaju povećane eksploatacione troškove procesne opreme, jer dovode do neočekivanih zastoja procesa proizvodnje, kontaminacije ili nedozvoljenog onečišćenja produkta tehnološkog procesa sa parom, vodom ili drugim nedozvoljenim materijama. U pogonu varione Banjalučke pivovare došlo je do procurivanja zavarenih spojeva unutrašnjeg kuvača slada i do obustave proizvodnje zbog onečišćenja sladovine kondenzatom i parom, a isti se manifestovao porastom sadržaja nedozvoljenih metala u sladovini i do 400% u odnosu na dozvoljene koncentracije. Izvršeno je NDT ispitivanje svih zavarenih spojeva unutrašnjeg kuvača slada, te je nakon otkrivanja pukotina na spojevima propisana tehnologija reparaturnog zavarivanja svih mjesta na kojima su evidentirane pukotine. Istraženi su uzroci nastanka pukotina i primjenom parametara mehanike loma određen integritet i preostali vijek trajanja konstrukcije.

2. TEHNIČKI OPIS KUAČA SLADA

Kotao (kuvač) za kuvanje piva fab. broj 10 31 716 proizvođača HAUPPMANN Njemačka, nalazi se u tvornici Banjalučka Pivara AD Banjaluka i služi za kuvanje piva.



Slika 1. Parni izmjenjivač- unutrašnji kuvač slada

Kao radni medij za toplotnu operaciju kuvanja piva služi suvozasieena vodena para pritiska do 10 bara, a koja se parovodima od kotlovnice dovodi do kuvača. Kuvač se sastoji od cilindrične vertikalne stabilne posude prečnika $D = 5380$ mm i visine $H = 6435$ mm, koja je sa obje strane zatvorena plitkim podnicama, slika 1. Unutar kuvača nalazi se izmjenjivač toplote u kojem se kondenzacijom pare vrši zagrijavanje i kuvanje piva. Parni izmjenjivač toplote je koncipiran kao vertikalni cijevni kondenzator u kojem se para dovodi sa donje strane izmjenjivača kroz parnu cijev, u kome se vrši filmski režim, kondenzuje na spoljnim površinama vertikalnih cijevi, i kondenzat se odvodi sa donje strane kroz kondenzatorske cijevi. Svi sastavni dijelovi izmjenjivača (cijevi, cijevna ploča, plašt) su izrađeni od austenitnog nehrđajućeg čelika w.Nr. 1.4301. Kuvač slada je u pogonu više od 20 godina, a u toku ovogodišnjeg rada uočena su curenja pare na spoju cijev - cijevni zid, spoju cijevni zid – cijev odvoda kondenzata.

3. TEHNOLOGIJA SANACIJE UNUTRAŠNJEG KUVAČA SLADA

Svaka havarija ili oštećenje na postrojenju uzrokovana je nekom već postojećom greškom u materijalu, zavarenom spoju, starenjem, korozijom, trošenjem ili preopterećenjem u eksploatacijskim uslovima. Uzrok može biti i loše konstrukciono rješenje, ili promjenljivi režimi rada u toku eksploatacije. U opštem slučaju, pristup reparaturnom zavarivanju se može podijeliti u četiri karakteristične faze, a to su, [11]:

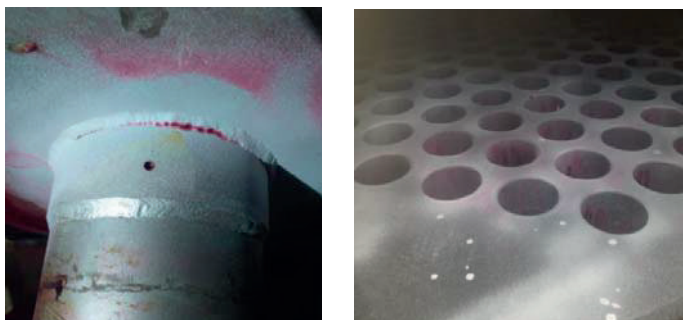
- Utvrditi stanje oštećenja, prikupiti i opisati sve poznate podatke o havariji, radnom komadu, materijalu, i eksploatacijskim uslovima,
- Ocijeniti situaciju i donijeti odluku,
- Odrediti i napisati tehnologiju popravke,
- Izvršiti popravak i arhivirati dokumentaciju.

3.1 Utvrđivanje stanja oštećenja

Utvrdivanje stanja oštećenja podrazumjeva prikupljanje svih potrebnih podataka o oštećenju, radnom komadu, materijalu i eksploatacijskim uslovima. Za analizu stanja oštećenja korišćene su NDT metode sa kojima su otkrivene podužne i poprečne pukotine u metalu šava, zoni uticaja toplote, na liniji spajanja zavara sa osnovnim materijalom.




Obim sprovedenih NDT ispitivanja:

- Vizuelni pregled svih zavarenih spojeva sa ocjenom prihvatljivosti „B“ prema „EN 5817“ i “EN13445”
- Penetrantski test svih zavarenih spojeva sa ocjenom prihvatljivosti prema „EN23277“, nivoi prihvatljivosti uočenih indikacija, kao “B” prema “EN 5817”.



Slika 2. Ispitivanje penetrantima zavarenog spoja cijev – cijevni zid
(Linearne i nelinearne indikacije - PT izvještaj)

Tabela 1. Oblici geometrijskih nesavršenosti uočeni tokom pregleda i ispitivanja kuvača i parnog grijača prema EN 6520-1

102	Poprečna pukotina Pukotina uglavnom poprečna na osu zavara. Može se nalaziti:	
1021	- u metalu zavara,	
1023	- u zoni uticaja toplote,	
1024	- u osnovnom metalu.	
101	Podužna pukotina Pukotina uglavnom paralelna sa osom zavara. Može se nalaziti:	
1011	- u metalu zavara,	
1012	- na liniji spajanja zavara sa osnovnim metalom,	
1013	- u zoni uticaja toplote,	
1014	- u osnovnom metalu.	1) zona uticaja toplote
106	Razgranate pukotine Grupa povezanih pukotina koje polaze od zajedničke pukotine, a razlikuje se od grupe nepovezanih pukotina (105) i od zrakastih pukotina (103). Mogu se nalaziti:	
1061	- u metalu šava,	
1063	- u zoni uticaja toplote,	
1064	- u osnovnom metalu.	

3.2 Osnovni materijal

Kotao za kuvanje piva – parni izmjenjivač toplote je izrađen od austenitnog nehrđajućeg čelika X5 CrNi 18 10 odnosno 1.4301 (EN 10028-7) koji ima sljedeća hemijska i mehanička svojstva data u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Hemijski sastav osnovnog materijala na osnovu atesta i šarže za ugrađeni materijal

C _{max}	Si _{max}	Mn _{max}	P _{max}	S _{max}	Cr	Ni	Ti _{max}	Mo
0,027	0,41	1,45	0,045	0,015	18,08	8,11	-	0,34

Tabela 3. Mehaničke osobine osnovnog materijala na osnovu atesta i šarže za ugrađeni materijal

Granica tečenja R _{eh} (N/mm ²)	Zatezna čvrstoća R _m (N/mm ²)	Izduženje A(%)	Žilavost Av(J) na 20°C	Tvrdoća HB
≥210	520-700	≥45	55-85	

Nehrđajućim čelicima se naziva velika grupa Cr, Cr-Ni i Cr-Ni-Mo čelika sa sadržajem hroma iznad 12%, kojima se, pri djelovanju atmosfere, zadržava svijetli metalni sjaj, tj. nehrđajuća svojstva. Krom povećava korozionu postojanost čelika i u drugim sredinama, prvenstveno oksidativnim, što se široko primjenjuje pri izradi hemijskih aparatura i proizvoda izloženih korozionoj sredini. Pored Cr u ove čelike se uvode i Ni, Mn, C, Mo, W, Nb i drugi elementi, da bi im se dale specifične osobine.

3.3 Zavarljivost osnovnog materijala

Materijal X5 CrNi 18 10 AiSi304 spada u grupu austenitnih materijala sa dobrom zavarljivošću i kod njih ne postoji opasnost od hladnih pukotina. Unatoč tome što imaju dobru korozijsku postojanost područje oko zavarenog spoja može postati osjetljivo na interkristalnu, rupičastu, naponsku, koroziju u procjepu i ostale oblike korozije (kavitacijska, erozijska). Osjetljivost ovih čelika na IKK (interkristalna korozija) posljedica je duže izloženosti zavarenog spoja u kritičnom području od 450 do 850 °C (najjače na 650 °C), gdje na granicama zrna precipitiraju Cr₂₃C₆ karbidi (94,3 %Cr). Budući da u blizini granice zrna dolazi do potrošnje kroma (Cr < 12) zbog stvaranja Cr₂₃C₆ karbida, stvaraju se uslovi u

slučaju prisustva agresivnih medija u eksploataciji za nastanak IKK. Izlučivanje karbida može se spriječiti legiranjem elementima koji tvore stabilne karbide (Nb, Ti, Ta), smanjenjem sadržaja ugljika ispod 0,03 %, gašenjem, te malim unosom toplote. Sigma faza je tvrda, krhka, nemagnetična intermetalna faza koja nastaje pri povišenim i visokim temperaturama, te uzrokuje smanjenje istezljivosti i žilavosti. Postoji oko 50-ak vrsta σ -faza, ali je najpoznatija FeCr σ -faza s oko 48 %Cr. U visoko austenitnim čelicima, koji u mikrostrukтури imaju delta ferita nastaje jako brzo i što je udio delta ferita veći, σ faza nastaje brže i u većoj količini. Korozijska postojanost opada jer nastanak kromom bogate σ -faze dovodi do osiromašenja Cr u okolnom području. Sigma faza nastaje na granici ferit-austenit i dalje se širi u ferit i povećanjem sadržaja σ -faze dolazi do rapidnog opadanja udarne radnje loma.

3.4 Sklonost ka toplim pukotinama

Pojava pukotina u zavarenom spoju smatra se jako opasnom pogreškom i u pravilu pukotine nisu dopuštene. Male pukotine pod djelovanjem naprezanja s vremenom mogu narasti, a pošto su one jaki koncentratori naprezanja mogu uzrokovati smanjenje nosivog presjeka zavarenog spoja i u konačnici dovesti do otkaza konstrukcije. Prema uzroku nastajanja pukotine mogu biti: tople i hladne. Mogu se javiti kao uzdužne, poprečne, zvjezdaste, razgranate, pukotine u odvojenim skupinama u ZUT-u, metalu zavara i OM, kao i kraterske koje mogu biti uzdužne, poprečne ili zvjezdastog oblika, [11]. Za analit. procjenu sklonosti ka pojavi toplih pukotina koristi se empirijski koeficijent HCS (hot cracking sensitivity). Ako je HCS < 4, tople prsline se najvjerojatnije ne obrazuju u metalu šava čelika sa $R_{eH} < 700$ MPa, dok je kod čelika povišene čvrstoće ($R_m > 700$ MPa) uslov strožiji, HCS < 1,6.

$$HCS = \frac{C \cdot \left[S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right] \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} = \frac{0,41 \cdot \left[0,015 + 0,045 + \frac{0,41}{25} + \frac{8,11}{100} \right] \cdot 10^3}{3 \cdot 1,45 + 18,08 + 0,34 + V} = 2,83 > 1,6 \quad (1)$$

3.5 Izbor dodatnog materijala „EN 10204 - 3.1“

Izbor dodatnog materijala se obavlja grafičkim obilježavanjem na Schefflerovom dijagramu. Iz hemijskog sastava osnovnog materijala koji je potrebno zavariti, uz pomoć adekvatnog izraza se izračunava ekvivalent kroma i nikla Cr_{ekv} i Ni_{ekv} te obilježi u dijagramu. Ako se obilježena tačka nalazi u nepovoljnom području bira se takav dodatni material, koji će uz neizbježno miješanje dovesti metal šava u povoljno područje Schefflerovog dijagrama. Čisti zavareni spoj bez ferita je relativno osjetljiv na pojavu prsline. Da bi se spriječila pojava prsline, zavareni spoj treba da sadrži 2-10% delta ferita. Stoga se dodatni materijal mora shodno tome i birati. Za osnovni materijal X5 CrNi 18 10 odnosno 1.4301 i postupak TIG (141) izabran je dodatni materijal proizvođača ESAB prema EN 14343-A tip: W 19 12 3 L Si. Hemijski sastav i mehaničke osobine dodatnog materijala date su u tabelama 4 i 5. Ekvivalent $Cr_{ekv} = 21,29$ i $Ni_{ekv} = 11,87$ obezbjeđuju 10,9% delta ferita u metalu šava.

Tabela 4. Hemijski sastav čistog metala šava

Dodatni materijal	Hemijski sastav, [%]					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
W 19 12 3 L Si	0,019	0,85	1,71	18,16	11,19	2,61

Tabela 5. Mehaničke osobine čistog metala šava

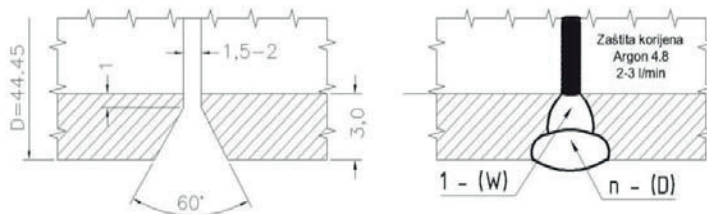
Karakteristika	$R_{eh}, [N/mm^2]$	$R_m, [N/mm^2]$	A5, [%]	$A_v, [J] + 20^\circ C$
Vrijednost	>450	600	>35	>175

3.6 Parametri zavarivanja

Za zavarivanje koristiti jednosmernu struju direktnog polariteta JSDP ili AC struju. Osnovni parametri zavarivanja dati su tehnološkim listama za oba spoja. Opšta načela i kriterijum pri izboru parametra zavarivanja bazirani su na odobrenim kvalifikovanim tehnologijama WPQR-a i specifičnim tehnologijama zavarivanja WPS za naznačene zavarene spojeve, tabela 6.

Tabela 6. Parametri zavarivanja WPQR TUV-SÜD 0036TSS-IS-17-08-1408-002

Prolaz (i) Layer (s)	Postupak Process	Promjer Dijametar [Ø / mm]	Struja Current [A]	Napon Voltage [V]	DC -/+ AC	Protok plina Flow rate [l / min]	Brzina žice Wire feed speed [m / min]	Brzina zavar. Travel Speed [mm / min]	Unos toplote Heat input [kJ / mm]
l	141	2,0	70	8 – 10	-	8 – 10	-	55 – 65	0,21 ≈ 0,48
n	141	2,0	80	11 – 13	-	8 – 10	-	60 – 70	0,21 ≈ 0,48



Slika 3. Oblici zavarenih spojeva i redosljed zavarivanja

3.7 Tehnologija reparature

Pukotine i druge pogreške na spoju cijev – cijevni zid najčešće potiču od korozije u procjepu, i obično se detektuju propuštanjem cijevi. Uzrok korozije je zadržavanje agresivnog medija u procjepu uz nedostatak kisika, čime se pospješuje korozijsko djelovanje agresivnog medija. Sanacija se može sastojati u blindiranju detektovane cijevi sa specijalno izrađenim čepom, izmjenom cijevi ili reparaturnim zavarivanjem bez izmjene cijevi. U slučaju kuvača sladovine izvršeno je reparaturno zavarivanje bez izmjene oštećene cijevi. Sam proces reparacije se sastoji od sljedećih faza:

- Izvršiti odstranjivanje postojećeg zavara sa specijalnim glodalima (tzv. Frezer) sve dok se u potpunosti ne oslobodi cijev od cijevnog zida,
- Izvršiti pregled stanja površine cijevnog zida i cijevi uz primjenu NDT metodama, sa ciljem otkrivanja eventualnog širenja pukotine iz metala šava u ZUT i osnovni material. Pukotine se odstranjuju žljebljenjem, brušenjem ili primjenjivom ugljenom elektrodom u zavisnosti od debljine i vrste materijala,
- Pripremiti žljeb za zavarivanje i osigurati pristupačnost za izvođenje zavarivanja. Zaobljenostima na dnu žljeba treba osigurati pristup za TIG elektrodu do dna žljeba. Početak i kraj pripremljenog žljeba moraju imati blagi prelaz. U slučaju mjestimičnog proširivanja ili vrlo širokog žljeba, zbog oblika pukotine, takva mjesta valja navarivanjem na stranice žljeba dovesti donekle u jednosličan i pravilan žljeb.
- Izvršiti zavarivanje TIG postupkom cijevi za cijevni zid uz kontrolu i dokumentovanje, svih propisanih parametara zavarivanja,
- Izvršiti NDT ispitivanje izvedenog spoja,
- Arhiviranje dokumentacije i zapisa.

3.8 Mehanička obrada površine nehrđajućeg čelika nakon zavarivanja

Prije početka bilo kakve mehaničke obrade potrebno je najprije ukloniti tragove boja, masnoća i ostalih prljavština s površine koja će se mehanički obrađivati. Nakon potpunog sušenja počinje mehanička obrada. Taj postupak obrade koristi se zato da se s površina

zavarenog spoja uklone pogreške nastale postupkom zavarivanja, kao što su metalne kapi, troska, itd. Tokom mehaničke obrade ne smije se jako pritiskati brusni ili polirni material jer se razvija toplota. Takva mjesta mogu biti kasnije opterećena jamičastom ili napetosnom korozijom. Nikako se ne smije koristiti alat i pribor za ugljenične čelike (turpije, metalne četke, brusni papir itd.).

3.9 Hemijska obrada površine nehrđajućeg čelika nakon zavarivanja

Ova se obrada temelji na kontrolisanom otapanju nehomogenih površinskih slojeva. To se postiže najčešće sredstvima za nagrizanje koja sadržavaju dušičnu i fluorovodičnu kiselinu. Koncentracija kiselina, temperatura i vrijeme tretiranja ovise o vrsti nehrđajućeg čelika, hrapavosti i debljini oksidnih slojeva. Ako je čelik više legiran, potrebno mu je više vremena za nagrizanje. Sam postupak može se obavljati premazivanjem pastama za nagrizanje, uranjanjem u sredstvo za nagrizanje ili prskanjem na tretiranu površinu. Za hemijsku obradu zavora i uklanjanje pobojanosti u zoni utjecaja topline najčešće se koristi tehnika nanošenja sredstva za nagrizanje kistom. Nakon kemijske obrade potrebno je dobro isprati tretiranu površinu deioniziranom ili pročišćenom vodom.

4. PROCJENA INTEGRITETA SANIRANOG ZAVARENOG SPOJA I NJEGOVOG ŽIVOTNOG VIJEKA

Na osnovu kriterija statičkog loma konstrukcije za sanirani zavar može se utvrditi sljedeće:

- Granica tečenja zavarenog spoja (osnovni materijal, metal šava, ZUT) - uzima se najnepovoljnija vrijednost pri radnoj temperaturi kuvača od 160 °C, $R_{p0,1}=147$ MPa;
- Faktor sigurnosti opreme (zavarenog spoja kuvača) $S = 1,5$;
- Dozvoljeni napon iznosi $\sigma_{doz} = 98$ MPa.

Maksimalni ekvivalentni napon koji se pojavljuje u zavarenom spoju kao najslabijem konstruktivnom dijelu kuvača je određen putem norme EN13445-3 i iznosi $\sigma_{ekv} = 46$ MPa. Iz čega se može izvesti zaključak da su maksimalni radni naponi manji od dozvoljenih napona: $\sigma_{ekv} < \sigma_{doz}$. Bitno je napomenuti da je zavareni spoj u potpunosti izveden prema odobroj tehnologiji zavarivanja i ispitani NDT metodama, te sa stanovišta propisa i standarda kojima se definiše područje zavora, odnosno cijela konstrukcija kuvača je prihvatljiva! Na osnovu poznatog broja ciklusa opterećenja, intenziteta i karaktera promjenljivog opterećenja koji su doveli do plastičnog kolapsa zavarenog spoja (osnovni material, metal šava i zona uticaja toplote), kao i mehaničkih svojstava, procijenit će se vijek saniranog zavora. Trajna dinamička čvrstoća zavarenog spoja, kao i životni vijek konstrukcije se iz gornjeg pristupa (statičkog loma konstrukcije) ne mogu odrediti bez uvođenja parametara kojim se definiše zamor i lom materijala. Činjenica da je nakon višegodišnje eksploatacije došlo do loma zavarenog spoja, nedvosmisleno pokazuje da konstrukcija ima svoj životni vijek. Uzimajući u obzir parametre koji definišu svojstvo materijala zavora može se izvršiti procjena preostalog životnog vijeka. Materijal, austenitni nehrđajući čelik w.Nr. 1.4301 AiSi304 ima sljedeća svojstva i parametre:

$$K_{IC} = 61 \left[\text{MPa} \sqrt{m} \right] \quad - \text{Uslovi ispitivanja } 20 \text{ }^\circ\text{C}, [11]$$

$$K_{IC} = 83 \left[\text{MPa} \sqrt{m} \right] \quad - \text{Određen interpolacijom za temperaturu od } 160 \text{ }^\circ\text{C}, [11]$$

$$a_c = 6,4 \quad - \text{Kritična veličina pukotine}, [11]$$

$$C = 5,61 \cdot 10^{-9} \quad m = 3,25 \quad - \text{Parisovi koeficijenti}, [10]$$

Na osnovu poznate brzine propagacije pukotine [10], primjenom parametara elasto plastične mehanike loma dolazi se do broja ciklusa za material sa kritičnom dužinom pukotine:

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \left[\frac{m}{\text{ciklusu}} \right] \text{ - Parisova formula} \quad (2)$$

$$\frac{da}{dN} = 0,00105 \left[\frac{mm}{\text{ciklusu}} \right] \text{ - Brzina propagacije pukotine}$$

$$N = 6095[\text{ciklusa}] \text{ - Broj ciklusa do dostizanja kritične veličine pukotine.}$$

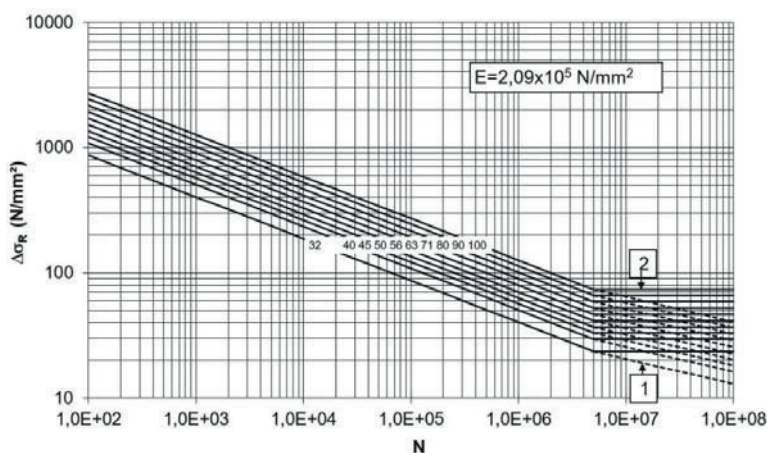
Napominje se za gornje parametre mehanike loma, da su manje relevantni jer se radi o austenitnom čeliku koji ima dovoljno visoku žilavost, pa parametri mehanike loma postaju manje relevantniji jer je naprezanje pri lomu neosjetljivo na žilavost. U prilog ovoj tvrdnji je i činjenica da su radni uslovi na visokoj temperaturi. Vijek trajanja saniranog zavara može se odrediti iz konkretnog naponskog stanja zavarenog spoja i načina rada, kao i iz preporuka stručnih i osiguravajućih društava za životni vijek konstrukcija, [5-7]. Za konkretni slučaj se može uzeti da je: $\Delta\sigma_a = \sigma_{maks} = 46 \text{ MPa}$.

Analizom načina rada kuvača, određen je broj ciklusa do loma: $N_a = 20 \cdot 56 \cdot 3 \cdot 2 = 6240$ ciklusa. Broj ciklusa kod niskocikličnog zamora je reda veličine: $N_a \leq 10^4$.

Otpornost prema zamoru se izražava nizom $\Delta\sigma_R - N$ krivih, gdje svaka kriva važi za određene konstrukcione detalje. Krive se identifikuju preko vrednosti otpornosti prema zamoru $\Delta\sigma_D - N$ (N/mm^2), za vijek trajanja od $N = 2 \cdot 10^6$ ciklusa. Proračunske krive imaju oblik koji je prikazan na slici 4 u skladu su sa jednačinom:

$$N = \frac{C_1}{\left(\frac{\Delta\sigma}{f_w} \right)^{m_1}} \quad (3)$$

Na osnovu rezultata istraživanja Međunarodnog udruženja klasifikacijskih društava (*International Association of Classification Societies*) za rezultate uporednog istraživanja zamorne čvrstoće za predmetni materijal sa amplitudom napona koja odgovara približno 46 MPa, životni vijek iznosi 8,9 godina.



Slika 4. Krive zamora materijala u zavisnosti od broja ciklusa opterećenja:

- (1) za proračun opterećenja promjenljive amplitude,
- (2) za opterećenje konstantne amplitude, granica izdržljivosti $\Delta\sigma_D$ za 5×10^6 ciklusa.

Broj ciklusa po godini rada postrojenja je $N_{ig} = 6240/20 = 312$ ciklusa/godini.

Na osnovu provedene analize prema podacima stručnih udruženja za zamor materijala i osiguravajućih društava za složene konstrukcije, procijenjen je životni vijek saniranog zavara od 2776 cikličnih promjena, te to predstavlja garantni rok na izvedene radove!

Procjenjeni broj ciklusa do loma konzervativnijom metodom u odnosu na parametre elastoplastične mehanike loma je $N_{pr} = N_{fg} \cdot N_g = 312 \cdot 8,9 = 2776$ ciklusa.

5. ZAKLJUČAK

Procesna oprema (kuvač sladovine) koja se koristi u našoj industriji je u višegodišnjoj eksploataciji i relativno skromno održavana (periodički pregledi i ispitivanja, sanacija, zamjena dijelova i sl.), a time i niskog nivoa pouzdanosti u radu. Bez obzira na stanje, ona predstavlja još uvijek značajnu vrijednost za preduzeće. Održavanje i periodički pregledi s potrebnim ispitivanjima opreme trebaju biti dio procedura Poslovnika o kvaliteti svakog preduzeća. Preventivnim pregledima i pravovremenim utvrđivanjem stanja opreme se može značajno produžiti radni vijek opreme. Otkrivena oštećenja, u ovom slučaju su pukotine u zavarenim spojevima, nakon provedene analize se mogu kvalitetno sanirati uz odgovoran inženjerski pristup. U radu su prikazani svi elementi pristupa: dijagnostika oštećenja, analiza konstrukcije i detalja, izrada tehnologije sanacije, usklađivanje s propisima i preporukama, procjena integriteta na osnovu parametara mehanike loma, proračun životnog vijeka zavarenog spoja na osnovu parametara nisko cikličnog zamora i plastičnog kolapsa. Odabran je najkraći životni vijek konstrukcije koji je, očekivano za žilave materijale na povišenim temperaturama malo relevantan pristup mehanike loma, dobiven analizom zamora i preporukama osiguravajućih društava jer imaju najkonzervativniji pristup.

6. REFERENCE

- [1] Bajić, D.: Posude pod pritiskom i cjevovodi, Mašinski fakultet, Podgorica, 2011.
- [2] Nikolić, M.: Ispitivanje i kontrola posuda pod pritiskom, Zavod za zavarivanje, Beograd, 1988.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom, "Službeni list SFRJ", br. 16/83, 1983.
- [4] Pravilnik o tehničkim propisima za izradu i upotrebu parnih kotlova, parnih sudova, pregrejača pare i zagrejača vode („Sl. list FNRJ“, br. 7/57, 22/57. i 3/58, kao i „Sl. list SFRJ“, br. 56/72. i 61/72).
- [5] Galić, I.: Procjena radnog vijeka kućišta ventila, Fakultet Strojarstva i Brodogradnje, Zagreb, 2012.
- [6] Milovanović, A.: Primena parametara elastoplastične mehanike loma na procenu integriteta velikih sfernih rezervoara, Mašinski fakultet, Beograd, 2019.
- [7] Sedmak, A.: Procena integriteta zavarenih spojeva primenom inženjerskih metoda, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Beograd, 2202.
- [8] Ristić, B., Adamović, D., Devedžić G., Popović, Z.: Izbor biomaterijala u ortopedskoj hirurgiji, Vojnosanitetski pregled, Kragujevac, 2010.
- [9] Oruč, M., Sunulahpašić, R.: Lomovi i osnove mehanike loma, Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica, 2009.
- [10] Husnjak, M., Izvod iz predavanja međunarodna specijalizacija za zavarivanje, FSB Zagreb, 2009.
- [11] Army Materials and Mechanich Research centar, Plane strein fracture toughness handbook for metals, 1973.

Monitoring and Diagnosis of Crystallization in An Air Cooled Absorption Refrigeration System

İsmail HİLALİ

Harran University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering
Sanliurfa, Türkiye

Yusuf İŞIKER
Harran University,
Engineering Faculty,
Department of Mechanical Engineering
Sanliurfa, Türkiye

Hüsamettin BULUT
Harran University,
Engineering Faculty,
Department of Mechanical Engineering
Sanliurfa, Türkiye

Yusuf GÜLTEKİN
Ufuk Pipe Company,
Sanliurfa, Türkiye

ABSTRACT

The main problem to using Water-Lithium Bromide binary solution in air cooled absorption refrigeration systems is high probability occurring of crystallization when the solution temperature falls below the normal crystallization temperature for a particular salt concentration. This can occur unless special precautions are taken when the system is shutdown. This article examines monitoring and diagnosis of crystallization to resolve this problem using control strategies. In the present study, decrystallization line and intelligent digital controller which monitors and takes necessary measurements for control functions and management were added to system. Therefore, crystallization problem has been possibly solved by diluting the solution throughout the system prior to shut down.

Keywords: Absorption refrigeration, decrystallization, monitoring and diagnosis

1. INTRODUCTION

The production of cold has applications in a considerable number of fields of human life, for example the food processing field, the air-conditioning sector, and the conservation of pharmaceutical products, etc. The conventional refrigeration cycles driven by traditional vapor compression in general contribute significantly in an opposite way to the concept of sustainable development. Two major problems have yet to be addressed: The global increasing consumption of limited primary energy and the refrigerants used cause serious environmental problems [1-2].

An absorption refrigeration cycle is a combination of those processes as shown in figure 1. The working fluid in an absorption refrigeration system is a binary solution consisting of refrigerant and absorbent. Many working fluids are suggested in literature. There are some 40 refrigerant compounds and 200 absorbent compounds available. However, the most common working fluids are Water/NH₃ and LiBr/Water. Two outstanding features of LiBr/Water are non-volatile as an absorbent of LiBr (The need of rectifier is eliminated) and extremely high heat of vaporization of as a refrigerant of water. However, using water as a refrigerant limit the low temperature application to that above 0 °C. The system must be operated under vacuum conditions. At high concentrations, the solution is prone to crystallization (figure 3). As shown in figure 2, the absorption cycle is plotted in a Dühring P-T chart, a pressure-temperature graph

where the diagonal lines represent constant LiBr mass fraction, with the pure water line at the left and crystallization line at the right. [3].

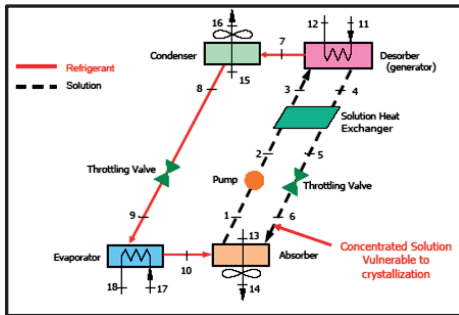


Figure 1. Absorption refrigeration cycle

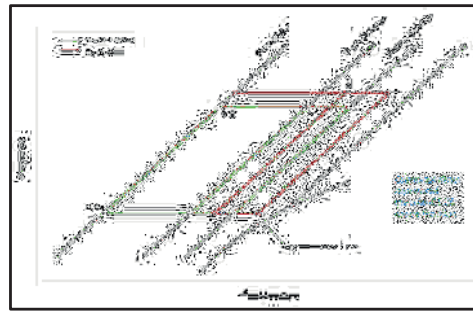


Figure 2. Dühring chart of absorption cycle

In absorption systems, if the solution concentration is too high or the solution temperature is reduced too low, crystallization may occur and interrupt machine operation. The vulnerable location is also decided by the mechanical structure of pipes and fittings; this is most likely to occur in the strong solution entering the absorber; that is the point 6 in figure 1, the concentrated solution at the lowest temperature. Crystallization must be avoided because the formation of slush in the piping network over time could form a solid and block the flow. If this occurs, the concentrated solution temperature needs to be raised above its saturation point so that the salt crystals will return to the solution, freeing the machine. The big difference between water-cooled and air-cooled LiBr-water absorption cycles is the temperature of the absorber. With air-cooling, one cannot achieve a temperature of the solution in the absorber sufficiently low to maintain the evaporator pressure. The only way to compensate for the high absorber temperature is to increase the concentration of LiBr in the solution, but that brings it closer to crystallization [4-8]. One of the following five causes or a combination of those causes may trigger crystallization of air-cooled absorption cycles, and the associated precautions are also suggested as well:

1. *Higher ambient temperature (it is higher condenser cooling water temperature for the water-cooled machine):* The air-cooled absorbers tend to run hotter than water-cooled units due to the relatively poor heat transfer characteristics of air.
2. *Air leak into the machine or non-absorbable gases produced during corrosion:* Both deteriorate the UA and cause higher system pressure, decreased capacity and COP, and higher crystallization probability. A direct method for keeping the required pressure is to evacuate the vapor space periodically with a vacuum pump. This situation can be simulated by assuming a decreased UA, which will cause X6, the concentration of point 6, to move closer to the crystallization line limit. As a precaution to this issue, the system should be evacuated routinely.
3. *Too much heat input to the generator:* either the exhaust temperature or the flow rate is too high, which results in increased solution concentrations to the point where crystallization may occur. As a precaution to this issue, the exhaust temperature or flow rate into the generator should be maintained within a specific range.
4. *Failed dilution after shutdown:* During normal shutdown, the machine undergoes an automatic dilution cycle, which lowers the concentration of the solution throughout the machine. In such a case, the machine may cool to ambient temperature without crystallization occurring in the solutions. Crystallization is most likely to occur when the

machine is stopped due to power outage while operating at full load, when highly concentrated solutions are present in the solution heat exchanger [9].



Figure 3. Crystallization of LiBr/Water solution

In this study, we applied simple and technological decrystallization solution to the vapor absorption refrigeration system to prevent breakdown and to hold steady state using a preventive maintenance strategy.

2. MATERIAL

Figures 4 and 5 show the layout and flow diagram of experimental set-up. It was designed for continuous operation; the mixing tank receives concentrated solution and refrigerant vapor. The resultant dilute solution is pumped upward to plate heat exchanger by gear pump, and then flows to generator where it is again separated into concentrated solution and water vapor. This vapor is led to air-cooled condenser where it loses its latent heat to cooling air. The vapor changes back to liquid state and collects in condense tank. The condensed liquid drops through an electronic expansion valve into the evaporator below. While concentrated solution returns straight to the mixing tank from generator, it passes across the plate type heat exchanger where it gets the desired degree of sub-cooling before entering once again the mixing tank.



Figure 4. Experimental set-up of LiBr/Water Absorption Refrigeration System

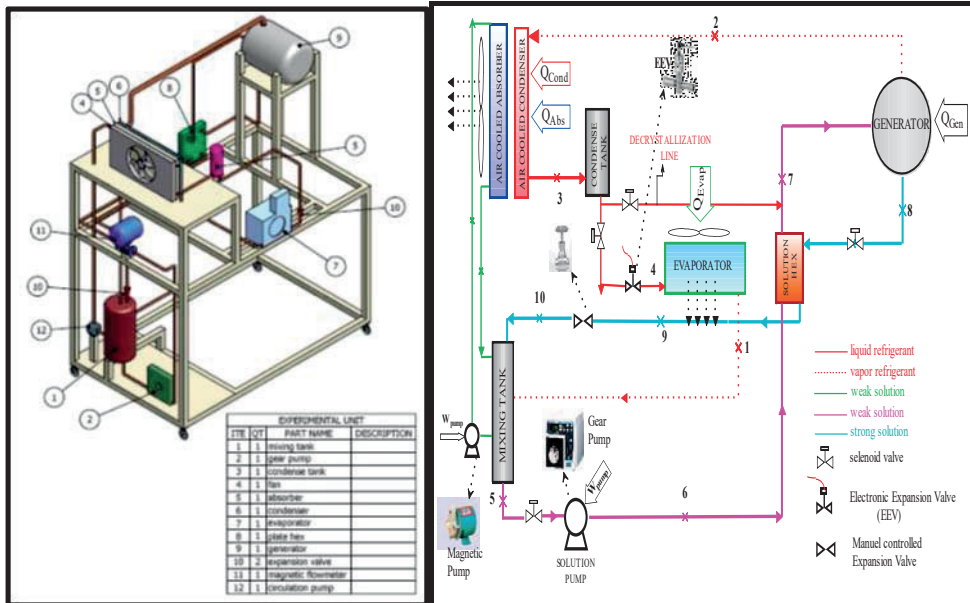


Figure 5. Detailed flow diagram of set-up

As shown in figure 6, instrumentation of the experimental set-up is composed of J type thermocouples, electromagnetic flowmeters, turbine type flowmeter, a hot wire anemometer, pressure transducers and intelligent digital controller for refrigeration system control functions and management.

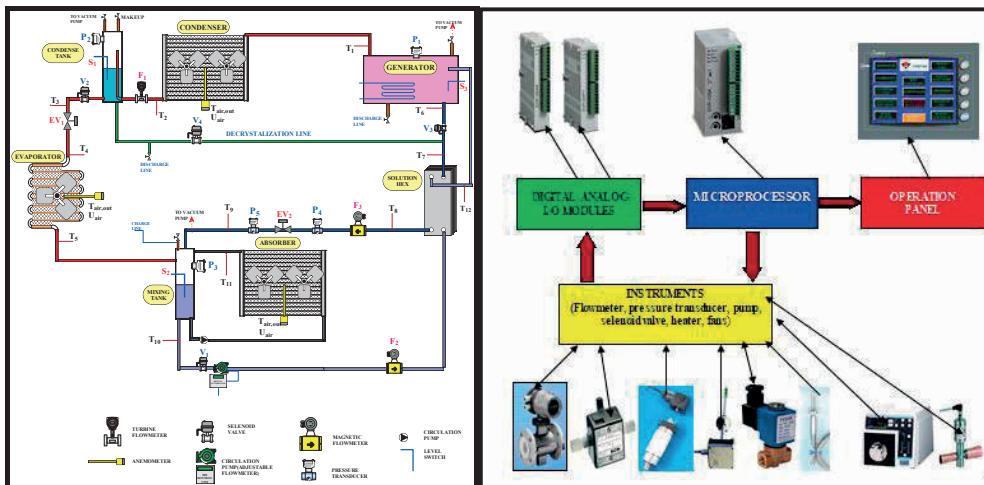


Figure 6. Instrumentation of the experimental set-up

As seen figure 7, the operation panel allows monitoring of data, access to reports via the touch sensitive screen and colour LCD display. The touch-screen operation panel is easily used by operators. All actions like manual control parameters, contact timing limits and definable temperature limits are menu driven. Operators can rapidly configure certain functions. Screen

displays allow the operator to determine optimum running states correctly. The required configurations are done by panel's compiler.

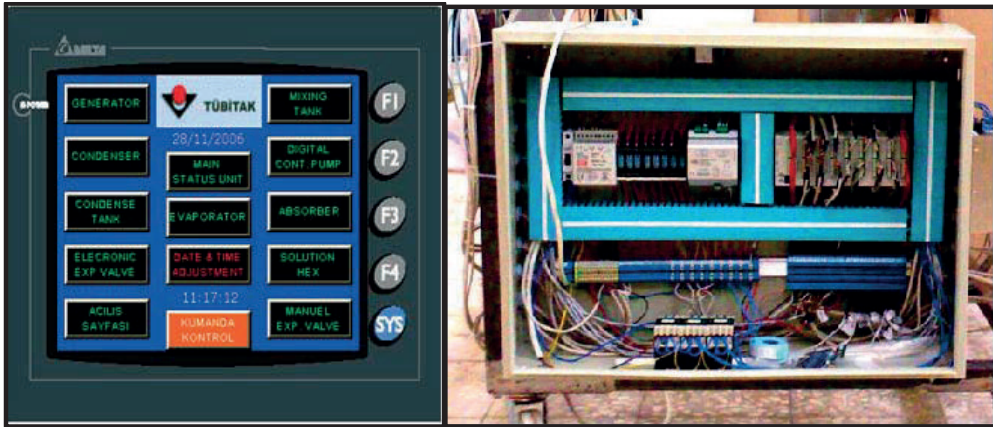


Figure 7. Operation and Control panel of the experimental set-up

The control of set-up was designed and programmed with respect to two alternative states. The first state is manual control. According to this state, the system's entire points can be controlled as manual. For example, the valves can be open, turn on or off pumps and heater and fan, EEV can be adjusted to set pressure drop. The second state is automatic control. In this state, the system runs automatic with respect to default parameter.

3. Monitoring and Prevention of Crystallization

Crystallization ordinarily commences when the solution temperature falls below the normal crystallization temperature for a particular salt concentration. This can occur unless special precautions are taken when the system is shutdown. Even though the operating points of the system are far from the crystallization limit of LiBr, monitoring of the working condition is necessary for the potential risk. Since crystallization limit is defined by the concentration and temperature of a solution, a control system should constantly monitor both parameters and give warning or take necessary measures. But because a measuring device of concentration or density is not cheap, the system's working condition was set to over crystallization limit curve. In the present work, as shown figure 8, decrystallization line was added on the return line from generator. This method determines based on solution temperatures and the solution flow rate variation on the crystallization limit for different conditions at the critical point. Therefore, crystallization problem can be avoided by diluting the solution throughout the system prior to shut down.



Figure 8. Decrystallization line of the experimental set-up

4. CONCLUSION

In LiBr-H₂O absorption refrigerator, crystallization is a serious problem. Crystallization of LiBr-H₂O solution prevents the solution flow of the refrigerator and damages to operating system. The developed crystallization control system and by-pass line is applied to system to detect crystallization due to unexpected situations. The model successfully represented the solution concentration as the solution concentration approaches the crystallization line. This feature can be used to monitor machine operation to avoid machine downtime and resulting low maintenance costs.

REFERENCES

- [1] Casals, X.G., Solar Absorption Cooling in Spain: Perspectives and Outcomes from the Simulation of Recent Installations, *Renewable Energy*, 31, 1371-1389, 2006.
- [2] Zogg, R.A., Feng, M. Y., Guide to Developing Air-Cooled LiBr Absorption for Combined Heat and Power Applications, Distributed Energy Program Report, U.S. Department of Energy, 1-50, 2005.
- [3] Tozer, R., James, R.W., Heat Powered Refrigeration Cycles, *Applied Thermal Engineering*, 18, 733-743, 1998.
- [4] Srihirin, P., Aphornratana, S., A Review of Absorption Refrigeration Technologies, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 5, 343-372, 2001.
- [5] Sun, Da-Wen, Thermodynamic Design Data and Optimum Design Maps for Absorption Refrigeration Systems, *Applied Thermal Engineering*, 17, 211-22, 1997.
- [6] Kaynakli, O., Kilic, M., Theoretical Study on the Effect of Operating Conditions on Performance of Absorption Refrigeration System, *Energy Conversion & Management*, 48, 599-607, 2007.
- [7] Joudi, K.A., Lafta, A.H., Simulation of a Simple Absorption Refrigeration System, *Energy Conversion & Management*, 42, 1575-1605, 2001.
- [8] Abrahamsson, K. and Jernqvist, A., Modelling and Simulation of Absorption Heat Cycles. ASME IAHP conference proceedings, 31, 12-19, 1994.
- [9] Florides, G.A., Kalogirou, S.A., Tassou, S.A., Design and construction of a LiBr-Water absorption machine, *Energy Conversion & Management*, 44, 2483-2508, 2003.

RISK ANALYSIS OF MOBILE CRANES WITH FINE & KINNEY METHOD

Serkan Emre Uygun, MSc.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

Murat Kısa, PhD.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

Mustafa Özen, PhD.
University of Harran, Faculty of Engineering
Şanlıurfa
Türkiye

ABSTRACT

Today, the size and diversity of construction projects requires the adaptability of machinery and equipment to be used in these projects. Safe use of lifting machines, which is one of the most used machinery and equipment in construction projects, is of great importance.

In this study, the unsafe situations detected during the use of mobile cranes used in the construction industry and the causes and consequences of occupational accidents as a result of these factors were examined using the Fine & Kinney method.

In order to achieve the most accurate results possible as a result of the risk assessment, the analysis was completed by considering the standard definitions of the method as well as the applicability of these definitions at the construction site.

In this study, it was concluded that the lack of inspections in the periodic and routine controls of mobile cranes have significant effects on equipment-related malfunctions.

Keywords: occupational safety, Fine & Kinney method, risk analysis

1. INTRODUCTION

In general terms, risk assessment is the work that should be carried out in order to determine the dangers that are present or likely to occur in the workplace and its environment, which may cause material or moral damage to the employees, the workplace and its environment, and to take measures against the identified dangers.

There are three types of risk assessment methods, which are quantitative, qualitative and mixed risk assessment methods. In the qualitative type assessment method, various descriptive names (high, very high, acceptable, etc.) are assigned to the probability of occurrence of the hazard,

the impact value of the hazard and similar parameters, and these values are calculated by using mathematical methods. Mixed-type methods are those that are suitable for qualitative and quantitative application examples.

Various methods are used in the risk assessment. The most used of these methods can be listed as; Fine & Kinney method, Matrix method, fault tree analysis, multivariate x-type matrix diagram, event tree analysis, primary risk analysis, preliminary hazard analysis, primary risk analysis, root cause analysis, environmental risk assessment, machine risk assessment analysis and risk assessment decision matrix. Hazard is the potential for harm or damage that exists in the workplace or may come from outside, which may affect the employee, or the workplace and the risk is the possibility of loss, injury or other harmful results resulting from the hazard [1].

Prevention is the set of actions designed and implemented to eliminate or minimize the risks related to occupational health and safety at every stage of the work performed in the work area [2]. Acceptable level of risk refers to the risk that is reduced to the acceptable risk level according to the legal requirements and corporate occupational safety system of the organization. Near-miss incident can be defined as an event that takes place in the workplace and does not cause any accident while there is a possibility of damaging the employee, workplace or work equipment. Occupational accident is defined as the events that are not planned, unknown and uncontrolled, leading to most personal injuries, damage to machinery and equipment, and production stoppage for a while [3]. There are three basic elements of occupational accidents, these are unsafe acts, unsafe situations and natural disasters.

In this study, unsafe situations and unsafe behaviours encountered in the usage processes of cranes, which are frequently used in the construction industry, were examined within the framework of occupational accidents, near-miss events and field observations.

2. CRANES

Cranes are machines that lift any load or load group from its location and lower it to another place and can carry out the transportation of the load if necessary.

According to the movement patterns of cranes, they are divided into three basic groups as fixed cranes, mobile cranes and mobile cranes on rail.

In this study, the risk assessment of the Volvo brand FM 500 mobile crane seen in Figure 1 was made. Some types of cranes are also shown in the Figure 2 to Figure 4.



Figure 1. Mobile crane



Figure 2. Monorail crane



Figure 3. Tower crane

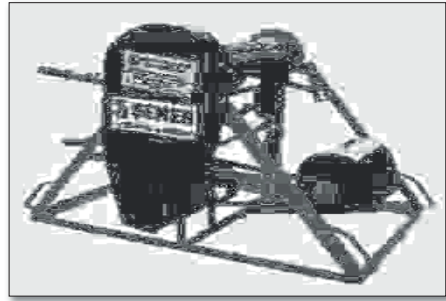


Figure 4. Ground control crane

3. STAGES OF THE RISK ASSESSMENT

The basic steps of risk assessment can be listed as planning, classification, data collection, identification of hazards, identification of risks, risk analysis and determination of preventive actions. To be used in this study, the necessary risk assessment plan has been made based on current occupational safety standards.

In the study, the general functioning of the superstructure of the construction sector was taken as a basis and the construction site planning stage was determined within this framework.

Within the scope of the study, the duration of the work, the environmental conditions, the employees who may be directly or indirectly affected by the work carried out, the trainings that should be given to the employees, the determination of the necessary preliminary permits to ensure occupational safety, the machinery and equipment to be used and the instructions for use of these machinery and equipment, the transportation of these equipment, determination of storage and transportation methods, chemicals to be used or planned to be used in production stages and their properties, prevention and protection practices against risk factors of employees, and in addition to these, survey study data applied to lifting and conveying machine operators were used.

As a result of the risk assessment created within the scope of the study, the preventive actions determined to reduce the risk factor were established within the framework of the determined risk class and through the feedback received from the field applications.

4. LIFTING AND CONVEYING MACHINE OPERATORS SURVEY

A survey was conducted with the participation of 41 operators and assistant operators to be used in this study, where the risk assessment of lifting machines was carried out, and it was ensured that the employees were included in the risk assessment process within the framework of their personal and technical qualifications. With 18 questions directed to operators and operator assistants, the skills, views and approaches of lifting machine operators were tried to be understood more clearly. The following questions were asked to the employees in the survey.

- How old are you,
- What kind of construction projects have you worked on,
- How many people are working on the project you are working on,
- What is the current status of the project you are working on,
- What is the type of lifting machine you are using now,
- How many years have you been using the lifting machine,
- From which institution you received the necessary training for the work you do,
- What is your educational status,

- Do you have a license from authorized institutions to use a hoisting machine,
- If you have a license, what type is it,
- What is your perspective on occupational safety training,
- Have you received training on occupational health and safety before,
- Do you work with the pointer during your work,
- How do you communicate with the pointer,
- Have you had a work accident before,
- What is the reason for your work accident,
- How did the work accident end,
- How many hours do you work on average per day.

The data obtained as a result of the survey were used in the risk assessments made by considering the individual risk factors involved in the occupational accidents of the employees.

5. FINE & KINNEY METHOD

With this method, the consequences of possible risks are graded. In case of adverse events arising from hazard, the severity level of the loss or damage to be caused by people and the work area is calculated. According to the size of the risk value, the urgency of the measures to be taken to eliminate or reduce the effect of the negative situation is determined, and the importance of the actions to be taken is made considering the risk value. This method is suitable for use as an employee-oriented risk assessment method.

$$\text{Risk value} = P \times I \times F \quad (1)$$

where are: P - probability, I - intensity and F - frequency.

The probability scale required to determine the risk value used in the Fine & Kinney method is given in Table 1, the frequency (exposure) scale in Table 2, the impact damage scale in Table 3, and the list of decisions and actions according to the risk level in Table 4. The risk value is obtained with Equation (1) by using the data required for risk assessment and the values in the relevant tables.

Table 1. Fine & Kinney method probability scale

Value	Category
0,2	Practically impossible
0,5	Weak probability
1	Very low probability
3	Rare but possible
6	Strong possibility
10	Very strong possibility

Table 2. Fine & Kinney method frequency (exposure) scale

Value	Category
0,5	Once a year or less
1	Once a year or several times
3	Once a month or several times
6	Once a day or more
10	Continuous or multiple per hour

Table 3. Fine & Kinney method impact/loss scale

Value	Description	Category
1	Noticeable	Harmless or unimportant
3	Important	Minor damage, first aid
7	Serious	Significant damage, external Treatment, work day loss
15	Very serious	Disability, limb loss, environmental impact
40	Terrible	Death, total disability, heavy environmental impact
100	Disaster	Multiple deaths, major environmental disaster

Table 4. Fine & Kinney method decision and action list by risk level

Number	Risk Value	Result	Action
1	$R < 20$	Acceptable risk	It may not require immediate action
2	$20 < R < 70$	Definite risk	It should be included in the action plan
3	$70 < R < 200$	Important risk	Must be monitored carefully and taken to the annual action plan
4	$200 < R < 400$	High risk	It should be resolved by being included in the short-term action plan
5	$R > 400$	Very high risk	Immediate action should be taken by suspending the work

6. MOBILE CRANE RISK ASSESSMENT WITH FINE & KINNEY METHOD

A risk assessment was made for mobile cranes using the Fine & Kinney method. 45 hazards and the probability, frequency, effect, risk values and precautions to be taken of each hazard have been determined. Some of these are given in Table 5, from high risk to low.

Table 5. Fine Kinney mobile crane risk assessment table

Number	Hazard	Imminent	Frequency	Impact	Risk value	Measure
01	Operator carelessness	6	6	100	3600	Operators must be undergoing pre-work attention checks
02	Not performing daily and periodic checks of the lifting equipment's used	6	6	100	3600	The equipment used in lifting works should be checked using the tools specified in the standards.
12	No watchman personnel	6	6	40	1440	Lifting must be carried out with the help of the competent watchman

22	Use of lifting equipment that does not comply with standards	6	3	40	720	Equipment to be used for lifting must comply with standards
32	Lack of necessary fire extinguishing equipment	3	3	40	360	Active fire extinguishing equipment with the features specified in the standards should be used in emergency situations.
44	Failure to provide employees with occupational safety training, including on-the-job training	0,5	0,5	100	25	Employees should be given regular and on-the-job training.
45	Failure of the operator to use the necessary personal protective equipment	0,5	2	15	15	In the work area, employees should use personal protective equipment specific to the job and in accordance with the standards.

7. CONCLUSION

Within the scope of the study, first of all, crane types, which are frequently used in the construction industry, were determined. Afterwards, a survey study was conducted with the participation of the operators and operator assistants using these machines, and within the scope of the survey, the employees' perspectives on occupational safety in general and their perceptions about the possible danger factors they face/may be faced with their work were determined.

The data obtained as a result of the survey were used in the risk assessments made by considering the individual risk factors involved in the occupational accidents of the employees. In the study, risk assessment was carried out for mobile cranes with the Fine & Kinney method. As a result of the risk assessment, it has been observed that the negative situations encountered in the works carried out regarding the lifting and conveying machines used in the construction sector are mostly related to the unsafe acts.

In this study, field data classified by using various classifications were actively used for risk score determination, and it is thought that this situation adds a great deal of accuracy to the risk assessment results.

This study, in which the risk analysis of lifting and conveying machines is made with the Fine & Kinney method, will be able to benefit from the risks encountered in the use of lifting and conveying machines and to prevent/reduce these risks. In addition, it is predicted that this study will make significant contributions to the elimination of the scientific study gap in the literature.

8. REFERENCES

- [1] https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy10_sh-20854-10_hazard_id_facilitatorguide.pdf
- [2] https://www.academia.edu/5624904/OHSAS_18001_2007.,
- [3] [https://ilostat.ilo.org/resources/concepts-and-definitions/description-occupational-injuries.](https://ilostat.ilo.org/resources/concepts-and-definitions/description-occupational-injuries)

A MODEL SUGGESTION FOR SOLVING SHIFT SCHEDULING PROBLEM

Serkan Kaya
Harran University, Engineering Faculty, Department of Industrial Engineering
Şanlıurfa
Turkey

ABSTRACT

Scheduling is a tool for solving sequencing and assignment problems between tasks and resources. Scheduling problems are divided into two groups, namely in the service sector and in the production sector. Staff scheduling included in service scheduling; It is very important in the health, safety, aviation and transportation industries as it increases efficiency and reduces costs. The main target in staff scheduling; ensuring the efficient use of resources, making a balanced workload distribution and meeting individual requests as much as possible. In this study, a mathematical model is proposed for the maintenance staff scheduling problem. In addition, the case study results of the model in an enterprise are shared.

Keywords: Staff scheduling, Shift scheduling, Optimization, Mathematical Model.

1. INTRODUCTION

In general, scheduling problems are divided into two categories: problems in the service sector and those in production systems [1]. Staff scheduling within service scheduling is critically important as it boosts efficiency and reduces costs in the health, safety, aviation, transportation and freighting industries [2]. Staff scheduling problems are one of the most extensively studied problems in recent years [3]. The main objective of staff scheduling is to ensure a balanced distribution of workload and to meet individual requests as much as possible through the efficient use of resources. Therefore, the practice of good scheduling is expected to promote a fair distribution of duties, satisfied staff requests and efficient use of resources [4].

This study addresses the problem of maintenance staff scheduling to increase employee performance, as well as to improve productivity in production by considering the qualifications of the employees and the requirements of the jobs. To achieve these goals and to ensure a fair distribution of workload, a goal programming model was proposed, and it was put into practice in a business.

The second section of the study focuses on the studies in the literature. The third elaborates on goal programming, and the fourth describes the implementation of the model in an oil production business. Finally, the last section presents the results.

2. LITERATURE REVIEW

The earliest studies on staff scheduling in the literature were carried out by Edie [5] and Dantzing [6] in 1954. Later studies generally focused on the health sector. Over time, this area of study has expanded by introducing various constraints related to different sectors. Özder [7] stated that there are numerous studies on staff scheduling in the fields of health, education, security and production, while the studies in the energy sector are not many. Jorne et al. [8] reported that very few scheduling studies were conducted on staff working in the energy sector. The studies on staff scheduling in various sectors are provided below.

Lezaun et al. [9] proposed an integer programming model to solve the workforce scheduling problems of subway workers. Similarly, in another study, Lezaun et al. [10] proposed a mixed integer programming model to solve the workforce scheduling problem of railroad engineers. Alfieri et al. [11] proposed a dynamic programming-based branch-and-price heuristic algorithm to solve the staff scheduling problem of railroad conductors, and by using this algorithm they solved a real-life problem at a passenger train station in the Netherlands. Varli et al. [12] conducted a study so that the workforce employed on the Ankara metro line could complete the required tasks.

Eitzen et al. [13] carried out a comprehensive study to ensure the employment of the staff in a power plant in the jobs they specialize in. In their study, Lilly et al. [14] proposed a model for minimizing maintenance and labour costs during maintenance operations in a power generation business in Nigeria. Yaoyuenyong and Nanthavani [15] carried out a scheduling study to minimize the workforce needed.

Özcan et al. [16] conducted a study to increase employee performance and proposed a goal programming model by considering fair working and the requirements of the job; they achieved a 91-percent improvement. In their study, Ünal and Eren [17] worked on the problem of scheduling soldiers' shifts, and Horn et al. [18] created a model by using heuristic methods to solve the problem of military crew scheduling. By using the data obtained from the past generations, Özder [7] introduced a staff programming that used the artificial neural network method.

3. GOAL PROGRAMMING

Goal programming is one of the multi-objective programming models. In programming models based on optimization, the purpose is to create a solution vector by putting different targets into a constraint set. Goal programming is the oldest of the multi-objective optimization methods. It has been used for solving a variety of problems so far. The overall objective of goal programming is to minimize the deviations of two or more goals from the targeted values [19]. The mathematical representation of goal programming is as follows [20].

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^- + d_i^+)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- + d_i^+ = b_i$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i=1 \dots k \quad j=1 \dots n$$

Variables

x_j : Decision variable j

a_{ij} : The goal's coefficient for decision variable j

- b_i : The desired value for goal i
- d_i^+ : The positive bias variable for goal i
- d_i^- : The negative bias variable for goal i

4. CASE STUDY

In the current plan implemented in the oil and natural gas well completion unit, there are totally 16 employees (eight engineers and eight chief drillers). The total number of towers is five, but it is obligatory to supply the necessary staff for each tower.

4.1. Preconditions of the Model

The model proposed in the study was prepared based on the legal and special conditions specified by the working environment of the well completion site where the study was carried out. Working conditions of the staff:

- Each tower must have an engineer and a chief driller.
- The needs for staff should be met in each tower.
- Engineers and chief drillers work for 20 days and take 10 days off.
- Engineers and chief drillers work 24 hours a day for 20 days.
- The monthly shifts for all the staff should be as evenly balanced as possible.

Parameters

- n : The number of employees $n=16$
- m : The number of days in October $m=31$
- p : The number of towers $p=5$
- i : Staff index $i=1,2,\dots,n$
- j : Day index $j=1,2,\dots,m$
- l : Tower index $l=1,2\dots p$

Decision Variables:

$$x_{ijl} = \begin{cases} 1, & \text{if employee } i \text{ is assigned to tower } l \text{ in day } j \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$i=1,2,3,\dots,n \quad j=1,2,3,\dots,m \quad l=1,2,3,\dots,p$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if employee } i \text{ is off on day } j \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$i=1,2,3,\dots,n \quad j=1,2,3,\dots,m$$

Constraint 1: The number of employees needed in shifts in each tower per day must be met. Each tower must have an engineer and a chief driller.

For more senior employees (engineers)

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{k=1}^t x_{ijk} = 1 \quad j=1,2,3,\dots,m \quad l=1,2,3,\dots,p$$

For less senior employees (head drillers)

$$\sum_{i=9}^{16} \sum_{k=1}^t x_{ijk} = 1 \quad j=1,2,3,\dots,m \quad l=1,2,3,\dots,p$$

Constraint 2: Each employee works 20 days a month.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^t x_{ijk} = 20 \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Constraint 3: The staff must not work more than 20 days in a row.

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + \dots + h_{i(j+20)} \geq 1$$

Goal Constraints

For more senior employees, the total number of shifts assigned in the monthly work plan should be as evenly balanced as possible.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^t X_{ijk} + d1_i^- - d1_i^+ = 20 \quad i=1,2,\dots,8$$

In the same vein, for less senior employees, the total number of shifts assigned in the monthly work plan should be as evenly balanced as possible.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^t X_{ijk} + d2_i^- - d2_i^+ = 20 \quad i=9,\dots,16$$

Objective Function

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^8 (d1_i^- + d1_i^+) + \sum_{i=9}^{16} (d2_i^- + d2_i^+)$$

5. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows in which tower all the staff will work in the monthly work plan. The proposed goal programming ensured that all the employees work as equally and fairly as possible.

Table 1. The monthly work schedule for the staff

Tower / Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<u>1</u>	15,8	15,7	9,7	12,5	9,3	12,8	9,1	15,4	11,8	15,5	13,7	9,5	16,8	14,7	15,2	
<u>2</u>	14,4	12,6	13,4	9,3	10,4	9,6	13,7	11,5	9,7	16,8	11,3	12,3	10,5	10,1	14,3	
<u>3</u>	9,6	16,3	14,5	14,8	13,6	15,4	10,3	9,7	12,5	11,7	12,2	14,6	15,3	15,4	9,1	
<u>4</u>	16,5	10,5	11,8	11,1	15,1	11,1	14,8	14,1	16,2	12,2	10,8	13,2	13,2	13,2	11,4	
<u>5</u>	10,7	9,4	16,6	10,6	12,7	14,3	11,4	10,8	13,6	13,3	16,5	11,7	11,4	12,3	12,8	
Tower / Day	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<u>1</u>	12,2	12,7	13,2	13,1	9,2	14,1	16,2	13,7	15,2	12,6	13,2	11,5	12,7	13,8	11,5	16,2
<u>2</u>	10,7	13,4	11,7	10,4	13,8	16,2	10,8	9,1	9,5	10,8	12,6	13,7	11,4	15,6	10,6	10,1
<u>3</u>	15,1	14,5	9,4	16,5	10,1	11,4	14,3	10,4	14,8	16,5	14,3	14,4	15,3	9,2	12,3	13,7
<u>4</u>	14,3	9,3	15,3	14,2	11,4	13,6	15,6	16,6	13,4	11,2	11,8	10,1	16,5	12,7	14,4	12,8
<u>5</u>	16,8	16,6	10,8	15,6	16,6	15,5	13,7	12,5	16,6	14,1	15,1	15,2	10,6	14,1	16,1	11,5

With the scheduling table obtained as a result of the study, equal working conditions were provided for the overworked staff, and this increased the motivation of the staff. Since the staff who work under fair and balanced working conditions have higher motivation and desire for work, their work performances increased, and accordingly, there was a decrease in workplace accidents due to carelessness. Thanks to the increase in performance and the decrease in the time lost due to accidents, an increase in production was achieved.

In prospective studies, solutions through goal programming could be sought by adding worker constraints to existing problem. Moreover, in case the optimal solutions cannot be

reached with the mathematical model, due to the growth in the problem size, solutions could be sought through heuristic/meta-heuristic methods.

6. REFERENCES

- [1] Bergh J.V., Belien J. Bruecker P., Demeulemeester, E., Boeck L.: Personnel Scheduling: A Literature Review, *European Journal of Operational Research*, 226, 367–385, 2013.
- [2] Çiloğlu S.: Eüaş Ambarlı Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinin Enerji Ve Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim Ve Teknoloji Anabilim Dalı, 2019.
- [3] Horn M., Jiang H., Kilby P.: Scheduling Patrol Boats And Crews For The Royal Australian Navy, *Journal Of The Operational Research Society*, 58, 1284-1293, 2007.
- [4] Özcan, E , Varlı, E , Eren, T.: Hidroelektrik Santrallerde Vardiya Çizelgeleme Problemleri İçin Hedef Programlama Yaklaşımı, *Bilişim Teknolojileri Dergisi* , 10 (4), 363-370, 2017.
- [5] Edie L. C.: Traffic Delays at Toll Booths, *Operations Research*, 2, 107-138, 1954.
- [6] Dantzig G. B.: Letter to the Editor—A Comment on Edie's —Traffic Delays at Toll Booths, *Operations Research*, 2, 339341, 1954.
- [7] Özder E. H.: Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrallerinde Personel Çizelgeleme Problemi İçin Karar Destek Modeli Önerisi, Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, 2020.
- [8] Jorne, V.B., Jeroen, B., Philippe, D. B., Erik, D., Liesje, D. B.: Personnel Scheduling: A Literature Review, *Hub Research Papers 2012/43, Economics & Management*, 2012.
- [9] Lezaun, M., Perez, G., ve De La Maza, E. S.: Crew rostering problem in a public transport company, *Journal of the Operational Research Society*, 57, 1173-1179, 2006.
- [10] Lezaun, M., Perez, G., ve De La Maza, E. S.: Rostering in a rail passenger carrier, *Journal of Scheduling*, 10, 245-254, 2007.
- [11] Alfieri, A.; Kroon, L.; Van den Velde, S.: Personnel scheduling in a complex logistic system: A railway application case. *Journal Intelligent Manufacturing*, 18, 223–232, 2007.
- [12] Varlı E., Eren T., Gençer M. A., Çetin S.: Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi, 3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu, Karabük, 279-285, 2016.
- [13] Eitzen G., Panton D., Mills G.: Multi-Skilled Workforce Optimization, *Annals of Operations Research*, 127, 359-372, 2004.
- [14] Lilly M.T., Emovon I., Ogaji S.O.T., Probert S.D.: Four-Day Service-Staff Workweek İn Order To Complete Maintenance Operations More Effectively in A Nigerian Power Generating Station, *Applied Energy*, 84, 1044-1055, 2007.
- [15] Yaoyuanyong K., Nanthavanij S.: Energy-Based Workforce Scheduling Problem: Mathematical Model And Solution Algorithms, *Science Asia*, 31, 383-393, 2005.
- [16] Özcan E.C., Küçükayrar U., Assessment Of Potential Southern Gas Corridor Projects With A Combined Methodology, 23rd World Energy Congress, World Energy Council, İstanbul, 09-13 Ekim, 105-121, 2016.
- [17] Ünal F.M., Eren T.: Hedef Programlama İle Nöbet Çizelgeleme Probleminin Çözümü, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1): 28-37, 2016.
- [18] Horn, M., Jiang, H.ve Kilby, P.: Scheduling patrol boats and crews for the Royal Australian Navy, *Journal of the Operational Research Society*, 58, 1284-1293, 2007.
- [19] Gür Ş., Eren T.: Scheduling and planning in service systems with goal programming: Literature review. *Mathematics*, 6(11), 265, 2018.
- [20] Charnes W.W.: Goal Programming And Multiple Objective Optimizations, *European Journal Of Operational Research*, 1, 39-54, 1977.

ANALYSIS OF UPGRADES STRATEGIES IN 1.5T MAGNETIC RESONANCE IMAGING SYSTEMS

Abdurrahim DUSAK
Harran University Medical Faculty Radiology Department
Şanlıurfa, Türkiye

Saime SHERMATOVA
Harran University Medical Faculty Radiology Department
Şanlıurfa, Türkiye

ABSTRACT

After flow-diverter treatment of intracranial aneurysms, early post-procedural period susceptibility weighted imaging (SWI) in predicting hemorrhagic complications effectiveness and vessel wall imaging (VWI) was evaluated. Objective: To predict complications such as intracranial bleeding, stent occlusion and aneurysm rupture that may develop after flow-diverter treatment of intracranial aneurysms; to determine the effectiveness of SWI and VWI findings detected in the early post-treatment period. Improving the 1.5T MR device, performing SWI and VWI examinations before and in the early post-treatment period in patients who are planned for flow-diverting aneurysm treatment, clinical follow-up of the cases during the first 3 months post-procedure, detecting SWI and VWI findings related and unrelated to intracranial hemorrhage. Significance and Scope: May present a risk for microangiopathic change, inflammation of the vessel or aneurysm wall, intracranial hemorrhage, stent occlusion, or rupture of the aneurysm. In addition, findings can be obtained about SWI and VWI findings, which can be seen in cases who receive flow-directed therapy, which are not predictive for the above clinical pictures. Effect of Expected Outcomes: Antithrombotic therapy, blood pressure treatment regimens can be changed if microangiopathic changes, inflammation are detected in the vessel or aneurysm wall. Detection of non-predictive SWI and VWI findings in cases undergoing flow-directing therapy may prevent the unnecessary change of medical treatment.

Keywords: aneurysm, endovascular therapy, flow diverter stenting, susceptibility weighted imaging (SWI), vessel wall imaging (VWI), micro bleeding

1. INTRODUCTION

It was aimed to evaluate the effectiveness of early post-procedural susceptibility-weighted imaging findings in predicting hemorrhagic complications after flow-guiding treatment of intracranial aneurysms.

Endovascular treatment of intracranial aneurysms; It is an increasingly common treatment method in recent years. In our Interventional Radiology unit, special stents called "flow-converting stent" were started to be used at the same time as the world 10 years ago, and experience and academic knowledge have been formed on these stents in our hospital. "Flow-converting stents" are different from other intracranial stents. The gaps on the standard stents are 2-3 mm in diameter, while the gaps on the transducer stent average 200 μ (0.2 mm) in

diameter. Complicated aneurysms with a high risk of rupture can be easily treated with these devices, with traditional surgical methods and standard endovascular stenting and coiling methods, which are difficult and sometimes impossible to treat. Generally, the usage areas of current converter stents are; It is preferred in large size (20 mm and above), wide neck, distal and distantly located, fusiform and blister-shaped aneurysms.

Despite these ground-breaking technological developments, complications that may develop due to treatment include early or late intra-stent occlusion or stent occlusion, rupture of aneurysm, or brain parenchymal hemorrhages away from the aneurysm site due to the multi-stranded structure of the stent. In current practice; Microangiopathic changes in the distal cerebral arteries, which may be a precursor to intracranial hemorrhage, can be demonstrated with susceptibility-weighted imaging (SWI), which is one of the sensitive Magnetic Resonance (MR) sequence techniques at high tesla power. Findings that can be detected in this examination may determine the medical treatment approach applied after stenting, especially antithrombotic treatment, and may play a role in mortality and morbidity. In the literature, there is no study on the findings of SWI in patients treated with flow-guiding stent. Determining the predictive and non-predictable findings that can be seen in these cases will increase the diagnostic contribution of the examination.

Both examination methods should be applied in high level 1.5 Tesla Magnetic Resonance (1.5T MR) devices. However, the 1.5T MR device in our radiology department does not have these two sequences and sufficient hardware features. In this context, in order to realize the above project, it is necessary to upgrade (upgrade) the existing MR device.

With the MR device requested to be upgraded in the radiology department, all MR examinations that can be used for routine and advanced clinical practice and research and development for 10 years will be performed institutionally. In this respect, Şanlıurfa Harran University Medical Faculty Hospital, which is a regional advanced hospital, will maintain its feature of being a reference. Advanced MRI applications are not performed in other hospitals in our city. The current 1.5T MR device lacks current techniques and offers limited utility, particularly in human and animal research studies. In order to maintain the research, education and industry cooperation functions of the university, it seems essential to bring an advanced MRI device to our hospital, which will enable research that will contribute to the literature and will contribute to the literature. These infrastructure projects are essential for the realization of many national and international projects and not to lag behind the world.

The 1.5T MR device used in the radiology department has a useful life of over 10 years, is out of date, malfunctions from time to time, and its effectiveness in patient diagnosis and research remains limited. With the upgrade of the existing 1.5T MR device; We think that it will increase the success rate in diagnosis, open the door to many scientific studies, especially this study, and as a result, it will be an important promotional tool for the Şanlıurfa Harran University Hospital, which is the Reference Hospital of the South-eastern Anatolia Region. If the system is upgraded, all neuroradiological, abdominal, musculoskeletal, cardiac imaging techniques used in current practice, 2, 3 and 4 dimensional MR angiography applications, diffusion, perfusion, spectroscopy, tractography and functional MR applications used in brain tumor diagnosis and treatment planning, in animal studies Specially designed coils that can be used, as well as SWI and VWI techniques that can contribute to the current literature, amide proton transfer imaging techniques can be used. This device will be used in routine outpatient, inpatient and emergency services. It will meet our needs for the next 10 years in detailed imaging of all anatomical regions, especially the neurological system. We think that

the system will lead many projects and research studies and shed light on academic studies due to the functional, dynamic and sophisticated software it will contain. MR imaging and DSA techniques mentioned above; It is among the advanced neuroimaging techniques that are up-to-date, have the potential to contribute to the medical literature, and can contribute to the evaluation of patients before and after the application of endovascular treatments.

2. MATERIAL – METHODS

Intracranial aneurysms are seen in 0.6-6% of adults according to angiography and autopsy data. In recent years, the incidence of asymptomatic and non-bleeding aneurysms has increased with the increasing use of neuroradiological imaging methods [1]. While mortality is 40-65% in bleeding aneurysms, it is 50-75% in re-bleeding patients [2]. 90% of non-ruptured aneurysms are asymptomatic and diagnosed incidentally [3]. Symptomatic aneurysms manifest themselves due to the compression effect. Symptomatic aneurysms must be treated.

Endovascular treatment of intracranial aneurysms; It is an increasingly common treatment method in recent years. In the Interventional Radiology unit, special stents called "flow-converting stent" were used at the same time as the world 10 years ago, and a serious experience and academic knowledge has been formed in our hospital on these stents. "Flow-converting stents" differ from other intracranial stents. While the gaps on standard stents are 2-3mm in diameter, the holes on the transducer stent have an average diameter of 200 μ (0.2mm) [4]. Aneurysms that cannot be treated with traditional surgical methods and endovascular standard stenting and coiling and that have a risk of rupture can be treated with these devices (Figure 1). It is generally preferred in very large (20 mm and above), wide neck, distal located, fusiform and blister aneurysms [5].



Figure 1: Standard intracranial stent and "converter stent". The tight-knit structure and very small gaps are typical of current-diverting stents.

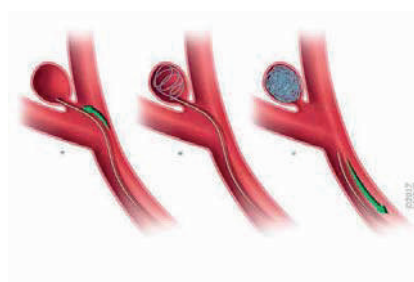


Figure 2. Coil embolization

Endovascular treatment of intracranial aneurysms was first applied by Guglielmi in 1991, and it quickly became widespread all over the world [6]. The thin wire pieces made of platinum

used to fill the aneurysm are called coils. Coils placed into the aneurysm with the help of a microcatheter cause the aneurysm to be thrombosed. This method, called coil embolization, has been widely used in the world since its first day. (Figure 2).



Figure 3. Stent modeling assisted aneurysm coil embolization

Some aneurysms are not suitable for filling with coils due to factors such as being misshapen, too large or too small. The difficulties experienced in the endovascular treatment of such patients have led to the development of alternative endovascular techniques. The intracranial stent modeling assisted aneurysm coil embolization technique, which is widely used today, is one of these methods [7] (Figure 3).

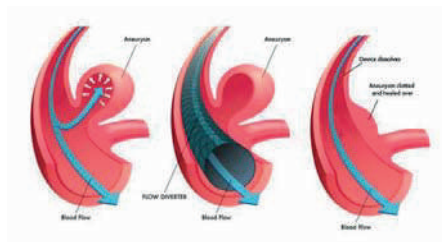


Figure 4. Aneurysms

Standard intracranial stents, which were developed in the early 2000s, have also been used in our hospital since 2006. Advances in stent technology continued, and “flow-converting stents” emerged in 2010. With this new endovascular technique, there is no obligation to fill the coil inside the aneurysm. These stents, which have very small holes placed in the artery from which the aneurysm originates, slow down the blood flow entering the aneurysm and lead to closure of the aneurysm over time (3-12 months) [4,5]. Since there is no obligation to enter the aneurysm with a microcatheter, the technique is very easy. Today, it has become the preferred technique in the endovascular treatment of complex, giant, fusiform, dissecting, very small and blister aneurysms, and its usage rates are increasing every year in the world [8] (Figure 4).

Distal embolism, dissection, intra-stent stenosis – occlusion, branch occlusion, stenosis at the stent site, placement error, stent migration, distant parenchymal hemorrhage, rupture, and malignant stroke are among the main complications of treatments with a flow-converting stent [9].

SWI and VWI are among the most up-to-date MRI techniques used to evaluate the cerebral vascular system [10,11].



Figure 5. SWI, microhemorrhages, black dots

SWI; In addition to detecting the damage caused by many cerebrovascular pathologies at the microvascular level more sensitively than other imaging methods, it is the only MR sequence that can be used to differentiate blood-iron-calcification. With this examination, bleeding below the millimetric level can be detected (microhemorrhages) (Figure 5). In addition to cerebrovascular diseases, it can be used in neurodegenerative diseases, especially parkinsonism, in the evaluation of tumoral-infective processes that can go with calcification [12].

Similarly, VWI; It is used with increasing frequency in current practice in the diagnosis of pathologies affecting the vessel wall such as dissection, atherosclerotic changes, inflammation and vasculitic involvement that cannot be clearly distinguished by normal vessel imaging methods [13] (Figure 6).

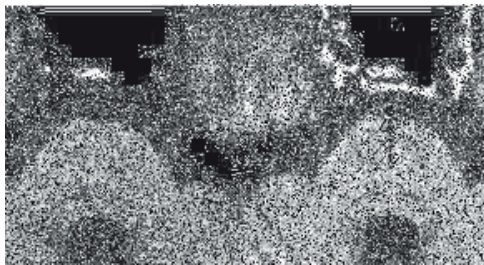


Figure 6: Inflammatory enhancement of the basilar artery wall in VWI.

MR device infrastructure with 1.5T magnetic field strength is required for both SWI and VWI [11,14]. Both techniques have limited diagnostic capabilities at routine 1.5T magnetic field strengths. In studies conducted with VWI, it is stated that staining detected with VWI on the aneurysm wall may have predictive properties in terms of rupture [15,16] (Figure 7).

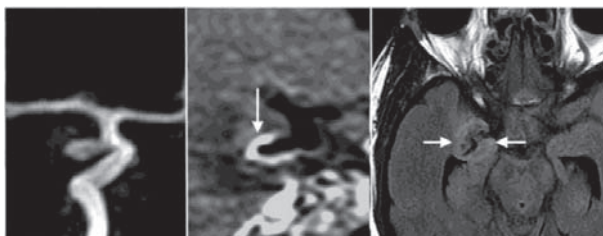


Figure 7: VWI in posterior communicating artery aneurysm. Contrast in the vessel wall (vertical white arrow), hematoma due to rupture in the adjacent brain parenchyma (horizontal white arrows).

It has been reported that microhemorrhages detected by SWI imaging can turn into large parenchymal hemorrhages due to perfusion changes [17]. Distant hemorrhages occur due to perfusion changes in some of the aneurysm cases that are treated with flow-directing therapy [9] (Figure 8). In addition, rupture of the aneurysm may occur in some of the cases in which this treatment is applied, and stent stenocclusion may occur in some [18-19].

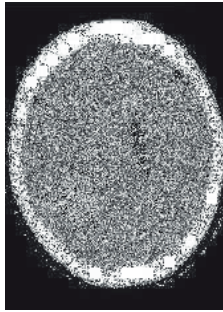


Figure 8: Parenchymal hematoma that developed in the right parietal lobe after the treatment in a patient who was treated with a current converter for a right ICA cavernous segment aneurysm.

3. CONCLUSION

In the light of the above information, microhemorrhages, which may be a precursor to large parenchymal hemorrhages, and staining of the vessel wall, which may reflect the potential for rupture with VWI, and vessel wall staining or hematoma, which may reflect the risk of stenocclusion, will be optimally detected by SWI examination to be performed on a 1.5T MR device in cases of intracranial aneurysms that have undergone flow-directed therapy.

4. REFERENCES

- [1] Schievink WI. Intracranial aneurysms. *N Engl J Med* 1997; 336: 28-40.
- [2] Rinkel GJE, Djibuti M, Algra A, van Gijn J. Prevalence and risk of rupture of intracranial aneurysms: a systematic review. *Stroke* 1998; 29: 251-6.
- [3] Byrne JV, "Arterial Aneurysms", *Tutorials in Endovascular Neurosurgery and Interventional Neuroradiology*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland 2017, p.141-84.
- [4] Bond KM, Brinjikji W, Murad MH, Cloft HJ, Lanzino G. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with flow diverters: a meta-analysis. *Stroke* 2013;44: 442-7
- [5] Benaissa A, Januel AC, Herbreteau D, Berge J, Aggour M, Kadziolka K, et al.: Endovascular treatment with flow diverters of recanalized and multitreated aneurysms initially treated by endovascular approach. *J Neurointerv Surg* 7:44–49, 2015.
- [6] Guglielmi G, Viñuela F, Sepetka I, Macellari V. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 1: electrochemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg* 1991; 75: 1-7.
- [7] Pötin M, Blanc R, Spelle L, Mounayer C, Piantino R, Schmidt PJ, et al. Stent-Assisted Coiling of Intracranial Aneurysms. *Stroke* 2010; 41: 110-5.
- [8] Zhou G, Zhu YQ, Su M, Gao KD, Li MH. Flow-Diverting Devices versus Coil Embolization for Intracranial Aneurysms: A Systematic Literature Review and Meta-analysis. *World Neurosurg* 2016; 88: 640-5.
- [9] Zhou G, Su M, Yin YL, Li MH. Complications associated with the use of flow-diverting devices for cerebral aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Focus*. 2017 Jun;42(6):E17.

- [10] Haacke EM, Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, Cheng YC. Susceptibility-weighted imaging: technical aspects and clinical applications, part 1. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Jan;30(1):19-30.
- [11] Mandell DM, Mossa-Basha M, Qiao Y, et al. Vessel Wall Imaging Study Group of the American Society of Neuroradiology. Intracranial Vessel Wall MRI: Principles and Expert Consensus Recommendations of the American Society of Neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2017 Feb;38(2):218-229.
- [12] Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, Haacke EM. Susceptibility-weighted imaging: technical aspects and clinical applications, part 2. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Feb;30(2):232-52.
- [13] Lindenholz A, van der Kolk AG, Zwanenburg JJM, Hendrikse J. The Use and Pitfalls of Intracranial Vessel Wall Imaging: How We Do It. *Radiology.* 2018 Jan;286(1):12-28.
- [14] Nam Y, Gho SM, Kim DH, Kim EY, Lee J. Imaging of nigrosome 1 in substantia nigra at 3T using multiecho susceptibility map-weighted imaging (SMWI). *J Magn Reson Imaging.* 2017;46:528-536.
- [15] Texakalidis P, Hilditch CA, Lehman V, Lanzino G, Pereira VM, Brinjikji W. Vessel Wall Imaging of Intracranial Aneurysms: Systematic Review and Meta-analysis. *World Neurosurg.* 2018 Sep;117:453-458.e1.
- [16] Santarosa C, Cord B, Koo A, Bhogal P, Malhotra A, Payabvash S, Minja FJ, Matouk CC. Vessel wall magnetic resonance imaging in intracranial aneurysms: Principles and emerging clinical applications. *Interv Neuroradiol.* 2020 Apr;26(2):135-146.
- [17] Lau KK, Wong YK, Teo KC, et al. Long-Term Prognostic Implications of Cerebral Microbleeds in Chinese Patients With Ischemic Stroke. *J Am Heart Assoc.* 2017 Dec 7;6(12):e007360.
- [18] Darsaut TE, Rayner-Hartley E, Makoyeva A, Salazkin I, Berthelet F, Raymond J. Aneurysm rupture after endovascular flow diversion: the possible role of persistent flows through the transition zone associated with device deformation. *Interv Neuroradiol.* 2013 Jun;19(2):180-5.
- [19] Klisch J, Turk A, Turner R, Woo HH, Fiorella D. Very late thrombosis of flow-diverting constructs after the treatment of large fusiform posterior circulation aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011 Apr;32(4):627-32.

ODREĐIVANJE FAKTORA INTENZITETA NAPONA ZA RAZLIČITE LOKACIJE PUKOTINA NA POSUDI POD PRITISKOM

DETERMINATION OF STRESS INTENSITY FACTOR FOR DIFFERENT LOCATIONS OF CRACKS ON PRESSURE VESSELS

Prof. dr Nedeljko Vukojević, dipl. ing. maš.
Mr. Amna Bajtarević-Jeleč, dipl. ing. maš.
Vedran Mizdrak, dipl. ing. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici,
Zenica, Bosna i Hercegovina

REZIME

Primjenom softvera Ansys izračunat je faktor intenziteta napona za tri položaja pukotine u zoni utjecaja toplote sa različitim orijentacijama na posudi pod pritiskom. Izračunati faktor intenziteta napona se poredi sa vrijednostima lomne žilavosti u zoni utjecaja toplote koje su dobijene eksperimentalnim ispitivanjem. Na temelju poznatih raspodjela naponsko-deformacionih stanja zatvorenih posuda izloženih dejstvu unutrašnjeg pritiska, izabrane su karakteristične lokacije pukotina na cilindričnom, torusnom i sfernom dijelu posude. Pukotine su postavljene u kritičnoj i nekritičnoj orijentaciji u odnosu na pravac dejstva glavnih napona. Analiza izračunatih vrijednosti faktora intenziteta napona i njegove kritične vrijednosti za predmetni materijal daje vrlo jasne pokazatelje za dalje postupanje u smislu planiranih mjera za održavanje ili donošenje odluke o daljem postupanju sa opremom pod pritiskom.

Ključne riječi: faktor intenziteta napona, oprema pod pritiskom, mehanika loma

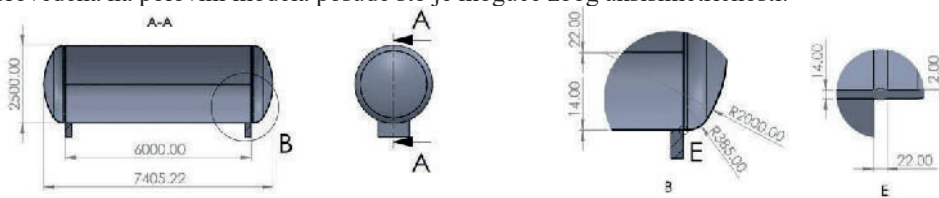
ABSTRACT

The stress intensity factor for three crack positions in the heat affected zone of a pressure vessel has been calculated using software Ansys. The calculated stress intensity factor has then been compared with fracture toughness values in the heat affected zone, which have been obtained by experimental means. Based on the known distributions of stress-strain states of closed vessels under internal pressure, the characteristic locations of cracks, such as the elliptical flooring, the torispherical transitional part of the flooring, as well as the cylindrical part of the pressure vessel were chosen. Cracks are placed in critical and non-critical orientations in relation to the direction of the main stresses. The analysis of the calculated values of the stress intensity factor and its critical value for the subject material gives very clear indicators for further action in terms of planned measures for maintenance or making a decision on further handling of the equipment under pressure.

Keywords: stress intensity factor, pressure equipment, fracture mechanics

1. UVOD

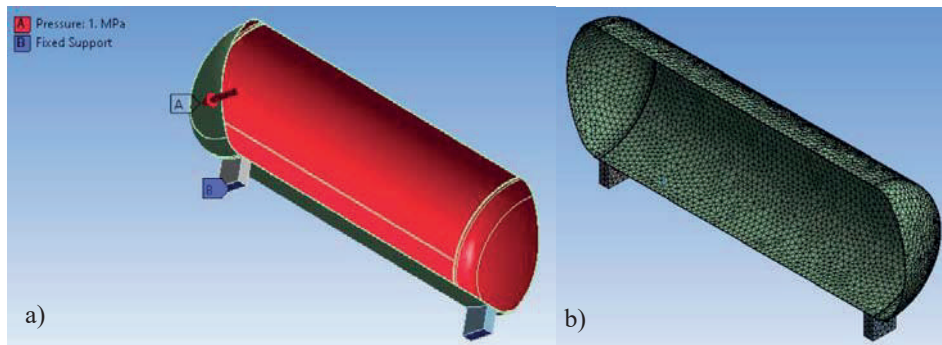
Posude pod pritiskom predstavljaju neke od najodgovornijih konstrukcija u savremenoj mašingradnji i zbog toga je njihov strukturni integritet predmet brojnih istraživanja. U radu [1] izvršena je analitička i numerička provjera faktora intenziteta napona polueliptične pukotine na primjeru bešavne cijevi. Cilj ovog rada je numerička analiza uticaja geometrije konstrukcije i zavara na vrijednost faktora intenziteta napona (FIN) polueliptične pukotine u zoni utjecaja toplote (ZUT) zavara posude pod pritiskom. Na slici 1 su predstavljene osnovne geometrijske karakteristike analizirane posude pod pritiskom. Usvojeno je duboko dance prema [2]. Spojevi su ostvareni pomoću obodnih i uzdužnih zavara, oblika X i debljine 15 mm [4]. Kompletna analiza je provedena na polovini modela posude što je moguće zbog aksisimetričnosti.



Slika 1. Geometrija posude pod pritiskom

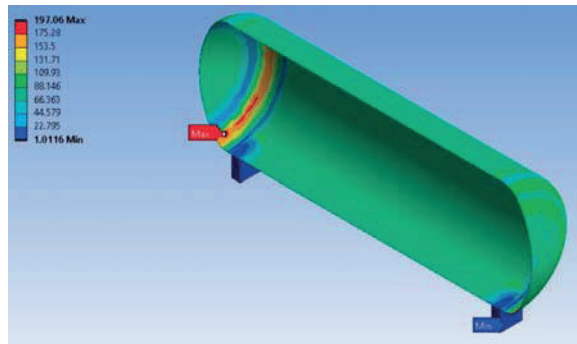
2. ODREĐIVANJE NAPONA U POSUDI POD PRITISKOM

Za granične uslove u posudi pod pritiskom su usvojeni pritisak od 10 bar koji djeluje na unutrašnjoj površini posude, te uklještenje na osloncima posude, kao i simetrija polovine modela u odnosu na presječnu ravan. Navedeni granični uslovi su prikazani na slici 2(a). Na slici 2(b) je predstavljena mreža konačnih elemenata. Usvojeni su tetraedarni elementi.

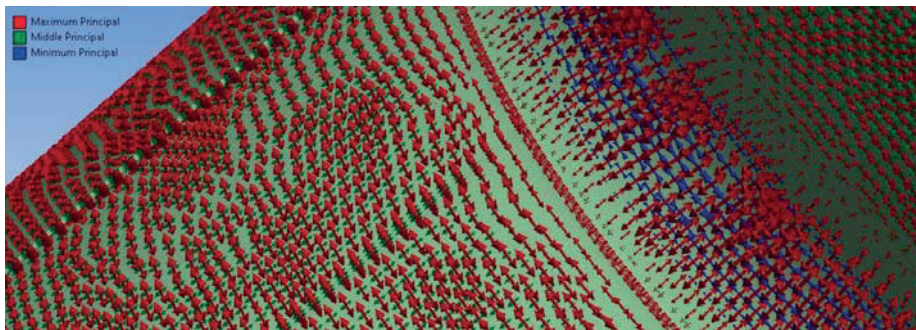


Slika 2. Granični uslovi (a) i mreža konačnih elemenata (b)

Na slici 3 su prikazani ekvivalentni naponi prema von Mises hipotezi. U cilju definisanja kritične orijentacije pukotine, određeni su vektori djelovanja glavnih napona u tri posmatrane zone posude (cilindar, sfera i torus), koji su prikazani na slici 4. S obzirom da je razmatran FIN prema prvom načinu otvaranja pukotine, tj. cijepanju [3], očekuje se da je orijentacija pukotine kritična u slučaju kada je vektor djelovanja maksimalnog glavnog napona okomit na dužu poluosu pukotine.



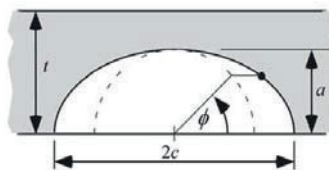
Slika 3. Ekvivalentni von Mises naponi posude pod pritiskom



Slika 4. Vektorski prikaz glavnih normalnih napona u posudi pod pritiskom

3. VRIJEDNOSTI FAKTORA INTENZITETA NAPONA

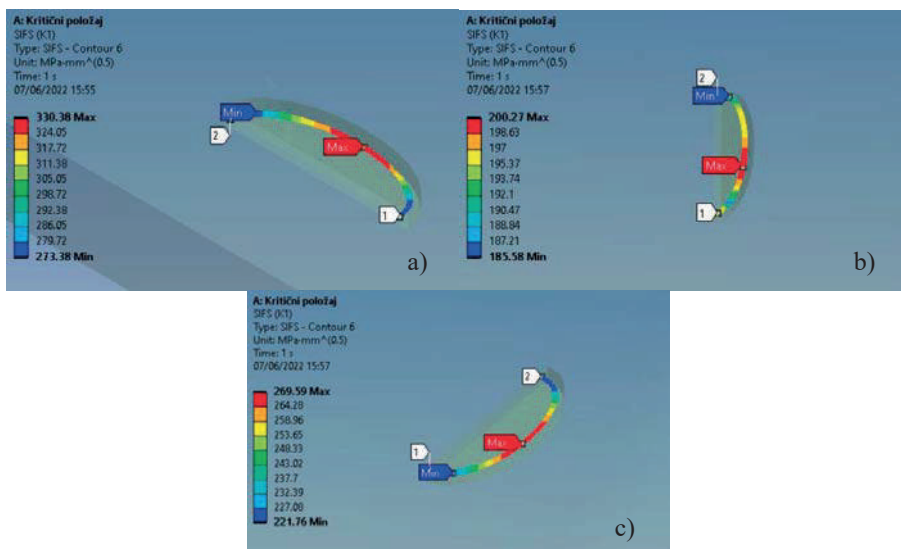
Zavari su izmodelirani u CAD modelu posude pod pritiskom, pri čemu je uzeta u obzir njihova geometrija, prikazana na slici 1, detalj E. Zavari su izrađeni od istog materijala kao i ostatak konstrukcije, P460NL. Postoje dva poprečna zavora, kojima su spojena duboka danca sa cilindričnim dijelom konstrukcije, te uzdužni zavar kojim je obezbijeden integritet cilindričnog dijela posude pod pritiskom. Polueliptične pukotine sa definisanim poluosama $a=14$ mm i $c=7$ mm (slika 5) su unesene u neposrednoj blizini zavora, tj. u ZUT-u, unutar tri dijela posude pod pritiskom: cilindar, torus i sfera, i to upotrebom opcije Probe. S obzirom da nije provedena termalna analiza, utjecaj zaostalih napona koji se javljaju kao posljedica zavarivanja je zanemaren. U prvom slučaju, unesene su pukotine u kritičnoj orijentaciji, tj. poluosu pukotine “c” je okomita na pravac djelovanja maksimalnih glavnih napona.



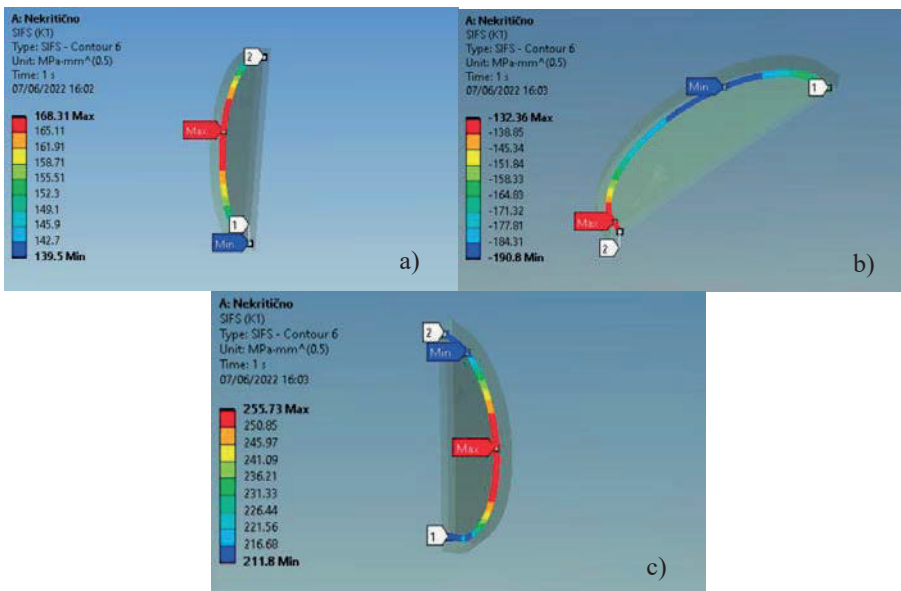
Slika 5. Usvojena polueliptična pukotina [3]

FIN dobiveni tokom provedenih simulacija za sve tri pukotine na sva tri dijela posude pod pritiskom, u kritičnoj orijentaciji, su dati na slici 6.

Analogno, izvršena je provjera faktora intenziteta napona pukotine u nekritičnoj orijentaciji, tj. u slučaju kada je pravac djelovanja maksimalnog glavnog napona paralelan sa poluosom pukotine „c“. Rezultati su predstavljeni na slici 7 za cilindrični, torusni i sferni dio, respektivno.



Slika 6. Vrijednosti faktor intenziteta napona za kritične orijentacije pukotina na cilindričnom (a), torusnom (b) i sfernom (c) dijelu posude pod pritiskom



Slika 7. Vrijednosti faktora intenziteta napona za nekritične orijentacije pukotina na cilindričnom (a), torusnom (b) i sfernom (c) dijelu posude pod pritiskom

4. ANALIZA REZULTATA

4.1. Analiza položaja i orijentacija pukotine

Kako je prikazano na slikama 6(a) i 7(a), orijentacija pukotine na cilindričnom dijelu posude pod pritiskom ima veliki značaj na vrijednost FIN-a. Maksimalna vrijednost K_I u oba slučaja je na vršku pukotine, pri čemu je odnos maksimalnih vrijednosti $K_{I_{\max\text{kritično}}}/K_{I_{\max\text{nekritično}}}=1,96$. Ovakvi rezultati su očekivani, s obzirom da su proračunske vrijednosti maksimalnih, obodnih napona dvostruko veće u odnosu na uzdužne napone unutar stijenke cilindra posude pod pritiskom. S druge strane, s obzirom na djelovanje napona u torusnom dijelu, nekritična orijentacija pukotine bi se mogla u potpunosti zanemariti s obzirom da zbog prisustva pritisnih napona, koji su dominantni, pukotina nema tendenciju otvaranja (slika 7(b)). U sfernom dijelu posude pod pritiskom, zbog raspodjele opterećenja u ovakvoj geometriji vrijednosti faktora intenziteta napona se neznatno razlikuju u obje orijentacije (oko 5%) i u oba slučaja dostižu visoke vrijednosti, čime se zaključuje da se pukotine u oba slučaja treba razmatrati pri procjeni integriteta ovakvih posuda, tj. niti jedna orijentacija pukotine nije nekritična.

4.2. Poređenje s eksperimentalno određenim kritičnim vrijednostima

U cilju provjere uticaja geometrije zavara na vrijednost FIN-a pukotine, izvršeno je poređenje numerički određenih vrijednosti FIN-a sa eksperimentalno određenom vrijednosti lomne čvrstoće. Eksperimentalna istraživanja su provedena na CT-epruvetama, isječenim iz posude pod pritiskom opisane geometrije konstruisane od materijala P460NL [4]. Eksperimenti su izvedeni u laboratorijskim uslovima za položaj inicijalne pukotine u ZUT na X zavaru prema standardu [5]. Vrijednost kritičnog FIN-a iznosi $52,2\text{MPam}^{1/2}$ odnosno $1650\text{MPamm}^{1/2}$. U tabeli 1 su upoređeni rasponi numerički određenih minimalnih i maksimalnih vrijednosti FIN-a, za pukotine na cilindričnom, torusnom i sfernom dijelu posude pod pritiskom, u kritičnim i nekritičnim orijentacijama, te rasponi njihovih omjera sa kritičnom vrijednošću lomne čvrstoće, respektivno.

Tabela 1. Poređenje numerički dobivenih rezultata FIN-a sa kritičnom vrijednošću

Dio posude pod pritiskom	Raspon vrijednosti FIN-a pri kritičnoj orijentaciji [MPamm ^{1/2}]	Raspon omjera FIN-a i kritične vrijednosti lomne čvrstoće [%]	Raspon vrijednosti FIN-a pri nekritičnoj orijentaciji [MPamm ^{1/2}]	Raspon omjera FIN-a i kritične vrijednosti lomne čvrstoće [%]
Cilindrični dio	273,38 – 330,38	16,57 – 20,02	139,5 – 168,31	8,45 – 10,2
Torusni dio	185,58 – 200,27	11,25 – 12,14	-190,8 – -132,36	-11,56 – -8,02
Sferni dio	221,76 – 269,59	13,44 – 16,34	211,8 – 255,73	12,84 – 15,5

5. ZAKLJUČAK

Kod cilindričnih posuda sa dubokim podnicama koje su izložene djelovanju unutrašnjeg pritiska, položaj i orijentacija pukotina ima značajnu ulogu kod definisanja FIN-a kao ključnog parametra za procjenu integriteta. U slučaju prezentovanog X zavara na čeliku povišene čvrstoće P460NL, jasno je da ni u jednoj varijanti nisu dostignute kritične vrijednosti FIN-a. Izračunate vrijednosti FIN-a značajno odstupaju u odnosu na lokaciju i orijentaciju pukotina na posudi pod pritiskom, kod kojih su teoretski poznate raspodjele djelujućih napona. Ovu činjenicu treba ozbiljno razmatrati kod analiza struktura koje imaju složene oblike, tj. tamo gdje nije jednostavno utvrditi stvarnu raspodjelu napona. Djelujući naponi na nekim mjestima djeluju povoljno jer zatvaraju

pukotine, dok na drugim lokacijama utječu na otvaranje pukotine. Za tačniju i detaljniju analizu upotrebljivosti posude pod pritiskom u slučaju postojanja pukotina moguće je provesti neku od standardizovanih metoda za ocjenjivanje strukturnog integriteta, kao što je SINTAP (FITNET) analiza. U ovom primjeru je na jednostavnom konstrukcijskom obliku zatvorene cilindrične posude pokazano koliko ima razlika u izračunatim vrijednostima FIN-a.

6. LITERATURA

- [1] Bajtarević A, Kačmarčik J, Vukojević N, Hadžikadunić F.: Numeričko i analitičko određivanje faktora intenziteta napona za pukotinu u cijevi. 5th International Scientific conference, Jahorina 26-28 November 2020, COMETA 2020, pp.81-188.
- [2] DIN28011:2012-06: Gewölbte Böden – Klöpperform.
- [3] T.L. Anderson: Fracture mechanics, Fundamentals and applications, Third edition, Taylor and Francis Group, 2003.
- [4] Zlatan Ištvančić: “Prilog utvrđivanju integriteta cilindričnih danaca izrađenih postupkom inkrementalne deformacije“, doktorska disertacija, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2022.
- [5] Standard ASTM E399: Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials, . 2020.

THE LATEST IMPROVEMENTS IN I-BEAMS PRODUCTION AND ITS APPLICATION IN BUILDING AND MAINTENANCE

Prof. Dr. Sc Faik Uzunović
Metalurško-tehnološki fakultet
Univerzitet u Zenici - Zenica
Bosnia and Herzegovina

Prof. Dr. Sc Omer Beganović
Institut “Kemal Kapetanović”
Univerzitet u Zenici - Zenica
Bosnia and Herzegovina

Assist. Lamija Sušić
Metalurško-tehnološki fakultet
Univerzitet u Zenici - Zenica
Bosnia and Herzegovina

ABSTRACT

Some aspects in the state of art regarding the improvements related to I-beams production and their application in building and maintenance are presented in this paper. One practical solution in the variety of the conversions of the classical to the universal rolling stands is described in some more details, as well as an overview of the latest improvements in I-beams production in the world. As a short overview are as well presented state of art technological improvements in parallel flanged I-beams production and accordingly their application in building and maintenance, pointing out the importance of welding.

Keywords: I-beams, improvements, production, maintenance

1. INTRODUCTION

Some specific aspects in the state of art regarding the improvements related to I-beams and parallel flanged I-beams production, as well as in their use in maintenance, are presented in this paper. One practical solution in the variety of the conversions of the classical to the universal rolling stands is described in some more details, as well as an overview of the latest improvements in I-beams and parallel flanged I-beams production in the world. Related to that fact, their use in maintenance and their cutting lengths for delivery are presented as well. So called INP I-beams have tapered flanges v.s. parallel flanges concerned with parallel flanged I-beams, which are very difficult to be produced on classical rolling mills stands, but much easier and better to be produced on so called universal rolling stands. Since the universal rolling stands are expensive and it is very difficult to fix them at the existing rolling mills with classical rolling stands, then a conversion of classical to the universal rolling mills stands is the less expensive satisfactory solution.

2. CLASSICAL ROLLING COMPARED TO THE IMPROVEMENTS RELATED TO PARALLEL FLANGED I-BEAMS ROLLING

The following standards define the shape and tolerances of I-beam steel sections:

DIN 1025 [4] is DIN standard which defines the dimensions, masses and sectional properties of hot rolled I-beams. The standard is divided in 5 parts:

- DIN 1025-1: Hot rolled I-sections - Part 1: Narrow flange I-sections, I-series - Dimensions, masses, sectional properties
- DIN 1025-2: Hot rolled I-beams - Part 2: Wide flange I-beams, IPB-series; dimensions, masses, sectional properties
- DIN 1025-3: Hot rolled I-beams; wide flange I-beams, light pattern, IPB1-series; dimensions, masses, sectional properties
- DIN 1025-4: Hot rolled I-beams; wide flange I-beams heavy pattern, IPBv-series; dimensions, masses, sectional properties
- DIN 1025-5: Hot rolled I-beams; medium flange I-beams, IPE-series; dimensions, masses, sectional properties

Corresponding Euro-norms are:

- EN 10024, Hot rolled taper flange I sections – Tolerances on shape and dimensions.
- EN 10034, Structural steel I and H sections – Tolerances on shape and dimensions.
- EN 10162, Cold rolled steel sections – Technical delivery conditions – Dimensional and cross-sectional tolerances

Other:

- ASTM A6, American Standard Beams [6]
- BS 4-1, British Standard Beams [7]
- AS/NZS 3679.1 – Australia and New Zealand standard [8]
- JIS G 3353.2011 Japan Standard [10]

For rolling of parallel flanged I-beams is needed at least the finishing pass to be performed as the universal pass. Of course, as there are more universal passes, as better. An example of it, is a typical 14-passes roll pass design for rolling parallel flanged I-beams, presented at Fig. 1. [3]

The use of the universal stands is a great technological advance, but they are much more expensive, and it is difficult to incorporate them at the existing (layout) of the rolling mills, where classical roll pass designs are used, presented at Fig 2. [1] That is why a variety of the conversions of classical rolling stands to the universal ones is used to get at least one-for the finishing pass, or more universal passes, presented at Fig 3.

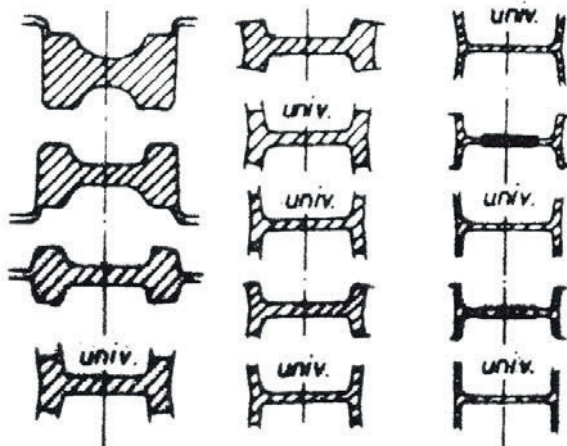


Figure 1. Typical 14-passes roll pass design for rolling parallel flanged I-beams [3]

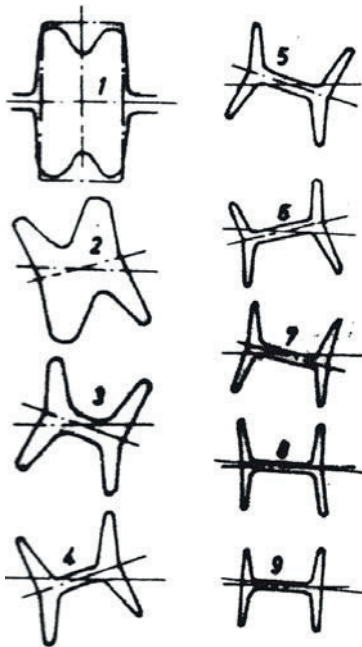


Figure 2. Typical 9-passes roll pass design for rolling INP or W (wide flange) I-beams with taper flanges [1]

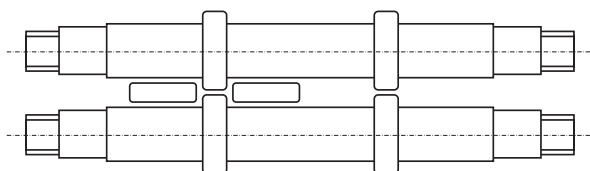


Figure 3. One universal pass at two-high rolling stand [2]

That is why the improvements related to the paralleled flanged I-beams and a conversion of the classical to the universal rolling stands were taking so much time and efforts, although especially in the developing countries, that process still takes place.

From 1936 – 1990-ies there were 8 registered patents [2] and now more than a dozen [11] in that field, and the first author of this article also had registered its own patent application. That patent application is still pending.

According to that, it is possible, under certain pre-conditions, to make a conversion of the classical two-high or three-high rolling stands to the universal ones, and accordingly to get the universal pass/es on them. That is shown at the Fig. 3. (one universal pass at two-high rolling stand). A certain part of the machinery needed for that conversion is presented at the Fig. 4. [5] and it is specified accordingly.

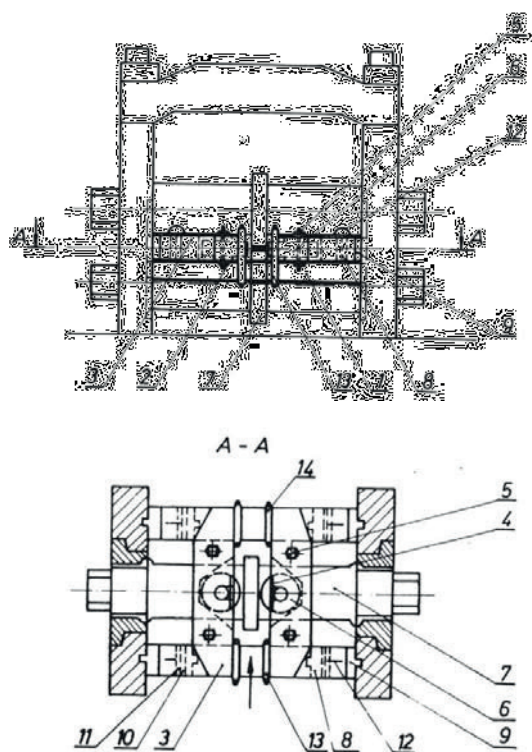


Figure 4. Certain part of the machinery needed for the conversion of the classical rolling stands to the universal ones [5]

This technical solution presented at Fig. 4. converting classical to the universal rolling stand with idle vertical rolls is concerned with a two-high classical rolling stand, having the ratio

L/D or at least equal to (almost 2) 1.8, where L is horizontal roll barrel length, and D is the diameter of horizontal roll. The equipment (a part of the machinery) needed for that conversion of a classical two-high rolling stands to the universal one, according to the symbols at Fig. 4. is consisted of:

1. Bearing beam
2. Lower bearing segment for vertical rolls
3. Upper bearing segment for vertical rolls
4. Bedding and fixing of vertical rolls
5. Bolt for fixing bearing segments 2 and 3
6. Vertical roll (idle)
7. Horizontal roll (driven)
8. Inner support for bearing segments 2 and 3
9. Outer support for bearing segments 2 and 3
10. Base spacer plate
11. Additional spacer plate
12. Grips made of shaped plate for holding the spacer plates 10 and 11, as well as inner and outer supports
13. Entry guide
14. Delivery guide

2. THE LATEST IMPROVEMENTS RELATED TO THE ROLLING ON THE UNIVERSAL ROLLING STANDS AND TO THE MAINTENANCE OF THE EXISTING STEEL STRUCTURES

Nippon Steel Corporation at the Sakai mill-Wakayama Works has established a rolling process to manufacture steel beams with depth (web) of up to 1200 mm, which is about 20% greater than its existing large-sized beams, and, by expanding the range of structural H-shapes NSHYPER BEAM products, in particular by increasing the super large sizes using the new brand MEGA NSHYPER BEAM in April 2020. Both a.m. I-beams are presented at the Fig. 5. [10]

NSHYPER BEAM (1000mm in depth X 400mm in width; left at Fig. 5.) and MEGA NSHYPER BEAM (1200mm in depth X 500mm in width; right at Fig. 5.) they both belong to the latest (new) type (patent protected) of the rolling technology, presented at Fig. 6. [10] from which is visible that beside vertical (compression) reduction (produced by horizontal rolls) there are horizontal (tension) spreading forces (produced by special horizontal-inclined rolls) and the a.m. rolls actually produce so called forced spreading, according to such a new technology, to produce jumbo-web large I-beam (MEGA NSHYPER BEAM).

Such a new rolling technology is superior in comparison with new welding technology in I-beams production, because the products (I-beams, but also any other rolled products in comparison with the same-similar welded products) are more reliable, since there are no unhomogenities in material caused by welding.

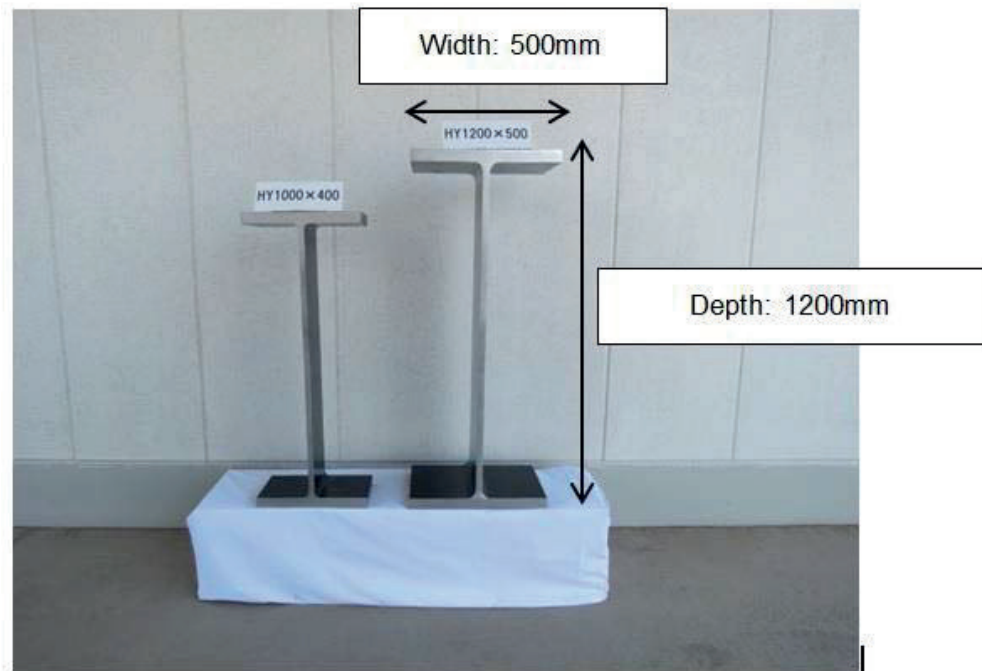


Figure 5. NSHYPER (1000X400mm)-left and MEGANSHYPER BEAM (1200X500mm)-right [10]

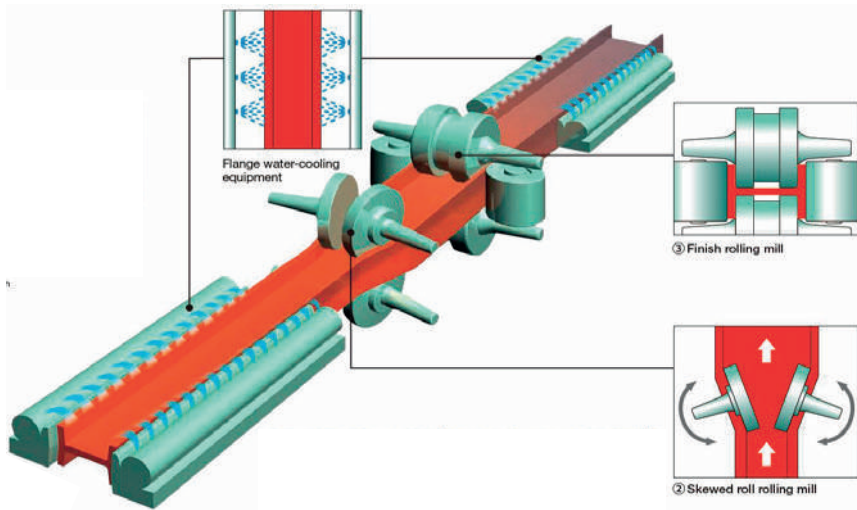


Figure 6. Simple presentation of the rolls positioning for rolling of MEGANSHYPER BEAM (1200X500mm) [10]

Beside by rolling, parallel flanged I-beams can be produced by welding and it goes for thin or light-weight type of I-beams (from thin plates), what is presented at fig. 7. [10]. A very similar technology is used for I-beams production of MEGA-JUMBO sizes in both, the web and flanges [12], but in that case thick plates are used. These two similar technologies are actually very similar – almost the same ones, but the I-beams produced from thin plates are specified in the standards (since its production according to this technology started for some decades ago) and MEGA-JUMBO I-beams produced by this technology are as well standardized, but also of a special type, for the bridges and special structures.

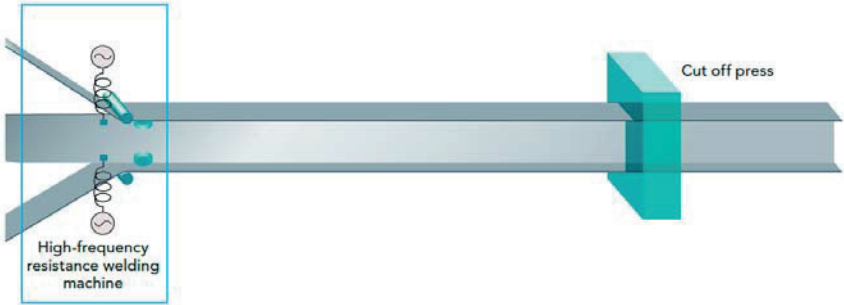


Figure 7. Simple presentation of High-frequency resistance welding technology for I-beams production [12]

In all presented rolling technologies cutting lengths of the products (I-beams) are usually fixed at 6; 7; 8; 9; 10; 11; or 12m, with the exemption of the technologies presented at the fig. 6. and 7. since they are new ones. Such lengths are usually used for new buildings and steel structures. For all the other technologies presented at the figures 1. – 5. cutting lengths of the products (I-beams) are usually not fixed, or mixed (partly fixed and not fixed) since they are mostly used for the repairs in maintenance of the existing (more or less old) steel structures. The repairs carried out on the a.m. steel structures are mostly done by welding, as the superior and more effective method, although in many existing steel structures joining was done by nuts and bolts. That is another important reason for parallel flanged I-beams production, since their connecting-joining is much easier, comparing to taper flanged I-beams. Accordingly not fixed lengths of the I-beams, can be ordered, what is less expensive, than ordering of the fixed lengths, and that is another advantage of using welding technologies.

3. CONCLUSIONS

The universal passes are necessary for modern rolling of I-beams, and they can be provided by the universal rolling stands, but also by a conversion of the classical rolling stands to the universal ones. The use of the universal stands is a great technological advantage, but they are very expensive, and it is difficult to incorporate them at the existing layout of the rolling mills, where classical roll pass designs are used. That is why a variety of the conversions of classical rolling stands to the universal ones is used, to get at least one-for the finishing pass, or more universal passes.

Welding technology is a sort of modern technology to produce I-beams, especially of MEGA-JUMBO size, and the variant of high-frequency resistance welding technology for I-beams production is the state of art in the welding technologies for I-beams production.

Welding technology is also a sort of modern technology in the repairs-maintenance of the existing steel structures, and it is much easier to do it on parallel flanged I-beams, than on the structures with taper flanged I-beams. Accordingly not fixed lengths of the I-beams, can be ordered, what is less expensive, than ordering of the fixed lengths, and that is another advantage of using welding technologies.

4. REFERENCES

- [1] Causevic M. WORKING OF METALS, Veselin Maslesa, Sarajevo, 1983
- [2] Uzunovic F. - Ph D thesis CONTRIBUTION TO THE CONVERSION OF THE CLASSICAL ROLLING STANDS TO THE UNIVERSAL ONES, Faculty of Metallurgy in Zenica (University of Sarajevo), 1990
- [3] The Making Shaping and Treating of Steel, 10th Edition, Association of Iron and Steel Engineers, USS, 1985
- [4] DIN 1025, from DIN Standard
- [5] Tomasevic S. and Uzunovic F. RESTRUCTURING OF STEEL INDUSTRY IN 1990, WITH A SPECIAL VIEW TO THE ROLLING TECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES, ESPECIALLY IN I-BEAM PRODUCTION, at The first metallurgical symposium of Iran, Teheran 1991
- [6] ASTM A6, American Standard Beams
- [7] BS 4-1, British Standard Beams
- [8] AS/NZS 3679.1 - Australia and New Zealand standard
- [9] Uzunovic F. Beganovic O. and Susic L. SOME ASPECTS IN THE IMPROVEMENT PROCESSES OF I-BEAMS PRODUCTION, XIII Naučno/stručni simpozij sa međunarodnim učešćem METALNI I NEMETALNI MATERIJALI, BiH, 2020
- [10] https://www.nipponsteel.com/en/news/20200303_100.html
- [11] European Patent Office: Josef P. Patent AT 156044T, Kishigawa K. US Patent 3583193 , Nakajima K. US Patent 4086801, Yanazawa, T. US Patent 4402206, Michaux, J. US Patent 4637241
- [12] Eiji S. and Katsuya M. H-SHAPED STEEL MANUFACTURING TECHNOLOGY, Report no. 111 in Nippon Steel, 2016

NEW ROLE MODEL FOR TEACHERS IN HIGHER EDUCATION?

Hagen H. Hochrinner
FH JOANNEUM
Graz
Austria

Maja Dragan
FH JOANNEUM
Graz
Austria

ABSTRACT

The traditional university has for decades been a sacrosanct ivory tower. The decrease in financial resources has caused universities to compete for such a support from the business sector. In addition, universities nowadays have to justify their existence by boosting their attractivity of their study programs. The traditional methods of ex-cathedra teaching have been the standard mean of knowledge transfer for decades. The pedagogical qualification of the teaching staff at the tertiary level was of quite little importance; in many institutes the teaching duties were seen more of a burden than mission. The development of dual study programs and a new pedagogical attitude in teaching methods may be one approach to face the challenges mentioned above.

Keywords: university, teaching, dual study program, dual/cooperative education, knowledge transfer

INTRODUCTION

Following exposition will deal and highlight the following questions:

What does the economy/industry expect from students after graduation?

What does business expect from universities and schools?

What do great philosophers say about educational goals? What does it mean for the role model of a cooperative teacher? What is a teacher?

What is a teacher's role and what are his/her traditional duties and expectations?

EXPOSITION

The working environment is changing rapidly and the buzz-phrase “industrial internet of things” (in German speaking countries called: “industry 4.0”) has become omnipresent in all production branches. There is no question about it that our society needs researchers and scientists; nevertheless, because of the industrial internet, there is a rising demand in industry for highly qualified academics outside of R&D.

The German Chamber of Industry and Trade showed already in their survey in 2014 what the main expectations of business are concerning graduates from bachelor programs (see Fig. 1).

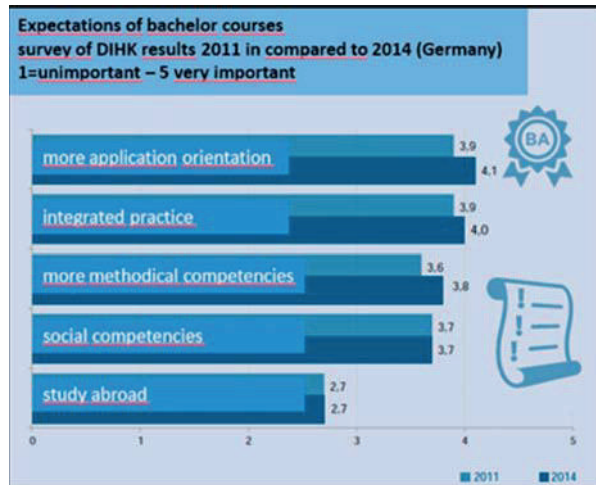


Fig. 1 “Expectations of bachelor programs”

Fig. 1 shows clearly that the needs of business in Germany do not lie squarely in specific scientific knowledge. Most companies need well-educated engineers who are employable in the field of application.

Mostly students at traditional universities have maximum one semester worth of internship experience. Often it is the case that the internship does not support the content of the study program. Social competencies should also be developed. Mostly, students are educated as “lone warriors” as they get used to being in permanent competition with their colleagues.

Fig. 2 und Fig. 3 show that competency in R&D is really not the main target and demand.

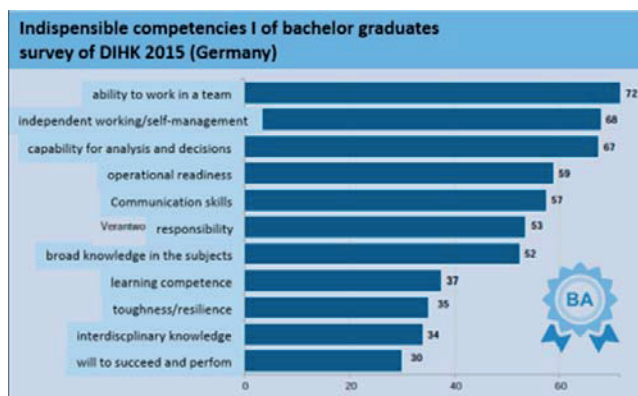


Fig. 2 “Indispensable competencies I”

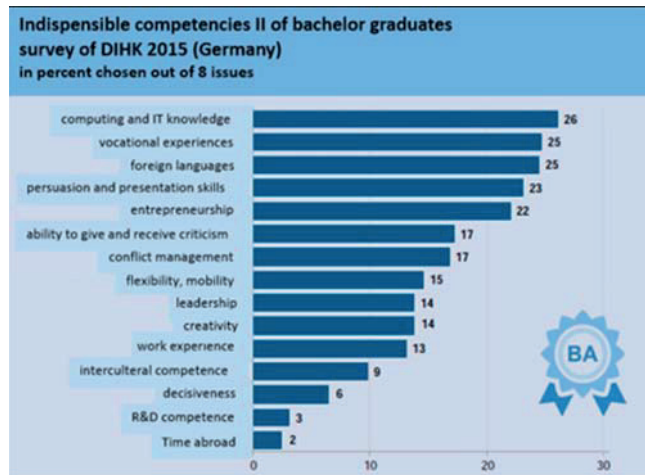


Fig. 3 “Indispensable competencies II”

A look at the Fig. 2 and Fig. 3 shows the “Indispensable competencies” which are expected by German industry to be the educational result of a bachelor graduate. It is quite interesting that the top 11 expectations are more or less in accordance with the great European philosophers and their ideals.

For example, autonomous individual, according to Alexander v. Humboldt, is said to be an individual who gains self-determination (autonomy) and maturity through his use of reason. To quote Humboldt: "To transform as much world as possible into one's own person is life, in the higher sense of the word “.

“The endeavor is to work to the fullest extent possible in/at the world and thereby develop as a subject.

To become a world citizen is to deal with the great questions of humanity: to look for peace, justice, exchange of cultures, other gender relations or a different relationship with nature to strive"[1].

Immanuel Kant describes the concept of maturity as the inner and outer faculties of self-determination and self-responsibility.

He describes maturity is a state of independence. It says that you can speak and care for yourself. Maturity is often associated with the concept of emancipation [2].

Furthermore, in his famous text, in answer to the question "What is Enlightenment?" Kant wrote in 1784: "Enlightenment is the outcome of man's self-imposed immaturity

Immaturity is the inability to use one's mind without the guidance of another. This self-immaturity is self-inflicted if its cause is not due to lack of understanding but to resolution and courage to use it without the guidance of another. ‘Sapere aude! Have the courage to use your own understanding!’ This is the motto of the Enlightenment“[2].

While the educational understanding of the last decades is usually based on a person's ability to be conditioned and therefore presupposes the "meaning" or has to presuppose

unreflectively, new education leads to move independently on the level of the senses and to gain the starting point for everything else.

Originality replaces tradition.

In addition to the knowledge, in the future, this will be a self-reliant orientation knowledge, which in turn determine one's knowledge and competencies. Traditionally, "learning" meant to pick up certain ideas or methods. In the future, it will be more a matter of developing knowledge and the ability to autonomously organize the processes of knowledge acquisition. Informal learning is increasingly replacing learning that can be organized in institutions [3].

The short excursion to the thoughts and ideals of the great European philosophers that just took place shows that aims of education have not changed during the last 300 years.

Our students and pupils still need

- Maturity
- Resolution
- Courage
- Self-determination
- Self-responsibility

and businesses of the Western World expect alumni/graduates with these traits.

The role of the teacher is to fulfill the demands of education and of business in cooperation with enterprises. This means that students should have the chance to apply the theoretical knowledge at internships after each semester at university.

“A teacher is a person who, through higher competence in certain areas, teaches something to others. Since it is not a protected term, everyone can basically refer to a phase of the imparting of knowledge, skills, lifestyles, or education” [4].

This definition shows that everybody can be a teacher. The new way of teaching makes professors and teachers to “knowledge-facilitators „and “knowledge-coaches “. On the one hand, they have to impart traditional values according to great philosophers; on the other hand, they have to orientate the teaching content to meet demands of the industry.

The aim and method in teaching must be not ex-cathedra teaching but to motivate and escort students in a cooperative way together with industry.

Both teachers and student's mentors in industry take responsibility for the career and success of the student.



Fig. 4 “Theory and practical training”

CONCLUSION

The so called dual or cooperative education in higher education is the new approach in fulfilling the demands of industry.

Dual education offers professors/teachers the chance to be in touch with real life and permanently increase their expertise and knowledge.

Dual education develops a new role for the professor/teacher as “science-manager“ by using at the state-of-the-art teaching according to the industry ‘s demands.

The means mentioned above will also raise the reputation and competitiveness of universities implementing these practices.

REFERENCE

- [1] Jürgen Hofmann, Welche Bedeutung hat das Humboldt'sche Erbe für unsere Zeit? 225. Humboldt-Gesellschaft, 08.01.2010
- [2] Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung?: Berlinische Monatsschrift, 1784,2, S. 481–494
- [3] Karl-Martin Dietz, RoSE - Research on Steiner Education Vol.4 No.2, 2013.
- [4] Wolfgang Pfeifer: Etymologisches Wörterbuch des Deutschen. 2. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1993. Stichwort: lehren. [ISBN 3-423-03358-4](https://www.dtb.de/9783423033584)

LIST OF FIGURES

Fig. 1 “Expectations on bachelor programs”

Source: Deutscher Industrie und Handelskammertag e.V., Online Umfrage Mai 2015

Fig. 2 “Indispensable competencies I”

Source: Deutscher Industrie und Handelskammertag e.V., Online Umfrage, May 2015

Fig. 3 “Indispensable competencies II”

Source: Deutscher Industrie und Handelskammertag e.V., Online Umfrage, May 2015

Fig. 4 “Theory and practical training”

Source: Project EUDURE European dual research and education, 2017

PRILOG ANALIZI ODRŽAVANJA BORBENE TEHNIKE KOPNE NE VOJSKE U RATU U UKRAJINI

APPENDIX TO THE ANALYSIS OF MAINTENANCE OF LAND ARMY TECHNIQUES IN THE WAR IN UKRAINE

Marinko Aleksić, Fakultet za pomorstvo i turizam Bar
Dražen Božović, Fakultet za mediteranske poslovne studije Tivat
Sead Cvrk, Pomorski fakultet Kotor

REZIME

Rad, posredstvom javno dostupnih informacija sa ratišta, analizira održavanje tehnike kopnene vojske zaraćenih strana u početnim mjesecima rata u Ukrajini, sa ciljem sagledavanja funkcionalnosti postojećih sistema, njihovih slabosti i mogućnosti korištenja naučenih lekcija. Pokazuje se predratni potencijal njihovog vojno-industrijskog kompleksa i mogućnost istog za održavanje i remont u ratnim uslovima. Analizira se značaj zarobljene tehnike kao izvora podataka o osjetljivoj i naprednoj tehnologiji za obje strane i njihove saveznike. Analiza pokazuje koliki je izazov održavanje i remontovanje brojne i raznolike kompleksne borbene tehnike za obje zaraćene strane, sa naglašavanjem opštih problema, ali i nekih specifičnosti koje karakterišu njihove sisteme održavanja. Sagledavanje iskustava održavanja borbene tehnike iz ovog sukoba, koji ima dominantno tehničku dimenziju, od izuzetnog je značaja kao alat kontinuiranog poboljšavanja aktivnosti i postupaka održavanja borbene tehnike.

Ključne riječi: rat, održavanje, tehnički faktor, unifikacija

ABSTRACT

The work, through publicly available information from the battlefield, analyzes the maintenance of the land army technique of the warring parties in the initial months of the war in Ukraine, with the aim of looking at the functionality of the existing systems, their weaknesses and the possibility of using the lessons learned. The pre-war potential of their military-industrial complex and its possibility for maintenance and overhaul in wartime conditions are shown. The importance of captured equipment as a source of information on sensitive and advanced technology for both sides and their allies is analyzed. The analysis shows how much of a challenge it is to maintain and overhaul numerous and diverse complex combat equipment for both warring parties, emphasizing general problems, but also some specifics that characterize their maintenance systems. Reviewing the experiences of combat equipment maintenance from this conflict, which has a dominant technical dimension, is of exceptional importance as a tool for continuous improvement of combat equipment maintenance activities and procedures.

Key words: war, maintenance, technical factor, unification

1. UVOD

Prema slikama koje dolaze sa ratišta, rat u Ukrajini ima dominantno tehničku dimenziju. Kako sa ruske, tako i sa ukrajinske strane u borbenim deistvima je, za naše uslove, ogroman broj tenkova, oklopnih vozila i artiljerijskih sistema. Iako je vremenska distanca kratka, na osnovu dostupnih podataka, u ovom radu je izvršena analiza održavanja borbenih tehničkih sistema u podršci kopnenih operacija sa obje strane u početnom periodu rata.

Prema nepotvrđenim informacijama raznih izvora, do početka jula obje strane su imale ogromne gubitke borbene tehnike. Brojne fotografije ilustruju te gubitke, ali ovde se neće

iznositi brožčani podaci. Istorija nam pokazuje da su procjene borbenih gubitaka često daleko od pouzdanih, jer su podložne svim vrstama izobličenja uzrokovanih ratnom „maglom“, željama, otvorenim lažima i drugim faktorima.[1]

Izraženo u dolarima, prvih dvadesetak dana invazije koštala su Rusiju najmanje 19,9 milijardi dolara u direktnim vojnim troškovima. Zapadne procjene govore da su ruske snage izgubile devet milijardi dolara u uništenoj vojnoj mehanizaciji.[2] Prema procjenama koje je napravio Kijevski ekonomski institut, ukupan iznos direktne štete na infrastrukturi dostigao je 92 milijarde dolara.[3] Da bi se stekao uvid u to koliki su vojni operativni troškovi najbolje govori podatak ukrajinskog premijera Denisa Šmigala da ih mjesečno ovaj rat košta oko 4,4 milijarde dolara.[4]

Tenkovi, oklopna vozila, kamioni i oružni sistemi, pored toga što mogu biti pogođeni i oštećeni, oni u uslovima intenzivne upotrebe i pojačanog naprezanja često otkazuju. Sva ta tehnika ne može se stalno zadržavati novom, pa su zbog toga veoma važni održavanje i remont kao elementi logistike mehanizovanih operacija, koje treba uzeti u analizu. Sistem održavanja oružanih sistema zahtjeva korišćenje tehničkih resursa koji se značajno razlikuju od onih koji se uobičajeno koriste u drugim oblastima privrede. Ako je moguće u pogon se stavljaju pozadinski nacionalni vojno-industrijski remontni kapaciteti, a u trupnim uslovima tehnički potencijal sistema održavanja zasniva se na četiri glavna elementa: vozilima za izvlačenje, pokretnim radionicama sa univerzalnom opremom, specijalnim setovima alata i kompletima rezervnih dijelova [5].

2. UKRAJINSKI I RUSKI VOJNO-INDUSTRIJSKI REMONTNI KAPACITETI

U teoriji, veliki gubici obje strane treba da budu nadoknađeni brзом opravkom neispravnih oklopnih vozila i masovnom dekonzervacijom starih zaliha bogatog sovjetskog naslijeđa.



Slika 1. "Groblje" tenkova u fabrici Mališev u Ukrajini

Kako i ko to može da uradi?

Velika oštećenja zahtijevaju radove nivoa generalnog remonta, koji se mogu raditi samo u stacionarnim - tvorničkim remontnim uslovima. Znači, za veće otkaze i opravke potrebni su hale i kranovi, zatim specijalizovane radionice za kompleksne sisteme i kapaciteti za površinsku zaštitu.[6]

Kao što je poznato, generalni remont je često na granici isplativosti u mirnodopskim

uslovima.[7] Međutim, u ratnim uslovima, kada nema nove proizvodnje, sposobnost generalnog remonta je jedna od ključnih za svaku vojsku. Za Rusiju i Ukrajinu je od vitalnog značaja vraćanje u život tenkova i borbenih vozila koji su inače godinama rđali na grobljima tehnike.

Ukrajinski SSR je imao i razvijen vojno-industrijski kompleks i brojnu industriju sposobnu da se mobiliše za masovne opravke vojne opreme. Većina ukrajinskih pogona za opravku naslijeđena je iz SSSR-a, što znači da su sačuvane mnoge vojne tvornice i remontni kapaciteti. Takođe, nakon 2014. godine u zemlji se pojavio i niz novih preduzeća, uglavnom vezanih za proizvodnju i opravku oklopnih vozila.

Prije napada Rusije u Ukrajini je postojalo oko 20 velikih preduzeća za proizvodnju, modernizaciju i opravku vozila i oklopnih vozila, kao što su: Harkovski mašinski projektni biro Morozov, Fabrika V.A. Mališev, Kijevska oklopna fabrika itd. Ona se nalaze širom

zemlje. Posebno velike koncentracije (klasteri) vojnih tvornica nalaze se u Kijevu i Harkovu još od sovjetskih vremena. Harkovski klaster je poznat po legendarnoj sovjetskoj školi izgradnje tenkova.[8]

Njihov proizvodni program sadrži mnoštvo novih modela i modifikacija nekih poznatih modela. To je važno istaći sa aspekta snabdijevanja oružanih snaga Ukrajine, ali i komplikovanosti izgradnje njihovog sistema održavanja.

Međutim, svi ovi stacionarni kapaciteti su izloženi bombardovanju i uništenju. Rusi su uništili najveće remontne kapacitete u Kijevu i Harkovu, a isto tako i u unutrašnjosti Ukrajine. Prema vijestima 14. maja ruske snage su izvele masovne raketne udare na objekte vojnoindustrijskog kompleksa Ukrajine. U početku operacija na sjeveru, klasteri Kijev i Harkov, zbog djelimičnog okruženja ovih gradova, zapravo nisu bili u mogućnosti da prihvate oštećena vozila, niti da pošalju nove ili opravljene oružne sisteme na front.



Slika 2. Oправка oklopnog transportera za ukrajinsku vojsku u Žitomirskoj oklopnjoj fabrici

Prema dostupnim informacijama, od 20 najvećih preduzeća oklopne industrije Ukrajine, do 20% nastavlja ili pokušava da nastavi svoj normalan rad seljenjem u bezbjedno područje ili korištenjem pogodnih civilnih objekata za opravku u urbanom području. Ukrajinski izvori ističu da ti kapaciteti rade 100% svakog dana. Takođe ističu, da su pored opravke i održavanja ukrajinske savladali opravku i ruske zarobljene tehnike.

Veoma važan faktor u remontu i

opravci je remontna i proizvodna dokumentacija. Ovo se odnosi i na dostupnost i u upravljanje remontnom i proizvodnom dokumentacijom. Od početka invazije, Ukrajina je radila na jačanju otpornosti interneta u zemlji, što je bilo važno za sve ostale aktivnosti, ali i za sklanjanje i zaštitu dokumentacije. Zahvaljujući Majkrosoftu, upravljanje digitalizovanim dokumentima se vrši i održava u skladištu u „oblaku“ izvan Ukrajine. Odbrambene kompanije su također dobile prvu seriju Starlink satelitskog interneta.[9]

Mora se ipak konstatovati da će u kontekstu tekućih borbenih dejstava potencijal ukrajinskog vojno-industrijskog kompleksa nastaviti da pada zbog svakodnevnog bombardovanja krstarećim raketama.

2.1 Ruski remontni kapaciteti

Što se tiče druge strane, u sovjetsko vrijeme i vrijeme hladnog rata bilo je mnogo industrijskih kapaciteta koji su proizvodili tenkove i oklopna vozila.[10] Prema dostupnim informacijama u Ruskoj Federaciji trenutno je najveći proizvođač tenkova Ural Vagon Zavod, a postoji još i Traktorska fabrika Čeljabinsk. Ural Vagon Zavod u ovom trenutku ne proizvodi željenu količinu tenkova, ali je svoje težište usmjerio na opravku oštećene borbene opreme.[11] Druga fabrika je navodno izgubila sposobnost opravljanja tenkova zbog sankcija koje su joj ometale mogućnost nabavke dijelova.[12]

U izvještaju Glavne obavještajne uprave Ministarstva odbrane Ukrajine kaže se da ruske remontne fabrike odbijaju da oprave oklopna vozila vraćena željeznicom iz rata u Ukrajini. To se odnosi uglavnom na tenkove i oklopna vozila pješadije. Razlog je što se veliki dio

opreme vraća sa izgorjelim tijelima i opravka zahtijeva demorališuću i skupu sanitarnu pripremu.

Prema tim obavještajnim podacima, nedostaju komponente i novac za ovu vrstu opravke. U istom izvještaju se tvrdi da direktori takvih remontnih pogona daju instrukcije da se tako teško spaljena mehanizacija ne prima na opravku. U ovom trenutku, međutim, o tome nema zvanično potvrđenih informacija sa ruske strane.

Prema ukrajinskim obavještajnim službama nedavno je odlučeno da se izvrši potpuna mobilizacija preduzeća u Rusiji, a upravo su problemi s opravkom vraćene vojne opreme naveli da se pribjegne ovom potezu. Očekuje se, kaže se u izvještaju ukrajinske obavještajne službe, da će se vrlo brzo u Rusiji pojaviti zakon koji će obavezivati pravna lica da sklapaju ugovore po državnim narudžbama pod vojnim uslovima. To znači rad u noćnim smjenama, rad praznicima, vikendom i otkazivanje odmora. U Rusiji, međutim, ugovori zaključeni pod vojnim uslovima ne predviđaju naknadu za prekovremeni rad. Ovaj zakon će, kaže Ukrajina, podržati materijalna sredstva iz državnih rezervi, mobilizacijskih kapaciteta i lokacija.[13]

3. IZVLAČENJE OŠTEĆENE I NEISPRAVNE BORBENE TEHNIKE

Da bi se se oštećena ili neispravna borbena tehnika mogla opravljati, prvo što treba uraditi, jeste da se mora izvući na sigurno. Kako to može biti veoma teško i problematično, veoma upečatljiv primjer s početka rata je konvoj ruskih tenkova, oklopnih vozila i samohodne artiljerije koji je zastao ispred Kijeva. Prema britanskom Ministarstvu odbrane konvoj je zaglavio, ne samo ukrajinskim otporom već i zbog mehaničkih otkaza.[14]

Jasno je da je izvlačenje oštećenih sredstava i sistema sa ratišta veoma važan zadatak. Potrebno je odvući oštećeno sredstvo na sigurnu udaljenost, odnosno tamo gdje se nalaze kapaciteti za održavanje i opravku. Ruske bataljonske taktičke grupe, kombinovane borbene formacije do hiljadu vojnika, u prosjeku imaju samo jedno teško BREM-1 i jedno lako vozilo



Slika 3. Ukrajinski BREM-1 vuče tenk T64BV

za izvlačenje BREM-2, mada ih ima više na nivou puka ili brigade. Ukrajinske snage koriste isti tip vozila za izvlačenje. Tokom operacija kratkog dometa to nije problem. Bobbene formacije imaju organske sposobnosti da stvore efikasnu sigurnost područja gdje se nalaze na bojnopolju.

Vozila za spašavanje mogu brzo pokupiti pokvarenu opremu uz minimalnu pratnju, jer su prijateljske jedinice uvijek u blizini. Kratke udaljenosti vuče omogućavaju vozilima za spašavanje više okreta u kratkom vremenu, omogućavajući ruskim snagama da se zadovolje s minimalnim brojem vozila za spašavanje na nivou bataljona.

Ništa od ovoga ne važi tokom dubokih operacija. Pokvarena vozila se moraju vući do stotinu kilometara ili se borbena vozila moraju preusmjeriti na vuču. Zbog nedostatka vozila za izvlačenje, često borbena vozila moraju biti preusmjerena na vuču. Pri tome samo teško vozilo za spašavanje ili tenk može vući drugi tenk.

Dugi marševi na putu stvaraju veliki broj pokvarenih vozila, što znatno premašuje sredstva za oporavak u ruskom bataljonu i formacijama puka. Poznato je da ovo nije samo ruski problem. To je zajedničko svim vojskama širom svijeta. Na sjeveru ruska vojska je izvela napade

dubokih prodora, ulazeći u dubinu ukrajinske teritorije do 120 km. U početku, ni jedna jedinica nije bila ostavljena da osigura liniju komunikacija. To je značilo da su neispravna vozila ili napuštena ili je bilo potrebno da se borbena vozila preusmjere kako bi ih vukla. Na osnovu više slika koje su se pojavile na internetu, nakon određenog trenutka ruski komandanti su odlučili da napuste svoja vozila. Posade su u početku bile ostavljene sa njima, ali kako se pojavio otpor ukrajinske strane, ruska vojska je prestala da ostavlja posade, strahujući da će biti zarobljene ili ubijene. Smatra se da su za ruske snage trenutno profesionalni vojnici vredniji od njihove opreme, što može objasniti zašto su ruski komandanti bili spremniji da je napuste.[15] Osim toga, većina ovih vozila je predviđena za zamjenu sljedećom generacijom tenkova i borbenih vozila pješadije, što baš i ne mora biti tako.

4. PRIMJER LOŠEG OSNOVNOG ODRŽAVANJA

Iskustva iz ratova sa Balkana pokazala su da je često osnovno održavanje borbene tehnike loše ili nedovoljno zbog velikog intenziteta borbi. Zbog učestalih borbi, a takođe zbog opasnosti i izloženosti neprijateljskoj vatri, posade nemaju vremena da se posvete održavanju,. Takođe, razlog za loše održavanje može biti neobučenosť posada, koje popunjavaju nastale gubitke i nemaju vremena za obuku. Prema riječima ruskih stručnjaka za tenkove, održavanje je čak važnije od opravke, jer upravo pravilno i pravovremeno održavanje može maksimalno odgoditi trenutak odlaska borbenog vozila na opravku.[16]



Slika 4. Raspadnute gume ruskih borbenih vozila i kamiona u Ukrajini

Na osnovu dostupnih fotografija može se govoriti o lošem osnovnom održavanju nekih ruskih kamiona, gdje se misli na održavanje prije borbenih operacija. U kontekstu toga, mora se naglasiti da su kamioni okosnica svake moderne motorizovane vojne snage. Fotografija o kojoj je riječ odnosi se na oštećenja guma na višemilionskom mobilnom raketnom sistemu Pancir-S. Kod tako skupog borbenog sistema, očekivalo se da će njegovo održavanje biti prvoklasno. Ipak, gume na jednom vozilu su se raspadale u ukrajinskom blatu samo nekoliko sedmica nakon početka rata.[17]

Ako se kamioni ne pomjeraju često, guma na njihovim točkovima postaje krta, a zidovi guma osjetljivi na pukotine i kidanje. Problem je uobičajen kada se gume koriste sa niskim pritiskom kako bi se nosile sa blatnjavim uslovima, sa kojima su se ruske snage suočile u ukrajinskim ravnicama. „Kada ostavite gume vojnih kamiona na jednom mjestu mjesecima zaredom“, bočne strane postaju lomljive na suncu i propadaju kao gume na Panciru-S. Očito da niko nije koristio to vozilo sigurno godinu dana.

Za zapadne eksperte, koji su specijalizovani za probleme održavanja kamiona američke vojske, stanje Pancira-S je greška koja otkriva mnogo toga. "Ako ne radite preventivno održavanje za nešto tako važno, onda je vrlo jasno da je cijeli vozni park bio tretiran na sličan način", kažu oni. Na slici 4, pored Pancira-S, je fotografija i drugog kamiona sa sličnim problemom.[18]

5. ODRŽAVANJE BORBENE TEHNIKE U TERENSKIM USLOVIMA

Kao što je rečeno, za održavanje u terenskim uslovima veoma su važne pokretne radionice sa univerzalnom opremom, setovi specijalnog alata i kompleti rezervnih dijelova. Što se tiče ukrajinske vojske, pretpostavka je da se održavanje pretežno vrši u izmještenim i skrivenim kapacitetima u pozadinskim urbanim cjelinama. To omogućava skrivanje procesa održavanja i opravke, pošto je ukrajinska strana izložena bombardovanju ruskim dalekometnim i krstarećim raketama.

Za rusku stranu postoji više dostupnih informacije. Prema Military Balance, poznato je da ruska vojska ima 10 brigada materijalno-tehničke podrške, koje podržavaju 11 kombinovanih armija, jednu tenkovsku armiju i četiri armijska korpusa. Ruska zapadna i južna komanda imaju po tri armije, sa tri brigade materijalno-tehničke podrške. To su organizacioni potencijali za opravku manje oštećene opreme u trupnim uslovima na licu mjesta. Ruska vojska je formirala mobilne remontne timove koji se šalju na ratište i koji na licu mjesta obavljaju manje oštećenu i neizgorjelu opremu, ugrađujući nove dijelove i sklopove. Međutim, uspostavljanje tzv. prednjih tačaka opravke i održavanja, koje su blizu borbenih linija, je veoma opasno. Kada počne opravka, vozila postaju nepokretna i nemoguće ih je pomjeriti u slučaju indirektno vatre ili napada neprijateljskih snaga koje su u pozadini. Prema podacima, barem jedna ruska radionica na taj način je bila uništena.[17]

Zbog toga se održavanje vrši u pozadini u tzv. remontnim bazama. Primjer je Deseti posebni puk za opravku i evakuaciju, koji je rasporedio na Krimu remontnu bazu za opravku i remont naoružanja i vojne opreme kopnene vojske. Ovaj puk je apsolutno mobilan, spreman za raspoređivanje bilo gdje i izvođenje svih vrsta remonta, bilo koje složenosti i na bilo kojoj



Slika 5. Zamjena ruskog tenkovskog motora i kupole u poljskim uslovima

temperaturi. Remontne baze su opremljene svim potrebnim alatom i priborom za izvođenje bilo koje vrste opravke, bez obzira na složenost i vremenske uslove. Ističe se da se majstori i inženjeri bave ne samo neispravnom opremom, već i njenim planiranim održavanjem. Takođe se ističe da majstori rade, u poljskim uslovima, ali u prilično ugodnom okruženju u

šatorima sa grijanjem i svjetlom. Civili takođe rade zajedno sa vojnim majstorima. Uzorke opreme koja je pod garancijom opravljaju predstavnici industrije iz samih preduzeća u kojima se proizvode ti uzorci i pojedinačni dijelovi za njih.[18]

U takvim uslovima agregatna zamjena je najbrži i preovladavajući način opravke. Prema dostupnim podacima vidi se da se koristi princip agregatne zamjene u trupnim uslovima, kao uobičajen i preporučen u teoriji održavanja. Na primjer, ako automobil s oštećenom šasijom stigne na mjesto opravke, tada se točkovi neće opraviti, već će se jednostavno staviti novi. Ukoliko dođe tenk sa oštećenim motorom, ni on se neće opravljati, već će se ugraditi novi.[19]

Što se tiče obezbjeđenja rezervnih dijelova, to je uvijek problem. Zbog toga se u borbenim uslovima, nakon pristizanja oštećenih sistema nameće kanibalizam, kao način obezbjeđenja rezervnih dijelova. Ruski remontni bataljon navodi primjer sa četiri oštećena auta. Ako ima rezervnih dijelova, motora, onda auto može izaći već slijedeći dan. Ako nema, onda je princip: četiri su ušla - dva će sigurno izaći.[20] U mirnodopskim uslovima kanibalizam se smatra nepovoljnim načinom obezbjeđenja rezervnih dijelova i jasan je pokazatelj da postoji problem nedostatka rezervnih dijelova.

6. MODERNIZACIJA SISTEMA I KRAĐA TEHNOLOGIJE

Intenzivna upotreba tehnike u ratu vrlo brzo pokaže da li su neka rješenja loša i upravo prilikom opravke koristi se prilika za neka unapređenja ili improvizacije na osnovnoj formi oruđa. Tako su se u ovom ratu na tenkovima sovjetskog i ruskog porijekla, koje inače koriste obje strane, pokazale dvije veoma bitne slabosti.

Prva slabost je na liniji stavljanja fokusa na tehnički faktor i može se uočiti na dizajnu ruskih tenkova i oklopnih transportera. Neki raniji razvojni aspekti ruskih borbenih vozila fokusirali su se na eliminaciju ljudskih komponenti i njihovu zamjenu mehanizmom, kao što su automatski punjač za tenkove i borbeno vozilo pješadije. To znači konkretno da je skladištenje municije u obrtnom „transporteru“ ispod nogu posade. Ovo je inače bila osnovna



Slika 6. Uništeni ruski tenk sa izbačenom kupolom

razlika u konstrukciji tenkova zapadnog i istočnog porijekla. Na Zapadu se to tumači da je urađeno zbog toga da se smanji broj članova posade, jer je tehnološko rješenje jeftinije od obuke, smještaja i plaćanja vojnika, što omogućava ruskoj vojsci da više ulaže u vatrenu moć. Ovo može da bude jedan od razloga, ali ranija tumačenja su bila da je to urađeno zbog smanjenja siluete tenka.[21]

Zašto je to slabost? Prilikom pogotka tenka, protivtenkovska raketa aktivira granate ispod

posade, koje eksplodiraju izbacujući kupolu sa tenka. Strašne slike pokazuju da pri tom posada nema nikakvog izgleda da preživi. To nije nepoznat problem na našim prostorima, jer su npr. mnogi tenkovi M84 prilikom borbi u Vukovaru doživjeli istu sudbinu. U ovom ratu u Ukrajini te slike su bile veoma česte. Zbog toga je novi ruski tenk Armata dizajniran sa skladištem municije na zadnjem dijelu kupole, kao kod tenkova zapadnog porijekla.

Druga slabost se odnosi na zaštitu od tandem bojeve glave protivtenkovskih raketa. Da bi se tenkovi zaštitili oblažu se oko osnovnog oklopa eksplozivno - reaktivnim oklopom ERA.[22] Reaktivni oklop je tip oklopa vozila koji reaguje kontraeksplozijom na udar projektila kako bi

se smanjila šteta na vozilu koje štiti. Najefikasniji je u zaštiti od kumulativnih raketa i posebno čvrstih penetratora kinetičke energije.[23]

Međutim, problem je gornja strana kupole, jer savremene rakete, kao Koplje (engl.-Javelin), udaraju s gornje strane, gdje je oklop tanji i nezaštićen ERA pločama. Ruski tenkisti su nedavno počeli da postavljaju na svoje glavne borbene tenkove oklope od letvica preko kupole, posebno dizajnirane za zaštitu od udara odozgo prema dolje protivtenkovskom raketom Koplje ili bombom sa drona.[24] Taj tip improvizovanog kaveznog oklopa koji se u



Slika 7. Improvizovana zaštita od protivtenkovskih raketa na ruskim tenkovima

ovom ratu sve više pojavljuje na ruskim tenkovima T-80 i T-72, viđen je i ranije u Siriji. Taj kavez - dodatni oklop na vrhu trebalo bi barem do određenog stepena smanjiti efikasnost određenih vođenih projektila za napad odozgo. Raketa Koplje se može ispaliti pravo na metu ili pomoću iskačućeg manevra, nakon čega se zaroni dolje prema meti, koristeći tipično slabiju oklopnu zaštitu na vrhovima tenkova i oklopnih vozila. Dok bi metalne konstrukcije na vrhu kupole tenka mogle potencijalno ometati sekvencu detonacije Koplja i smanjiti vjerovatnoću probijanja osnovnog oklopa, malo je vjerovatno da će oklop kaveza sam po sebi omogućiti značajnu zaštitu od napredne protivtenkovske vođene rakete ove vrste. Ispitivanja neposredno prije rata su pokazala neefikasnost ove zaštite.[25] Nema podataka sa ratišta o tome da je ova zaštita bila efikasna.

Druga karakteristika ovog sukoba jeste krađa tehnologije sa obje strane. Obje strane su zarobile veliki broj oružnih sistema i oklopnih vozila. Čim se zarobe takvi interesantni sistemi šalju se u vojne fabrike ili institute na detaljni pregled i analizu. Zapadne zemlje donatori procjenjuju rizik od otkrivanja osjetljive tehnologije ruskoj vojsci ako oprema bude zarobljena. Tehnološki trofeji rutinski mijenjaju vlasnika u modernom ratu, a bilo je izvještaja o ukrajinskim snagama koje su preokrenule situaciju i stekle uvid u rusku opremu zaplijenjenju na bojnopolju. Ono što je novo je da procjene rizika od dolaska opreme u ruske ruke postaju sve dublje ugrađene u nove odluke o donacijama, jer je u toku generacijska promjena u kvalitetu oružja koje ulazi u Ukrajinu.[26]

Sa ukrajinske strane se iznosi primjer analize naprednih elektronskih čipova za vođenje ruske krstareće rakete Kh-101, koja nije eksplodirala. Te analize, pokazuju koliko se ruska vojna industrija oslanja na vlastite, a koliko na zapadne izvore snabdijevanja. Analizirajući veliku zastupljenost napredne elektronike zapadnog porijekla neki mediji su iskoristili kao dokaz da su zapadne sankcije izuzetno efikasne za stopiranje ruske vojne proizvodnje. Mihael Kofman,

direktor ruskih studija u Istraživačkom institutu u Arlingtonu, izrazio je skepticizam u vezi s nekim tvrdnjama da su sankcije prisiljavale neke ruske fabrike tenkova i druge odbrambene kompanije u Rusiji da zatvore svoje kapacitete: „Još uvijek je prerano u ratu da se očekuju značajni problemi u lancu snabdijevanja u ruskoj odbrambenoj industriji“.[27]

Kao primjer gubitka zapadnog sofisticiranog oružja ističe se britanska raketa Sumpor (engl.-Brimstone), koja ima ugrađenu tehnologiju za prepoznavanje ciljeva. Prva neoštećena britanska raketa Sumpor završila je u rukama ruske vojske u julu mjesecu. Ukrajinske snage koristile su ga u regiji Zaporožja, ali projektil je u borbama neoštećen pao u ruke ruskoj strani. Jasno je da je odmah poslat u Rusiju na analizu i proučavanje konstrukcije i tehnologije.[28] Drugi primjer je o tome kako su ruske trupe zarobile dva francuska samohodna topa Cezar u Ukrajini. Prema dostupnim informacijama [29], haubice su već poslate u Rusiju, gdje će ih analizirati ruski projektanti iz koncerna Ural Vagon Zavod.

7. RAZNOVRSNOST I SLOŽENOST BORBENIH SISTEMA KAO PROBLEM U ODRŽAVANJU

Obje zaraćene strane koriste veliki broj raznolikih sistema. Ruska strana je primjetno koristila i veoma stare sisteme, što su neki zapadni analitičari tumačili kao da oni nemaju dovoljan broj tehničkih sredstava, koja će zamijeniti uništene. Međutim, odgovor se može naći prvo u tome da korištenje poznate tehnike omogućava lakšu obuku. Drugi razlog je u tome što se time želi olakšati snabdijevanje i održavanje. Ako imate poznate sisteme, onda za njih postoji razvijen sistem održavanja.

Kako proizvodnja, tako i održavanje tenkova i oklopnih vozila su veoma složeni i zahtjevni procesi, koji zahtijevaju jaku industrijsku bazu zemlje. Da bi postojao kompletan proces održavanja, mora se imati sposobnost generalnog remonta, koji se smatra najsloženijim vidom održavanja. Međutim, „osvajanje“ generalnog remonta, je veoma komplikovano i složeno, traži obrazovane i iskusne inženjere i majstore. Za to su, pored hala, potrebni tehnička remontna dokumentacija, specijalni alati i instrumenti, rezervni dijelovi i oprema.[30]

Trenutni modeli oklopnog naoružanja i opreme, kojima su opremljene ruske i ukrajinske



Slika 8. Spoljni elementi sistema za upravljanje vatrom na kupoli tenka M84

snage, predstavljaju kompleks dijelova (sistema, jedinica) koji pripadaju različitim službama ili specijalnostima kopnene vojske (raketno i artiljerijsko oružje, oklopno oružje, inženjering, hemikalije, komunikacije itd.). Otuda i proizilaze problemi kada je potrebna opravka ove opreme. Nedostatak jedinstvene objedinjene

dokumentacije jedna je od najozbiljnijih prepreka unapređenju tehnologije i organizaciji vojnog remonta složenih modela oklopnih vozila. Prema ruskim izvorima, stručnjaci moraju da koriste 15-20 knjiga operativne i isto toliko knjiga dokumentacije za opravke.[31]

Da bi se ilustrovala kompleksnost zadataka održavanja tenkovskih borbenih sistema daje se pregled sklopova sistema za upravljanje vatrom i topa jugoslovenskog tenka M 84 kao

primjer složenosti i kompleksnosti. Sistem za upravljanje vatrom (SUV) ovog tenka je elektrohidraulički modularnog tipa, automatski sa stabilizacijom u obje ravni, integrisan sa balističkim računom i laserskim daljinomjerom, dnevno-noćnom nišanskom spravom i automatskim punjačem.[32]

Vezano za ovaj primjer, interesantno je pitanje kako i ko će održavati slovenačke tenkove M-84 koji su poslani u Ukrajinu. Od 54 tenka M-84 u Sloveniji, samo 13 jedinica je prošlo odgovarajuću modernizaciju i remont, ostali tenkovi su u rezervi od 2013.[33]

Ukrajinska strana je počela da dobija složene zapadne sisteme, ali nije bilo dovoljno vremena za obuku kako da ih upotrebljava, a kamoli da ih održava. Javljeno je da npr. Bugarska neće isporučivati oružje nego će umjesto toga pružati „vojno-tehničku pomoć“, drugim riječima, opravljat će oštećeno ukrajinsko oružje i održavati vojnu opremu. Međutim, stručnjaci izražavaju sumnju u to pošto se smatra da su transport u Bugarsku i povratak u

Tabela 1. Ilustracija složenosti SUV-a tenka M 84

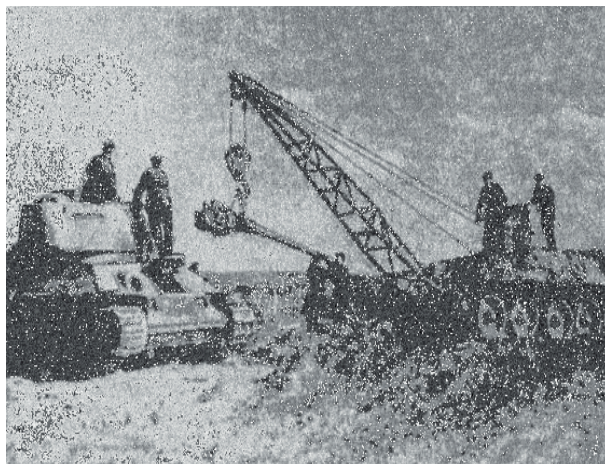
Optoelektronika Optika	nišanske sprave, laserski prijemno-predajni kanal i noćni kanal sa pasivnim pojačivačem svetlosti, periskop TNPO-168V i dva periskopa u poklopcu za bočno osmatranje. Pasivno-aktivni periskop PPV3 sa pojačivačem svjetlosti, IC far FG-125S.
Hidraulika	hidropojačivač sa hidrauličkom pumpom i elektromotorom, izvrsni cilindar po horizontali, hidromotor, instalacija,
Elektrika	Razvodna kutija napajanja, starter, strujni krug paljbe, instalacija, elektro-motori, elektromotor hidropojačivača, blok relej KP-1
Energetska Elektronika	Sklopovi napajanja, sklop napajanja žira, statički pretvarač,
Elektronika	Elektronski balistički računar, žiro blok, interfejs i pojačivačka kutija, meteorološki senzor, računar sa komandnom tablom, 2 mikroprocesora Motorola MC6802, dnevno-noćna nišanska sprava DNNS-2
Precizna Elektromehanika	žiroskopi, kutija K-1, kutija K-2
Elektromehanika	Automat za punjenje topa - obrtni transporter, programator
Artiljerijska mehanika	Automat, kolijevka, zatvarač, cijev sa oblogama za hlađenje, odvodnikom barutnih gasova

Ukrajinu povezani su s više napora nego što bi od toga bilo koristi.[34] Pretpostavka je da će borbena upotreba brzo dovesti do potrebnog nivoa obučenosti za upotrebu, ali održavanje je daleko veći izazov koji ne može biti riješen u toku borbenih dejstava. Primjer su sedam samohotki Panecerhaubice 2000, koje su dobili od Njemačke. Nakon kratke obuke i intenzivnih dejstava nije više bilo problema oko upotrebe. Međutim, mehanizmi punjenja su počeli otkazivati, a cijevi su se istrošile, pošto su u kratkom vremenu Ukrajinci ispaljivali veliki broj granata. Opravku i remont će morati da izvede njemačka strana, za šta je potreban transport u Poljsku.[35]

Međutim u ruskim vojnim žurnalima ističe se da je iskustvo borbenih dejstava u Ukrajini za njihovu vojsku neprocjenjivo. Ovde će se izdvojiti iskristalisana potreba za unifikacijom borbenih sistema, toliko da se na prvo mjesto stavlja važnost unifikacije u odnosu na inovacije i razvoj novih sistema! Zbog toga koriste slogan da je unifikacija važnija od inovacije. Ističe se da se na unifikaciji vojne opreme insistiralo još u Sovjetskom Savezu, što je dostiglo vrhunac do kraja drugog svjetskog rata. U Crvenoj armiji, do kraja rata, na

proizvodnoj traci su bila samo dva glavna modela tenkova: T-34 i IS (KV), sa jednim tenkovskim motorom V-2, u dvije verzije za srednje i teške tenkove. Na osnovu ovih platformi izgrađene su i samohotke.[36]

Ovakav pristup u Sovjetskom Savezu je bio u suprotnosti sa tadašnjim njemačkim pristupom.



Slika 9. Zamjena topovske cijevi tenka T-34 na terenu

Tehnički noviteti koje su Nijemci uveli na frontovima drugog svjetskog rata, iako su bili sasvim savršeni, ozbiljno su zakomplikovali logistiku, održavanje i opravke. Čuveni njemački general oklopnih jedinica Guderian podsjetio je na to u svojim memoarima: "Hitlerove naredbe koje su zahtijevale konstruktivne promjene u procesu proizvodnje borbenih vozila, a samim tim i stvaranje bezbroj različitih tipova sa velikim brojem rezervnih dijelova, bile su velika greška. Sve je to dovelo do toga da je remont tenkova na terenu postao nerješivi problem".[37]

Interesantna je situacija sa unifikacijom ruskih osnovnih borbenih tenkova. Poznato je da ruska vojska koristi tri linije oklopnih vozila sa modifikacijama: T-72, T-80 i T-64. To su tri krune dizajnerske škole Harkova, Lenjingrada i Nižnjeg Tagila. Međutim, zamjenjivost dijelova ili podsistema ovih tenkova završava se na municiji, dok su motori, transmisije i šasije potpuno različiti![38]

Uz raniju konstataciju da ukrajinski proizvodni program sadrži mnoštvo novih, kao i modifikacija nekih poznatih modela tenkova i oklopnih borbenih vozila, jasno je kako to stvara probleme u održavanju i snabdijevanju rezervnim dijelovima za obje zaraćene strane.

ZAKLJUČAK

Na osnovu iznijete kvalitativne analize može se zaključiti da su ukrajinski remontni stacionarni kapaciteti pretežno uništeni i održavanje se vrši u izmještenim i skrivenim kapacitetima u urbanim cjelinama. Ruska vojska koristi trupne kapacitete za terensko održavanje, ali i transportuje oštećenu tehniku u unutrašnjost na remont. Za sada nisu uočene neke novine u sistemu održavanja koje nisu viđene u ranijim ratovima i ratovima na prostoru Balkana. Improvizacija na kupolama ruskih tenkova u obliku rešetkastog kaveza je novina, koja prema zapadnim izvorima nije dovoljna zaštita koja će spriječiti dejstvo protivtenkovskih raketa. Veoma značajan izvor novih industrijskih podataka o osjetljivoj i naprednoj tehnologiji za obje strane i njihove saveznike je mnogobrojna zarobljena tehnika. Može se zaključiti da su osnovne karakteristike ovog rata veliki broj nepovratno uništene tehnike, kao i veoma veliki broj i raznolikost tehničkih sistema za koje je potrebno planirati i sprovesti održavanje. Takav model ukazuje da je jedno od najvažnijih iskustava ovog rata potreba za unifikacijom u svim elementima tehničkih sistema, na kojoj su sovjetske snage ostvarile uspjeh protiv snaga Vermahta u drugom svjetskom ratu.

LITERATURA

- [1] SR-1991- Operations Desert Shield And Desert Storm: The Logistics Perspective, Association Of The United States Army, <https://www.ausa.org/sites/default/files/SR-1991-Operations-Desert-Shield-and-Desert-Storm-The-Logistics-Perspective.pdf>
- [2] Barija, S., Ukrajina i Rusija: Koliko sukob košta rusku privredu, Pristupljeno 31.03.2022, <https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-60929927>
- [3] Kijevski institut: Ratna šteta u Ukrajini 92 milijarde dolara, Pristupljeno 4. maj 2022 <https://www.slobodnaevropa.org/a/ukrajina-ratna-%C5%A1teta/31832887.html>
- [4] Rat u Ukrajini, Novosti onlajn, Pristupljeno 03. 07. 2022, na <https://www.novosti.rs/planeta/svet/1132031/rat-ukrajini-uzivo-najnovije-vesti-donbas-ruska-vojska>
- [5] SMAL, T. and SMOŁA, T. Transition modification of mobile workshops system – polemic article. Deterioration, Dependability, Diagnostics, Brno: University of Defence, 2011, p. 129-135. ISBN 978-80-260-0633-6.
- [6] Petković, D., Aleksić, M., Stanojević, P., "Maintenance concepts", University of Zenica, Faculty of Mechanical Engineering, 193 p., 2020.
- [7] Aleksić, M., Petković, D., Stanojević, P., "RCM - Reliability Centered Maintenance", University of Zenica, Faculty of Mechanical Engineering, 190 p., 2011
- [8] The Mashnews, Карта бронетанковой отрасли Украины: до 80% крупных предприятий заблокированы или под контролем РФ, Pristupljeno 14.03.2022. na https://mashnews-ru.translate.google/bronetankovaya-otrasl-ukrainyi-do-80-krupnyix-predpriyatij-blokirovanyi-ili-pod-kontrolem-rf.html?_x_tr_sl=ru&_x_tr_tl=bs&_x_tr_hl=sr&_x_tr_pto=op,wapp
- [9] Tara Copp „Five Reasons Why Russian Forces Are Struggling in Ukraine, Pristupljeno 30.03.2022. na <https://www-defenseone-com.translate.google/threats/2022/03/five-reasons-why-russia-struggling-ukraine/362636/>
- [10] The Global security, Soviet Armored Vehicle Industry, Pristupljeno 25.06.2022. na <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/industry-ground-intro.htm>
- [11] Nikolov, B., Russia doesn't produce tanks, UralVagonZavod with half production, Pristupljeno 8.07.2022. na <https://bulgarianmilitary.com/2022/07/08/russia-doesnt-produce-tanks-uralvagonzavod-with-half-production>
- [12] The rebellion research, Russia's Only Tank Factory Closes, Pristupljeno 27.03. 2022. na <https://www.rebellionresearch.com/russias-only-tank-factory-closes>,
- [13] Nikolov, B., Burnt tanks return to Russia, repair plants refuse repairs, Pristupljeno 7.07.2022. na <https://bulgarianmilitary.com/2022/07/06/burnt-tanks-return-to-russia-repair-plants-refuse-repairs/>
- [14] The BBC News, Ukraine: Why has Russia's 64km convoy near Kyiv stopped moving?, Pristupljeno 3.03.2022. na <https://www.bbc.com/news/world-europe-60596629>
- [15] Dalsjö, R., Jonsson, M., Norberg, J., A Brutal Examination: Russian Military Capability in Light of the Ukraine War, Pristupljeno 30.05.2022. na <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00396338.2022.2078044>
- [16] Без паники: ленд-лиз не есть рецепт победы. Танки и прочее, Военное обозрение, Pristupljeno 11.05.2022. na <https://topwar.ru/195895-bez-paniki-lend-liz-ne-est-recept-pobedy-tanki-i-prochee.html>
- [17] The Russian Army lost another Pantsir-S1, Pristupljeno 30.06.2022. na <https://twitter.com/uaweapons/status/1498761401330020358>
- [18] Bogie, A., Are tyre issues hampering Russian military progress in Ukraine?, Pristupljeno 4.03.2022. na <https://www.tyrepress.com/2022/03/are-tyre-issues-hampering-russian-military-progress-in-ukraine/>
- [17] Feeding The Bear: A Closer Look At Russian Army Logistics And The Fait Accompli, alex vershinin, Pristupljeno 23.11.2021. na <https://warontherocks.com/2021/11/feeding-the-bear-a-closer-look-at-russian-army-logistics/>
- [18] Gvozdev, V., В полной готовности: как обслуживается боевая техника для спецоперации на Украине, Pristupljeno 11.03.2022. na <https://tvzvezda.ru/news/202231174-0dp01.html>

- [19] Врачеватели брони: как рембаты ВС РФ прямо в поле ремонтируют боевую технику в ходе спецоперации, Pristupljeno 02.06.2022. na https://tvzvezda-ru.translate.google/news/202262517-Ymfrv.html?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=bs&_x_tr_hl=sr&_x_tr_pto=op,wapp
- [20] Поставить на ход: как рембаты ВС РФ дают вторую жизнь вышедшей из строя технике, Pristupljeno 23.05.2022. na https://tvzvezda-ru.translate.google/news/2022523738-IFLk2.html?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=bs&_x_tr_hl=sr&_x_tr_pto=op,wapp
- [21] Grau, L., Bartles, C.: The Russian way of war, Mentor Military, 2017
- [22] Trevithick, J., U.S. Army M1 Abrams Tanks in Europe Are Getting Explosive Reactive Armor, Pristupljeno 29.06.2019. na <https://www.thedrive.com/the-war-zone/8144/u-s-army-m1-abrams-tanks-in-europe-are-getting-explosive-reactive-armor>
- [23] Reactive armour, Pristupljeno 23.06.2022. na https://hmn.wiki/bs/Reactive_armour
- [24] Malyasov, D., Ukraine demos a 'big surprise' for Russia, Pristupljeno 23.12.2021. na <https://defence-blog.com/ukraine-demos-a-big-surprise-for-russia/>
- [25] Newdick, T., Ukrainian Troops Test Javelin Missile Against Russian Cage-Style Improvised Tank Armor, Pristupljeno 23.12.2021. na <https://www.thedrive.com/the-war-zone/43648/ukrainian-troops-test-javelin-missile-against-russian-cage-style-improvised-tank-armor>
- [26] Sprenger, S., The race to arm Ukraine highlights West's worry of losing tech secrets, Pristupljeno 8.06.2022. na <https://www.defensenews.com/global/europe/2022/06/08/the-race-to-arm-ukraine-highlights-wests-worry-of-losing-tech-secrets/>
- [27] Swanson, A., Ismay, J. and Wong, E., U.S. Technology, a Longtime Tool for Russia, Becomes a Vulnerability, Pristupljeno 2.06.2022. na <https://www.nytimes.com/2022/06/02/business/economy/russia-weapons-american-technology.html>
- [28] British Brimstone missile ends up in russian hands, Pristupljeno 8.05.2022 na <https://thethreadtimes.com/british-brimstone-missile-ends-up-in-russian-hands>,
- [29] «Уралвагонзавод» передал «благодарность» Макрону за поставленные на Украину 155-мм САУ Caesar, Pristupljeno 23.06.2022. na <https://topwar.ru/198172-uralvagonzavod-peredal-blagodarnost-makronu-za-postavlennye-na-ukrainu-155-mm-sau-caesar.html>
- [30] Aleksić, M., Osvajanje remonta brodske artiljerije, Novi Glasnik 6, Beograd, 1998
- [31] Ковалев, В., Кутаров, Л., Степанчук, И., Войсковой Ремонт - Процесс Комплексный, Pristupljeno 24.05.2022. https://library.by/portalus/modules/warcraft/readme.php?subaction=showfull&id=1407042233&archive=&start_from=&ucat=&
- [32] Đorđević, M., Trideset dvije godine tenka M-84, Specijalni prilog Odbrana, 2015
- [33] Novosti, Ukrajina će dobiti 54 jugoslovenska tenka M-84, Pristupljeno 22.04.2022. na <https://www.novosti.rs/planeta/svet/1109650/rat-ukrajini-ukrajina-rat-rusija-ukrajina>,
- [34] Deutsche Welle, <https://www.dw.com/hr/bugarska-kriza-vlade-tajne-isporuke-oru%C5%BEja-i-jedan-genijalan-potez/a-61746136>
- [35] Ukraine meldet Probleme mit deutschen Panzerhaubitzen, Pristupljeno 29.07.2022. na <https://www.n-tv.de/ticker/Ukraine-meldet-Probleme-mit-deutschen-Panzerhaubitzen-article23495312.html>
- [36] Реальная унификация боевой техники – важное следствие спецоперации «Z», Военное обозрение, Pristupljeno 12.07.2022. na <https://topwar.ru/198694-totalnaja-unifikacija-boevoj-tehniki-vazhnejshee-sledstvie-specoperacii-z.html>
- [37] Как "латали" танки во время войны | Ошибка Гитлера и советские "летучки" | Сварка, Pristupljeno 24.05.2022. na <https://zen.yandex.ru/media/eurowelder/kak-latali-tanki-vo-vremia-voiny--oshibka-gitlera-i-sovetskie-letuchki--svarka-5e08749378125e00aee689f>
- [38] Реальная унификация боевой техники – важное следствие спецоперации «Z», Военное обозрение, Pristupljeno 12.07.2022. na <https://topwar.ru/198694-totalnaja-unifikacija-boevoj-tehniki-vazhnejshee-sledstvie-specoperacii-z.html>

ELEMENTI STUDIJE PROCJENE UTICAJA BUKE NA AUTOPUTU

ELEMENTS STUDY OF NOISE IMPACT ASSESSMENT ON HIGHWAY

Dr. sc. Mustafa Imamović
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
MA. Alena Kahrmanović
Filozofski fakultet u Zenici

REZIME

Buka je zvuk, a pod pojmom zvuka podrazumijevamo pojavu koju možemo registrirati sluhom. Zvuk je longitudinalni mehanički talas koji se može prostirati u čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima.

Pojam buke se odnosi na buku izazvanom ljudskom aktivnošću (saobraćaj, industrijom, zabavom itd.), Buka ima negativan utjecaj na zdravlje sluha, tijela i duševno stanje osoba.

Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša. Može biti trajna, isprekidana i impulsna.

Prilikom izgradnje autoputova neophodno je izraditi studiju uticaja na buku jer se na osnovu nje mogu poduzeti odgovarajuće mjere u toku gradnje kako bi se nivo buke u okolišu tokom eksploatacije sveo na propisane vrijednosti standardima dopuštenim.

Ova studija sadrži obavezne elemente kako računске tako i eksperimentalne koji omogućavaju dobivanje rezultata i na osnovu njih donošenje preporuka. Ona nam također omogućava poduzimanje neophodnih mjera u cilju zaštite okoliša.

U ovom radu su dati elementi ove studije, njihova objašnjenja kao i mogućnosti implementacije.

Ključne riječi: buka, mjerenje nivoa buke, studija procjene

SUMMARY

Noise is sound, and by sound we mean a phenomenon that we can register by hearing. Sound is a longitudinal mechanical wave that can propagate in solids, liquids and gases.

The term noise refers to noise caused by human activity (traffic, industry, entertainment, etc.). Noise has a negative impact on the health of hearing, body and mental state of persons.

According to the origin of noise in the human environment can be divided into industrial noise and environmental noise. It can be permanent, intermittent and impulsive.

When building highways, it is necessary to make a study of the impact on noise because it can take appropriate measures during construction to reduce the level of noise in the environment during operation to the prescribed values by standards allowed.

This study contains mandatory elements, both computational and experimental, that allow us to obtain results and make recommendations based on them. It also allows us to take the necessary measures to protect the environment.

This paper presents the elements of this study, their explanations as well as the possibilities of implementation

Keywords: noise, noise level measurement, assessment study

1. UVOD

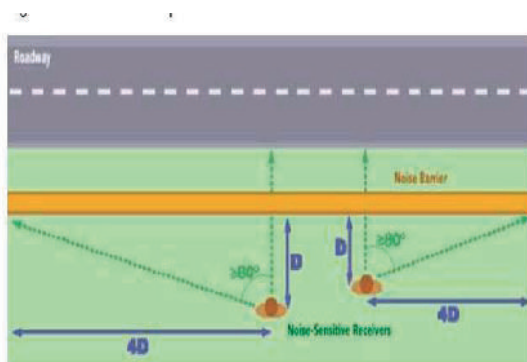
Buka se općenito definira kao nepoželjan zvuk. Tako su govor i muzika ugodan zvuk za one koji ih žele slušati, dok su drugima kada spavaju ili razgovaraju nepoželjni zvukovi ili buka. Danas se buka smatra jednim od najvećih zagađivača okoliša, a istraživanja pokazuju da čak 25% Evropljana pati od poremećenog fizičkog, mentalnog i bihevioralnog zdravlja zbog povećanje buke. [1],[2],[6].

Širenje buke/zvuka u slobodnim prostorima ili spoljašnjim okruženjima je talasnog i cilindričanog oblika, pri čemu je drugačiji odnos varijacije energije u funkciji udaljenosti. Bilo koja saobraćajna infrastruktura, putna ili željeznička se može smatrati kao linijski izvor buke. Ovakav pristup problem širenja buke je pojednostavljenje situacije i važeće kod saobraćaja samo ako se uzmu u obzir ekvivalentni nivoi pritiska tokom perioda koji je duži od prolaska vozila.

Nivo buke na putevima ovise o mnogo različitih faktora. Jedan od bitnih je brzina kretanja motornih vozila. Buka nastaje i zbog trenja između točkova i površine puta pri vožnji velikim brzinama, ali pri malim brzinama glavni izvor bit će zvuk koji dolazi od samog motornog vozila. Postoje i drugi važni faktori koji mogu nivo buke povećati kao što su ponašanje vozača ili neke aktivnosti u održavanju puteva.

Buka u zoni puteva nastaje i zbog trenja na mjestu kontakta podloge i gume motornog vozila i doprinosi ukupnom nivou saobraćajne buke. Nivo buke ovisi o vrsti i stanju guma i površine puta koji kotaju po površini. Buka otpora kretanju nastaje tijekom vožnje pri velikim brzinama i pri kočenju motornih vozila. Ponašanje vozača povećava porast buke kod naglog ubrzanje ili kočenje motornog vozila.

Buka se od izvora širi, a najvažniji utjecajni faktori širenja buke su: vrsta izvora (tačkasti, linearni ili površinski), udaljenost od izvora, apsorpcija atmosfere, vjetar, temperatura i gradijent temperature, prepreke, poput barijera ili zgrada, apsorpcija tla, refleksija, vlažnost. Na slici 1. su prikazani izvori buke.



Slika 1. Izvori buke na autoputu

U okolini autoputova neophodno je utvrditi / izraditi studiju utjecaja buke te definirati nivo buke u okolini prolaska autoputova. U studiji treba definirati i određene mjere u cilju smanjenja nivoa buke. Određenim mjerama vrši se prigušenje buke i nivo buke dovodi u propisane vrijednosti definirane standardima.

Za dobivanje cjelovite slike o nivou buke treba uzeti u obzir ove faktore i utjecaje. Različite odredbe i standardi često određuju uvjete za svaki od ovih faktora.

Opći propisi koje treba uzeti u obzir pri izradi studije i definiranju graničnih vrijednosti su: standardi, zahtjevi investitora, smjernice za projektiranje i izgradnju, održavanje te zahtjevi nadzora za puteva.

Samo na osnovu rezultata studije moguće je poduzeti odgovarajuće kvalitetne mjere prevencije i zaštite okoliša.

2. OKOLINSKI STANDARDI ZA OCJENU NIVOVA BUKE

Do danas na nivou Bosne i Hercegovine, niti u bilo kom od entiteta, ne postoje zakonski definisani nivoi buke na autoputevima koji se odnose za zaštitu životne sredine u zoni autoputeva.

Međutim, pravila i propisi opšteg karaktera koji se koriste u definiranju limita i smjernica zaštite su oni opšti, a dati su u tabeli 1.[7]

Tri karakteristična perioda se posmatraju pri čemu je jedno ograničenje vrijednosti, "peak", koje se odnosi na maksimalni nivo zvuka zabilježen u vremenskom intervalu.

Dvadeset četiri sata su podijeljena na dnevno i noćno vrijeme. Dnevni period je od 6^h do 22^h, dok noćni od 22^h do 6^h. Vrijednosti u tabeli 1. moraju biti zadovoljene tokom oba perioda. [3] Ovaj standard definiše i L_{eq} izražen u $dB(A)$, a odnosi se na ekvivalentni kontinuirani nivo zvuka u zavisnosti od intervala u mjerenju, su dvije različite vrijednosti, jedna za dnevnu, a druga za noćnu buku.

Tabela 1. Primjenjivi Standardi uticaja za buku

Zona	Karakterizacija područja	Standard vanjske buke u dB(A)		
		dnevno	noćno	max
I	Bolnice	45	40	
II	Turistička i rekreaciona područja	50	40	65
III	Stambeni i obrazovni prostori	55	45	70
IV	Mješovita stambena i poslovna područja u blizini saobraćajnih koridora	60	50	75
V	Uglavnom trgovački, administrativni, poslovni centri; javne mreže	65	60	82
VI	Industrijska, skladišna, saobraćajna područja bez stanovnika	70	70	85

L_{day} je dugoročni ponderirani prosjek nivoa buke određen za sve periode dana u jednoj godini, a L_{night} je dugoročni ponderirani prosjek nivoa zvuka u svim periodima dana u jednoj godini.

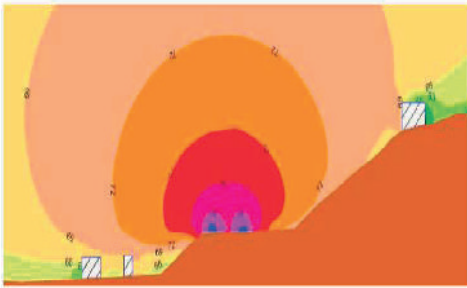
Imajući u vidu da ruralna područja duž trase autoputa imaju mješoviti karakter i za stambenu i za industrijsku upotrebu koriste se klasifikacija zone IV za stambena naselja uz autoput. Stoga, za potrebe studije, standardi buke koji se primjenjuju za ocjenu efekata buke na okoliš su $60 dB(A)$ tokom dana i $50 dB(A)$ tokom noći. U slučajevima kada objekt ili objekti pripadaju I, II ili III grupi, nivo dozvoljene buke se određuje za klasifikaciju pripadajuće zone.

Primijenjeni standardi od $60/50 dB(A)$ mogu se porediti sa onima koji se primjenjuju u skladu sa propisima SZO (Svjetske zdravstvene organizacije) i propisima zemalja članica Evropske zajednice. [4]

3. METODOLOGIJA IZRADE STUDIJE UTICAJA BUKE

Studija utjecaja buke na okoliš na autoputovima je obaveza investitora i ona se priprema prije izgradnje autoputa. Metodologija koja se koristi pri izradi studije utjecaja buke na putevima u osnovi sadrži sljedeće korake: identifikacija izvora buke koji utiču na stvarno stanje okoliša, prikupljanje podatka o izvorima (parametri značajni za unos u model), modeliranje, računski postupak, izrada mape buke situacije bez korektivnih mjera, a nakon toga i s

korektivnim mjerama. Jedan od koraka u izradi studije je izrada mape buke pri čemu se definiraju linijske konture buke u okolišu, slika 2.

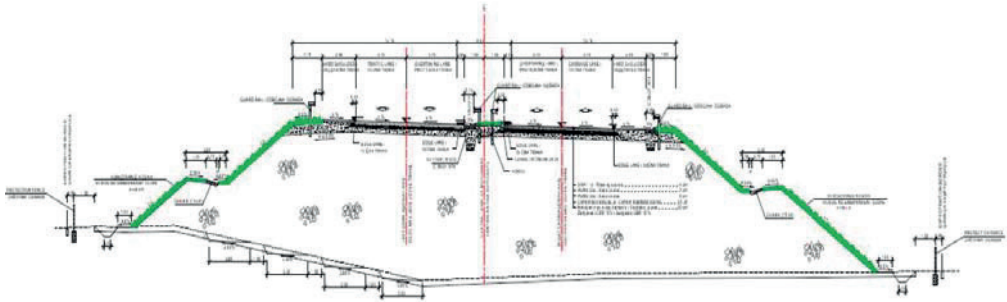


Slika 2. Mapa i konture rasprostriranja buke

Rezultati u mapama predstavljaju utjecaj buke na objekte postavljene u blizini autoputa. Mapa buke određuju se za dva scenarija dan-noć. Za procjenu utjecaja buke u toku noći koriste se kriteriji koji su uglavnom restriktivniji od dnevnih, tabela 1. Procjena nivoa buke se utvrđuje za dva scenarija. Prvi scenarij predstavlja mapu buke u situaciji bez uvedenih zaštitnih mjera, a drugi predstavlja situaciju s uvedenim zaštitnim mjerama.

Mapa buke bez zaštitnih mjera utvrđuje se na osnovu 2D i 3D modela za planiranu trasu autoputa koji sadrže karakteristike terena i rute. Ona definira moguću dimenzije zvučnih barijera u naseljenim područjima ugroženim bukom jer su ovi nivoi buke veći od normi za noćni period.

Ulazne veličine kod ovog postupka utvrđivanja mape buke su karakteristike autoputa, predstavljene na osnovu dnevnog i noćnog saobraćaja (AADT). Isti se uzima iz studije saobraćaja (koja prethodi ovoj studiji) kao i odnos između dnevnog i noćnog saobraćaja i postotak vrste vozila u saobraćaju



Slika 3. Karakterizacija terena autoputa

Identifikacija izvora buke

Glavni izvor buke na autoputu je buka nastala od vozila. Obično u okolišu gdje prolazi autoput postoje i drugi putevi ali oni nisu značajni u opterećenju s bukom. Kretanje vozila rezultirat će visokim nivoom emisije buke zbog planiranog AADT. Nivo buke tokom noći obično će premašiti standardnu vrijednost od 50 dB (A) u blizini autoputa te će buka imati negativan utjecaj na naselja koja okružuju planiranu trasu autoputa. Znajući da ruralna naselja duž planirane rute imaju i stambeni i komercijalni karakter, zona ugroženosti se klasificirana kao IV zona. Stoga su za studiju prihvatljivi nivoi buke 60 dB (A) tokom dana i 50 dB (A) tokom noći.

Karakterizacija parametara

Karakterizacija geometrijskih elemenata podrazumijeva određivanje okolnih geometrijskih elemenata autoputa kao što su: oblik terena, ostali putevi, željeznica, zgrade i ostale prepreke.

Teren se definira po uzoru na dostupnu 3D kartografiju, slika 3. Platforma puta se u kartografiji definirana osovinom, te se mora prilagoditi terenu. U ovom procesu prilagodbe važno je razmotriti nasipe i prosjeke.

Mapa buke

Mapa buke određuje se korištenjem mrežnog modela "pet metara plus nadmorska visina", određivanja 3D scenarija gdje treba smjestiti ostale elemente, zgrade, prepreke itd. Ostale simbolizirane informacije dobivaju se iz 2D mapiranja. Također je u tom postupku potrebno odabrati vrstu podloge za određivanje refleksije zvuka na njemu.

Kako početne informacije ne daju tačne podatke o visini okolnih zgrada, ona se uzima aproksimirano s 3 metra po spratu. Pretpostavljeni su jedan i po sprat plus krov, tako da je većina zgrada visoka 5 metara.

Kao što je poznato relevantne meteorološke varijable u vezi sa širenjem zvuka su temperatura i vjetar. U skladu s Europskom direktivom 2002/49 / CE zadane vrijednosti uzima se za datu temperature i vlažnost 50% i 70%.

Karakterizacija izvora buke

Karakter izvora buke se preuzimaju iz AADT studije a oni su tamo definirani kao uslovi saobraćaja. Jedan od primjera za koridor Vc je: dvosmjerni put s AADT (2038) od 28490 vozila / dan, 3 trake autoputa od kojih su dvije širine 3,75 metara, a vanjske trake 2,50 metra, širina srednjeg prostora varira od 3 metra do 16 metara. Brzina za automobile na autoputu iznosi 110 km/ h, a za kamione 80 km/h. Na cijelom putu saobraćaj je postavljen kao kontinuiran, a kolovoz je po uzoru na uobičajeni asfalt. Korišteni nagibi su isti kao u 3D modelu.

Područje utjecaja

Područje utjecaja za model uzima se pojas od prosječno 400 metara širine, 200 metara sa svake strane autoputa.

Računski postupak

Kod računskog postupka vrši se akustičko modeliranje na računalu. Pomoću numeričke simulacije izračunava se nivo buke pomoću softvera koji implementira model emisije. Nivo buke izračunava se iz emisije izvora (u ovom slučaju vozila na autoputu) koji utječe na širenje zvučnog talasa.

Važno je poznavati raspodjelu saobraćaja tokom dana i noći, jer su to podaci koji su unose u model, pa su, s obzirom na vrstu puta i lokalno okruženje, informacije uzimaju iz saobraćajne studije. Godišnji prosječni dnevni saobraćaj, skraćeno AADT, je mjera koja se prvenstveno koristi u planiranju saobraćaja, saobraćajnom inženjeringu i provjeri okolinskih lokacija.

Tradicionalno, to je ukupan obim saobraćaja vozila na autoputu ili putu za godinu dana podijeljen s 365 dana. AADT je jednostavno, ali korisno mjerenje zauzetosti puta pri čemu postoje određene specifičnosti.

Godišnji prosječni promet u sedmici (AAWT) sličan je AADT-u, ali uključuje samo podatke od ponedjeljka do petka. Državni praznici su često isključeni iz AAWT obračuna.

Prosječni ljetni dnevni promet (ASDT) je slična mjera prosječnom godišnjem prometu. Metode prikupljanja podataka su potpuno iste, međutim ASDT podaci se prikupljaju samo tokom ljeta. Mjera je korisna u područjima gdje postoji značajan sezonski obim saobraćaja koji se odvija datim autoputom

Za prezentaciju datog postupka daje se primjer za provedenu studiju na autoputu koridora Vc za dionicu autoputa AA. Primjer ulaznih podataka su: satni promet vozila na autoputu su:

Q (vh/h) dan = 1465.86 vh/h, Q (vh/h) noć = 342.03 vh/h, vozila na dan = 25%, vozila na noć = 45%, 12215 vozila/dan.

Baza podataka o prometu daje sljedeće informacije: podaci o zapremini vozila, klasifikaciji i brzini, godišnji prosječni dnevni promet (AADT), AADT kamiona i postotak kamiona, lokacija povijesnih lokaliteta kratkog broja.

Ovi i ostali podaci se uzimaju iz AADT odnosno iz TDV-Traffic Data Viewer je interaktivna mapa koja korisnicima omogućava pristup informacijama o saobraćaju. Koristeći TDV, može se dobiti godišnji prosječni dnevni promet (AADT) i dodatna statistika prometa za dio puta.

4. PRIMJER DOBIJENIH VRIJEDNOSTI

Na osnovu provedenog postupka u studiji dobivaju se rezultati za više različitih scenarija. Prvi scenarij je da se pri pretpostavljenom AADT za dnevni i noćni saobraćaj odredi stanje buke u okolišu.

Tabela 2. Vrijednosti nivoa buke na različitim mjernim mjestima

The image shows a screenshot of a data table with a grid layout. The table has approximately 6 columns and 10 rows. The text in the cells is small and mostly illegible. Several cells in the rightmost column and some in the middle columns are highlighted with a red background, indicating noise levels that exceed the standard.

Iz vrijednosti u tabeli 2 (rezultati na konkretnom projektu) je vidljivo da su u određenim tačkama u okolišu vrijednosti nivoa buke za predviđeni saobraćaj više od standardom definiranih (crveno boldirano) dok je u tabeli 2 i 3 vidljiv utjecaj barijera različitih visina na nivo buke u pojedinim tačkama okoliša za dan i noć.

Ovakav postupak primjenom predložene metodologije nam omogućava da se definiraju visine barijera te da se poduzmu i ostale mjere da nivo buke u okolišu se svedu u prihvatljive normative.

Tabela 3. Vrijednosti nivoa buke sa zaštitom/barijerama (danju)

The image shows a screenshot of a data table similar to Table 2. It has a grid layout with approximately 6 columns and 10 rows. The text is small and illegible. The table appears to compare noise levels under different conditions, with some cells highlighted in red to indicate levels exceeding standards.

Drugi scenarij je za različite visine barijera i to za dnevnu i noćnu buku. Ovaj primjer i rezultati dobiveni modeliranjem su rezultat provedene studije na jednoj dionici auto puta na koridoru Vc.

Pored izrade studije koja se u osnovi izrađuje za određene zahtjevne dionice autoputova moguće je nivo buke dobiti i mjerenjima nakon izgradnje autoputova i nakon toga da se

poduzimaju neophodne mjere, ali taj pristup može biti nepopularan u odnosu na lokalnu zajednicu.

Mjerenje nivoa buke nakon puštanja autoputova u promet je inače regularna obaveza vlasnika shodno ESMP.

Tabela 4. Vrijednosti nivoa buke sa zaštitom/barijerama (noću)

ID	EASTING	NORTHING	WITH BARRIER 2.50 meter		WITH BARRIER 2.00 meter		WITH BARRIER 1.50 meter		WITH BARRIER 1.00 meter		WITH BARRIER 0.50 meter	
R-98	6499349.384	4915375.537	55.15	49.15	55.15	49.15	56.15	49.97	56.97	50.97	57.97	51.97
R-99	6499349.966	4915323.069	54.03	47.83	54.03	47.83	55.03	48.83	56.03	50.03	57.47	50.83
R-100	6499368.049	4915360.026	55.83	49.83	55.83	49.83	55.83	49.83	55.83	49.83	55.83	49.83
R-101	6499432.669	4915258.348	57.24	51.24	57.24	51.24	57.27	51.24	58.24	52.24	59.27	52.31
R-102	6499441.341	4915248.188	56.76	50.76	56.76	50.76	57.76	51.63	58.63	52.63	60.51	54.51
R-103	6499442.374	4915169.276	55.53	49.26	55.53	49.26	55.53	49.26	55.53	49.26	55.53	49.26

5. ZAKLJUČCI

Nivo buke u okolini autoputa je veoma značajan parametar jer se u blizini redovno nalaze naseljena mjesta kao i industrijske zone. Zbog toga je neophodno u fazi projektiranja sagledati utjecaj saobraćaja na okoliš. Jedna od mogućnosti je izrada studije utjecaja buke na okoliš.

U ovom radu su dati elementi koje treba da ima studija kao i osnovna objašnjenja elemenata studije. Dati su rezultati implementacije i modeliranja za jednu dionicu izgradnje autoputa na koridoru Vc s konkretnim vrijednostima koje su rezultat napravljenog modela u studiji.

Također u radu je kroz rezultate prikazano kako se poduzimanjem mjera koje se sastoje u postavljanju barijera može uticati na smanjenje nivoa buke.

6. REFERENCE

- [1] Булајић, А.: Корелација између нивоа буке и параметара возила градског саобраћаја Копаоник, 11 - 13. јануар, 2019.
- [2] Arandelović, M., Jovanović, J.: Medicina rada, Medicinski fakultet, Niš, 2009.
- [3] European Environment Agency -EEA Report No 10/2014, Noise in Europe, 2014.
- [4] Europska komisija: Direktiva 2002/49/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 25. lipnja 2002. o procjeni i upravljanju bukom u okolišu.
- [5] Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance Federal Highway Administration, 1200 New Jersey Ave., SE, Washington, DC 20590.
- [6] Trbojević, N.: Osnove zaštite od buke i vibracija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011.
- [7] Zakon o zaštiti od buke (Službene novine Federacije BiH br. 110/12),

MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA OD BUKE PRI GRADNJI AUTOPUTEVA

ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES FROM NOISE DURING CONSTRUCTION OF HIGHWAYS

Dr. sc. Mustafa Imamović
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

Buka je zvuk, a pod pojmom zvuka podrazumijevamo pojavu koju možemo registrirati sluhom. Zvuk je longitudinalni mehanički talas koji se može prostirati u čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima.

Čovječe uho registrira kao zvuk oscilovanja između 16 Hz do 20.000 Hz.

Osim frekvencije svojstva zvuka određuje zvučna jakost mjerenja u vatima po kvadratnom metru (W/m^2), zvučni pritisak u paskalima (Pa) i intenzitetu zvuka, koja se izražava u decibelima (dB). Buka je jak i neugodni zvuk (bilo koja promjena pritiska koju ljudsko uho može registrirati), koji mijenja normalno stanje okoliša na određenom području kroz izazivanje neugodnog osjećaja.

Pojam buke se odnosi na buku izazvanom ljudskom aktivnošću (saobraćajem, industrijom, zabavom itd.), Buka ima negativan utjecaj na zdravlje sluha, tijela i duševno stanje osoba.

Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša. Može biti trajna, isprekidana i impulsna.

U ovom radu dat je prikaz na saobraćajnu buku na autoputevima, metodologiju mjerenja kao i način zaštite od saobraćajne buke na izgrađenim autoputevima

Ključne riječi: buka, metodologija mjerenja, načini zaštite od saobraćajne buke

SUMMARY

Noise is sound, and by sound we mean a phenomenon that we can register by hearing. Sound is a longitudinal mechanical wave that can propagate in solids, liquids and gases.

The human ear registers vibrations between 16 Hz and 20,000 Hz as sound. In addition to the frequency of sound properties, it determines the sound power of measurements in watts per square meter (W/m^2), sound pressure in pascals (Pa) and sound intensity, which is expressed in decibels (dB). Noise is too loud or unpleasant sound (any change in pressure that the human ear can detect), which changes the normal state of the environment in a particular area by causing an uncomfortable feeling

The term noise refers to noise caused by human activity (traffic, industry, entertainment, etc.). Noise has a negative impact on the health of hearing, body and mental state of persons.

According to the origin of noise in the human environment can be divided into industrial noise and environmental noise. It can be permanent, intermittent and impulsive.

In this paper, special emphasis is given to traffic noise on motorways, measurement methodology as well as the method of protection against traffic noise.

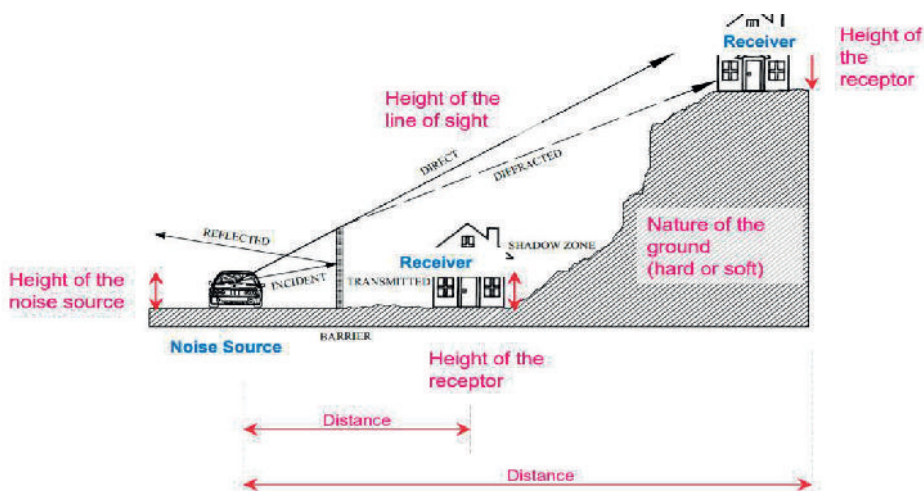
Keywords: noise, measurement methodology, methods of traffic noise protection

1. UVOD

Buka je zvuk proizveden nepravilnim i periodičnim oscilovanjem čestica u zraku definiše se kao nepoželjni zvuk. Brojna istraživanja ukazuju na to da je saobraćaj samim svojim prisustvom izvor buke. Intenzivniji saobraćaj, te saobraćaj teških vozila podrazumijeva i viši intenzitet buke.

Saobraćajna buka na autoputevima postala je dominantan izvor buke, kako u urbanim tako i u seoskim sredinama. Tendencije su da se ova buka definiše u projektiranju, te da se poduzmu odgovarajuće preventivne mjere.

Autoputevi s intenzivnim saobraćajem se smatraju linijskim izvorima buke, što znači da je talasni oblik cilindričan, koji dobiva drugačiji odnos varijacije energije u funkciji udaljenosti. Poduzimanjem određenih mjera uz smanjenje buke benefit imaju obližnja stambena, poslovna i javna mjesta u smislu boljeg životnog okruženja, smanjenja iritacije i ugodnijeg zvuka. Na slici 1. je prikazan primjer rasprostiranja buke na autoputu s ugrađenom zaštitnom pregradom. Način mjerene intenziteta buke u okolišu gdje prolaze autoputevi gdje nivo buke može dostići granične vrijednosti je definiran standardima i zakonska je obaveza.



Slika 1. Rasprostiranje buke u zoni autoputa

Međutim, istraživanja usmjerena na traženju korelacije između nivoa buke u okolišu i parametara na koje se može uticati predstavlja iskorak u pronalaženju adekvatnih preventivnih mjera.

Takva istraživanja je neophodno provesti kod gradnje autoputeva kako bi se nivo buke u okolišu sveo na prihvatljive granice. Pri tome je neophodno istraživanje provesti prema definiranoj metodologiji.

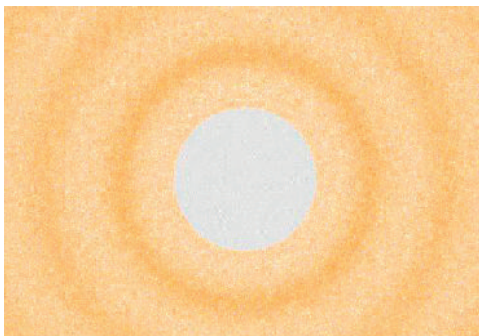
Uticaj autoputa i buke koja se javlja od vozila u okolišu je veoma bitna aktivnost kako prilikom projektovanja autoputa, tako u fazi izvođenja tako i u eksploataciji nakon puštanja u upotrebu. Sve se ovo treba provoditi prema prethodno utvrđenoj metodologiji.

Ovim se stvara pretpostavke da se poduzimanjem odgovarajućih mjera zaštite u u okolišu, gdje prolaze autoputevi nivo buke sveđe u dopuštene prihvatljive granice.

Mjere zaštite od buke na autoputevima mogu da budu različite. U ovom radu je dat najčešće primjenjivan način, a to je postavljanje barikada (zaštitnih pregrada).

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE BUKE

2.1. Fizičke karakteristike, izvori i nivoi buke

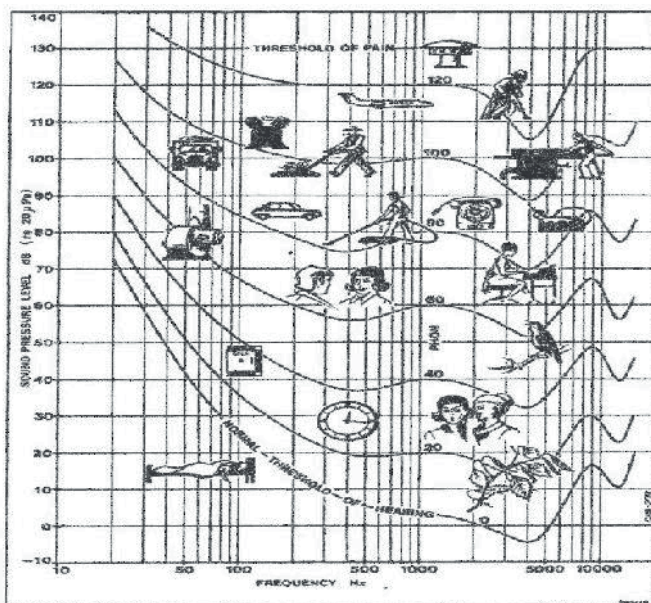


Slika 1. Rasprostriranje buke

Ali šta je buka? Za definisanje buke postoji više različitih gledišta.

Prema jednom, buka je skup zvukova koji izazivaju nelagodnost, neprijatnost. Prema drugoj, buka je zvuk koji se javlja u frekventnom području (20-20000 Hz), a dovoljno je velikog intenziteta. Zadatak ispitivanja buke kao fizičke štetnosti, je da izmjeri, analizira vrijednosti i izvrši procjenu štetnog deistva u odnosu na maksimalno dozvoljene vrijednosti kojima čovjek smije da bude izložen a da ne pretrpi zdravstvena oštećenja organizma [1].

Za njeno definisanje postoji više gledišta. Prema jednom, buka je skup zvukova koji izazivaju nelagodnost, neprijatnost.



Slika 2. Područje i jačina učestalosti osjetljivosti ljudskog uha, po Dr. Flecheru.

Ali postoji i mišljenje da je buka svaka zvučna pojava (šum, galama, lupa, govor i sl.) koja ometa rad ili odmor. Da bismo neki zvuk nazvali bukom on mora da bude dovoljno jak, da ga izdvajamo od ostalih zvukova i da ga dobro čujemo. Na slici 1. je vidljiv način prostiranja zvuka, a na slici 2. su prikazani izvori i nivoi buke.

Kao što se vidi da različite mašine i uređaji, kao i različita djelovanja, izazivaju različite nivoe buke. Mnogi od ovih izvora evidentno emituju buku iznad standardima dopuštenih vrijednosti [2] [4].

2.2. Saobraćajna buka

Najdominantniji izvor buke u životnom okolišu je saobraćajna buka, a posebno buka drumskog saobraćaja, jer su ostali vidovi saobraćaja (željeznički i avionski) uglavnom izmješteni iz gradskih sredina.

Zbog njenog štetnog djelovanja na ljudski organizam buka je sve češća tema rasprava i preispitivanja postojeće zakonske regulative [2]. Na slici 3. je prikazan autoput u okolišu.



Slika 3. Autoput u okolišu

Buka koju stvaraju vozila zavisi od velikog broja parametara kao što su: rad motora vozila, brzina kretanja, vrste i stanja pneumatika na vozilima, tipa površine puta, uzdužnog nagiba (uspona) puta, vlažnost puta i dr.

Najveći izvor buke na vozilu prilikom rada motora je izduvni sistem. Međutim, analiza pojedinih izvora buke na motornom vozilu je vrlo složena jer zavisi od niza faktora kao što su: vrsta pogona vozila (benzinski, dizel motor ili gas), potom da li su vozila putnička ili teretna, Koliko osoba se nalazi u vozilu i dr.

3. POSLJEDICE IZLAGANJA POVIŠENOJ BUCI

Buka motornih vozila, osim što se javlja kao faktor zagađenja okoliša, ona predstavlja i izvor buke kojoj su izloženi vozači koji upravljaju vozilima. Njima nivo buke, kojoj su izloženi, veoma često djeluje podnošljivo, jer su se oni na nju prividno navikli. To privikavanje je u stvari pređeno oštećenjem slušnog organa, što dovodi do profesionalne naglušnosti ili potpunog gubitka sluha.

Kod mladih radnika početak profesionalne naglušnosti počinje sa zvonjenjem u ušima i vrtoglavicom, da bi kasnije, tokom godina izlaganja buci došlo do oboljenja. Naglušnost i gluhoća predstavljaju direktne posljedice izlaganja buci, a pored njih javlja se i veliki broj drugih posljedica kao što su poremećaji vezani za razumijevanje govora i komunikacije, smetnje u ravnoteži i dr. [7].

Osim ovih posljedica, buka se svrstava u uzročnike hipertenzije, endokrinih poremećaja i poremećaja rada metabolizma. Buka ima veliki uticaj na ciklus spavanja, te dovodi do objektivnog poremećaja sna – skraćivanja. Izloženost buci za vrijeme spavanja povećava krvni pritisak i puls te povećava broj pokreta tijela tokom sna. Buka dovodi i do poremećaja svakodnevnih aktivnosti, posebno tokom složenih mentalnih aktivnosti što uzrokuje greške u radu.

Buka velikog intenziteta dovodi i do poremećaja u ponašanju zbog otežane komunikacije, povećava agresiju i uzrokuje neželjene promjene ponašanja, što može dovesti do društvene izolacije.

Prag iznad kojeg se javlja viši rizik za infarkt iznosi 60dB(A). Endokrini odgovor na buku dovodi do porasta adrenalina i noradrenalina, kortizola i gonadotropina. Kao što se može

primjetiti fiziološko dejstvo buke na čovjeka veoma je složeno. Mnoga ispitivanja još uvijek su nedovoljna kako bi se sagledale sve posljedice i poremećaji fizioloških funkcija organa izazvanih dejstvom buke.

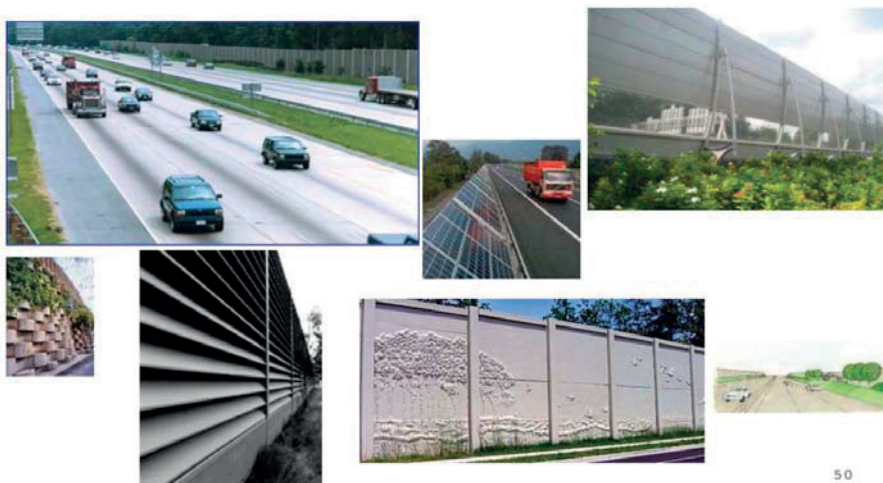
4. MJERE ZA UBLAŽAVANJE EFEKATA BUKE NA OKOLIŠ

Više ljudi = više automobila = više puteva = više buke. Povišena saobraćajna buka rješava se na jedan od tri načina: kontrolisanje buke na njenom izvoru, usmjeravanje zvuka ili korištenje regulatornih pravila i kontrola.

Usmjeravanje zvuka se uspješno sprovodi izgradnjom barijera za zaštitu od saobraćajne buke. Općenito se smatra da su barijere za buku efikasno sredstvo pomoću kojeg se širenje buke može ublažiti. Prve namjenski izgrađene barijere za buku izgrađene su u Kaliforniji 1968. godine i od tada su barijere protiv buke stalno rasle u popularnosti za ublažavanje buke, uz sve više istraživanja u nauci o barijerama protiv buke. Uprkos tome što su barijere skupe, one se često koriste za smanjenje širenja buke duž autoputeva ili željezničkih pruga [6].

4.1. Barijere za zaštitu od saobraćajne buke

Barijere za zaštitu od saobraćajne buke su čvrste prepreke sagrađene između autoputa i objekata uz autoput. One ne blokiraju potpuno svu buku već smanjuju nivo povišene buke. Efikasne barijere obično smanjuju nivo buke za 5 do 10 dB(A) na taj način smanjujući jačinu zvuka saobraćajne buke za čak polovinu. Maksimalno smanjenje nivoa buke sa barijerama je 15-20 dB(A).



Slika 4. Barijere na autoputu

Na primjer, barijera za zaštitu od buke koja postiže smanjenje buke za 10 dB može sniziti nivo zvuka koji proizvodi kamion koji prolazi na nivo zvuka koji proizvodi putnički automobil.

Bez bilo kakve barijere, buka nalazi direktan put do primaoca zvuka. Prisustvo barijere dovodi do odbijanja, prelamanja i prenošenja različitih dijelova zvučne energije, slika 1. Smanjeni dio zvučne energije i dalje se direktno širi zbog transmisije. Oštre ivice barijera prelamaju ili dijele zvučne talase u različitim pravcima i smanjuju njihov intenzitet. Ponekad, barijere su opremljene višestrukim ivicama kako bi se dodatno prelomila zvučna energija. Čak i u zoni sjenke, do primaoca dolazi prelomljena buka.

Barijera za zaštitu od saobraćajne buke smanjuje zvuk koji dolazi do naselja od strane autoputa apsorbujući zvuk, transmitujući ga, odbijajući ga nazad preko autoputa ili prinuđujući ga da putuje dužim putem preko i oko barijere. Barijera mora biti dovoljno visoka i dovoljno dugačka kako bi blokirala pogled na autoput iz oblasti koja treba da bude zaštićena. Barijera može da postigne smanjenje od 5dB(A) kada je dovoljno visoka da spriječi pogled na autoput. Nakon što spriječi vidljivost, sa svakim dodatnim metrom svoje visine, barijera postiže oko 1,5dB(A) dodatnog smanjenja buke[3] [5].

Da bi efikasno smanjila buku koja dolazi preko barijera i njenih krajeva, treba da bude minimalno 8 puta duža od rastojanja između primaoca i barijere. Otvori u zvučnim barijerama za prilazne veze ili raskrsnice umanjuju njihovu efikasnost. Zvučne barijere su po pravilu efikasnije u smanjenju buke u oblastima koje su u krugu od oko 60m od autoputa.

Po važećem saveznom propisu SAD-a, nivo buke u naseljima uz puteve ne smije da prelazi 65dB(A). Generalno, intenzitet buke varira između 70 i 90dB(A) na prometnim putevima i autoputevima. Smanjenje nivoa buke za 5 do 25 dB(A) putem odgovarajućeg izbora akustičnog materijala i izgradnje barijera u velikoj mjeri ublažava problem. Po zakonu koji je na snazi u EU, postoji potreba za postavljanje barijere protiv saobraćajne buke u oblasti kod koje na rastojanju od 100m postoje 4 „crne“ tačke, tj. gdje je buka na 4 mjesta veća od 60dB(A).

4.1.1. Vrsta materijala za izradu barijera

Barijere za zaštitu od saobraćajne buke mogu biti izražene od zemlje, betona, opeke, drveta, metala i drugih materijala. Da bi efikasno smanjili transmisiju zvuka kroz barijeru, izabrani materijal mora biti čvrst i dovoljno gust (najmanje 20kg/m²). Svaka vrsta materijala podjednako je efikasna po pitanju zvučne izolacije, ako ima ovu gustinu.

Zemljane barijere imaju prirodan izgled i obično su veoma atraktivne. One snižavaju nivo buke za oko 3dB(A) više nego vertikalni zidovi iste visine. Međutim, zemljane barijere zahtjevaju dosta zemlje za izgradnju, naročito ako su veoma visoke. *Zidovi* zahtjevaju manje prostora, ali su obično ograničeni na 8m visine iz konstruktivnih i estetskih razloga.

U osnovi ne postoje zakoni kojima se određuje materijal koji treba koristiti za izgradnju barijera uz autoputeve. Uobičajeno je da se izbor zasniva na drugim faktorima kao što su izgled, trajnost, održavanje, troškovi gradnje i želje stanovnika.

Generalno, reakcije javnosti na barijere pored autoputeva su pozitivne. Ipak, specifične reakcije dosta variraju. Stanovništvo uz same barijere primjećuje da je razgovor u domaćinstvima olakšan, da su bolji uslovi za odmor, okruženje opuštenije, prozori se češće otvaraju, a dvorišta se ljeti češće koriste.

Stanovnici takođe primjećuju indirektno pozitivne efekte, kao što su povećana privatnost, čistiji vazduh, ljepši vidik, zdravije zelenilo. Negativne reakcije stanovnika odnose se na ograničen vidik, osjećaj zatvorenosti, smanjenje cirkulacije vazduha, gubitak sunčeve svjetlosti i osvjtljenja, loše održavanje barijera. Vozači su se ponekad žalili na nedostatak vidika i pejzaža i osjećaja da su *zazidani* kada putuju uz barijere.

4.1.2. Dizajn barijera

Jedan od zahtjeva kod projektovanja barijera za zaštitu od buke jeste njihov vizuelni uticaj na okoliš. Visoka barijera blizu jednospratnih porodičnih kuća u izdvojenom stambenom naselju može imati negativan vizuelan efekat.

Rješenje za prilagođavanje veličine vizuelnom kvalitetu jeste da se postave nizovi horizontalnih elemenata na barijeri koji će umanjiti vizuelni uticaj zasalom zelenila koje će se naći u prvom planu. Preporučuje se sadnja lokalnog bilja.

Vizuelne karakteristike barijera za zaštitu od buke u odnosu na njihovo okruženje treba pažljivo razmotriti. Generalno, poželjno je da se barijere postave na udaljenosti od naselja jednako

veličini od oko četiri njihove visine i da se obezbjedi uređeno zelenilo blizu barijere kako bi se izbjegla vizuelna dominacija. Barijere za zaštitu od buke treba da odražavaju, koliko god je to moguće, svoje okruženje. Uvijek je poželjno da se sačuvaju u najvećoj mogućoj mjeri lijepi vidici i pejzaži.

Kod projektiranja i izvođenja barijera treba uzeti u obzir i psihološki efekat koje će imati na učesnike u saobraćaju. Barijere za zaštitu od buke u gusto naseljenim, urbanim područjima, treba da budu projektirane drugačije u odnosu na barijere u otvorenijim prigradskim i seoskim oblastima, i treba da budu takve da se izbjegne izazivanje monotonije kod vozača, slika 5.

Pri normalnim brzinama na autoputu, vozači primjećuju opšti izgled - formu, boje i teksturu barijera. Osnovni cilj barijera trebalo bi da bude da se izbjegne efekat tunela za vozače. Ovo može biti postignuto korišćenjem različitih oblika, materijala i završnim obradama površina barijera.



Slika 5. Estetika barijera

Grafiti mogu predstavljati problem. Jedno od rešenja može biti korišćenje materijala koji se lako čiste ili farbaju. Pejzažno uređenje prostora oko barijera može se takođe koristiti kako bi se spriječilo crtanje grafitu, a i kako bi se doprinijelo lijepom vizuelnom efektu.

4.2. Povećanje nivoa buke sa suprotne strane autoputa

Stanovnici koji stanuju uz autoput ponekad osjećaju da se nivo buke značajno povećao zbog izgradnje zvučne barijere sa druge strane autoputa. Međutim, istraživanja na terenu pokazala su da to nije istina. Ako bi se sva buka koja se odbija o barijeru odrazila na drugoj strani autoputa, rast bi bio teoretski ograničen na 3dB(A). U praksi, sva akustična energija se ne odbija na drugu stranu. Dio energije odlazi preko barijere, dio se odbija prema drugim stranama, a ne prema kućama na suprotnoj strani, dio je rasut po biljnom pokrivaču (kao što su trava i žbunje), a dio je blokiran vozilima na autoputu. Pored toga, dio reflektovane energije se izgubi zahvaljujući dužoj putanji koju zvuk treba da pređe. Mjerenja koja su izvedena kako bi se izmjerilo ovo reflektivno povećanje nisu pokazala povećanje veće od 1 do 2dB(A), što je povećanje koje prosječan čovjek ne može da primjeti. [5].

4.3. Izgradnja barijera za zaštitu od saobraćajne buke sa obe strane autoputa

Višestruka refleksija buke između dvije paralelne ravne površine, kao što su zvučne barijere ili potporni zidovi sa obe strane autoputa, teoretski može da umanjuje efikasnost pojedinačne barijere. Međutim, istraživanja u vezi sa ovim pitanjem nisu otkrila probleme u vezi sa ovom vrstom reflektivne buke. Sva izmjerena povećanja nivoa buke bila su manja od onih koje ljudsko uho može da registruje, tj. manja su od 3dB(A). Istraživanja su pokazala da bi za izbjegavanje smanjenja efikasnosti paralelnih barijera za zaštitu od saobraćajne buke odnos širine i visine dijela autoputa i barijera trebalo da bude bar 10:1. Širina je rastojanje između barijera, a visina je prosječna visina barijera iznad autoputa. To znači da bi dvije paralelne barijere visine 3m trebalo da budu udaljene najmanje 30m, da bi se izbeglo smanjenje efikasnosti. Ova istraživanja su takođe ukazala na to da bi se svako smanjenje performansi izbjeglo korišćenjem barijera sa visokim stepenom apsorpcije zvuka.

4.4. Drvoredi kao zaštita od buke

Vegetacija, ako je dovoljno visoka, široka i gusta da se preko nje i kroz nju ne može vidjeti, može smanjiti saobraćajnu buku. Širok drvoređ pored kojeg je zasađeno veoma gusto nisko rastinje snižava nivo buke. Vegetacija širine 30m može smanjiti buku za 5dB(A). Ipak, nije izvodljivo posaditi dovoljan broj drveća i druge vegetacije uz autoput da bi se postiglo toliko smanjenje. Drveće i druge vrste zelenila mogu biti posađene zbog psihološkog efekta, ali ne i da se snizi realan nivo buke. Većina stanovnika naselja blizu barijera osjeća da su barijere za zaštitu od saobraćajne buke efikasno smanjile saobraćajnu buku i da su dobre strane barijera daleko nadmašile njihove nedostatke. Iako barijere za zaštitu od saobraćajne buke ne eliminira u potpunosti buku, one je značajno smanjuju i poboljšavaju kvaliteta života ljudima koji stanuju uz autoputeve.

5. ZAKLJUČCI

Buka na autoputevima može biti ozbiljan problem za okoliš. Zbog toga je neophodno u toku projektiranja izraditi studiju utjecaja buke na okoliš, kako bi se mogle poduzeti odgovarajuće mjere. Jedna od mjera zaštite je ugradnja barijera uz autoput. One mogu biti različito dizajnirane kao i izražene od različitih materijala.

U radu je dat primjer nekoliko oblika barijera kao i način njihovog postavljanja. Također je objašnjeno koliko barijere potpomažu u smanjenju nivoa buke pored autoputeva. Naravno za svaki autoput se posebno izrađuje studija uticaja buke, a nakon toga se određuje dizajn i dimenzije barijera.

6. REFERENCE

- [1] Zećo J.: Djelovanje buke na čovjeka, završni rad Veleučilišta u Karlovcu, 2016.
- [2] Europska komisija: Direktiva 2002/49/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 25. lipnja 2002. o procjeni i upravljanju bukom u okolišu.
- [3] Lijun S., Jia Zhang,: Research and Application of noise barriers in highway construction, E3S Conferences, Laecst, 2020.
- [4] Булајић А.: Корелација између нивоа буке и параметара возила градског саобраћаја Копаоник, 11 - 13. јануар, 2019.
- [5] Environmental noise pollution, Noise mapping, Public health, and police, Book 2014.
- [6] Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance Federal Highway Administration, 1200 New Jersey Ave., SE, Washington, DC 20590.

ENGLISKI JEZIK ZA POSEBNE NAMJENE U NASTAVI ODRŽAVANJA NA MAŠINSKOM FAKULTETU U ZENICI

ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES IN TEACHING MAINTENANCE AT THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING IN ZENICA

Aida Tarabar, v.prof.dr.
Univerzitet u Zenici
Zenica, Bosna i Hercegovina

REZIME

Engleski jezik za posebne namjene (ESP) je postao izuzetno važan segment nastave na tehničkim fakultetima, pa time i u nastavi Održavanja. Razlog leži ne samo u činjenici da je engleski jezik postao svjetski lingua franca nego i u potrebi studenata, budućih inženjera, da se specijaliziraju u onom dijelu ovog jezika koji je najrelevantniji za njihovu struku. Na taj način obezbjeđuje se olakšano praćenje najnovijih inženjerskih dostignuća, kroz korištenje suvremene literature, kao i mnogih relevantnih informacija dostupnih putem Interneta. Značaj ESP-a je i u tome da osposobljava studente za tržište rada koje nema granica.

Ključne riječi: Engleski jezik za posebne namjene (ESP), održavanje, nastava, tržište rada

ABSTRACT

English for Specific Purposes (ESP) has become a significant part of the curricula at technical faculties, including the training in Maintenance. The reason for that can be found not only in the fact that English has become the world lingua franca but also in the need of students, future engineers, to specialise in that part of this language which is the most relevant for their profession. Thus, by using the engineering books written in English as well as texts from Internet with all affordable information, the students are enabled to follow the most contemporary engineering achievements. The importance of ESP is also in the fact that it capacitates the students for the global labour market which has no boundaries.

Ključne riječi: English for Specific Purposes (ESP), maintenance, teaching, labour market

1. UVOD

Čini se da danas više uopšte nije potrebno isticati značaj engleskog jezika i njegove uloge u međunarodnoj komunikaciji. Naime, važnost kvalitetnog poznavanja ovog jezika rapidno je porasla sa pojavom Interneta i društvenih mreža. I mada je tu engleski jezik uglavnom alat informisanja, odnedavno, posebno s pojavom pandemije corona virusa koja je u prvi plan donijela online aktivnosti, i to ne samo u obrazovnom smislu nego i u pogledu raznolikih načina izvođenja radnih aktivnosti (*teleworking/online jobs*), engleski jezik postaje važan faktor i u egzistencijalnom smislu. Drugim riječima, zapošljavanje i budućnost mnogih

mladih naraštaja diljem svijeta sve više ovise o kvalitetnom poznavanju ovog svjetskog jezika, a posebno onih njegovih registara koji se odnose na specifične struke. S tim u vezi porastao je značaj engleskog jezika za posebne namjene (u daljem tekstu - ESP, *English for Specific Purposes*). Bitno je naglasiti da se opći engleski jezik (GE, *General English*), kakav srećemo u nastavnoj praksi na osnovnom i srednjoškolskom nivou obrazovanja, i engleski jezik za posebne namjene prilično razlikuju. Prije svega, ako govorimo o nastavnim predmetima koji ih obrađuju, oni imaju drugačije ciljeve, što se automatski odražava na različitu problematiku, metodološke pristupe kao i različite materijale koji se koriste u nastavnom procesu. Čak se uloge nastavnika jezika i njihovih studenata donekle mijenjaju pa, posebno ako je riječ o univerzitetskom nivou obrazovanja imamo situacije gdje i studenti i njihovi profesori stranog jezika istovremeno uče jedni od drugih. U tom smislu ne treba se zaboraviti činjenica da studenti nerijetko bolje poznaju neke procese tipične za datu struku nego nastavnici stranog jezika, te da je savladavanje jezika općenito proces cjeloživotnog učenja (*Life Long Learning*) za sve njegove učesnike.

U ovom radu bavićemo se nekim od osnovnih razlika između opšeg engleskog i engleskog za posebne namjene te načinom pravilnog dizajniranja ESP silabusa.

2. NEKE OD OSNOVNIH KARAKTERISTIKA ESP – A

Pojava ESP-a je bila nužan rezultat ubrzanog razvoja nauke i tehnike tokom prošlog stoljeća. S druge strane, ESP je, kao pristup, nesumnjivo pod velikim utjecajem različitih metodoloških postupaka koji se koriste u nastavi stranih jezika a koji su rezultat istraživanja primjenjene lingvistike. Prema definicijama koje srećemo kod značajnih autora poput Hutchinson i Waters (1987) ili pak Dudley-Evans (2001), ESP označava podučavanje studenata (ili odraslih osoba već zaposlenih u struci) engleskom jeziku koji u sebi nosi specifičnosti date struke. Dakle, kolegiji iz ESP-a se uvijek koncentrišu na određenu profesiju pa su tako nastali, na primjer, tehnički engleski jezik, engleski za medicinare, poslovni engleski jezik, engleski za turizam itd.

Istorijski gledano, ubrzani rast ESP-a započeo je 60-tih godina prošlog vijeka. Od tada je postao i jedno od najistaknutijih područja poučavanja kada je riječ o engleskom jeziku. To je vidljivo i iz činjenice da je sve veći broj univerziteta koji nude magisterije iz ESP-a, a postoji i niz međunarodnih časopisa posvećenih isključivo izučavanju ESP-a (npr. *International Journal of English for Specific Purposes*, *ESP Today*, *The ESP Journal*, *Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes* etc.).

U samom svom početku ESP se najviše fokusirao na gramatiku i leksiku specifičnu za određenu oblast. Sa narastajućom popularnošću pristupa, gdje se u učionicama sve više počela koristiti komunikacija, ne samo između nastavnika i studenata, nego i između studenata međusobno, naglasak se sve više stavljao na upotrebu jezika, odnosno na takozvani funkcionalni pristup (*Functional-Notional Approach*). Naime, kod ovog pristupa silabus se strukturira oko specifičnih situacija, semantičkih kategorija/pojmova i funkcija u kojima ljudi treba da komuniciraju i postižu određene ciljeve. Takav pristup je od krucijalnog značaja za ESP jer različite discipline imaju različite diskurzivne prakse, a time i funkcije. Osim toga, već krajem 20. stoljeća utvrđeno je da se u osnovi svake jezičke upotrebe nalazi određena potreba onog koji savladava taj jezik te da je potrebno u razmatranje uzeti i sam proces učenja te jezičke vještine (Dudley-Evans & St.John, 1998). Tako je analiziranje specifičnih potreba počelo prethoditi dizajniranju ESP silabusa koji, u stvari, određuje s čim i kako treba djelovati. Ovdje ćemo se osvrnuti na analizu potreba koja u ESP-u, prema Dudley-Evans i St John (1998: 125), uključuje nekoliko važnih aspekata. Prije svega, treba voditi računa o profesionalnim zadacima i aktivnostima za koje studentima treba engleski jezik¹. Drugim

¹ Pod studentom u ovom radu podrazumijevamo sve one koji se engleskom jeziku označavaju riječju 'learner'.

riječima, potrebno je identificirati ciljeve. Da bi se izbjeglo eventualno demotiviranje studenata, postavljeni ciljevi i očekivani ishodi moraju biti realistični i prikladni (Nunan, 1993.).

U narednoj fazi, potrebno je utvrditi informacije o samim studentima. Tu je važno uzeti u obzir faktore koji mogu utjecati na njihovo učenje kao, na primjer, kulturološke sličnosti i razlike između njihovog maternjeg i engleskog jezika, zatim razlog pohađanja ovakvog tipa nastave te nivo očekivanja koji studenti imaju od ovakve nastave. U razmatranje treba uzeti i njihov lični odnos prema stranom jeziku kao i subjektivne potrebe za njegovo izučavanje (dakle, ne samo profesionalne). Svakako je važno ustanoviti i prethodno znanje engleskog jezika koje ti studenti imaju. Pri svemu tome, onaj ko priprema ESP nastavu treba poznavati veliki broj efektivnih načina savladavanja jezičkih vještina te njihovu upotrebu u ciljnim situacijama. Naime, prilikom pripreme materijala, potrebno je uraditi i lingvističku analizu diskursa koji će biti obuhvaćen nastavom. I konačno, u obzir treba uzeti i uvjete u kojima se nastava održava, kao i raspoloživa materijalno-tehnička sredstva.

Naravno, u ESP kurseve potrebno je ugraditi i silabus iz opšteg engleskog jezika pošto jezik usmjeren na stručne sadržaje ne može funkcionisati bez generalnog jezičkog konteksta. Gotovo da se može reći da je granica gdje nastava Općeg engleskog završava, a počinje ESP često prilično nejasna.

I konačno, pažnju treba usmjeriti i na ocjenjivanje te završnu evaluaciju. Ocjenjivanje je proces mjerenja šta studenti znaju, te šta mogu s tim znanjem učiniti, dok evaluacija otkriva kako ESP nastava funkcionira i to s naglaskom ne samo na faktore uspjeha nego i na one koji se i nisu tako pokazali a da bi se mogli korigovati (Dudley-Evans&St John, 1998).

3. ESP U NASTAVI ODRŽAVANJA NA MAŠINSKOM FAKULTETU U ZENICI

U svjetlu spomenutih teorijskih razmatranja, kao i na osnovu dugogodišnje nastavne prakse u podučavanju stručnog engleskog jezika, rađeni su i silabusi na Mašinskom fakultetu u Zenici. Studenti na nižim godinama studija prvo prolaze kolegij iz *Opšteg engleskog jezika* gdje se nastoji nivelirati znanje s kojim studenti dolaze iz različitih srednjih škola. Nakon toga, slijede kolegiji iz ESP-a obuhvaćeni predmetima *Tehnički engleski jezik 1, 2 i 3*. Ovi predmeti se slušaju na trećoj i u zimskom semestru četvrte godine.

Nastava *Opšteg i Tehničkog engleskog jezika* se razlikuje najviše u ciljevima i željenim ishodima kao i drugačijoj fokusiranosti na leksiku i gramatiku. U ESP-u se manje vremena posvećuje gramatici i jezičnim strukturama, a više jeziku u kontekstu. Međutim, postoje morfo-sintaktički fenomeni na kojima se, zbog njihove učestalosti u određenom tipu diskursa, treba posvetiti posebna pažnja. U tehničkom diskursu to su svakako imeničke i prepozicijske sintagne.

Iz svih navedenih razloga studenti su obično više motivirani za učenje ESP-a, jer kombinira engleski jezik s materijom koja je njima poznata. Njihovo poznavanje stručne materije koja se tretira u nastavi služi studentima da još bolje nauče engleski jer im ono daje kontekst u kojem se već prilično dobro snalaze. U tom smislu treba istaknuti da su materijali koji se koriste u nastavi ESP-a uvijek autentični materijali iz struke na koju se ESP nastava odnosi.

Nakon što smo se upoznali sa najosnovnijim karakteristikama ESP-a predstavimo i silabuse koji se koriste na Mašinskom fakultetu u Zenici, odnosno one njihove dijelove, koji opimjeruju rečeno.

Dakle, radi se o četiri predmeta koji se slušaju u četiri semestra: *Osnove opšteg engleskog jezika* (IV semestar), *Tehnički engleski jezik 1* (V semestar), *Tehnički engleski jezik 2* (VI semestar) i *Tehnički engleski jezik 3* (7 semestar). Svi imaju status obaveznog predmeta. Broj časova je ujednačen (2 časa predavanja i 1 čas vježbi sedmično), osim u slučaju predmeta *Osnove opšteg engleskog jezika* gdje studenti slušaju samo 1 čas sedmično. To je dijelom kompenzirano unutar predmeta *Tehnički engleski jezik 1* gdje se na samom početku nastave

obrade oni gramatički fenomeni koji su od iznimne važnosti za tehnički diskurs. Predavanja i vježbe se izvode interaktivnim metodom rada. Predmet *Tehnički engleski 3* uključuje još i pripremu studenata za javno predavanje. Radi se o diskusijama i instrukcijama vezanim za stručnu temu studentske prezentacije i načine njenog izvođenja (mentorisanje studenata u pogledu izgovora i intonacije). Kada je riječ o provjeri znanja ona je u svim, osim u *Tehničkom engleskom 3* slična i uključuje pismenu provjeru (55% ocjene), studentski portfolio (domaći zadaci i/ili seminarski radovi – 30% ocjene) te završna provjera znanja (15 % ocjene). Naime, kod predmeta *Tehnički engleski jezik 3* procjena znanja uključuje i kvalitet javnih prezentacija pa je udio u ocjeni nešto drugačiji: pismeni dio – 55%, portfolio – 25% i završni dio – 25%. Kada je riječ o literaturi, osim na *Osnovama opšteg engleskog jezika*, gdje se koristi *Essential Grammar in Use*, na svim ostalim predmetima se koristi se udžbenik *English for Mechanical Engineering Students*, te odabrani autentični tehnički tekstovi. Tako se i za studente sa smjera Održavanje biraju autentične teme iz te oblasti što podiže nivo njihove motiviranosti za rad.

Tabela 1. Silabus za predmet *Osnove opšteg engleskog jezika*

Naziv predmeta : Osnove opšteg engleskog jezika	
Predmeti koji su preduvjet za polaganje:	-
Cilj predmeta:	Rad na osnovnoj engleskoj gramatici s ciljem niveliranja znanja opšteg engleskog jezika među studentima.
Kompetencije (ishodi učenja)	Po uspješno završenom kolegiju studenti će moći da: razlikuju i koriste osnovnu englesku sintaksu i vokabular.
Program predmeta: a) Predavanja: Fraza, Klauza (kondicionalne, relativne). Rečenica i rečenični modeli. Osnovna engleska vremena. Sintaksa: strukture zavisnosti : a) strukture modifikacije (npr. Premodifieri i postmodifieri), b) strukture komplementacije : glagolski komplementi, subjekatski komplementi, nefinitne fraze c) strukture predikacije i sl. b) Usmene vježbe: Uvježbavanje gore navedenih struktura kroz različite situacije: dijalog, monolog, ponavljanje (dril), supstitucija, permutacija, redukcija, proširenje novim elementom.	

Tabela 2. Silabus za predmet *Tehnički engleski jezik I*

Naziv predmeta : Tehnički engleski jezik I	
Predmeti koji su preduvjet za polaganje:	Osnove opšteg engleskog jezika
Cilj predmeta:	Pripremiti studente da koriste/proizvode najjednostavnije engleske tekstove korištenjem tehničkog vokabulara.
Kompetencije (ishodi učenja)	Po završenom kolegiju studenti će moći da koriste osnovni tehnički vokabular u pisanoj i usmenoj komunikaciji kao i osnovnu englesku gramatiku/sintaksu.
Program predmeta: a) Predavanja: Rad na onom opštem engleskom jeziku koji je neophodan za ulazak u tehnički diskurs te paralelni rad na jednostavnijim tehničkim tekstovima. b) Usmene vježbe: Vježbanje usmenih vještina unutar osnovnog tehničkog registra kroz različite situacije: dijalog, monolog, repeticija (dril), supstitucija, permutacija, redukcija ekstenzija . c) Pismene vježbe: Standardne vježbe s ciljem da se ovlada osnovnim tehničkim vokabularom i gramatičkim strukturama potrebnim za tehničku rečenicu.	

Tabela 3. Silabus za predmet Tehnički engleski jezik 2

Naziv predmeta : Tehnički engleski jezik II	
Predmeti koji su preduvjet za polaganje:	Tehnički engleski jezik I
Cilj predmeta:	Naučiti studente kako da koriste stručnu tehničku literaturu uz minimalnu upotrebu dvojezičnih rječnika.
Kompetencije (ishodi učenja)	Po uspješno završenom kolegiju studenti će moći da: u pisanoj i usmenoj komunikaciji koriste složeniju stručnu tehničku leksiku, ali i nužnu sintaksu tehničkog engleskog diskursa.
Program predmeta: a) Predavanja. Korištenjem autentičnih tehničkih tekstova uvježbavaju se retoričke tehnike na nivou rečenice, pasusa i šireg diskursa. Vremenski slijed, prostorni slijed, odnos uzrok-posljedica, komparacija, kontrastiranje, analogija, davanje primjera, ilustriranje, kombiniranje teksta i vizualne prezentacije. b) Usmene vježbe: Dalje razvijanje usmenih vještina unutar tehničkog engleskog registra. c) Pismene vježbe: vježbe ciljane na to da studenti ovladaju složenijim vokabularom i gramatičkim strukturama tipičnim za rečeničnu konstrukciju unutar tehničkog registra.	

Tabela 4. Silabus za predmet Tehnički engleski jezik 3

Naziv predmeta : Tehnički engleski jezik III	
Predmeti koji su preduvjet za polaganje:	Tehnički engleski jezik II
Cilj predmeta:	1. Naučiti studente da koriste tehničku literaturu sa ili bez upotrebe rječnika s ciljem sticanja novih stručnih znanja 2. Uvježbavati studente za usmenu i pisanu komunikaciju sa govornikom engleskog jezika iz njihove struke 3. Uvježbavati studente da prate predavanja na engleskom jeziku bez većih poteškoća 3. Uvježbavati studente da samostalno prezentiraju svoje tehničke tekstove.
Kompetencije (ishodi učenja)	Po uspješno završenom kolegiju studenti će moći da: sastavljaju i pišu složenije rečenice tehničke prirode, prevode tehničke tekstove sa ili bez veće upotrebe rječnika, neovisno pišu i prezentiraju tekstove na engleskom jeziku zbog uspostavljanja kontakata sa stranim partnerima ili da učešća u lokalnim i inostranim konferencijama, sastancima i sl.
Program predmeta: a) Predavanja: izbor i organizacija prezentacije tehničke informacije, pasus kao elementarna retorička jedinica, retorička hijerarhija članka/rada: uvod, centralni dio, završni dio članka/rada. Elementi karakteristični za naučno-tehnički stil: Tehnički rječnik, tehnički i polu-tehnički pojmovi, složenice, pasivne konstrukcije, modalni glagoli, nefinitne klauze, relativne klauze, apsolutne konstrukcije itd. b) Usmene vježbe: 1) Uvježbavanje studenata da učestvuju u predavanjima sa tehničkim sadržajem koja se drže na engleskom jeziku (za studentske razmjena, pisanje diplomskih radova itd.). Slušanje i razumijevanje kratkih pasusa koje nastavnik čita iz stručnog rada. Studentsko prepričavanje tih pasusa. 2) Podučavanje studenata za učešće u sastancima, seminarima i sl. koji se drže na engleskom jeziku i to kroz različite govorne situacije. c) Pismene vježbe: slušanje ‘‘predavanja’’ i pravljenje bilježaka. Proširenje i razrada informacije do nivoa kraćeg članka ili rada: pismeno prepričavanje prethodno obrađivanog poglavlja knjige korištenjem elemenata koji karakteriziraju naučno-tehnički stil te stilskih sredstava neophodnih za javno prezentiranje.	

4. ZAKLJUČAK

U namjeri da se studentima Mašinskog fakulteta u Zenici, a time i studentima smjera Održavanje, što više pomogne u prilagođavanju zahtjevima suvremene, kompetitivne tržišne ekonomije, koja zahtijeva dobro poznavanje ne samo struke nego i engleskog jezika koji se na tu struku odnosi, Mašinski fakultet u Zenici je ponudio ESP kolegije koji studente pripremaju za profesionalnu komunikaciju. Njihov integrisani pristup koji je oslonjen na teorijska dostignuća iz oblasti primjenjene lingvistike daje odgovore na pitanja koja se uvijek javljaju kod dizajniranja ovakvih kolegija (*Šta predavati? Kako predavati? Odakle početi?*). U predmetnom radu dat je samo jedan od primjera dizajniranja ovakvih kolegija a koji je duboko ukorijenjen u analizu potreba, ciljeva i željenih kompetencija studenata ovog fakulteta. Ostali detalji silabusa koji se odnose na radne materijale, načine provjere znanja i ocjenjivanja, načine izvođenja nastave mogu se naći na zvaničnoj web stranici fakulteta [8].

5. REFERENCE

- [1] Dubin,F.&Olshtain,E. (1986). Course Design. Cambridge:Cambridge University Press
- [2] Dudley-Evans, T. (2001.). English for specific purposes. Cambridge University Press.
- [3] Hutchinson,T. & Waters, A. (1987). English for Specific Purposes: A learning-centered approach. Cambridge: Cambridge University Press.
- [4] Murphy R. (1998). Essential Grammar in Use, Cambridge University Press, Cambridge
- [5] Nunan, D. (1993), Syllabus Design, Oxford: Oxford University Press
- [6] Šestić Lada (1994). English for Mechanical Engineering Students, Univerzitet u Sarajevu,, Mašinski fakultet Zenica
- [7] Šestić, Lada (2002). Gramatika tehničkog engleskog s rječnikom, Minex, Zenica
- [8] <https://mf.unze.ba/i-ciklus-studija-413/>

MAINTENANCE OF COMMERCIAL USED DRONES

Muharem Šabić
Faculty of Transport and Communications
Sarajevo
Bosnia and Herzegovina

Darko Petković
Faculty of Mechanical Engineering
Zenica
Bosnia and Herzegovina

Fuad Klisura
Faculty of Mechanical Engineering
Zenica
Bosnia and Herzegovina

REZIME

An unmanned aerial system, commonly referred as a drone, is an aircraft without a human pilot on board. Flight is performed either autonomously or by a remote control of the ground station. A lot of Unmanned Aircraft Systems types, configurations, sizes and shapes are available. This work provides an overview of the state of development of unmanned aerial system, and potential for industrial use Development of drones, Information technology and robotic manipulation allowed drone using as logistic tools. To keep the drone in a safe condition, maintenance procedures have to be developed with manufacturer's instructions required.

Ključne riječi: unmanned aerial system, drone, maintenance procedures

1. DRONE BASIC COMPOSITION

Typical drone as a system consists of: airframe, propulsion system command and control system. Their combination and connections allow drone to perform dedicated missions.

Generally, airframe includes a fuselage and a landing gear. A propulsion system includes propellers, motors, ESC (Electronic Speed Controller), and a battery. Command and control system includes a radio control transmitter and receiver, Autopilot (Flight Controller), Ground Control Station (GCS) and Radio telemetry. The fuselage acts as the platform to carry all the equipment of a drone. Landing gear Supports the whole drone when landing on the ground or taking off and keeping the level balance of the drone. Propeller is a component that produces the thrust and torque to control a drone. The propeller consists of different number of blades and hub.

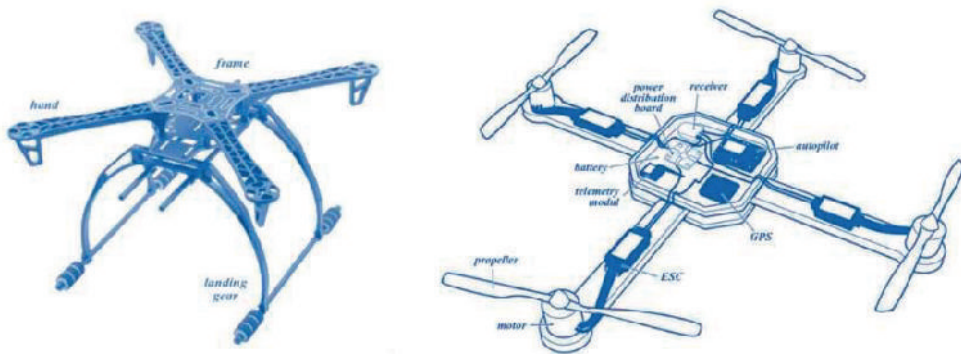


Figure 1. Drone components [1]

Motors of multicopters are mainly brushless DC motors are used to convert electrical energy (stored in battery) into mechanical energy for propeller. The function of Electronic Speed Controller (ESC) is to control the speed of motors based on the PWM signal (Pulse Width Modulated) that autopilots send, which is too weak to drive brushless DC motors directly. Battery is used to provide energy. Where the Lithium Polymer (LiPo) battery and Nickel Metal Hydride (NiMH) battery are the most commonly used ones because of superior performance and acceptable price.

An RC (Radio Controlled) transmitter is used to transmit commands from remote pilots to the corresponding receiver. The receiver passes the commands to the autopilot after decoding them and drone flies according to the commands. GPS receivers used to obtain the location information of drone. A drone autopilot is a flight control system used to control the attitude, position, and trajectory of a drone during flight. It can be semi-automatically (needs commands from remote pilot) or fully automatically. Autopilot is divided into the software part and hardware part. Ground Control Stations (GCS) are sets of ground-based hardware and software that allow drone operators to communicate with and control a drone and its payloads, either by setting parameters for autonomous operation or by allowing direct control of the drone. Remote pilots can interact with the software using the mouse, keyboard, button, and joystick. Radio telemetry refers to using Digital Signal Processing (DSP) technology, digital modulation and demodulation, radio technology to transmit data with high accuracy. Drone telemetry is data gathered about the drone and its surroundings that is sent back to the operator or ground control station (GCS). This information may be taken from the drone's autopilot, sensors such as accelerometers, gyroscopes and GPS.

2. DRONE COMMERCIALE USAGE

Applicable drone operation regulation defines three categories of civil drone operations:

- open;
- specific;
- certified category.

The open category addresses the lower-risk civil drone operations in , where safety is ensured provided the civil drone operator complies with the relevant requirements for its intended operation. This category is subdivided into three subcategories [5]:

- A1 (<500 g, fly over people but not over assemblies of people);
- A2 (<2 kg, fly close to people);
- A3 (<25 kg, fly far from people).

Operational risks in this category are considered low and, therefore, no operational authorisation is required before starting a flight. The specific category covers riskier civil drone operations, where safety is ensured by the drone operator by obtaining an operational authorisation from the national competent authority before starting the operation. To obtain the operational authorisation, the drone operator is required to conduct a risk assessment, which will determine the requirements necessary for the safe operation of the civil drones.

In the certified category, the safety risk is considerably high: Therefore, the certification of the drone operator and its drone, as well as the licensing of the drone operator, is always required to ensure safety.

Commercial drone use applies to anyone who uses a drone for work, business, or non-recreational reasons. There has been an increased interest in developing aerial robotic platforms that exhibit grasping and perching capabilities across different industry sectors. Grasping and perching are two crucial capabilities that allow drone (aerial robots) to interact with the environment and execute a plethora of complex tasks, facilitating new applications that range from autonomous package delivery and search and rescue to autonomous inspection of dangerous or remote environments. In general, an aerial manipulator may have one or several arms with different configurations attached to the body of the aerial vehicle. Aerial manipulation requires robotics arms as light as possible.



Figure 2. A hexacopter commercial drone [7]

An arm for aerial manipulation typically consists of 3 components: an end effector specifically developed for the mission; the main body which contains all the joints that provide the necessary degrees of freedom for the movement; and the base attached to the landing gear of the aerial platform, responsible for supporting the arm as well as for harbouring auxiliary systems. The robotic arm has several degrees of freedom (DOFs) to give more manoeuvrability and the ability to reach around obstacles.

Up to now the industrial and commercial drone market has focused on using drones for photography and filming, mapping, surveying, spraying pesticides, etc., but there is increasingly strong demand for drones to be able to directly perform specific “hands-on” operations.

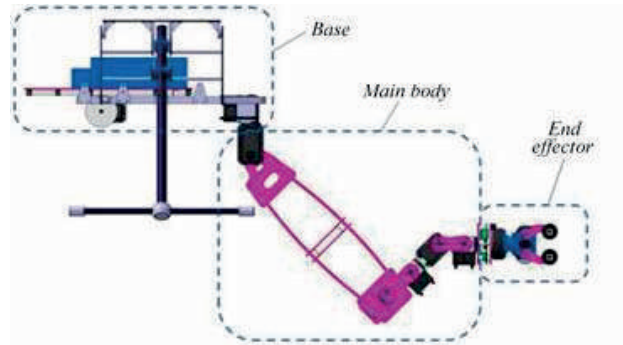


Figure 3. Components of manipulation arm for drone [2]

Examples of these operations include the abilities to grasp and carry differently shaped cargo using its arms; to attach or join things; to cut cables; to flick switches; to drop lifesaving buoys; to retrieve hazardous materials, etc. Drones must be able to perform a variety of operations at high altitudes, over long distances, and in places where it would be too dangerous for humans.



Figure 4. Laser-equipped drone survey [7]

3. DRONE MAINTENANCE

Already in 1919, the Paris Convention required a Certificate of Airworthiness (CofA) for each individual aircraft eligible for international air navigation. With the development of industry, it became usual for the aviation authorities to issue Type Certificates (TC) approving the design. After production, maintaining airworthiness becomes the responsibility of the operator, although based on instructions delivered by the manufacturer. In principle the same processes apply to Unmanned Aircraft System (UAS), however, the formal airworthiness processes are disproportionate in the open and specific category, where in fact no CofA is mandatory.

Drone maintenance is defined as any activity performed on the ground before or after flight to ensure the successful and safe operation of the system. Drones must be maintained in a condition for safe operation. Prior to flight, the drone operator is responsible for conducting a check of the drone verifying that it is actually in a condition for safe operation [4]. Drone maintenance includes:

- scheduled and unscheduled overhaul;
- repair;
- inspection;
- modification;
- component replacement;
- system software upgrades.

Drone operator should maintain the drone and its components in accordance with manufacturer's instructions. The aircraft manufacturer may provide the maintenance program, or, if one is not provided, the applicant may choose to develop one.

Scheduled maintenance of drones is to be performed in accordance with documentation for scheduled maintenance of the entire drone and associated system equipment. There may be components of the drone that are identified by the manufacturer to undergo scheduled periodic maintenance or replacement based on time-in-service limits (flight hours, cycles, and the calendar days). If there are no scheduled maintenance instructions provided by the drone manufacturer or component manufacturer, the operator should establish a scheduled maintenance protocol or maintenance program [4].

Unscheduled maintenance includes repair or components replacement outside of the scheduled maintenance period as a result of normal flight operations or resulting from a mishap. Before each flight, the drone operator must inspect the drone to ensure that it is in a condition for safe operation, such as inspecting for equipment damage or malfunctions. The inspection should be conducted in accordance with the drone manufacturer's inspection procedures. Procedures are part of maintenance manual developed by drone manufacturer or owner maintenance manual approved by Civil Aviation Authority.

During the course of a pre-flight inspection, the drone operator may discover that a drone component is in need of servicing (such as lubrication), repair, modification, overhaul, software update or any other maintenance actions.

Drone owners and operators establish recordkeeping which covers:

- drone and its components time-in-service;
- repair, modification, overhaul, replacement of a system component records.

Recordkeeping of documented maintenance and inspection events reinforces operator responsibilities for airworthiness through systematic condition for safe flight operations. Methodical maintenance and inspection data collection allows tracking of drone component service life, equipment's and structural failure events.

The pre-flight inspection should include a visual or functional check of the following items [6]:

1. Visual condition inspection of the drone components;
2. Airframe structure, landing gear, flight control surfaces, linkages, robotic arms;
3. Moveable control surfaces, including airframe attachment points;
4. Servo motor, including attachment points;

5. Propulsion system, including motors, propellers, ducted fans, etc;
6. Verify all systems have an adequate energy supply for the intended operation and are functioning properly;
7. Avionics, including control link transceiver, communication, navigation equipment, and antennas;
8. Calibrate drone compass prior to any flight;
9. Display panel, if used, is functioning properly;
10. Check ground support equipment, including takeoff and landing systems, for proper operation;
11. Check that control link correct functionality is established between the drone and the ground control station;
12. Check for correct movement of control surfaces using the ground control station;
13. Check onboard navigation and communication data links;
14. Check flight termination system, if installed;
15. Check fuel for correct type and quantity;
16. Check battery levels for the aircraft and ground control station;
17. Check that any equipment, such as a camera, is securely attached;
18. Verify communication with drone and that the drone has acquired GPS location from at least four satellites;
19. Start the drone propellers to inspect for any imbalance or irregular operation;
20. Verify all controller operation for heading and altitude;
21. Check flight plan, verify any noted obstructions that may interfere with the drone;
22. Check database integrity;
23. Check for correct movement of drone manipulator system;
24. At a controlled low altitude, fly within range of any interference and recheck all controls and stability.

4. CONCLUSION

Operations of drones, through a variety of configurations, applications and types of operations, are increasingly becoming a reality in the world of civil aviation. Drone owner or operators primarily responsible for maintaining the drone in an airworthy condition. Civil drone will be required to qualify for certificates of airworthiness by demonstrating compliance with airworthiness standards derived from those applied to manned civil aircraft. Since drones are complicated products involving many intertwined systems, it is difficult for a regular operator to inspect and maintain their fleet alone. Drone manufactures propose Maintenance Program which consisting of check lists, procedures and a recommended maintenance cycle. For open and specific categories of drone operations is recommended to follow proposed Maintenance Program, while for certified category it is mandatory.

5. REFERENCE

- [1] Quan Q.: Introduction to Multicopter Design and Control, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2017.,
- [2] Bruno S., Anibal O.: Aerial Robotic Manipulation, Research, Development and Applications, Springer Nature Switzerland AG 2019.,
- [3] Jiwook C., Donghun C., Jangmyung L.: International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 22:1147–1156, 2021.,
- [4] ICAO, Unmanned Aircraft Systems (UAS), Advisory Circular Cir 107-2.,
- [5] EASA, Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, Regulation (EU) 2019/947.,
- [6] FAA, Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS), AC No: 107-2.,
- [7] www.prodrone.com/archives/1420,
- [8] www.cdn.shopify.com/s/files/1/0014/4313/5560/,
- [9] www.st.com/user_manual/.

THE APPROACHES TO SOFTWARE MAINTENANCE IN IT COMPANIES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Dražena Gašpar
University of Mostar, Faculty of Economics
Mostar
Bosnia and Herzegovina

Nina Bijedić
University "Džemal Bijedić", Faculty of Information Technologies
Mostar
Bosnia and Herzegovina

Elda Sultić
University "Džemal Bijedić", Faculty of Information Technologies
Mostar
Bosnia and Herzegovina

ABSTRACT

Software maintenance is a crucial and time-consuming activity for development/maintenance teams in any software company. Software maintenance begins with its implementation, i.e., use by users, and ends with its replacement with entirely new software. The paper presents the research results related to the approaches to software maintenance in IT companies in Bosnia and Herzegovina (BH). The authors developed and conducted a survey among BH IT companies that develop and maintain different software products. The findings show that different approaches and techniques are used in software management in IT firms in Bosnia and Herzegovina.

Keywords: software maintenance, IT companies

1. INTRODUCTION

Software maintenance is one of the phases of the software development life cycle, which, despite its importance, has not received sufficient attention either in the literature or in practice. Although less attractive to software developers than software development, software maintenance has been recognized as the most costly, demanding and challenging phase in the software life cycle [1],[2],[3]. One of the reasons for this may be that software maintenance tasks require different and complex sets of skills and knowledge to satisfy users' criteria like quality, response speed, understanding of the business domain, alignment with business processes, reasonable costs and similar [4].

Because of software maintenance complexity, there is no guarantee that it will be successful. Many software disasters are the result of failures in software maintenance. The consequences

could be severe, from downtime and delays in daily business activities to a profound impact on the company's stability [5].

It is generally accepted that software maintenance is essential for enterprise software's long-term and successful application. Despite the importance and complexity of software maintenance, it receives less attention from researchers and practitioners than other phases of the software development life cycle. But, even in the existing research, there is a difference between what the software engineering research community produces and what practitioners apply in their practices [6],[7].

Because of that, it is crucial to observe and measure software maintenance practices in order to find the most suitable methods and tools for solving maintenance problems. According to Juergens [3], it is necessary to understand both practitioners' and researchers' perspectives for successful software maintenance practice.

Because of all of the above, the authors decided to conduct research related to the approaches to software maintenance in IT companies in Bosnia and Herzegovina (BH). The main goal of the conducted research was to get answers to the following research questions:

1. How do IT companies in BH organize software maintenance related to software development?
2. How do users of IT companies in BH report issues regarding software maintenance?
3. How do IT companies in BH record users' reports related to software maintenance?
4. What is the biggest challenge in software maintenance, according to IT companies in BH?
5. What are the most time-consuming activities in software maintenance according to IT companies in BH?
6. Are there any differences in the answers regarding the number of developers employed in the companies?

The authors planned this research as the first in a series, intending to test the validity of the questionnaire and obtain initial information about software maintenance in IT companies from Bosnia and Herzegovina.

2. SOFTWARE MAINTENANCE

A generally accepted definition of software maintenance is proposed by the Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE 14764-2006 - ISO/IEC). It defines software maintenance as modifying a software product after delivery to correct faults, improve performance or other attributes, or adapt the product to a modified environment. It lasts throughout the life of the software and requires careful recording and tracking of change requests according to the change management guidelines set at the end of the request phase [8]. However, some authors [9], [10] by term maintenance comprise all types of post-implementation activities like hot packs implementation, version upgrade, import of new objects from the software vendor, and similar, while others focus on a single type [11], [9], [12]. So [12] makes a difference between maintenance, enhancement, and upgrade activities, while other authors use different terms like maintenance activities, maintenance practices, enhancements, changes, amendments, revisions, and upgrades [13].

The standard ISO/IEC/IEEE 14764-2006 defines the following activities that comprise the software maintenance process [8]:

- (1) Process implementation - establishing the plans and procedures for process activities,
- (2) Problem and modification analysis,
- (3) Implementation of a modification - developing and testing the modification,

- (4) Maintenance review/acceptance - ensuring the correctness of the implemented modification,
- (5) Migration to new environments, and
- (6) Retirement - a decision that software is not useful based on the analysis.

The software maintenance process requires constant interaction between the software product and environment, software product and software user, and software product and maintenance personnel. Since the software is always used within technical and organizational environments, it should evolve to remain useful if something changes within the environment. Software must change in order to stay aligned with changing business needs [4].

According to Brodin and Benitti [15], over 70% of software developers work with maintenance. Since this topic is still insufficiently researched, the authors try to investigate software maintenance in IT companies in BH through the research presented in this paper.

3 METHODOLOGY

Based on similar research available in the literature, the authors have prepared the questionnaire used in this preliminary research. The questionnaire consists of two parts.

The first part of this questionnaire contained questions about the characteristics of the IT company, such as a period of foundation, number of developers, a form of ownership, ownership structure, information on how software maintenance is organized in the company, etc. The second part of the questionnaire contained questions about the respondent company's current practice regarding software maintenance (how users report problems/requests related to software maintenance, how the company register reported user problems/requests, how the company record/store solutions for reported issues in software maintenance, etc.).

The scale with grades from 1, the lowest, to 5, the highest, is used to rate the biggest challenges in software maintenance and the activities that take the most time.

The authors selected a small sample of relevant IT companies from Sarajevo (7), Mostar (5), and Tuzla (2). A total of 14 companies answered the complete questionnaires, with no missing data.

An online survey was conducted. The questionnaire was made by using Google forms, and the link to the questionnaire was mailed to the companies. The answers were stored in Microsoft Excel format.

Data analysis and visualization were also executed in MS Excel. Due to a small number of companies and a large number of questions, the authors first performed summarization and visualization, followed by descriptive statistics and hypothesis testing via an appropriate test (Student's t-test appropriate for small samples) with effect size description via mean difference.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Statistical analysis consisted of descriptive analysis with visualization and hypothesis testing. Figure 1 is presented the answer to the first research question: *How do IT companies in BH organize software maintenance related to software development?* It is clear that most companies, regardless of the number of employees, do not have organized software maintenance separate from its development. The situation when the same programmers are in charge of both the development and maintenance of the software has its advantages and

disadvantages. The advantage is that, in this case, less time is spent on transferring requests and finding solutions because the same developers are involved. The most significant disadvantage is that developers spend most of their time on software maintenance, which can significantly slow down new software development projects.

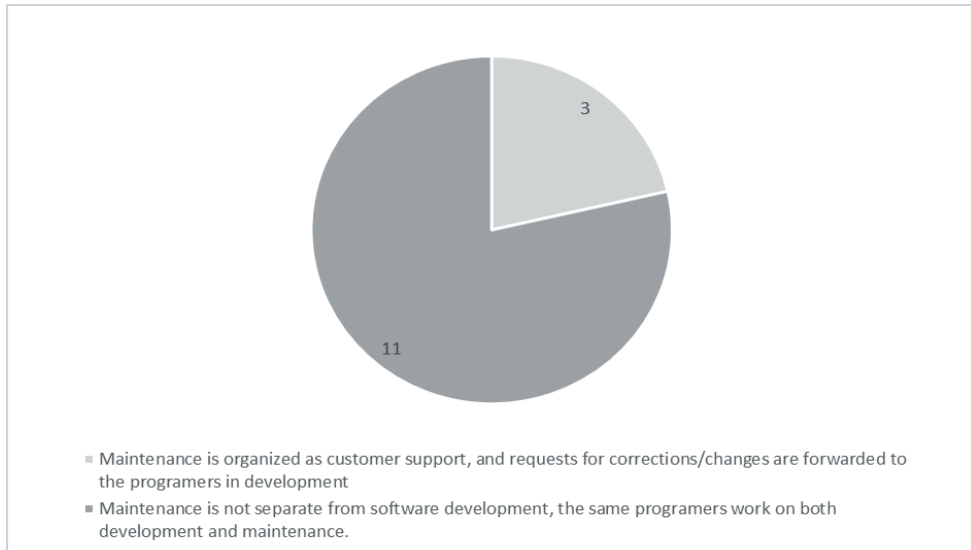


Figure 1. The organization of software maintenance in regards to software development (Source: authors' preparation)

In Figure 2 are presented answers to the second research question: *How do users report issues regarding software maintenance?* When it comes to reporting software errors or requests for software changes, users of IT companies in BH mostly do it by entering their own problems/requests through the Help Desk application, then via email, while in the third place is a conversation with the Help desk operator (Figure 2).

The research results regarding the third research question - *How do IT companies in BH record users' reports related to software maintenance?* - are presented in Figure 3. Most companies use the database of the software maintenance monitoring application for storing users' reports (bugs, problems, new requirements, etc.), then in the database of the Help desk application (Figure 3).

The fourth research question is related to the biggest challenge in software maintenance according to IT companies in BH. IT companies in BH identified *Incomplete or outdated software documentation* as the biggest challenge in software maintenance, followed by *Outdated software*, *Unfamiliarity with the business context*, *Absence of automated testing*, *Time management*, etc. (Figure 4). Hypothesis testing resulted in inconclusive p-values, so it can not be said that there are any differences in the identification of the challenges regarding the number of developers employed in the companies (the sixth research question), even if their answers are not statistically significantly the same.

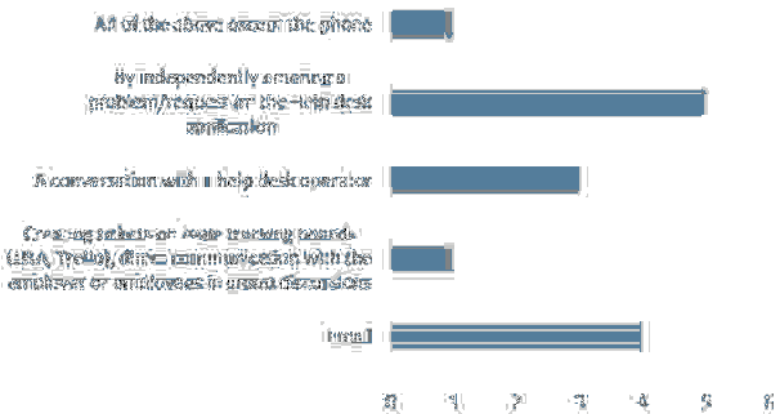


Figure 2. How users report issues related to software maintenance (Source: authors' preparation)

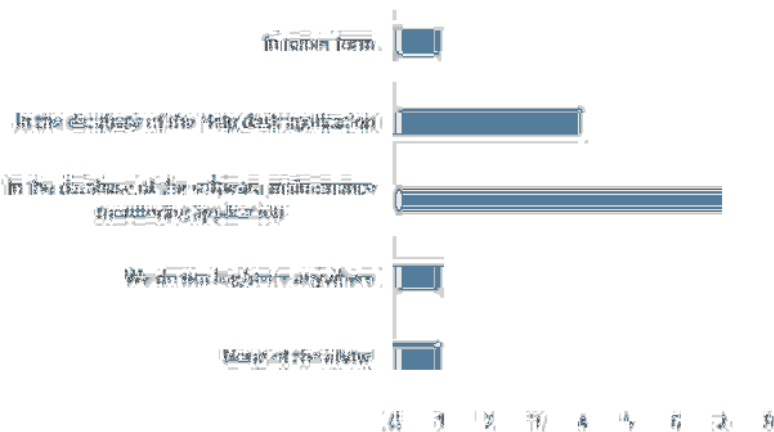


Figure 3. How IT companies record users' reports related to software maintenance (Source: authors' preparation)

The most time-consuming activities in software maintenance, according to IT companies in BH (the fifth research question), are: *Resolving requests (developing)*, *Verification and validation of users' requests, implementation of the solution, Cooperation with other team members, Testing the solution*, etc. (Figure 5). In this case, the hypothesis testing shows a statistically significant difference between the issues regarding the number of developers employed in the companies (the sixth research question), as shown in Table 1. Statistically, significant differences exist only in four issues; companies with fewer developers have fewer issues in *Cooperation with their users*, *Solution implementation*, and *Documentation of user requests*, while companies with more developers recognize *Resolving requests (developing)* as their most demanding task.

Table 1. Hypothesis testing on mean difference, student's t-test with a p-value for significance

	Count49	Average49	Count50+	Average50+	t-test p-value	
Cooperation with users	6	2,167	8	3,250	0,029	*
Resolving requests (developing)	6	4,167	8	3,375	0,038	*
Solution implementation	6	2,833	8	3,750	0,050	*
User requests documentation	6	1,833	8	3,000	0,005	**

(Source: authors' preparation)

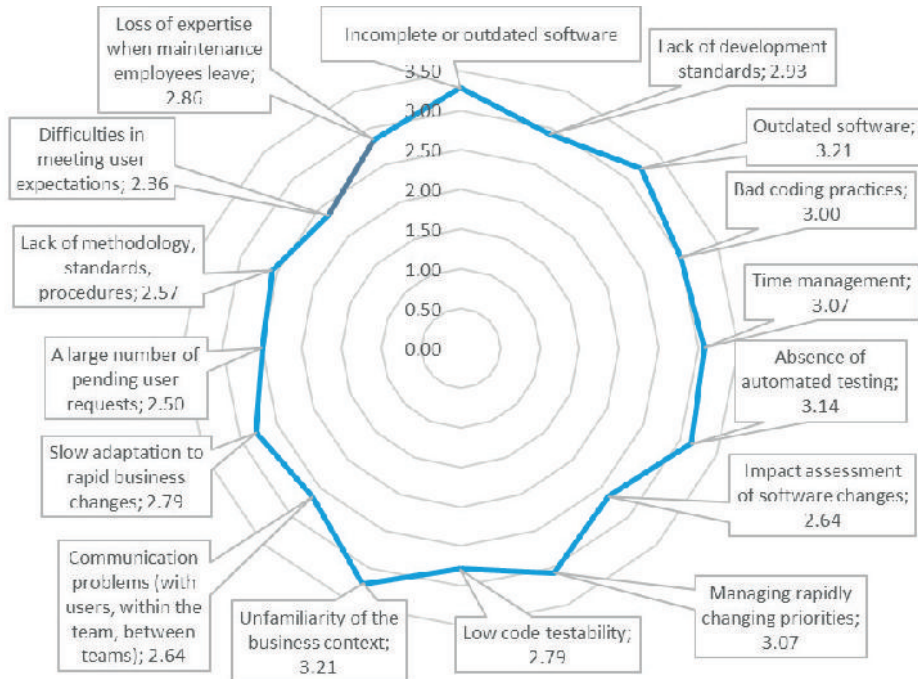


Figure 4. Radar graph of biggest challenges in software maintenance (Source: authors' preparation)

The results of the presented research showed that in most IT companies in BH, the same developers work on the software's development and maintenance. It confirms previous research [15] that most software developers have to work with maintenance.

The research findings did not show any statistically significant difference in answers regarding the number of developers employed in the companies except in evaluating the most time-consuming activities. The reason for the Absence of differences probably lies in the small sample of companies. The authors are aware of the limitations of the research conducted on such a small number of companies. However, as already mentioned in the introduction, this paper presents the first preliminary research, which was primarily aimed at checking the correctness of the questionnaire. In subsequent research, the authors plan to significantly expand the sample of IT companies in order to make the results more credible.

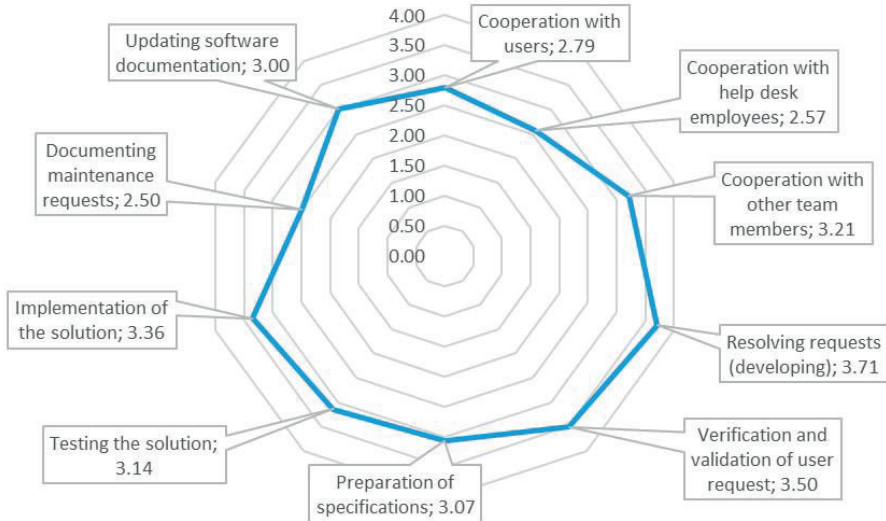


Figure 5. Radar graph of the most time-consuming activities in software maintenance (Source: authors' preparation)

5. CONCLUSION

Although both researchers and practitioners agree that software maintenance is crucial for achieving business benefits, it is still an under-researched field. The researchers and practitioners are more focused on developing than the maintenance phase of the software. Research findings show that the developers in researched IT companies in BH mostly work both developing and maintenance of software. That approach to maintenance can significantly affect the company's ability to develop new software, acquire new users, and ensure its sustainable growth and development.

Since the presented research confirm the correctness of the questionnaire, future research will go in the direction of expanding the sample, i.e., the inclusion of more IT companies from Bosnia and Herzegovina, which would allow more detailed analysis and comparison of the results regarding the size, age and ownership of the companies.

6. REFERENCES

- [1] Bourque P., Fairley R.E.D. (eds): Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), Guide V3.0, Piscataway, NJ, USA, IEEE Press, 2014.
- [2] Ulziit B., Warraich Z.A., Gencel C., Petersen K.: Evolution and Process, Journal of Software 27 p. 763–792, 2015.
- [3] Juergens E.: Software maintenance research that is empirically valid and useful in practice, Information Technology 58 145–149, 2016
- [4] Stojanov Z.: Software maintenance improvement in small software companies: Reflections on experiences, CEUR-WS.org/Vol-2913/paper14.pdf, 2021.
- [5] López C., Salmeron J.L.: Monitoring software maintenance project risks, Procedia Technology 5, p. 363 – 368, 2012.

- [6] Carver J.C., Dieste O., Kraft N.A., Lo D., Zimmermann T.: How Practitioners Perceive the Relevance of ESEM Research. In 10th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), p. 56:1–56:10, 2016.
- [7] Lo D., Nagappan N., Zimmermann T.: How Practitioners Perceive the Relevance of Software Engineering Research, In 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering (FSE), p. 415–425, 2015.
- [8] Taktak A., Long D., Ganney P.S., Axell R.G. (eds): Clinical engineering, Academic Press, Elsevier Ltd, 2020.
- [9] Nah F. F.H., Faja, S., Cata, T.: Characteristics of ERP software maintenance: A multiple case study. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 13(6), 399-414., 2001.
- [10] Ng, C. S. P., Gable, G. G., Chan, T. (2002). An ERP -client benefit-oriented maintenance taxonomy. *Journal of Systems and Software*, 64(2), 87-109., 2002.
- [11] Khoo, H. M., D.: Deciding to upgrade packaged software: A comparative case study of motives, contingencies and dependencies. *European Journal of Information Systems*, 16(5), 555-567., 2007.
- [12] Oseni, T., Foster, S., Rahim, M., Smith, S.P.: A Framework for ERP Post-Implementations Amendments: A Literature Analysis, *Australasian Journal of Information Systems*, Vol 21, 2017.
- [13] Gašpar D.: What Users Should Know about ERP Systems Maintenance, 6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“, Zenica, B&H, 20 - 21 novembar 2020.
- [14] ISO/IEEE 2006 International Standard - ISO/IEC 14764 IEEE Std 14764-2006. *Software Engineering -Software Life Cycle Processes - Maintenance* 2nd ed ,Piscataway, NJ, USA: ISO, 2006.
- [15] Bordin A.S., Benitti F.B.V.: Software Maintenance: What Do We Teach and What Does the Industry Practice?, In 32nd Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES), p. 270–279, 2018.

ODRŽAVANJE KVALITETNE MREŽNE INFRASTRUKTURE U CILJU USPJEŠNOG POSLOVANJA

MAINTAINING QUALITY NETWORK INFRASTRUCTURE FOR SUCCESSFUL BUSINESS

Muharem Redžibašić, Sabahudin Jašarević
Univerzitet u Zenici
Politehnički fakultet
Zenica

REZIME

S brzim razvojem tehnologije, mnogi poslovni procesi preneseni su na elektronsku obradu podataka što je podrazumijevalo i razvoj lokalnih mreža u mnogim firmama i organizacijama. Većina mrežnih infrastruktura razvijala se inkrementalno, proširivala se prema potrebama i u većini slučajeva to je bio ad-hoc pristup bez puno planiranja i brige o sigurnosti. Mrežni implementatori, uglavnom nisu bili stručnjaci, tako da su česti problemi na mreži i sigurnosni rizici. Mnoge današnje mrežne infrastrukture imaju zastarjelu mrežnu opremu koja je konfigurisana na protokole koji su postali nesigurni, a fizička implementacija mreže je često jedna velika kolizijska domena. Ovaj rad će predstaviti pristup, tj. kako možemo stvoriti kvalitetnu mrežnu infrastrukturu i koji su ključni koraci u identifikiranju slabih tačaka mrežne infrastrukture.

Ključne riječi - Mrežna infrastruktura, informacijska sigurnost, mrežna oprema, kolizijska domena, sigurnosni rizici

ABSTRACT

With the rapid development of technology, many business processes were transferred to the electronic processing of data which implied development of local networks in many companies and organizations. Most network infrastructures have been developed incrementally, spread to the needs and in most cases these was an ad-hoc approach without a lot of planning and review about security. Network implementers, generally, have not been professionals so failures on the network and security risks are often. Many of today's network infrastructures have obsolete network equipment which has configured protocols that have become insecure and physical implementation of the network is often a big collision domain. This paper will present the approach, i.e. how we can create a quality network infrastructure and what are the key steps in identifying the weak points of the network infrastructure.

Keywords – Network Infrastructure, Information Security, Network Equipment, Collision Domain, Security Risks

1. Mrežna infrastruktura

Računarska mreža se može posmatrati kao komunikacijski sistem gdje se informacija generisana na jednoj strani dostavlja na drugu stranu. U ovom radu ćemo se uglavnom baviti lokalnim LAN (Local Area Network) mrežama koje svi imamo u našim kućama, firmama, institucijama.

Definicija koju ćemo izdvojiti prema Hrvatskoj akademskoj i istraživačkoj mreži CARNET je: „Mrežu računala čini skupina međusobno povezanih računala. Mreže se mogu razvrstati prema veličini, načinu povezanosti, funkcionalnoj vezi i arhitekturi.“ [1, str. 6]

LAN mreže se koriste za povezivanje računara i ostalih mrežnih uređaja u cilju dijeljenja resursa (npr. Printera) i razmjene informacija putem mreže. [9]

Implementacija svake mreže mora proći kroz određene etape a to su najčešće: network design faza, faza implementacije mreže, dokumentacija mreže itd. Svaka mreža je sistem koji se sastoji iz određenih dijelova i koji se vremenom razvija. Postavlja se pitanje kada možemo reći da je proces implementacija mreže završen. Odgovor je nikada, mreža u svom životnom vijeku trpi konstantne modifikacije i proširenja te je svaku promjenu potrebno pratiti kroz navedene faze, zato je vrlo važno da pratimo nove trendove u tehnologiji i mrežama kako bi mogli na vrijeme prepoznati manjkavosti naše mreže i unaprijediti. Jako je bitno ako uspijemo spriječiti neke stvari na vrijeme prije nego postavljati sve iznova.

1.1. Faza dizajna mreže

Kada dizajniramo LAN mreže za srednja i velika preduzeća najbolje se odlučiti za troslojni hijerarhijski model. Hijerarhijski model podrazumijeva dijeljenje mreže u diskretne slojeve. Svaki sloj osigurava specifične funkcije koje definišu njegovu ulogu u cjelokupnoj mreži. Ovim se postiže modularan dizajn što na kraju rezultuje boljim performansama i većoj mrežnoj skalabilnosti. Hijerarhijski mrežni model se sastoji iz 3 sloja, a to su:

1. Acces sloj (pristupni sloj)
2. Distribution sloj (distribucijski sloj)
3. Core sloj (jezgreni sloj)

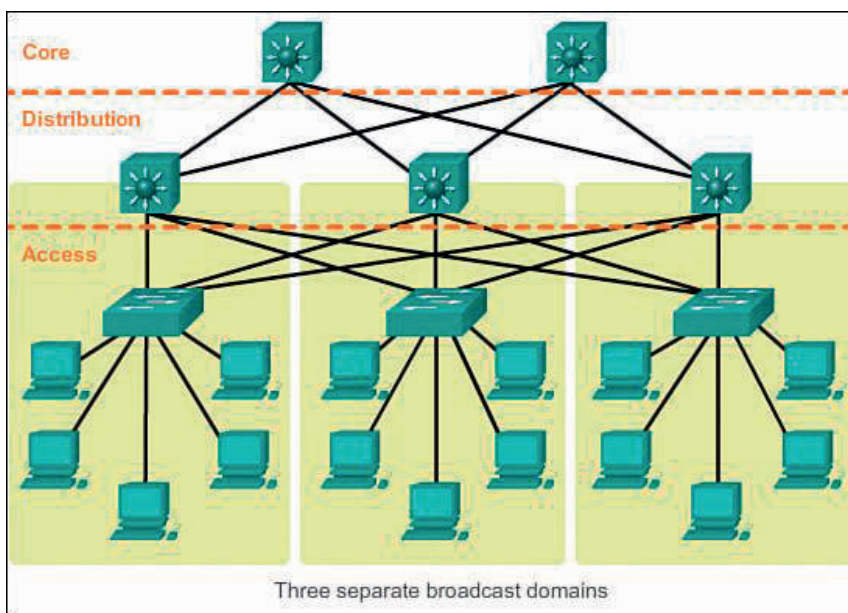
Primjenom ovog modela dobivamo mnogo prednosti kao što su prije svega **skalabilnost mreže** koja se odnosi na mogućnost jednostavne proširivosti sistema. Ako pogledamo sa slike ispod dovoljno je da se doda switch uređaj, spoji na distribucijski sloj i naša mreža je jednostavno proširiva – skalabilna.

Redudantnost – ova osobina je bitna pogotovo kada imamo mrežu koja pruža usluge za tzv. „mission critical“, aplikacije gdje je konektivnost imperativ. Redudantni linkovi osiguravaju alternativne linkove do destinacije tako da je mreža otporna na iznenadne padove dijelova mreže.

Sigurnost – troslojni hijerarhijski model nam omogućava da kreiramo određene sigurnosne politike na svakom od ovih slojeva. Sigurnost može biti implementirana na nivou portova, VLAN-ova¹, Access lista i sl.

¹ Virtual Local Area Network, Virtual LAN – dijenačin za logičku segmentaciju mreže neovisno o fizičkoj topologiji mreže

Upravljivost – ovakve mreže su jednostavnije za upravljanje, potrebne intervencije možemo uraditi i fokusirati na pojedine dijelove ili na nivou određenog sloja bez utjecaja na ostatak sistema.



Slika 1: Hijerarhijsko mrežno model [3]

Ukoliko dizajniramo našu računarsku mrežu kao jednu novu onda se svakako trebamo držati ovog modela, međutim ukoliko imamo slučaj da rekonstruišemo postojeću mrežu onda trebamo učiniti što je moguće više izmjena kako bi postojeće stanje približili ovom hijerarhijskom modelu isključivo radi prednosti koje smo gore spomenuli.

Jako je bitno pomenuti da je dokumentacija mreže dokument koji nastaje u trenutku dizajniranja mreže, dopunjava se elementima koji se odnose na implementaciju², sadrži informacije koje su obuhvaćene određenom klasom administriranja³, i ostale informacije koje se odnose na funkcionalnost mreže. U zavisnosti od obima mreže može se koristiti papir, neki program sa automatskom podrškom za tablice, a ako je složenija mreža postoje čak i specijalizirana softverska rješenja. Dakle svaki podatak koji se odnosi na rad i funkcionisanje mreže treba biti dio mrežne dokumentacije. Dokumentacija je dokument koji se razvija i održava tokom životnog vijeka mreže. Na žalost danas u BiH ima jako malo kompanija koje se mogu pohvaliti sa mrežnom dokumentacijom. Ako dokumentacija nije ažurna može predstavljati veći problem nego da je uopšte nema jer korisnika te dokumentacije može dovesti do pogrešnih zaključaka.

1.2. Strukturno kabliranje

Pojava velikog broja različitih proizvođača mrežne opreme dovela je vremenom do potrebe definisanja standarda koji bi pokrili generalne aspekte umrežavanja. Skup standarda koji se

² Implementacija je faza kada se izvode radovi u cilju implementacije mreže koja je definisana u projektu. Obuhvata polaganje kablova, montažu konektora i spajanje na patch panele, označavanje kablova i utičnica, implementacija vodilica i kanalica za kablove, implementacija uzemljenja i sl.

³ Sama administracija je definisana standardima ANSI/TIA/EIA 606-A. Ovaj standard definiše nekoliko klasa administracije, kolor kod terminacijskih područja, te označavanje, povezivanje i načine kreiranja izvještaja.

odnose na umrežavanje naziva se jednim imenom strukturnim kabliranjem. Strukturno (generičko) kabliranje obuhvata sve moguće vrste kabliranja.

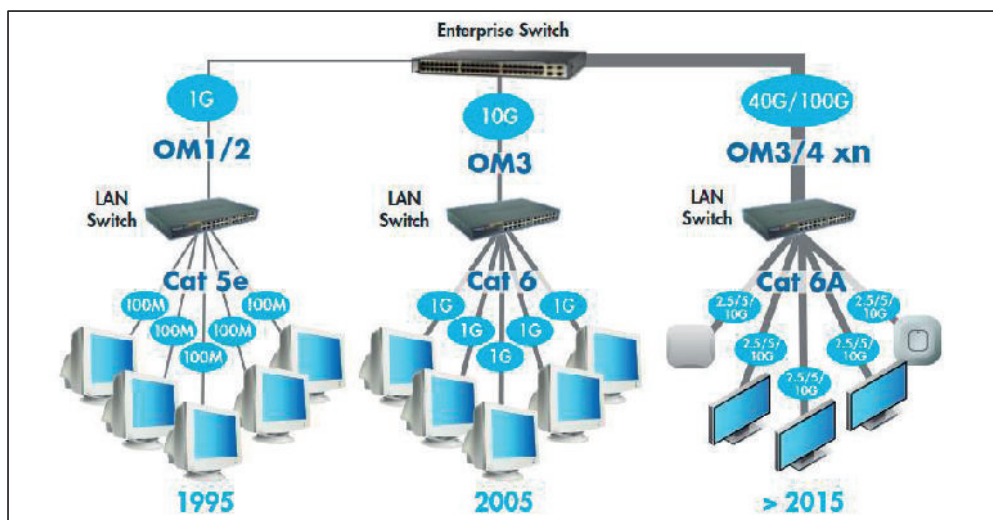
Svrha strukturnog kabliranja jeste uvesti pravila u planiranju i implementaciji računarskih mreža. Kao primjer navest ćemo strukturno kabliranje koje obuhvata zasićeno kabliranje (Saturated cabling) koja predviđa postavljanje dva priključka na svaka 2 – 3 m² radnog prostora. Ovaj pristup se koristi kod umrežavanja u objektima u kojima se ne zna tačan raspored računara i druge IT infrastrukture.

Strukturno kabliranje podrazumijeva crossconnections (čvorišta) i patch panels (prespojne ploče), a sve u cilju jednostavnog restrukturiranja računarske mreže

Standardi koji se odnose na strukturno kabliranje su:

- ISO / IEC IS11801 – međunarodni standardi
- EN 50173 – Evropski standardi [6]
- EIA / TIA 568 – Američki standardi

Vrlo je važno napomenuti da se pri kabliranju držimo jednog od standarda i poštujemo sve elemente strukturnog kabliranja gdje posebnu pažnju pridajemo **backbone kabliranju** gdje pomoću ove vrste kabliranja spajamo MDF⁴ sa IDF⁵. Backbone kabliranje treba izvesti tako da se koristi mrežni mediji sa što većom propusnosti (npr. optički kablovi)



Slika 2: LAN kabliranje kroz vrijeme [4]

Radi poboljšanja postojeće mrežne infrastrukture trebamo analizirati stanje naše mreže te ukoliko imamo resursa svakako popraviti propusnost na tom dijelu mreže.

2. Koraci za poboljšanje mrežne infrastrukture

U ovom poglavlju će biti obrađene neke od ključnih stvari na koje trebamo paziti pri sagledavanju neke mrežne infrastrukture, bilo da pravimo novu ili rekonstruišemo postojeću.

⁴ Main distribution facilities (po evropskim standardima Building distribution)

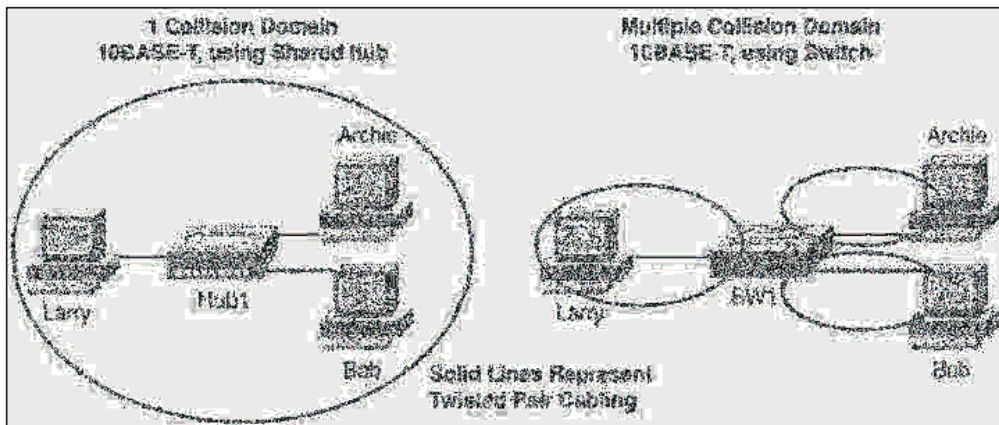
⁵ Intermedia Distribution Facilities (po evropskim standardima Floor distribution)

Stvari obrađene u ovom poglavlju ustvari će predstavljati ključne stvari na koje treba obratiti pažnju u cilju poboljšanja ili identificiranja slabih tačaka određene mrežne infrastrukture.

2.1. Kolizijska domena

Kolizijska domena je dijeljeni mrežni segment gdje može doći do kolizije, odnosno područje mreže koje bi bilo pogođeno pojavom kolizije. Kada govorimo o uređajima prvog sloja (OSI referentnog modela)⁶, takvi uređaji zbog načina djelovanja, pojačavanja signala i njegovog prosljeđivanja, povećavaju kolizijsku domenu. Uređaji drugog nivoa rade segmentaciju (djeljenje) kolizijske domene te imaju jako dobru osobinu, a to je segmentacije kolizijske domene. Switch s druge strane radi mikrosegmentaciju, gdje svaki port na switchu i svaki uređaj spojen na switch, predstavljaju zasebnu kolizijsku domenu, a ako je u pitanju full duplex komunikacija, onda je to collision less okruženje, okruženje bez mogućnosti da dođe do kolizije.

Upravo zbog ove karakteristike switch je skoro u potpunosti izbacio upotrebu hub-ova u računarskim mrežama.



Slika 3: Kolizijske domene [2]

U praksi bi ovo značilo da gdje god imamo *hub* uređaj, iste zamijenimo sa *switch* uređajem, to nije velika investicija ali po pitanju performansi naše mreže je jako značajno.

2.2. IP adresiranje i podmreže

IP adresa nam omogućava jedinstvenu identifikaciju hosta na mreži. Bez odgovarajuće adresne šeme komunikacija između računara ne bi bila moguća. Da bi se lakše upravljalo adresama, sve adrese su podijeljene u određene klase IP adresa. U originalnoj Internet routing shemi razvijenoj 1980 godine, IPv4 adrese su podijeljene u 5 klasa. U pitanju su A klasa, B klasa, C klasa, D klasa i E klasa. Posljednje dvije klase su klase specijalne namjene, te se rjeđe koriste.

Uglavnom u institucijama i organizacijama imamo loše urađeno adresiranje sa bespotrebним gubitkom IP adresa, da bi to izbjegli potrebno je koristiti podmreže (subnetiranje). Kada govorimo o subnetiranju to znači da jednu cijelu klasu (A, B, C) podijelimo u nekoliko manjih te na taj način minimiziramo gubitak IP adresa. Subnetiranje prepoznavamo po tome što se od

⁶ Open Systems Interconnection Basic Reference Model je apstraktni i slojeviti model koji služi kao preporuka stručnjacima za razvoj računarskih mreža i protokola

host dijela određeni biti dodjeljuju network dijelu. Da li je neka mreža subnetirana najbolje vidimo po subnet masci, ako je vrijednost subnet maske drugačija od default-ne, onda se može reći da imamo subnetiranu mrežu.

Subnetiranje omogućava administratoru da određenu mrežu podijeli u nekoliko manjih kako bi ispunio zadatak adresiranja uređaja u mreži.

Ukoliko našu mrežu izdijelimo na podmreže time ćemo dobiti mnoge koristi, kao npr.

- smanjit ćemo mrežni saobraćaj
- optimizirati mrežne performanse
- olakšati uočavanje i rješavanje mrežnih problema
- povećati mrežnu sigurnost

2.3. Ažuriranje firmware-a

Firmware je program koji se trajno ugrađuje u hardverski uređaj kao što su routeri. Programiran je da daje stalne upute za komunikaciju s drugim uređajima i obavlja funkcije kao što su osnovni ulazni / izlazni zadaci. Firmware se obično pohranjuje u flash ROM-u (samo za čitanje memorije) hardverskog uređaja. Može se izbrisati i prepisati. [5]

Firmware je izvorno dizajniran za softver visoke razine i može se mijenjati bez zamjene hardvera za noviji uređaj. Firmware također zadržava osnovne upute za hardverske uređaje koji ih čine operativnim. Bez firmware-a, hardverski uređaj bi bio nefunkcionalan. [7]

Ažuriranje firmware-a „flashing“ jeste prepisivanje postojećih firmware-a ili podataka, sadržanih u EEPROM ili flash memorijskim modulima prisutnim u elektroničkom uređaju s novim podacima.

Neki firmware se ne mogu prepisati dok su drugi nadogradivi, što znači da je moguće nadograditi firmware uređaja spajanjem na računar u određenoj konfiguraciji, a zatim pokrenuti software proizvođača. Taj se proces naziva "flashing firmware" ili jednostavno "flashing". To postaje neophodno kada uređaj postane inkompatibilan sa novijim operativnim sistemima ili jednostavno kada trebamo poboljšati performanse uređaja.[8]

Ukoliko uzmemo za primjer mrežne uređaje kao što su routeri i modemi jako je bitno da provjerimo na službenoj web stranici proizvođača koja je posljednja verzija firmware-a dostupna i uporedimo sa našom trenutnom verzijom na uređaju. Ukoliko ima dostupna nova verzija obavezno trebamo nadograditi svoju postojeću. Prije nadogradnje uvijek se preporučuje da se snimi rezervna kopija postojećeg firmware-a i konfiguracije uređaja te ukoliko bi se desio neki problem da isto možemo vratiti u prvobitno stanje. Nadogradnja firmware-a se uglavnom izvodi radi poboljšanja performansi ali ukoliko su u pitanju mrežni uređaji onda je jako bitno da se to učini i radi aspekta sigurnosti istih. Često neki uređaji sa starijim verzijama firmware-a postanu ranjivi na određene maliciozne tipove koda te u cilju zaštite i prevencije da se ne desi nešto neočekivano sa velikim posljedicama na našoj mreži trebamo raditi ažuriranje firmware-a na zadnju dostupnu sigurnu verziju.

3. ZAKLJUČAK

Obzirom da nam je jasno da mnoge današnje mrežne infrastrukture imaju zastarjelu mrežnu opremu sa fizičkim implementacijama mreže koje su dosta loše i vrlo često jedna velika kolizijska domena..

Od same faze dizajna mreže jasno je da se treba držati troslojnog hijerarhijskog modela mrežne infrastrukture. Ukoliko imamo situaciju da rekonstruiramo postojeću mrežnu infrastrukturu onda ćemo nastojati da uradimo stvari koje će što više pribjegavati hijerarhijskom modelu mrežne infrastrukture. Također velika važnost je usmjerena i na strukturalno kabliranje gdje je mnogo bitno da se stvari rade po unaprijed definisanim standardima i da se uradi kvalitetna mrežna dokumentacija gdje svaki podatak koji se odnosi na rad i funkcionisanje mreže treba biti dio mrežne dokumentacije.

Za nesmetano funkcionisanje računarske mreže jako je bitno da se smanji područje mreže koje bi moglo biti pogođeno pojavom kolizije. Ovo možemo postići na način da zamjenom mrežnih uređaja povećavamo broj kolizijskih domena i samim tim smanjujemo područje mreže koje bi moglo biti pogođeno pojavom kolizije.

Također radi optimizacije mrežnih performansi i povećanja sigurnosti potrebno je da uradimo kvalitetno IP adresiranje u našoj mreži. Jedan od načina postizanja tih ciljeva jeste uvođenje podmreža (subnet-a). Povećanje sigurnosti također možemo postići adekvatnim praćenjem verzija firmware-a na mrežnim uređajima i njihovim ažuriranjem.

Kroz ovaj rad smo identifikovali ključne stvari vezane za održavanje kvalitetne mrežne infrastrukture i predložili korake koje bi trebali da budu primarni ukoliko želimo poboljšati poslovanje.

4. REFERENCE

- [1] CARNet Hrvatska akademska i istraživačka mreža, (2009.), „Sigurnosni model mreže računala“, str. 6
- [2] CCIE Study Blog (2022.), „Ethernet: Collision Domains and Switch Buffering“, <https://bethepacketsite.wordpress.com/2016/02/10/ethernet-collision-domains-and-switch-buffering/> pristupljeno 17.06.2022. godine
- [3] Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Hierarchical Network Design (2022.), Article 2014., <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2202410&seqNum=4>, pristupljeno 15.06.2022. godine
- [4] COMMSCOPE White Paper (2015.), „Fiber Backbone Cabling in Buildings“ <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/2506-fiber-backbone-in-buildings-wp-109423-en.pdf?r=1> (strana 3), pristupljeno 17.06.2022. godine
- [5] Halonja A, Milica M, (2009.) „Računalni nazivi sa elementom –WARE u engleskome i hrvatskome jeziku“, Rasprave Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje
- [6] Službena Internet stranica Instituta za standardizaciju Bosne i Hercegovine (2022), <https://isbih.gov.ba/hr/p/katalog?query=50173> , pristupljeno 17.06.2022. godine
- [7] Službena Internet stranica od TACHOPEDIA, (2022.), <https://www.techopedia.com/definition/2137/firmware>, pristupljeno 26.06.2022. godine
- [8] Službena Internet stranica TECH-FAQ (2018.), „Flashing Firmware“, <http://www.tech-faq.com/flashing-firmware.html>, pristupljeno 26.06.2022. godine
- [9] Tanenbaum A., Wetherall D., (2013.) „Computer Networks“, fifth edition, University of Washington , str. 19

**IDENTIFIKACIJA RIZIKA I UPRAVLJANJE RIZICIMA U
TEHNOLOGIJI ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE ČELIČNIH
KONSTRUKCIJA**

**RISK IDENTIFICATION AND RISK MANAGEMENT IN ANTI-
CORROSION PROTECTION TECHNOLOGY OF STEEL
STRUCTURES**

Omar Kopčić, dipl.inž.maš.
GS – Tvornica mašina Travnik
Bosna i Hercegovina

Fatima Baltić-Jašarević, dipl.hem.inž.
GS – Tvornica mašina Travnik
Bosna i Hercegovina

REZIME

U svakom proizvodnom sistemu postoji mogućnost od pojave rizika i iz tog razloga, potrebno je sve rizike ispravno tretirati i pravovremeno reagirati kako ne bi došlo do ogromnih posljedica. Samim time što su se mnoge firme, ne upravljajući rizicima na ispravan način, suočile sa ogromnim i za neke posljedicama od kojih se nikad nisu ni oporavile, potrebno je uspostaviti odgovarajući sistem upravljanja rizicima koji će u pravo vrijeme prikazati ozbiljnost onoga sa čime se jedan proizvodni sistem suočava i kako bi se sa tim rizikom trebalo upravljati, odnosno u kojem smjeru bi njegovo upravljanje trebalo ići. Identifikacijom rizika i njegovim ocjenjivanjem se može odrediti njegova ozbiljnost za preduzeće i na osnovu toga se formira akcioni plan i grupa odgovornih osoba koje bi trebale taj akcioni plan sprovesti i smanjiti djelovanje tog rizika.

Ključne riječi: upravljanje rizikom, identifikacija rizika, antikorozivna zaštita

ABSTRACT

The risk management in each production system is very likely to happen. That is why it is necessary to handle all the potential threats properly and thus act accordingly to avoid tremendous consequences. A lot of companies have faced huge losses due to the lack of competence when it comes to handling risks properly. Some companies have never fully recovered due to the ineptitude. This is why it is totally necessary to establish an adequate system of risk management that will, in due, time show the seriousness of the situation a company goes through as well as how to handle the very risk and how to proceed. In every company, by identifying and evaluating risks, one can determine the severity of them. Besides, according to the aforementioned facts, the action plan is being formed as well as the group of people in charge of the very plan. They have to carry on/implement the plan as well as lower the influence of the risk.

Ključne riječi: risk management, risk identification, anti-corrosion protection

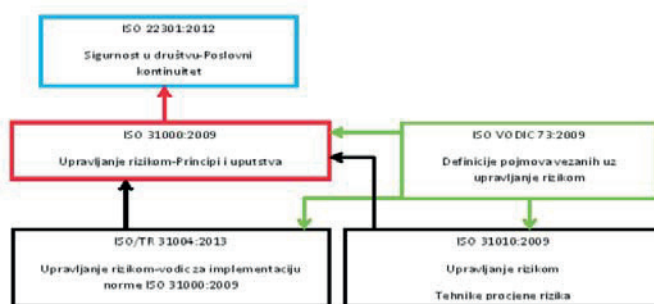
1. UVOD

U svakom savremenom poslovanju postoji određena doza rizika koju je neophodno prihvatiti i svjesno uzeti u obzir u nekim okolnostima. Sa sve većim povećanjem konkurentnosti dolazi do toga da je rizik gotovo nemoguće zaobići i da je sa njim potrebno upravljati. Potreba za upravljanjem rizikom naglašava se nedavnim događajima koji uključuju finansijsku krizu, opoziv proizvoda, nesreće, prirodne katastrofe i katastrofe koju je stvorio čovjek, kao i ekonomski usponi i padovi. Upravljanje rizicima započinje sa identifikacijom rizika, procjenom ranjivosti i potencijalne štete i poduzimanje koraka za smanjenje i dijeljenje rizika.[1] Postoji veliki broj kompanija koje su došle u teškoće poslovanja iz razloga što nisu pravovremeno odreagirali i predvidjeli sve potencijalne rizike koje izazovno konkurentsko tržište nudi. Rizik se uglavnom procjenjuje u važnim situacijama za kompaniju koje određuju njeno buduće poslovanje i razvoj. Postoje različite definicije, u užem i širem smislu, koje determiniraju pojam rizika, a jedna od najupečatljivijih za preduzeća i njihovu svrhu postojanja je: „Rizik je vjerovatnost da se nešto neće dogoditi na način kao što je namjeravano – rezultat može biti bolji ili gori od očekivanog. U korporativnom poslovnom smislu ovo znači da je rizik neispunjavanje postavljenih poslovnih ciljeva i mora uključivati šanse i prijetnje okruženja koje potencijalno mogu doprinijeti rastu i razvoju proizvodnog sistema ili spriječiti razvoj, a time ugroziti i sam opstanak proizvodnog sistema“.[2] Stoga, upravljanje rizikom se u današnjem vremenu dosta drugačije tretira nego prije i te razlike su prikazane u tabeli.

Tabela 1. Razlika između tradicionalnog i savremenog upravljanja rizicima[1]

Aspekt	Tradicionalni pristup	Savremeni pristup
Kontinuitet	-ad hoc aktivnost, menadžment reaguje nakon spoznaje o postojanju rizika	- procjena rizika je kontinuiran proces
Smjer djelovanja	-upravljanje rizicima usmjereno prema unutra, s težištem na rizike računovodstva, tradicionalno područje interne revizije, -nekompetentno osoblje glavni izvor rizika	- svi su uključeni u upravljanje rizicima, neučinkoviti poslovni procesi su primarni izvor poslovnih rizika
Težište upravljanja	-težište upravljanja su finansijsko-ekonomski rizici(kamatni, novčani), a njihovo praćenje zadatak posebne organizacione jedinice	- uprava potvrđuje formalnu politiku rizika i preuzima odgovornost za procjenu i upravljanje poslovnim rizicima
Obuhvat	-upravljanje rizicima se posmatra fragmentirano, svaka funkcija i područje se analizira odvojeno	-procjenjuju se stvarni izvori rizika unaprijed, preventivno usmjereno upravljanje, -neprihvatljive rizike reducirati na prihvatljivu razinu ili čak izbjegavati

Postoji nekoliko međunarodnih normi koje pokrivaju područje upravljanja rizikom, a one su prikazane na slici 1.



Slika 1. ISO norme upravljanja rizikom [3]

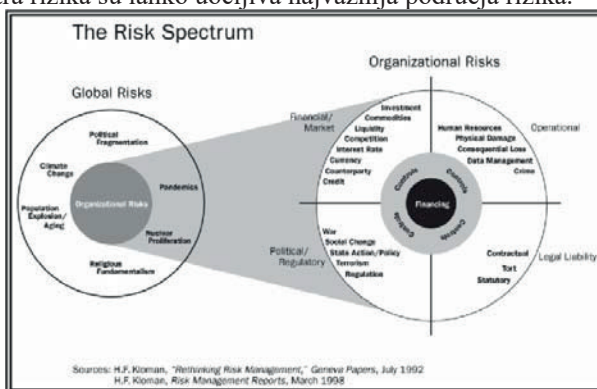
1.1. Izvor i vrste rizika u preduzećima

U svakoj organizaciji rizici proizilaze i iz unutrašnjih i iz vanjskih izvora. Iako je nemoguće imati okolinu lišenu svakog rizika, moguće je tretirati rizik izbjegavanjem, smanjenjem, prijenosom ili prihvaćanjem rizika.

Opći izvori rizika uključuju:

- Komercijalne i pravne odnose između preduzeća i drugih, tu se prije svega misli na dobavljače i kupce,
- Ekonomske okolnosti, bez obzira na to da li djeluju na razini preduzeća,
- Ljudsko ponašanje osoba u i oko preduzeća,
- Prirodne pojave i događaji,
- Političke okolnosti uključujući zakonodavne promjene i faktore koji imaju utjecaj na druge izvore rizika,
- Tehnološka i tehnička pitanja,
- Menadžerske aktivnosti i kontrola,
- Pojedinačno djelovanje. [2]

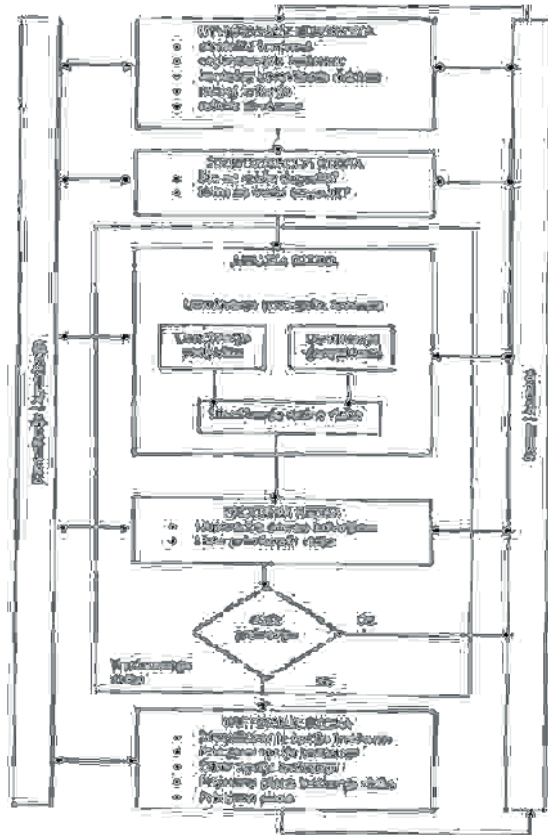
Postoji mnogo klasifikacija rizika, a isti su najbolje prikazani spektrom rizika koji je prikazan na slici 2. Sa spektra rizika su lahko uočljiva najvažnija područja rizika.



Slika 2. Spektar rizika[4]

2. UPRAVLJANJE RIZICIMA

Upravljanje rizicima je proces identifikacije i obrade rizika, uzimajući u obzir kontekst i ciljeve organizacije, zahtjeve zainteresovanih strana, kao i druga pitanja i zahtjeve sistema upravljanja kvalitetom, te definisanje kontrolnih aktivnosti kao preventivne mjere, čiji je cilj izbjegavanje neželjenih događaja i praćenje realizacije istih. Kao rezultat uspješnog upravljanja rizicima je smanjenje vjerovatnoće pojave rizika i smanjenje posljedica koje prouzrokuje rizik, a koji može biti prijetnja poslovnom uspjehu organizacije. [5]
 Proces upravljanja rizicima sastoji se od niza aktivnosti, a koji su dati na slici 3.



Slika 3. Shematski prikaz upravljanja rizicima [2]

1. Utvrđivanje konteksta

Podrazumijeva postavljanje cilja organizacije, odnosno potreban odgovor na pitanje šta se pokušava postići i na koji način. Cilj sistema upravljanja kvalitetom je postići sposobnost i odgovornost da se isporučuju proizvodi i usluge koje su u skladu sa zahtjevima kupca. Kako bi preduzeće uspješno ostvarilo zadani cilj potrebno je da se definiraju i analiziraju aktivnosti neophodne za ostvarenje cilja.

2. Identifikacija rizika

U ovoj fazi se postavlja pitanje šta se može desiti da bi utjecalo na postavljene ciljeve? To su određene prepreke, poteškoće, događaji i okolnosti koji mogu stati na put ostvarenju cilja. To se može identificirati raznim metodama, a najčešće iskustvenim, brainstorming metodom ili SWOT analizom.

3. Analiza rizika

Podrazumijeva dvije vrste ulaznih informacija: ocjeni posljedice rizika P i ocjeni vjerovatnoće pojave rizika V i njihova skala i značenje je prikazano u tabelama 2 i 3, a njihov umnožak daje ukupnu ocjenu rizika, što je prikazano u tabeli 4.

Tabela 2. Ocjena posljedice rizika P

Ocjena (P)	Opis posljedice
5	Katastrofalne (ugroženo kompletno poslovanje organizacije)
4	Znatne (velike posljedice na poslovanje organizacije)
3	Umjerene (može imati značajan uticaj na poslovanje organizacije)
2	Neznatne (mali uticaj na poslovanje organizacije)
1	Zanemarljive (neznatan uticaj na poslovanje organizacije)

Tabela 3. Ocjena vjerovatnoće rizika V

Ocjena (V)	Frekvencija	Opis
1	Rijetko	Ovo se vjerovatno nikada neće desiti
2	Malo vjerovatno	Ne očekuje se da se desi, ali nije isključeno
3	Moguće	Dešava se povremeno
4	Vrlo vjerovatno	Vjerovatno će se desiti, ali nije česta prijetnja
5	Gotovo sigurno	Desit će se sigurno, moguće često

Tabela 4. Nivo rizika

Ocjena rizika = P x V	
Ocjena rizika	Nivo rizika
17 – 25	Neprihvatljiv / Visok rizik Zaustaviti sve aktivnosti i napraviti neposredne promjene
10 – 16	Podnošljiv / Umjeren Poboljšati u određenom vremenskom roku
5 – 9	Adekvatan / Nizak rizik Poboljšati pri sljedećoj provjeri
1 – 4	Prihvatljiv / vrlo nizak rizik Ne zahtijeva nikakve aktivnosti, ali je kontrola neophodna

4. Tretiranje rizika

Nakon ocjene rizika definišu se kontrolne aktivnosti, odnosno tehnike pomoću kojih će se upravljati rizicima. Uspostavljaju se radi ostvarenja postavljenih ciljeva organizacije putem izbjegavanja, odnosno smanjenja rizika na prihvatljivi nivo. Posebna pažnja treba biti usmjerena na definisanje kontrolnih aktivnosti za rizike visokog i umjerenog nivoa.

Uobičajene tehnike koje se koriste kod definisanja kontrolnih aktivnosti su:

- izbjegavanje rizika,
- prenošenje rizika,
- prihvaćanje rizika,
- smanjenje rizika.

5. Monitoring i ocjena efikasnosti kontrolnih aktivnosti

Monitoring je najvažnija faza u provođenju procesa upravljanja rizicima. Rukovodioci, na svim nivoima upravljanja, obavezni su provjeravati da li predložene mjere za kontrolu rizika funkcionišu u praksi i sprječavaju li odnosno ublažavaju li određeni rizik, odnosno da li daju očekivani rezultat. Ocjena efikasnosti kontrolnih aktivnosti nakon realizacije vrši se putem reocjenjivanja rizika, sa aspekta vjerovatnoće i posljedice rizika, redovno po utvrđenom planu ili pak vanredno usljed promjene okolnosti poslovanja. Kao rezultat ovog koraka je nivo rezidualnog (preostalog) rizika. Realizacija kontrolne aktivnosti bit će efikasna ako je dobijena ocjena nivoa preostalog rizika niža od prethodne ocjene. U zavisnosti od ocjenjenog nivoa preostalog rizika vrši se ažuriranje aktivnosti na rješavanju rizika.

6. Izvještavanje o rizicima

Izvještavanje o rizicima vrši se putem registra rizika. Registar rizika predstavlja bazu podataka za sve informacije o rizicima, kao što su:

- pregled utvrđenih rizika sa mogućim posljedicama,
- ocjene nivoa rizika po pitanju vjerovatnoće i posljedice rizika,
- potrebne kontrolne aktivnosti,
- rokovi za primjenu pojedinih aktivnosti,
- osobe koje su odgovorne za provođenje pojedinih aktivnosti,
- učestalost monitoringa i
- ocjene nivoa rezidualnog rizika.

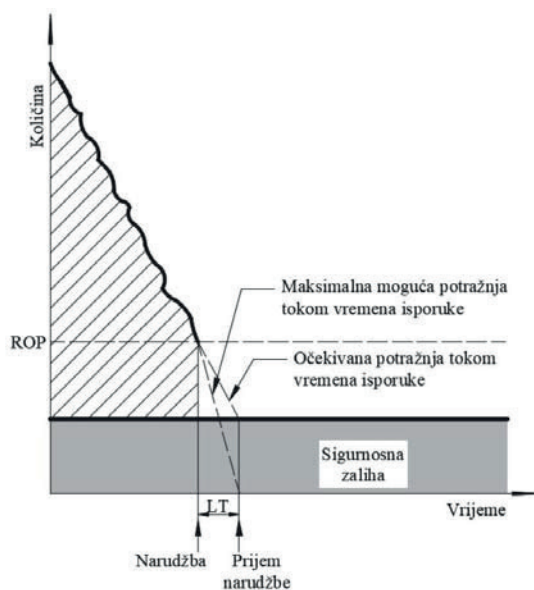
3. PRIMJER IDENTIFIKACIJE, OCJENE I AKCIONOG PLANA ZA RIZIKE NA NIVOU TEHNOLOGIJE ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA

Tabela 5. Identifikacija, opis, posljedice, analiza i akcioni plan odgovarajućih rizika

R.br.	IDENTIFIKACIJA RIZIKA	OPIS RIZIKA	MOGUĆE POSLJEDICE	ANALIZA RIZIKA			
				Posljedica (P)	Vjerovatnoća (V)	Ocjena rizika	Kategorija
1	Rizik od kašnjenja isporuke materijala za farbanje	Ukoliko proizvođač ili dobavljač ima problema sa isporukom ili ukoliko se desi da se zahtjev za narudžbu ne pošalje na vrijeme postoji mogućnost da će kasniti isporuka farbi	Operacija farbanja neće biti izvršena na vrijeme, ugrožen termin isporuke kupca	4	3	12	Visok
2	Rizik od kašnjenja komada na operaciju farbanja	Vrijeme prethodnih operacija se produžava što se direktno odražava na kašnjenje operacije farbanja, operacija farbanja se izvršava u vrlo kratkom roku što povećava mogućnost greške operatera	Kašnjenje isporuke, probijanje željenog roka kupca, neusklađenosti na komadima, reklamacija na farbanje, prolongiranje isporuke, plaćanje penala	5	4	20	Neprihvatljiv
3	Rizik od nepotpisanih operacija kontrole na tehnološkoj dokumentaciji, nedostatak tehnološke dokumentacije	Prethodne operacije nisu potpisane, a komad se transportuje na sljedeću operaciju	Naknadna kontrola i vrlo vjerovatno neusklađenost prethodnih operacija, povećani troškovi unutrašnjeg transporta	4	3	12	Visok
4	Rizik od neusklađenosti na drugim operacijama gdje su nedostaci uočeni u lakmici	Radnici ili kontrolori antikorozivne zaštite uočavaju pogreške sa prethodnih operacija (zavarivanje i mašinska obrada)	Kašnjenje operacije farbanja, ponovno farbanje, prolongiranje isporuke, povećan WIP	3	4	12	Visok
5	Rizik od neusklađenosti na operaciji farbanja na komadima kojima je isporuka blizu	Komadi koji su prethodnog dana ofarbani se sljedećeg dana isporučuju što ne ostavlja prostor za moguće popravke	Kašnjenje operacije farbanja, ponovno farbanje, prolongiranje isporuke	4	3	12	Visok
6	Rizik od izmjene tehnologije	Ovo podrazumijeva izmjene na komadima gdje bi moglo doći do pogrešne zaštite obradenih površina i kontaktnih površina usljed neprimjenjivanja revizije koju kupac zahtijeva	Pogrešno zaštićen i ofarban komad	4	2	8	Prilativ
7	Rizik od prijema dokumentacije sa pogrešnim radnim nalozom	Dešava se da isti itemi imaju više otvorenih radnih naloga sa različitim RAL-ovima koje je definirao kupac	Komad ofarban u pogrešan RAL	3	3	9	Prilativ
8	Rizik od izmjene radnih naloga i BOM-a	Pogrešan princip rada tehnologije gdje jedan item trpi izmjene preko radnih naloga, lansiranje dokumentacije nije u skladu sa potrebom	Naručena farba u pogrešnom RAL-u, kašnjenje isporuke, farba sa isteklim rokom, narudžba ispravne farbe izostaje	3	3	9	Prilativ
9	Rizik od niske norme farbe	Ukoliko je komad normiran sa manjom količinom od potrebne može se desiti da potrebna farba ne bude na skladištu	Nedostatak farbe, ugrožena isporuka	4	2	8	Prilativ
10	Rizik od pogrešnih informacija od kupca	Kupac se ne pridržava svoje norme	Naručivanje pogrešne farbe, odlaganje farbe	4	1	4	Nizak
11	Rizik od naručivanja minimalnih količina farbe	Pojedini dobavljači imaju minimalne količine za narudžbu određene farbe koji ponekad nije potreban, potrebna manja količina za farbanje određenih komada	Veća količina farbe isteklog roka, odlaganje	4	2	8	Prilativ
12	Rizik od zastoja u komori za sačmarenje	Komora za sačmarenje nema transportni sistem. Nakon operacije se čeka izvlačenje i okretanje komada kako bi se moglo nastaviti sa radom	Kašnjenje operacije sačmarenja i farbanja, moguće ugrožavanje vremena isporuke	3	4	12	Visok
13	Glavni plan proizvodnje ne uzima u obzir operacije pjeskarenja, farbanja i pakovanja	U planiranju proizvodnje se izostavlja vrijeme potrebno za izvršavanje pomenutih operacija	Maksimalno iskoristjenje ljudskih i materijalnih resursa, prekomjerno opterećenje	4	4	16	Visok

Nakon što se formira akcioni plan i odrede odgovorne osobe za sprovođenje istog za one rizike čiji je nivo visok ili neprihvatljiv, potrebno je postaviti odgovarajući vremenski rok do kojeg bi se trebali definisani akcioni planovi izvršiti te se samim tim omogućava nastavak praćenja ocjene rizika provjerom da li su odgovarajući akcioni planovi donijeli ikakav napredak. Ukoliko jesu, nastavlja se sa njihovim djelovanjem i optimiranjem, a ukoliko nisu, potrebno je definirati nove i ići u tom pravcu. Postoje rizici koji kada se identificiraju iziskuju automatsko pristupanje njihovom rješavanju zbog ozbiljnosti, a takav primjer se najbolje oslikava kada govorimo o zdravstvenom aspektu operatera.

U tabeli 5 je izdvojeno 13 identificiranih rizika koji se javljaju kada se govori o tehnologiji antikorozivne zaštite čeličnih konstrukcija firme koja radi na principu MTO. Potrebno je da se svaka organizacija pridržava vremena isporuke koju je definirao kupac. Uzmemo li primjer nedostatka farbe za antikorozivnu zaštitu, koja je zadnja operacija prije kompletiranja proizvoda, to može rezultirati prolongiranjem isporuke. Nedostatak farbe se može javiti iz različitih razloga, a najčešći razlog toga jeste nestabilan lanac snabdijevanja, a preventivna mjera bi bila da se osigura odgovarajuća sigurnosna količina farbe koja bi pokrila prolongiranu isporuku farbe te na taj način bi se mogao riješiti takav problem. Najbolji prikaz toga da sigurnosna zaliha smanjuje rizik od nestanka zalihe za vrijeme vremena isporuke ja dat na slici 6.



Slika 4. Sigurnosna zaliha [6]

4. ZAKLJUČAK

Mogućnost upravljanja rizicima daje mogućnost za povećanje konkurentnosti na tržištu rada i kontinuiranim unapređenjem. Potrebno je na vrijeme identificirati sve moguće rizike koji se mogu javiti u preduzeću i odrediti preventivne mjere kojim bi se trebalo upravljati rizicima, odnosno odrediti da li je potrebno prihvatiti rizik ili ići ka njegovom smanjenju. U ovom radu je dat prikaz nekoliko identifikovanih rizika kada govorimo o tehnologiji antikoroziivne zaštite čeličnih konstrukcija gdje su date prijedlozi preventivnih mjera kako bi se na rizike moglo pravovremeno djelovati.

5. REFERENCE

- [1] Dr.sc. Miroslav Drljača, Prof.dr.sc. Marko Bešker: Održivi uspjeh i upravljanje rizicima poslovanja, Centar za kvalitet Crne Gore i časopis Kvalitet, 2010.
- [2] Josip Kereta: Upravljanje rizicima, Veleučilište Baltazar Zaprešić, Zaprešić 2021.
- [3] Ivan Sekulić: Upravljanje rizikom na primjeru proizvodnog preduzeća, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2016.
- [4] Kloman, H. F. (1998) The Risk Spectrum. Risk Management Reports
- [5] Senada Pobrić, Emir Bajramović: Upravljanje rizicima kao preventivni alat za unapređenje sistema upravljanja kvalitetom: 12th International Scientific Conference on Production Engineering, 2019.
- [6] Alan Lisica: Proizvodni menadžment, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici

DUALNO OBRAZOVANJE U TEHNIČKIM STUDIJAMA – REALNOST I POTREBA BH AKADEMSKOG OBRAZOVANJA

DUAL EDUCATION IN TECHNICAL STUDIES – REALITY AND NECESSITY OF B&H ACADEMIC EDUCATION

prof. dr. Darko Petković
Univerzitet u Zenici
Zenica

prof. dr. Fuad Hadžikadunić
Univerzitet u Zenici
Zenica

doc. dr. Džafer Dautbegović
Univerzitet u Zenici
Zenica

v. as. mr. Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

Prošla su decenije staža autora rada tokom kojih je stalna tema bila povezivanje obrazovanja sa tržištem rada i njegovim realnim potrebama. U poslednjoj deceniji jedna od top tema koja povezuje ove diskusije je dualni model studija i njegov razvoj i BiH i zemljama regiona. Da li se vratimo u krug, ili možda čak spiralu rasta i razvoja vraćamo natrag ili ipak idemo dalje kada je kvalitet visokog obrazovanja u pitanju? Nažalost proces implementacije ovog modela je ekstremno spor i opravdanje njegove složenosti, nepostojanja poslovnog ambijenta, nedostatka zakonske legislative, problema finansiranja i dr. ne opravdava ključne aktere za ovakvu sporost u realizaciji. U radu je razmatrana buduća uloga generatora dohotka jedne zemlje – tehničkih fakulteta koji su dominantno orijentisani ka učenju o proizvodnji i stvaranju kritične mase znanja i ljudi koji trebaju da budu nosioci tog razvoja. Kako je tema konferencije održavanje rad na vrlo konkretan način i kritički razmatra današnje školovanje dominantno mašinskih inženjera u oblasti održavanja u kojoj zavisno od sektora radi 20-40% svih diplomanata.

Ključne riječi: Dualno visokoškolsko obrazovanje, tehničke studije, tržište rada, studija izvodljivosti, osiguranje kvaliteta studija, legislativni okvir

SUMMARY

Decades of experience of the author of the paper have passed, during which the constant theme was the connection of education with the labor market and its real needs. In the last decade, one of the top topics that connects these discussions is the dual study model and its development in BiH and the countries of the region. Do we go back in a circle, or maybe even turn the spiral of growth and development back, or do we still go further when it comes to the quality of higher education? Unfortunately, the implementation process of this model is extremely slow and the justification of its complexity, lack of business environment, lack of legal legislation, financing problems, etc. does not justify the key actors for this slowness in implementation. The paper considered the future role of a country's income generator - technical faculties that are dominantly oriented towards learning about production and creating a critical mass of knowledge and people who should be the bearers of that development. Since the theme of the conference is maintenance, work in a very specific way and critically examines today's training of predominantly mechanical engineers in the field of maintenance, where, depending on the sector, 20-40% of all graduates work.

Keywords: Dual higher education, technical studies, labor market, feasibility study, quality assurance of studies, legislative framework

1. UVOD

Svjedoci smo višegodišnjih diskusija koje se decenijama vode u sektoru visokog obrazovanja BiH i zemalja regije Jugoistočne Evrope (JIE) kako obrazovni proces koji realizuju visokoškolske organizacije ne daje potrebne kompetencije koje su potrebne tržištu rada. Poslodavci uporno ponavljaju da su diplomanti potkovani teorijom a da praktični dio znanja je vrlo upitan te da u kompanijama potroše isto vremena koliko traje formalno obrazovanje da zaposlene akademce dovedu do „potrebne upotrebljivosti“ za rad u konkretnom poslovnom okruženju. Primjera radi sa svojih oko 350 visokoškolskih organizacija u rangu univerziteta Njemačka danas ima oko 1/3 onih koji su čisto akademske institucije, a čak 2/3 koji u naslovu imaju primjenjene nauke (UAS-University of Applied Sciences nekada Fachhochschule-FH). Naravno ni svi u naslovu FH-UAS oni koji slijede koncept dualnog modela jer isti nije lako ni razviti ni voditi kao što imamo i klasične akademske univerzitete koji imaju studijske programe dualnog studija. Do dualnog studija se ne dolazi „ad-hoc“ odlukama menadžmenta visokoškolske organizacije ili nekog stakeholder-a (ministarstvo, komore, kompanije). Ono je rezultat kompromisa potencijala i razumijevanja modela dualnog studija kako ga vidi visokoškolska organizacija sa jedne strane, zakonske regulative i razumijevanja modela od ministarstava i srodnih institucija i poslovnog sektora regiona u kome univerzitet (fakulteti) rade. Dakle, više nego igdje model dualnog studija može postojati samo ako svi jasno razumiju svoju ulogu i značaj u Triple Helix modelu. U drugim sektorima od proklamovane tri misije univerziteta (nastava, nauka i socijalni faktor sredine), a koji nisu sektor nastave, uloga univerziteta se može i prikrivati ali u sektoru nastave problemi i posljedice su najvidljivije i najčešće predmet velikih rasprava. Dakle, ako su eminentni tehnički univerziteti na Zapadu (npr. TU Darmstadt ili TU Graz) shvatili da i pored superiornosti u naučnom smislu moraju u nastavnom procesu prepoznati značaj dualnog modela obrazovanja zašto mi čekamo. Ili zašto je sramota imati neki studijski program koji će biti dizajniran kao brojni na institucijama koje imaju oznake FH-UAS a koje često sa podcjenjivanjem doživljavamo a prečesto su kvalitetom opreme, nastave i svega drugog daleko ispred nas. Svakako u uvodnom dijelu ne treba zaboraviti da se kaže da je srednjoškolsko strukovno obrazovanje kroz brojne EU VET programe u svim zemljama regiona pa tako i u BiH napravilo značajno snažniji i hrabriji iskorak kada je razvoj dualnog školovanja u pitanju. Pored razvijenih obrazovnih profila, formiranih nastavnih planova, povezanosti sa poslovnim sektorom rađeno je i na legislativi pa su neki od nivoa vlasti već pripremili i odgovarajuću zakonsku regulativu za početak ovakvog školovanja

2. STANJE RAZVOJA DUALNOG MODELA U VISOKOM OBRAZOVANJU U BiH I REGIONU

Nažalost, ovo poglavlje će biti najkraće jer i pored postojanja više od 50 visokoškolskih organizacija u rangu univerziteta sa više od 200 fakulteta i visokih škola u BiH te vjerovatno više od 1000 studijskih programa koji daju isto toliko izlaznih diploma broj programa koji imaju prefiks „dualni studij“ može se dati na prste jedne ruke ako u tom broju i studije zdravstva. No, kod studija zdravstva treba naglasiti da su ključni akteri procesa bili državne institucije (javni univerziteti, praksa na javnim klinikama i bolnicama, legislativa koja je u zdravstvu i medicini decenijama unazad prepoznavala klinički rad kao dio obavezne prakse i vježbi). U tom modelu jasno je naglašeno da se do izlazne diplome i tržišta rada u EU može doći samo preko školovanja u kome će minimalno 50% biti obavljeno na klinici (u praksi) bilo kroz redovnu nastavu bilo kroz ljetne prakse. Sve to je na adekvatan način upakovano u 240 ETCS bodova koje danas dobijaju oni koji na raznim odsjecima ovog studija dobijaju svoje diplome i zavidne stručne kompetencije sa kojima odmah dobijaju posao bilo gdje u Evropi.

Broj studijskih odsjeka koji su strukovno orjentisani procjenjuje se da u BiH iznosi svega do 3% a u tom broju su i oni koji barem formalno praktikuju dualno obrazovanje. Ni na jednom nivou vlasti (država, entiteti, kantoni) ne postoji neki od zakona ili drugih razrađenih akata koji regulišu detaljnije dualni studij. Za očekivati je bilo da se sektor privatnih univerziteta u BiH po osnivanju okrene više ka poslovnom, dominantno privatnom sektoru, i dualnom obrazovanju. No i tu je BiH opravdala svoj epitet „originalnosti“ jer su se privatni univerziteti dominantno specijalizovali za školovanje javne administracije a državni ostali na tradiciji tehničkih, društveno-humanističkih ili bio-medicinskih studija. Jasno je i na ovaj način pokazano da dualni model, uz brojna podcjenjivanja samo onih koji ga ne znaju, je mnogo teži i zahtjevniji za provođenje od klasičnih akademskih modela (predavanja + vježbe: ex.catedra i on-line).

I dok je na Zapadu dualni studij dominantno vezan za proizvodni, a dijelom uslužni sektor, dotle je u BiH ovaj sektor uglavnom mudro stajao po strani i uvijek u manje-više svim anketama, raspravama, inoviranjima nastavnih-planova i programa i drugim aktivnostima, nastojao da pokaže kako je saradnja sa poslovnim sektorima odlična („mi imamo desetine potpisanih MoU sa kompanijama u okruženju, naši studenti redovno idu u fabrike, svi naši diplomanti imaju posao i sl.“). Analize silabusa na brojnim tehničkim fakultetima rađene u okviru EU projekta EDU-lab pokazuju da studenti maksimalno imaju 1-3 ECTS boda od mogućih 60 ECTS koje ostvaraju u poslovnom okruženju (cca 30-90 h na godišnjem nivou). Mnogi dođu i do master diplome a da ne doguraju do tih čarobnih 1-3 ECTS boda u praksi po semestru što je 3-5% ukupnog broja bodova koje ima tokom studija.

Od zemalja regiona Balkana i bivše Jugoslavije samo je Srbija ušla u ovu priču dosta smjelo još prije nekoliko godina. No od stubova Triple-Helix modela najveću aktivnost imala je država (ministarstva, komore i dr.) jasno prepoznavajući da priča o direktnim stranim investicijama (FDI) „ne pije vode“ ako nema tržišta radne snage koje sa dovoljno kompetencija i sa minimalno 180 ECTS bodova sa fakulteta ne dolaze i sa stvarnim stručnim kompetencijama a ne onim koje zamišljaju njihovi predavači. Donijet je Zakon o dualnom obrazovanju za visoko obrazovanje (jedini u regionu) i ma kakve manjkavosti imao ipak postoji i bolji je od nikakvih kakve nisu donijele i već dugogodišnje članice EU (Hrvatska i Slovenija) ili kandidati za članstvo (S.Makedonija, Albanija, Crna Gora). Da problem nije samo u donošenju zakona svjedoči i situacija u Srbiji gdje fakulteti i univerziteti (posebno državni) dugo su se opirali pomisli da uđu u ovaj model, odnosno kako krenuti sa modelom i kako ga implementirati ne mjenjajući u svom radu ništa. Za očekivati je da u akademskoj 2022/23 godini u Srbiji krene i neki od studijskih programa po dualnom modelu (ponajprije na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu biće to studij iz oblasti Vazduhoplovnog mašinstva a na Univerzitetu Novi Sad, Pejzažna arhitektura na Poljoprivrednom fakultetu¹)

3. IZRADA STUDIJE IZVODLJIVOSTI ZA POKRETANJE ODREĐENOG STUDIJSKOG PROGRAMA PO DUALNOM MODELU

Dok je za pokretanje akademskog studija uglavnom potreban i dovoljan Elaborat o pokretanju određenog studija sa nastavnim planovima i programima to za studijske programe bazirane na dualnom modelu pored ovog Elaborata potrebna je i vrlo sadržajna Studija izvodljivosti koja bi u osnovi trebala da sadrži slijedeća poglavlja i potpoglavlja:

Poglavlje 1. Uvodna razmatranja

- Smisao dualnog obrazovanja

¹ Dragana Jokić-Stamenković: Dualne studije ne znače manje „bubanja“; Politika, 06.04.2021.

- Dualno obrazovanje u kontekstu nacionalne strategije obrazovanja
- Iskustva u organizaciji dualnih studija
- Nacionalni standardi i akreditacija
- Partnerstva sa poslodavcima (mreže diplomata i studenata, alumni asocijacije, gostujuća predavanja/treinzi poslodavaca na VŠU, stipendije, mreže i dr.)

Poglavlje 2. Razmatranje šireg konteksta dualnog studija

- Odnosi sa vladom (osnivačem)
- Odnosi sa ključnim stakeholder-ima (privredne komore, zavodi za zapošljavanje, lokalne i regionalne razvojne agencije i dr.)
- Internacionalizacija

Poglavlje 3. Razvoj koncepta dualnog obrazovanja

- Preliminarna istraživanja
- Identifikacija programa za dualno obrazovanje
- Vodič za dualni studij
- Benefiti (VŠU, studenti, poslodavci)
- Odgovornosti (VŠU, studenti, poslodavci)

Poglavlje 4. Organizacijski model za dualni studij

- Centralizovana administracija (prednosti/mane) dualnog studija
- Decentralizovana administracija dualnog studija
- Kombinovani model administracije dualnog studija
- Povezanost dualnog studija sa centrom (odjelom) za razvoj karijera
- Položaj dualnog studija u sektoru drugih studija VŠU

Poglavlje 5. Razvoj programa i planiranje

- Planiranje i implementacija
 - Interes poslodavaca
 - Interes studenata
 - Akademski zahtjevi
 - Akademski / radni raspored
 - Projekcije uključivanja studenata i kompanija
 - Konsultacije unutar VŠU
- Struktura programa
 - Obavezni programi dualnog studija
 - Modularni (selektivni) programi dualnog studija
 - Izborni programi dualnog studija
 - Kriteriji i selekcija
- Akademsko /radno planiranje u dužem periodu
- Osoblje za dualni studij i menadžment
- Treinzi i obuke (osoblja, studenata, i dr.)
- Profesionalni razvoj

Poglavlje 6. Informacijski menadžment za dualni studij

- Šta je informacijski menadžment
- Šta informacijski menadžment treba da radi
- Značaj prikupljenih informacija
- Aplikacije za sistem informacijskog menadžmenta
- Vrste informacijsko-menadžment sistema
- Tehnologije i informacijsko-menadžment sistem
- Baza rješenja
- Druge tehnologije

Poglavlje 7. Marketing dualnog studija

- Preliminarno market istraživanje i analize
- Detaljno market istraživanje
- Promocija novih dualnih studija
- Razvoj novih radnih prilika studija

Poglavlje 8. Rekrutovanje za upis dualnih studija

- Studentsko regrutovanje (promocija i upis)
- Studentsko prijavljivanje (definisanje programa obrazovanja)
- Studentski izbor prakse (pripremni treninzi, obuke, uvođenje u radno okruženje)
- Sticanje znanja, vještina i kompetencija kroz nastavu
- Sticanje znanja, vještina i kompetencija kroz praksu
- Logističko pozicioniranje kompanija za praksu
- Matrice kretanja studenata tokom studija
- Uključenost poslodavaca u proces regrutovanja
- Razvoj politika i procedura
- Osiguranje kvaliteta procesa
- Evaluacija

Poglavlje 9. Finansiranje (budžet) / resursi

- Pokretanje programa
- Troškovi realizacije programa
- Ljudski resursi
- Finansijsko planiranje
- Troškovi infrastrukture

Svakako, jasno je da ovakva Studija izvodljivosti² je sadržajno vrlo široka jer broj aktera procesa je značajno veći nego kod akademskih studija (VŠU, studenti, ministarstva, kompanije učesnici u obrazovanju, akreditacijske agencije, inspeksijski organi, i dr.). Ono što je još jednom bitno podcrtati ovdje a što trebaju da razumiju VŠU u regionu JIE da se dualne studije ne vezuju samo i isključivo za univerzitete primjenjenih nauka ili strukovne studije. Oni mogu biti i tako organizovani, ali isto tako njih mogu imati i univerzitetski studij na svojim akademskim programima. Bitno je da se shvati i prihvati da je dualni studij drugačiji model dolaska do znanja, vještina i kompetencija (tzv. ishoda učenja) koje mogu biti ekvivalentne akademskom čisto teorijskom pristupu.

Postoje brojni modeli i načini za organizaciju dualnih studija u sektoru visokog obrazovanja razvijeni u zemljama koje su lideri u organizaciji ovakvog studija. U tom smislu je sasvim nebitno da li će student imati na početku proklamovanih 20% ili 30% prakse u silabusu jer ti elementi se definišu kao izraz realnih mogućnosti za pokretanje ovakvog složenog obrazovnog modela koji se onda kroz godine razvoja može modificirati i dodatno oblikovati i unapređivati (npr. 50% prakse u silabusima).

Stoga je priča o generičkim, varijantnim i sl. modelima organizacije studija od onih koji tek kreću u proces razvoja dualnih studija priča koja pokazuje svu suštinu nepoznavanja koncepta dualnih studija odnosno nepoznavanja potencijala regije/države ili VŠU za ulazak u ovaj model studija. Tek kada se napravi kvalitetna Studija izvodljivosti sa nastavnim planovima i

² Project team: Mainstreaming Procedures for Quality Apprenticeships in Educational Organisations and Enterprises (ApprenticeshipQ); Project Ref 2017-1-DE02-KA202-004164.

programima koji su odraz realnih potreba društva i okruženja kao i jasnog akceptiranja mogućnosti (potencijala) svake visokoškolske organizacije i njenog vlasnika (osnivača i finansijera) doći će se do preciznih odgovora koji su to dualni modeli studija mogući u BiH, Srbiji, Crnoj Gori i drugim zemljama regiona. Zemljama regije JIE ostaje da shodno nacionalnim strategijama razvoja sektora srednjeg i visokog obrazovanja, razvojjima poslovnog sektora te drugim bitnim elementima definišu svoje sektorske prioritete te da Studijama izvodljivosti pokažu i dokažu potencijalne benefite od dualnih studija.

4. PRECIZNO DEFINISANJE LEGISLATIVE ZA IZVOĐENJE DUALNIH STUDIJA

Zašto i čemu toliko insistiranje na legislativnom okviru za dualni studij ako niti jedna VŠU u BiH i regiji JIE ne radi izvan konteksta nacionalnih ili regionalnih zakona o visokom obrazovanju? Vjerovatno onima koji i nemaju puno dodira sa praksom i načinom sticanja znanja studenata u fabrikama je sasvim dovoljno „kada Zakon kaže da dualni studij nije zabranjen i da visokoškolska organizacija ima pravo za veće povezivanje sa praksom“. Uostalom tako je jedan od partnera projekta Dualsci dobio odobrenje svog ministarstva da može ući u dualni studij, drugi je promijenio Zakon u kome sada član 124³. otvara legalne mogućnosti za dualni studij a treći partner je pokušao da u Zakon o visokom obrazovanju „ugura“ član koji će omogućiti dualno obrazovanje ali Zakon na skupštini kantona nije usvojen. Ono što i oni koji nisu pravne struke znaju je da se u slučajevima ovako značajne materije radi, a posebno kada je u pitanju veliki broj različitih aktera kao i specifičnosti procesa, je da se ova materija mora razraditi posebnim dokumentom. Kako će se on zvati (zakon, pravilnik, ili nešto treće) određuje svaka zemlja shodno svojoj regulativi i pravilima organizacije visokoškolskog obrazovanja.

U osnovi on bi svojim članovima trebao da precizno reguliše proces odvijanja dualnog visokoškolskog obrazovanja. Taj dokument sadržajno trebao bi da obuhvati slijedeće:

I. UVODNE ODREDBE

- Predmet zakona
- Značenje pojmova.
- Ciljevi dualnog modela

II. OSTVARIVANJE DUALNOG MODELA

- Saradnja visokoškolskih ustanova i poslodavaca
- Studijski programi po dualnom modelu
- Obim, period i mjesto realizacije
- Upis studenata
- Raspoređivanje studenata kod poslodavaca
- Karijerno vođenje i savetovanje
- Zaštita prava studenata
- Uslovi za izvođenje učenja u radnom okruženju kod poslodavca

III. UREĐIVANJE MEĐUSOBNIH ODNOSA VISOKOŠKOLSKE USTANOVE, POSLODAVCA I STUDENATA

1. UGOVOR O DUALNOM MODELU

- Forma ugovora
- Sadržina ugovora
- Zaključivanje ugovora o dualnom modelu

³ Službene novine ZDK br.12/22: Zakon o visokom obrazovanju ZDK od 07.07.2022.

- Objavljivanje na zvaničnoj internet stranici
- Raskid ugovora od strane poslodavca
- Raskid ugovora od strane visokoškolske ustanove
- Posljedice raskida ugovora

2. UGOVOR O UČENJU KROZ RAD

- Forma ugovora
- Sadržina ugovora
- Raskid ugovora od strane poslodavca
- Raskid ugovora od strane studenta
- Posljedice raskida ugovora

IV. REGISTAR UGOVORA

- Registar ugovora o dualnom modelu
- Upis u registar

V. MENTOR KOD POSLODAVCA

VI. OCENJIVANJE I ISPITI U DUALNOM MODELU

- Ocenjivanje studenata
- Završni rad

VII. MATERIJALNO I FINANSIJSKO OBEZBJEĐENJE STUDENTA

- Materijalno obezbjeđenje studenata
- Finansijsko obezbjeđenje studenata

VIII. NADZOR

IX. KAZNE ODREDBE

X. PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE⁴

Naravno, broj članova ovakvog zakona ili pravilnika će svaka zemlja ili regija kreirati za sebe shodno svojim specifičnostima kako u obrazovnom tako i u poslovnom sektoru te širem društvenom kontekstu.

5. POZICIJA TEHNIČKIH FAKULTETA U PROKLAMOVANOM KONCEPTU DUALNIH STUDIJA

S obzirom da su i u naslovu rada eksplicitno pomenuti tehnički studiji a kako i u zemljama liderima u primjeni dualnog modela studija prednjače tehnički studiji i proizvodni poslovni sistemi to ćemo u kratkim crtama nastojati da otvorimo širi kontekst za akademske diskusije šire od obima jednog poglavlja. Gdje su danas tehnički fakulteti u BIH i regiji JIE u trećoj deceniji XXI vijeka? Oprema za nastavni proces i naučno-istraživački rad? U najvećoj mjeri daleko iza kolega sa Zapada, ali još tragičnije: značajno iza poslovnih sistema za koje školuju kadrove. Pojedinačni peak-ovi koji postoje kada su u pitanju pojedini fakulteti i njihova oprema nisu slika opšteg stanja i pravila rada. Projekti i broj indeksiranih radova kao najbolji indikator NIR-a također u značajnom zaostatku čak i sa regijom JIE (npr. ukupan broj FP 7 projekata za BIH u periodu 2008-2014 je 39 sa skromnim budžetom po projektu od 71 00 euro⁵ ili u Horizon 2020 sa 70 projekata sa cca 120 000 euro/projekt što nije dovoljno ni za jednu ozbiljnu istraživačku mašinu⁶). Trezorski sistem rada VŠU „umrtvio“ je i ono

⁴ D.Petković: PREDLOG ZAKONA O DUALNOM MODELU STUDIJA U VISOKOM OBRAZOVANJU ZENIČKO-DOBOJSKOG KANTONA; Interni dokument®

⁵ Drljača D.,Markez Đ., „VODIČ KROZ PROGRAM HORIZONT 2020“, Atlantik, Banja Luka, 2015 (ISBN 978-99955-38-33-0)

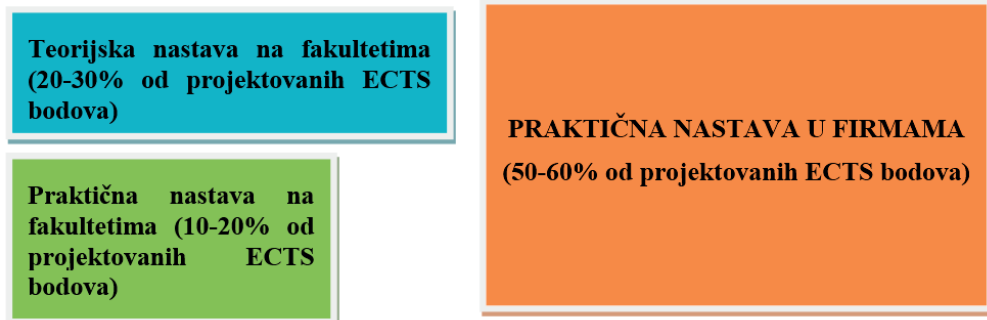
⁶ Dalibor P. Drljača: HORIZONT EVROPA 2021-2027- Napredna generacija istraživanja i inovacija, Univerzitetski klinički centar Banja Luka-projektni biro; Banja Luka, 2021.

malo proaktivnih tako da je broj projektnih aplikacija na međunarodne programe sve manji a nacionalni okvir za NIR i nastavu sve je „tanji“. U tom smislu oslanjanje na privredu koja se takmiči u evropskom tržišnom prostoru sa nizom kapaciteta koji opremljenošću nadmašuju VŠU je jedini način da se studentima daju kvalitetna izlazna znanja, vještine i kompetencije. Oblast ODRŽAVANJE: Jasno je na bazi svega navedenog da se ova oblast može najbolje učiti kroz teoriju na fakultetu a praksu u privredi. Planiranje i izvođenje remonata, Tehnologije reparature (zavarivanje, navarivanje i dr.), Upravljanje rezervnim dijelovima, Organizacija i ekonomika održavanja, Održavanje CNC mašina, Tehnička dijagnostika, Logistika održavanja, Održavanje i Industrija 4.0., i brojne druge teme i predmeti specifični za ovaj odsjek mnogo više žive u praksi nego u VŠU. Vrlo rijetke su VŠU koje imaju laboratorije i opremu da mogu praktično pokazati nešto iz naslova prethodno datih predmeta. Zato i prečesto imamo primjedbe poslodavaca da diplomanti znaju previše teorije a premalo prakse. Slično je nažalost i u brojnim drugim oblastima. Ko danas na VŠU ima mašine koje mogu da prikažu peto-osnu obradu na CNC mašini u drvoprerađi, lasere ili savremene prese sa CNC upravljanjem, ili izgradi laboratorij za ispitivanje proizvoda koji obično koštaju po nekoliko miliona euro. Pojedinačni slučajevi postoje i zato nije sporno da određeni studiji mogu imati samo „akademska notu“.

5. KAKO DALJE U BiH U RAZVOJU DUALNOG MODELA

Kako krenuti u razvoju studijskih programa koji će biti dizajnirani u dualnom modelu. Koje aktivnosti su nam primarne za provođenje? Pogledajmo samo neke: najvažnije ili najteže provodive. Krenimo od regulatornog okvira? Da li imamo jasne zakone koji nam omogućuju odvijanje dualnog studija – jasno je NE. Zakon o visokom obrazovanju (bilo BiH –okvirni, bilo entitetski ili kantonalni) niti jednim svojim članom ne prepoznaju dualni model studija. Neki članovi su iskoristivi – no većina je „napisana za akademski model studija“ i ugurivanje dualnog modela studija u ovakav zakon samo bi još više „razvodnile“ i ovakav Zakon. Pisani ugovor ključnih aktera procesa dualnog obrazovanja (fakultet-poslovni sektor-student) je moguće lako napisati ali njemu mora prethoditi zakonsko i podzakonsko definisanje brojnih elemenata (od obima prakse, načina realizacije praktične nastave, fabričkog mentorstva, uslova izbora za voditelje mentorstava/prakse, plaćanja rada, osiguranja, sigurnosti na radu, učenja u stvarnim radnim uslovima, benefita za kompanije, socijalne zaštite, i dr.). Učenje u stvarnim radnim uslovima (kriterij 4 preporuka EU) gdje se preporučuje da minimalno 50% nastave (učenja) obavlja u poslovnom sektoru podrazumijeva kompletno restrukturiranje Nastavnih planova i programa (NPP) odnosno curriculuma na svakom predmetu. To podrazumijeva da se klasični fakultetski asistenti u velikoj mjeri trebaju transformisati na fabričke asistente ili razvijati modele asistenata na fakultetima (sa vježbama na fakultetu obima 10-20% predmeta), asistenta u poslovnom sektoru (obima cca 40-60% nastave) i predavanja na fakultetima (obima cca 30% nastave na jednom predmetu). U daljem smislu razvoja dualnog studija ne smije izostati pomoć preduzećima (posebno MSP i mikro-preduzećima), fleksibilni putevi učenja, mobilnost, profesionalno usmjeravanje, učenje i promocija kod stanovništva o dualnom modelu, transparentnost kao i osiguranje kvaliteta i praćenje osoba sa diplomom. Posebno je bitno naglasiti da polaznicima dualnog studija treba jasno otvoriti perspektive da oni koji su nadareni i vrlo uspješni u školovanju i posle u radu u kompanijama, nisu zauvijek zatvorena vrata za dalje školovanje i napredovanje u karijeri. Do preporučenog modela studija bilo da su u pitanju tehničke nauke, ili neko drugo naučno polje, ne može se doći samo donošenjem zakona nego je za to potreban predani rad godinama. U tom smislu preporuka je da se krene sa manjim fondom sati ili respektivno ECTS bodova u prvim godinama provedbe (npr. do 20% fabričke nastave u prvim godinama primjene) koje bi se onda sa svakim inoviranjem nastavnih planova i programa (curriculuma)

podizale npr. po 10% do dostizanja nivoa od 50-60% nastave koja bi se odvijala u fabričkom okruženju.⁷



Slika 1. Preporučeni model dualnog studija na tehničkim naukama u BiH

S obzirom na stanje poslovnog sektora niti jedna zemlja ne može sve studijske programe imati u akademskom i strukovnom modelu. Zato je pravilno prepoznavanje potencijala poslovnog sektora svakog regiona u kome univerzitet radi ključno za definisanje nacionalnih kriterija obrazovanja u ovom sektoru.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Stalna tema VŠU je povezivanje obrazovanja sa tržištem rada i njegovim realnim potrebama. U posljednjoj deceniji jedna od top tema koja povezuje ove diskusije je dualni model studija i njegov razvoj u BiH i zemljama regiona. Nažalost proces implementacije ovog modela je ekstremno spor i opravdanje njegove složenosti, nepostojanja poslovnog ambijenta, nedostatka zakonske legislative, problema finansiranja i dr. ne opravdava ključne aktere za ovakvu sporost u realizaciji. Jasno je naglašeno da nisu svi sektori obrazovanja jednako prilagodljivi dualnom modelu studija. U svojim dokumentima iz 2017.godine EU je posebno pocrtala 6 oblasti za koje će podržati evropska partnerstva u razvoju dualnih studija (automobilska industrija, odbrana, pomorske tehnologije, svemirske-geo informatika, tekstilna industrija, odjeća od kože i obuća te turizam). Ova lista je oktobra 2017.godine dopunjena sa još 6 područja (konstrukcije, čelik i papir, zelene tehnologije i obnovljivi izvori energije, aditivna proizvodnja i pomorski saobraćaj).⁸ I na nama je da definišemo naše sektorske prioritete. Nakon toga slijede ozbiljne studije izvodljivosti. Nakon utvrđivanja prioriteta oblasti i urađenih studija izvodljivosti neizostavno bi trebalo raditi na zakonskoj legislativi (uraditi hitno zakone o dualnom obrazovanju u visokoškolskom sektoru kao i druge podzakonske akte i dokumenta), promovisati aktivno uključivanje socijalnih partnera u osmišljavanje programa dualnog obrazovanja, upravljanje tim programima i njihovo provođenje, u skladu s nacionalnim sistemima industrijskih odnosa te praksama u obrazovanju i osposobljavanju.

7. REFERENCE

- [1] European Framework for Quality and Effective Apprenticeships: Questions and Answers, Brussels, 5 October 2017
- [2] RECOMMENDATIONS- COUNCIL RECOMMENDATION of 15 March 2018 on a

⁷ D.Petković: RAZVOJ DUALNOG OBRAZOVANJA NA BIH UNIVERZITETIMA – JEDAN KORAK NAPRED I DVA NAZAD; Zbornik, Kvalitet 2021.MF UNZE

⁸ European Framework for Quality and Effective Apprenticeships: Questions and Answers, Brussels, 5 October 2017; www.europa-nu.nl/id/vki7g1f7ocya/nieuws/european_framework_for_quality_and?ctx=vi03gxem3fzg

- European Framework for Quality and Effective Apprenticeships (2018/C 153/01)
- [3] SERI (2017): „ Vocational and Professional Education and Training in Switzerland, Facts and Figures 2017“)
- [4] Petković D.; RAZVOJ DUALNOG OBRAZOVANJA NA BIH UNIVERZITETIMA – JEDAN KORAK NAPRED I DVA NAZAD - DEVELOPMENT OF DUAL EDUCATION AT BIH UNIVERSITIES - ONE STEP FORWARD AND TWO BACK; ”QUALITY-KVALITET 2021”, Neum, B&H, 21. – 23. Juni 2021.; 12thScientific-skill conference with international participation: Quality 2021“, Neum, B&H, June 21-23, 2015; Zbornik/Preceedings ISSN 1512-9268 ed.Brdarevic S.-Jasarevic S., str. 144-150, Zenica, jun, God.XII, Broj 1, 2021.
- [5] DUALSCI – STRENGTHENING CAPACITIES FOR IMPLEMENTATION OF DUAL EDUCATION IN BH HIGHER EDUCATION – JAČANJE KAPACITETA ZA IMPLEMENTACIJU DUALNOG OBRAZOVANJA U SEKTORU VISOKOG OBRAZOVANJA U BIH; Organizacijsko-razvojni projekt; PROJEKT NO. 610251-EPP-1-2019-RS-EPPKA2-CBHE-SP (STRUKTURALNI PROJEKT). EU PROGRAM ERASMUS+, 2019-2022,
- [6] Petković D., Subašić L, Hadžikadunić F., Čabaravdić M.: PRILOG RAZVOJU KONCEPTA DUALNOG OBRAZOVANJA U AKADEMSKOM SEKTORU ZAPADNOG BALKANA NA BAZI ISKUSTVA MAŠINSKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U ZENICI NA KREIRANJU JEDNOG STUDIJSKOG PROGRAMA; Zbornik radova sa konferencija KODIP 2017, Budva, juni. Univerzitet Crne Gore.
- [7] Petković D., Kukić D., Hadžikadunić F., Čabaravdić M.: PERSPECTIVES OF DUAL EDUCATION SYSTEM AT THE UNIVERSITY LEVEL IN BOSNIA AND HERZEGOVINA; 2thInternational Conference; “Research and Education in Natural Sciences – Skhodra 2018”, 8th International Conference, Key-note, Article, 2018. ISBN 979-9940-512-33-4, pp. 16-22, ISSN 2303-4521, Vol. 8 No. 2(2017).
- [8] Kruno Hernaut: Anliza i potrebe za kadrovima u koncernu SIEMENS – Human Resource Management, Konferencija, Oslo, 2002.
- [9] Dragana Jokić-Stamenković: Dualne studije ne znače manje „bubanja“; Politika, 06.04.2021
- [10] Z A K O N O DUALNOM MODELU STUDIJA U VISOKOM OBRAZOVANJU; Srbija, http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/predlozi_zakona/2019/1870-19%20-%20Lat..pdf
- [11] Solicitud de participación en el reconocimiento o Sello de Calidad de Formación Universitaria Dual; Agencia del Calidad Sistema Universitario Vasco, Bilbao, 2019.
- [12] Wilfried Hesser: Implementation of a dual system of higher education within foreign universities and enterprises; ISBN 978-3-940385-42-0; Helmut Schmidt University, Hamburg, 2018.
- [13] Federal Act on Vocational and Professional Education and Training; (Vocational and Professional Education and Training Act, VPETA) of 13 December 2002 (Status as of 1 January 2019) The Federal Assembly of the Swiss Confederation, based on Art. 63 of the Federal Constitution¹, having considered the Federal Council Dispatch of 6 September 2000.
- [14] Spearl L., Kovacevic A.,Petković D.; ANALYSIS OF DUAL HIGHER STUDY PROGRAMMES IN GERMANY, AUSTRIA AND SPAIN AND RECOMENDATION FOR WEST BALKAN COUNTRIES; ”QUALITY- KVALITET 2021”, Neum, B&H, 21. – 23. Juni 2021.; 12thScientific-skill conference with international participation: Quality 2021“, Neum, B&H, June 21-23, 2015; Zbornik/Preceedings ISSN 1512-9268 ed.Brdarevic S.-Jasarevic S., str. 14-22, Zenica, jun, God.XII, Broj 1, 2021.(uvodni referat/keynote speak)
- [15] Dalibor P. Drljača: HORIZONT EVROPA 2021-2027- Napredna generacija istraživanja i inovacija, Univerziteti klinički centar Banja Luka-projektni biro; Banja Luka, 2021.
- [16] Službene novine ZDK 12/22 od 07.07.2022. član 124

SEAMAN'S ROLE IN SHIP'S TECHNICAL SUPERVISION

mr Igor Petrović
Univerzitet Crne Gore, Pomorski Fakultet Kotor

ABSTRACT

Technical supervision is very complex and demanding task, which creates enormous responsibility to all involved parties. It actually starts from the ships' sketch and ends with ships' scraping. In this long period, safety of the vessel, environment and people mainly depends on various set standards which are implemented and controlled through technical supervision. The weight of this task is mainly carried on the classification society's shoulders, however in such dynamic and sophisticated environment it is very easy to overlook some of the tasks. This error may stay unnoticed for long period and become apparent when it is least expected. When surfaced it could cause just a headache to operator, or it could cause disaster. Therefore role of a seaman that is expert in the field can significantly reduce the chance for the error and thus keep the ship safe and pleasant throughout its use.

Key words: technical supervision standards, issues, improvement

1. INTRODUCTION

Technical supervision is well described task, governed by specific rules and regulations, but still very complicated and responsible. It represents the set of specific surveys and inspections with the aim of confirming that ship's building, documentation and operation are complying with all established requirements. The final objective is to have safe operation of the vessel, safe life at sea and protected environment. Its significance may best be seen within ship-building and ship's repair processes.

What will be the outcome of these processes and whether the new-built or repaired vessel will be up to standard mainly depends of quality of the technical supervision.

Technical supervision is generally conducted by the Classification societies and their representative. However in such an environment, some valuable issue may easily remain unnoticed. Therefore, additional pair of eyes from the experts in the field (active and experienced seafarer) may be essential.

In this paper, seaman's role in this process will be investigated. The research is divided in four parts. Section 2 covers explanation of technical supervision.

Section 3 is dedicated to specifications and tests that need to be conducted in the shipyard, with special attention to seafarer's role.

Practical examples of negative impact on low-quality technical supervision has been highlighted in the section 4.

Methods and models that may increase the quality of these processes and explanation of the benefits that experienced seafarer's participation bring into it are described in section 5 and final conclusion.

2. TECHNICAL SUPERVISION

2.1 Ship building and ship's repair

Ship-building and ship repair are very demanding, complex and critical projects. Letter may be less stressful since owner and his representatives are familiar with the ship and they know well what is required to be done in repair dock. However, the first may be expressed as 'pulling the wool over someone's eyes'.

Ship is very sophisticated and complicated system. Someone could say it is a small floating (sailing) city, providing all the needs - from normal living for their occupants to its final purpose of transferring large amount of goods by sea. Buying a new ship is not only great technical challenge, but it is enormous financial risk. For that reason there are many regulations, rules, recommendations, guidance that are governing ship building and its delivery. These legislative norms follow ship building right from the scratch until final take over by ship's crew.

Once the Owner has decided that demand for new ship is justified, his technical team will decide what specifications the vessel is actually required to fulfill. After all details have been agreed, and the Owner decides which shipyard is providing the best offer, he is signing the building contract.

'The contract defines the rights and responsibilities of the two parties that execute the contract, the Owner and the Contractor [1]'.

Repairing contract, as it may be presumed, doesn't require so many details and insurance as shipbuilding contract. First of all, financial risk is significantly smaller, repair doesn't take so much time as construction of a new ship, and finally, vessel was already in service with its performance well proved. However, any low-standard repair or delay may affect ship's business and most of the companies approach it with due regard.

In order to implement adequate technical supervision it is obvious that certain rules must be established so that completed work may be compared to set standard.

One of the most common standard used for shipbuilding and repair is recommendation No.47 - Shipbuilding and Repair Quality Standard, published by International Association of Classification Societies (IACS) [2].

The standard covers all details regarding quality of materials that must be used, limitations that must be followed, qualification of personnel, procedures for welding, remedial etc.

On the top of it there is also classification society standard that ship must comply with. Shipbuilding and ship repair is not just related to structural design and quality of materials fabricated. It also refers to equipment and systems that are fitted on board and used by ship's crew. Same as with structure, all of these items must satisfy various strict rules and regulations which are mainly set by the flag state and class, various International Maritime Organization (IMO) Codes or even societies that are related to certain type of the vessel (e.g. The International Code of the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code), The International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), The International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (BC Code) etc.). Certainly, conventions as Safety of Life at Sea (SOLAS), The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), Load Line, and Codes as The International Management (ISM) and The International Ship and Port Facility Security (ISPS) also have a lot of rules and regulations that should be implemented during these processes. Obviously, there are tons of materials that need to be researched, collected and implemented. Therefore it is very important that technical supervision for all (between so many) requirements is properly set and that there are strict procedures that must be followed. Only in this way it may be assured that nothing will be overlooked.

2.2 Technical supervision during ship's building and repair

Main task of technical supervision is to confirm that the vessel is complying with all statutory, classification societies and other rules aimed for safe transport of goods by sea. It covers not only supervision during shipbuilding but various and numerous inspections before and during vessel's service. Many parties contribute to its practical implementation.

Technical supervision includes [3] :

- Approval of technical documentation for new shipbuilding or existing ship conversion
- Type approval for machinery, equipment and systems fitted on board
- Supervision during ship building or conversion
- Inspection of the ship in service
- Determination whether shipyard is proficient to build the ship in compliance with relevant rules related to protection of life, property and environment

Inspection of the vessel before the first service and while in service is also a part of the technical supervision. Depending of the requirements that inspections are required to verify, they could be divided into:

- Class inspection
- Compulsory (Statutory) inspection
- Other types of inspection

This may be clearly presented on the following figure:

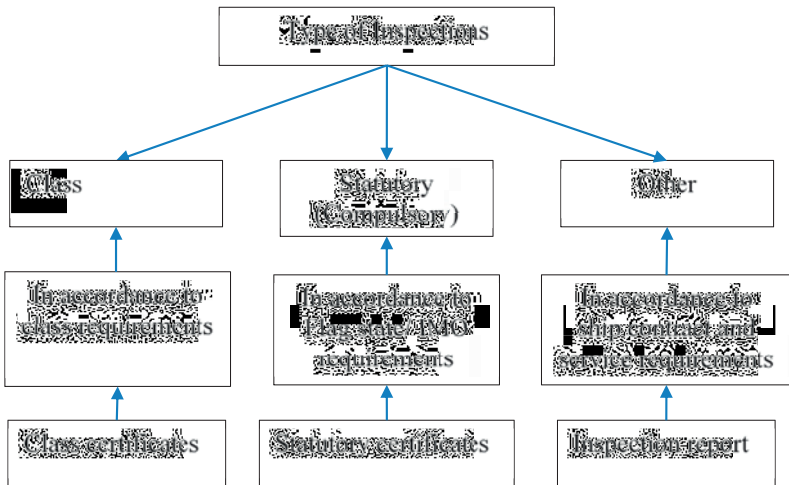


Figure 1. Working scope of the various types of inspections [3]

Depending of the period, inspections could be divided into:

- Annual inspections – which are carried out on yearly basis for certificate renewal, equipment renewal or test etc.
- Periodic – which are carried out at regular or irregular intervals for class requirements, flag state requirement, Port State Control (PSC) requirement, business requirement (Chemical Distribution Institute - CDI, Ship Inspection Report Programme - SIRE inspections) etc.

It should be highlighted that criteria for inspections are set by various standards (either legislative or best practice guidance). These standards are under constant improvement based on researches in order to adopt preventive measures or in order to adopt corrective measure based on the results of some unforeseen events.

For example some researches are focused on corrosion analysis and structural strength control measures which give indication when and which parts should be renewed, thus preventing structural failures [4] [5] [6] [7] [8].

To be able to monitor relevant structural part, first it is required to determine which parts are ‘vulnerable’. This may be based on experience or, what is more precise and convenient, by installation of system that monitors the hull stress.



Figure 2 - Typical hull stress monitoring system (with electric sensors) [9]

Data obtained from these sensors in combination with data obtained from sensors for corrosion detection (table 1) gives excellent indication of structural parts fatigue and deformation.

Table 1 - Methods for corrosion detection and their characteristics [4]

Methods	Characteristics
Optical fiber corrosion sensors	High resolution, the early detection of corrosion
Electrochemical method	Measuring is quick and highly precise; the possibility of the continuous monitoring of corrosion processes and the identification of corrosion mechanisms

As well, these data may be used for various analysis [6] [7] and construction of predictive mathematical models [5] [8], what creates excellent tool for ship-owners to detect the potential problem and apply proactive measure.

By simple comparison of real measurement and pre-described values, ship owners can easily detect if their structural parts are within ‘critical’ condition and take appropriate steps.

These are all examples how shipbuilding and repair processes may be improved, and how various researches made in this field contribute towards numerous benefits i.e. cost and time reduction, quality improvement, better competitiveness etc.

3. MEETING REQUIRED SPECIFICATIONS AND SEAMAN’S ROLE IN THESE PROCESSES

Sea trial presents series of tests that are required to demonstrate proper performance of a new ship or proper operation of all machinery and parts that have been affected during dry dock period.

In order to avoid any misunderstanding during the trial or missing any of the required tests, there is a recommended procedure set by The International Organization for Standardization (ISO) [10] [11]. As stipulated by this standard, the aim of sea trials is to demonstrate that the vessel is in conformity with contract and with requirements of classification societies and flag authorities. It is very important to note that sea trials shall be executed in a suitable area where risk of collision, damage to the ship or equipment, and interruption of the process are eliminated or minimized.

Tests that must be conducted are often divided into following groups:

- On board test procedure for Accommodation
- On board test procedure for Electric parts (Machinery control in E/R)
- On board test procedure for Electric equipment
- On board test procedure of Hull Outfitting
- On board test procedure for Piping
- On board test procedure for Engine Room equipment

These tests actually present the area where seaman’s role is fully expressed and brought into focus.

However, complexity and anxiousness of taking over the new-building or ship after repair in dry dock is well known to all seafarers that have ever experienced such process. In order to confirm this statement an individual interview has been held with ten experienced seaman.

First five questions were general, to obtain info about interviewee’s experience at sea and shipyard. Next six questions were focused on interviewee’s actual experience they had in the shipyard. And finally last five questions were focused on their attitude towards seaman’s role in these processes.



Figure 3 - Interviewees' rank and experience [12]



Figure 4 - Interviewees' ship building and ship repair experience (How many times interviewee was involved in shipbuilding or ship repair process?) [12]

Interviewees had various experience in the shipyard, but generally all of them are listing similar positive/ negative effects of these processes and have certain degree of inconvenience to actually take a part in it:



Figure 5 - Interviewees' convenience to take over newbuilding or visit dry dock with the ship [12]

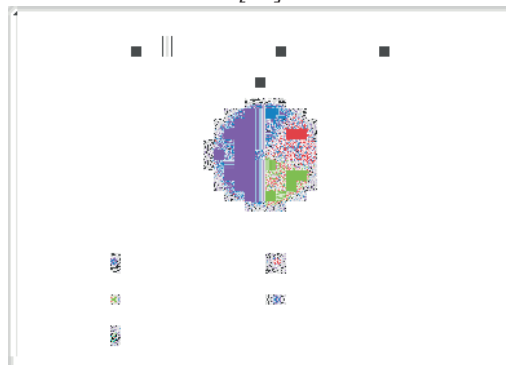


Figure 6 -Interviewees' concurrence with positive experience in shipyard or dry dock [12]

It is interesting to note that most of the interviewees have stated that visiting the shipyard is very interesting and challenging. They also agreed that it is an excellent opportunity to improve experience and knowledge, but are not eager to be part of it due to enormous stress and overload.

Related to seaman's role in these processes, all of them had the same attitude that their active involvement is essential. As well, all of them had many cases that relevant supervisors omitted to detect issues that could have significant impact on ship's operation.

As an answer to question how it is possible that ship's crew finds out the issues that relevant supervisors fail to notice, all of the interviewees stated it is motivation and experience. They all agreed that ship's crew is anxious to detect the problem because it may have high negative impact in the future, and that crew has more experience in working with particular equipment thus making detection process easier for them.

Many instruments and techniques are introduced to minimize the risk of overlooking or missing some of the tasks in the shipbuilding or ship's repair process. However, this problem still exists and one of the possible reasons is inappropriate supervision, what could be proved through following practical examples.

4. PROBLEMS RAISED DUE TO INADEQUATE TECHNICAL SUPERVISION

As an evidence that omissions occur during supervising process, below is attached list of the issues detected by the ship's crew during shipbuilding process. Subject Company is acclaimed as one of the biggest in the world and one of the leading in safety. As well, subject shipyards is located in Japan. Actual list was much longer (there were total 40 observations), but for the subject of this paper it has been reduced (list is presented just to highlight the importance of proper supervision).

Table 2 - List of observations raised by ship's crew during taking over in Japan [13]

Ship's type	VLCC	Yard	Japan
No.	Explanation of observation raised by ship's crew		
	Lifeboat brake not on safe place (there is no railings protecting the operator from accidental fall in the sea)		
1.	Cable pipe under the lifeboat obstructing approach to Lifeboat Embarkation ladders (height of pipe about 20cm)		
2.	MW brakes are not tested, adjusted and marked for wire rope that will be used (adequate SWL, diameter).		
3.	Starboard aft and forward center bits are not located on safe place regarding angles to drum ends.		
4.	There is no safe access from Pilot ladder to deck (if only Pilot ladder used)		
5.	Safety walkways not existing on deck sides		
6.	No O2 sensor on vapor return line		
7.	Pressure gauges not calibrated (tested) once installed		
8.	Valve indicators in CCR are not correct		
9.	Split drums are not of good design for easier handling of the wire (splitter not curved on the edge)		
10.	On the beginning of sea trial high temperature of M/E jacket cooling water was activated followed by low pressure of the same. After this issue was sorted out, temperature was unstable (hunting)		
11.	Lagging fitted on many pipes, but has not been fitted around flanges		
12.	High vibration of FO inlet line of Hope filter, additional bracket should be provided to prevent line cracks		
13.	High vibration (very big movement) of main engine observed especially around 56 rpm and on full load		
14.	COPT, observed big temperature different between pump upper and lower bearings. No.1= 41/27, No.2=42/35, No.3=47/27		
15.	Wire rope of pump room ventilation damper damaged, new wire required to be fitted		
16.	Cable gland of Junction Box EW-JB1 (workshop) not fitted		
17.	Various flood light projectors on deck not grounded		
....			
40	Gas detector heads located in the P/R are not of hazardous type (P/R is located in hazardous area, the label on the head states 'DO NOT USE IN HAZARDOUS AREA')		

Most of the listed observations, especially those related to safe operation of the ship were rectified before the final delivery. Others that were not corrected were put on Guaranty Claim list for further investigation and follow up.

Another example of the problem caused by inadequate technical supervision is related to dry dock. The accident involved cargo migration between two tanks on Very Large Crude Carrier (VLCC) on her first voyage after dry dock repair. Full incident investigation has been carried out [14], however for this paper it would be stated that outcome of the investigation was detection of the root cause – inadequate standards in the shipyard and inadequate supervision.

5. MEASURES TO IMPROVE PROCEDURES AND CREW EFFECTIVENESS IN TECHNICAL SUPERVISION

Shipbuilding process consists of numerous stages and involves numerous sources. It may be defined as composite function with multiple variables. Failure of each function or even slightest deviation of input variables causes delay in delivery or increment of costs. Therefore, quite a few models and studies have been explored for process optimization.

A function-oriented quality control (FOQC) method for shipbuilding has been introduced by Hongdong Wang et al. in 2018 [15]. The method aims to identify and calculate the effect of the failure of each function of the shipbuilding process and depending on the results create corrective controls and improve quality. It consists of two parts. First part is decomposition of ship construction process to its sub-functions. Second part includes identification of weak links in the process, determination of its effects and finally establishment of controls and measures for improvement. This part is based on failure mode and effects analysis (FMEA) method.

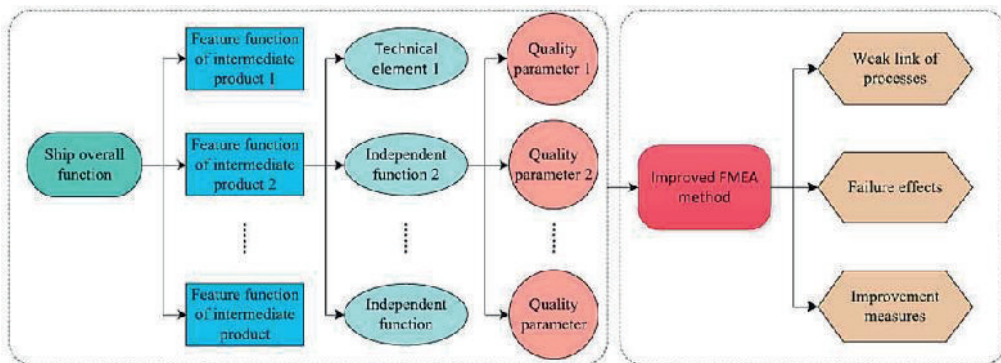


Figure 7 – Flowchart of FOQC [15]

Knowledge and experience represent the core in detecting the possible failures (FMs) in the overall process. Although shipbuilding experts are able to determine most of the causes, it must be pointed out that many of these faults are detected afterwards in the field. And that is where seaman's role is undeniable.

Mechanism that could exploit experience from the field (experience gained by seafarers) to shipbuilding process is knowledge transfer.

The importance of knowledge transfer in shipbuilding industry was explained precisely and in detail by Solli-Sæther and Karlsen [16]:

'Building ships on time, within budget and fulfilling technical requirements are important factors in commercial shipbuilding. However, experience has shown us that shipbuilding projects sometimes have difficulties reaching these goals because they do not employ best practice'...

In shipbuilding projects there is a need for transferring users' knowledge to the development process, especially in the key shipbuilding phases. However, in many circumstances, we believe that knowledge in the shipbuilding industry is mostly tacit knowledge and highly based on individuals' experience and perceptions

If the shipbuilding process is based solely on the shipyard experience in building the ship, there would be slight or no benefit to the end-user (i.e. ship-owner and crew). If seaman's experience with the design of the vessel and systems fitted on board is not 'perceived' then all potential problems will never be corrected.

Putting into effect FOQC and knowledge transfer models in shipbuilding business makes such a powerful tool for the quality control and overall development. Still, one could expect that failure or oversight will happen in such sophisticated environment. The last line of defense could be experienced seafarer again. But in this case experience must be related not only to vessel's operation but tasks completed in shipyard.

Sending ship's crew to gain experience in the shipyard is profitable on several ways. On one hand, crew is obtaining the knowledge that could not be gathered during normal ship's operation. Familiarity with these delicate and unusual operations may be of paramount importance in the case of emergency (lowering the lifeboat while vessel is underway, crash test, operation of safety valves, lowering the anchor at deep sea, would all be rarely experienced in sea life, but are more than useful in real life scenarios). Operation and dismantling of some equipment may be seen for the first time, what will again be beneficial if it needs to be overhauled at sea by ship's crew. This specially refers to equipment maintained at long term periods. And finally, crew will gain enough experience to notice any abnormality in the shipbuilding and ship repair operation in the future.

6. CONCLUSION

This research has described technical supervision as controlling measure that ensures required standards will be thoroughly complied with. As well, it revealed the key role of the experienced crew in detecting various issues and acting as last barrier against its negative effects.

Seaman's role in ship-building and ship's repair processes has been indubitably validated through various practical examples.

Being involved in ship repair or taking over new shipbuilding is causing high stress [12]. Being there for the first time is 'nightmare', and one would probably try to avoid it. But participating in these processes just to gain experience will certainly be challenging and preferable, what has been agreed by most interviewees. Shipping companies should take benefit out of this fact.

Knowledgeable and experienced crew has double impact on ship's operation. Not only that crew acts as additional control to reduce risk, but through knowledge transfer model, best practice may be implemented in ship's design task.

Crew without stress will increase their situational awareness and productivity thus creating additional motivation. Giving opportunity to learn is building mutual commitment that will return with more safe and less risky ships.

7. REFERENCE

- [1] Kenneth W Fisher, Fundamentals of shipbuilding contracts, Fisher Maritime Consultant group, New Jersey, 2008
- [2] International Association of Classification Societies - IACS, Rec No.47 - Shipbuilding and Repair Quality Standard, Rev 5, 2010
- [3] Ivošević Špiro, Tehnike pregleda i nadzora broda – skripta za studijski program Nautike, Fakultet za pomorsvo, Kotor, 2014
- [4] Beko Mirjana, Ivošević Špiro, Dlabač Tatjana: Application of Sensors in the Corrosion Monitoring of the Ship's Structural Parts, 25th International Conference on Information Technology (IT) Zabljak, 16 - 20. February, 2021.

- [5] Ivošević Spiro, Drégelyi-Kiss Ágota: Application of regression analysis on some thickness measurement data collected for inner bottom plates of aging bulk carriers, International Scientific journal 'Trand & Motauto World', Year V, Issue 3, pp 83-87, 2020
- [6] Ivošević Špiro, Kovač Nataša: The reliability of watertight longitudinal girders of fuel tanks on aging bulk carriers, International Maritime Science Conference at Varna, 2021
- [7] Ivošević Špiro, Kovač Nataša, Vukelić Goran, Momčilović Nikola: Analysis of corrosion depth percentage on the inner bottom plates of aging bulk carriers with an aim to optimize corrosion margin
- [8] Ivošević Špiro, Meštrović Romeo, Kovač Nataša: A Probabilistic Method for Estimating the Percentage of Corrosion Depth on the Inner Bottom Plates of Aging Bulk Carriers, Jurnal of Marine Science and Engineering, 2020.
- [9] Global Maritime Engineering Company: Products for hull stress monitoring, http://www.gmeng.com/sub/gme_hsmstes_catalog.pdf, (access 15.03.2022)
- [10] International Standard Organization (ISO): ISO 19019:2005 - Sea-going vessels and marine technology — Instructions for planning, carrying out and reporting sea trials, ISO, 2005
- [11] International Standard Organization (ISO): ISO 15016:2015 – Ship and marine technology – Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data ISO, 2nd Edition, 2015
- [12] Petrović Igor: Interview questionnaire 'Seamen's role in technical supervision (new-building or dry dock)', Kotor, 2022
- [13] Petrović Igor: List of the observations raised during taking over the new shipbuilding in Japan.
- [14] Petrović Igor: Incident Investigation Report for Cargo Migration, London, 2013
- [15] Hongdong Wang, Yongjin Guo, Xiaofeng Liang & Hong Yi: A function-oriented quality control method for shipbuilding, Ships and Offshore Structures, DOI:10.1080/17445302.2018.1493910, July 2018
- [16] Solli-Sæther Hans, Karlsen Jan Terje: Knowledge transfer in shipbuilding projects: a study of facilitating mechanisms, Int. J. Project Organization and Management, Vol. 4, No. 3, pp.256–271, 2012

DEFINISANJE MODELA ZA VREDNOVANJE EFEKATA SISTEMA OKOLINSKOG UPRAVLJANJA PREMA STANDARDU ISO 14001

DEFINITION OF THE MODEL FOR EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM ACCORDING TO ISO 14001

Dr. sc. Vehid Birdahić, docent
Dr. sc. Nusret Imamović, vanredni profesor
Mr. sc. Mirnes Duraković
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Metalurški institut, Zenica
Dr. sc. Miodrag Hadžistević, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

REZIME

U radu je primjenom višestruke regresione analize definisana matematička funkcija i razvijen višestruki regresioni model za vrednovanje efekata uvođenja sistema okolinskog upravljanja (EMS) po standardu ISO 14001. Na temelju razvijenog modela je dokazano da se postignuti efekti uvođenja EMS prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora mogu vrednovati na osnovu:

- primjene svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001,*
- uloge menadžmenta organizacija i svjesnosti zaposlenika o svim uticajima na okoliš, i*
- uspostavljanja procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenja internog audita kao dokaza usklađenosti sa sistemom okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001.*

Primjenom testa značajnosti koeficijentata multiple regresije između zavisne i tri nezavisne varijable proračunata vjerovatnoća 0,019 je manja od praga signifikantnosti 0,05, čime je dokazano da je predviđanje varijabli statistički značajno. Konstatovano je da je model primjenjiv alat za vrednovanje efekata EMS u organizacijama, te da se primjenom modela mogu na pouzdan, brz i jednostavan način vrednovati postignuti efekti uvođenja i primjene EMS po zahtjevima standarda ISO 14001.

Ključne riječi: sistem okolinskog upravljanja, vrednovanje efekata, regresioni model.

SUMMARY

In the paper, by applying multiple regression analysis, a mathematical function was defined and a multiple regression model was developed for evaluating the effects of the introduction of an environmental management system (EMS) according to the ISO 14001 standard, can evaluate based on: -application of all requirements of the environmental management system according to the ISO 14001 standard, -the role of organization management and employee awareness of all environmental impacts, and -establishment of procedures, documentation, control of records and implementation of internal audit as evidence compliance with the environmental management system according to the ISO 14001 standard.

Applying the significance test of the multiple regression coefficients between the dependent and three independent variables, the calculated probability of 0.019 is lower than the significance threshold of 0.05, which proves that the prediction of the variables is statistically significant. It was established that the model is an applicable tool for evaluating the effects of EMS in organizations, and that by applying the model, the achieved effects of the introduction and application of EMS according to the requirements of the ISO 14001 standard can be evaluated in a reliable, quick and simple way.

Key words: environment management system, evaluation of effects, regression model.

1. UVOD

Okolinsko upravljanje, u svrhu održavanja prirodnih životnih osnova, je imperativ za čovječanstvo i mora biti obaveza i osnova poduzetničkog djelovanja. Time se u značajnoj mjeri doprinosi trajnijem uspjehu i razvoju organizacije u skladu sa prirodom. Elementi ostvarenja takve politike razvoja su:

- minimiziranje zagađenja okoliša,
- efikasno iskorištavanje prirodnih resursa,
- odgovarajući tretman otpadnih materijala,
- neprekidna aktivnost na poboljšanju procesa,
- kontinuirano mjerenje emisije, imisije, kvaliteta vode i meteoroloških parametara, i
- informacijski sistem za stalno praćenje uticaja na okoliš. [1]

Sistem okolinskog upravljanja EMS (engl. Environment Management System) je sistem kojim organizacije poboljšavaju svoje karakteristike, minimiziranjem štetnog uticaja na okoliš. Ostvaruje se kontrolom aspekata okoliša koji negativno utiču na okoliš. [2]

ISO 14000 je najpoznatiji EMS koji se primjenjuje širom svijeta. Standarde serije ISO 14000 treba shvatiti kao pomoć da se smanje štetni uticaji aktivnosti (kao i proizvoda i usluga) organizacije na okoliš, što predstavlja obavezu po okolinskim propisima ili okolinsku politiku organizacije koja hoće da poboljša svoj imidž i na taj način da ostvari prednosti na tržištu. Sektor metalske industrije obuhvata sve proizvodne i uslužne djelatnosti, čiji procesi rada podrazumijevaju: izradu, preradu, montažu dijelova, sklopova ili struktura velikih razmjera od metala kao i sve djelatnosti koje se bave projektovanjem, razvojem i optimizacijom istih. Metalska industrija zauzima ključno mjesto u strukturi industrije i privrede svake industrijski razvijene zemlje.[3] Sektor metalske industrije sačinjava: metaloprerađivačka grana, mašingradnja, automobilska industrija, proizvodnja električnih mašina i brodogradnja. Emisije u zrak, odlaganje otpadnih nusproizvoda te ispuštanje tehnoloških otpadnih voda iz metalnog sektora su ključni problemi okoliša.

Okolinski efekat predstavlja mjerljive rezultate koje neka organizacija postiže u zaštiti okoliša i održivog razvoja bez obzira da li ima, ili nema uspostavljen sistem okolinskog upravljanja. Efikasan način za vrednovanje efekata EMS kod različitih organizacija metalnog sektora (metaloprerađivačka, livnice čelika i obojenih metala, mašingradnja) jeste razvoj modela, kojim se omogućava objektivna uporedna analiza efekata okolinskog upravljanja prema istim kriterijima. Prikupljanje podataka za ovo istraživanje u certificiranim organizacijama metalnog sektora u BiH, izvršeno je korištenjem posebno kreiranog anketnog upitnika kao i mjerenjem emisija otpadnih tokova iz organizacija.[4] Anketni upitnik je koncipiran na najprikladniji način predmetu i ciljevima istraživanja, tako da je što sadržajiniji i razumljiviji za prikupljanje podataka, informacija i stavova od odgovornih osoba u organizacijama, te da se istim prikupe svi relevantni izmjereni podaci.[5] U ovom radu je izvršena analiza i ocjena uticaja i postignutih efekata uvođenja EMS prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalske industrije u BiH i definisan je model za vrednovanje postignutih efekata uvođenjem EMS po zahtjevima standarda ISO 14001.

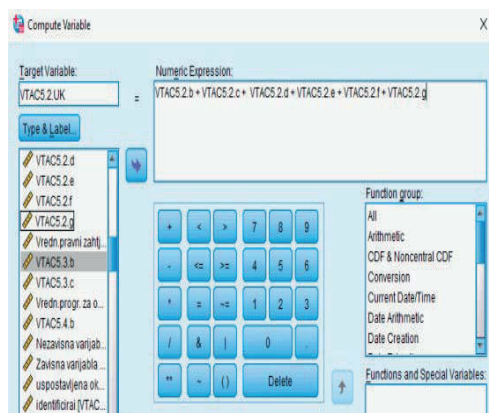
2. TRANSFORMACIJA I GRUPISANJE PRIKUPLJENIH PODATAKA O VREDNOVANJU EFEKATA OKOLINSKOG UPRAVLJANJA SA DEFINISANJEM VARIJABLI

Vrednovanje odnosno ocjenjivanje postignutih efekata sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001 obavljeno je prema prikupljenim podacima iz istraživanih organizacija. Svi prikupljeni podaci kroz odgovore iz petog dijela upitnika su uneseni u editor za podatke Variable View u softveru IBM SPSS Statistics.[6] Za svako pitanje iz ovog dijela upitnika je dodijeljena varijabla sa nazivom. Pitanja su koncipirana kao stepen slaganja ispitanika sa

određenim tvrdnjama iznesenim u pitanju, a odgovori su dati prema petostepenoj skali od nezadovoljavajućeg do odličnog stepena. Potrebne transformacije su izvršene korištenjem naredbi u izborniku uz primjenu kartice Transform, koristeći naredbu u izborniku Compute Variable, kao što je prikazano na Slici 1.

	VEFZAHT	rz	VEFPRODOKnez
1		85	119
2		99	135
3		115	150
4		109	145
5		79	114
6		111	148
7		56	75
8		102	135
9		88	116
10		109	143
11		115	150
12		112	137
13		84	108

Slika 1. Izbornik za korištenje naredbe za transformaciju podataka Transform



Slika 2. Korisnički prostor u prozoru za primjenu naredbe Compute Variable

Na Slici 2. prikazan je otvoreni prozor naredbe Compute Variable na kojem se vidi način transformacije u polju Target Variable sa novim imenom varijable VTACS2.UK, koja je objedinjena na osnovu podataka za pojedinačno imenovane varijable u polju Numeric Expression. Prikupljeni podaci kroz odgovore ispitanika su prvenstveno objedinjeni po tačkama, a zatim transformisani grupisanjem i objedinjavanjem tačaka koje se odnose na istu problematiku. Tako je dobivena jedna nova transformisana zavisna i tri nove nezavisne varijable, koje utiču na zavisnu i kojima se ista može opisati odnosno predviđati. U Tabeli 1. je prikazan naziv transformisane zavisne varijable kojoj je dodijeljen skraćeni naziv ZV.

Tabela 1. Sadržaj zavisne varijable prema brojevima i nazivima tačaka

Poglavlje 4 upitnika: Efekti uvođenja standarda ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora			
	Broj tačaka	Naziv tačke	Broj pitanja
ZAVISNA VARIJABLA - ZV	4.1.	Efekti uvođenja standarda na emisije u zrak	7
	4.2.	Efekti uvođenja standarda na produkciju otpadnih materijala	9
	4.3.	Efekti uvođenja standarda na fizičko-hemijske karakteristike ispuštenih tehnoloških otpadnih voda	19
	4.4.	Efekti uvođenja standarda na organizacijsko-menadžerske poslove	8
	4.4.1.	Efekti uvođenja standarda na tehnološki proces proizvodnje	9
	4.4.2.	Efekti uvođenja standarda na finansijsko poslovanje	5
	4.4.3.	Efekti uvođenja standarda na zaposlenike, lanac dobavljača i kupce	16

Tabela 2. prikazuje nazive transformisanih nezavisnih varijabli prema prikazanim brojevima i nazivima tačaka u kojima su obrađeni podaci dati kao odgovori na postavljena pitanja o vrednovanju, tj. ocjenjivanju efekata uvođenja EMS-a prema standardu ISO 14001.

Tabela 2. Sadržaj nezavisnih varijabli prema brojevima i nazivima tačaka

Poglavlje 5 upitnika: Vrednovanje-ocjenjivanje (zahtjeva, uloge rukovodstva i uspostave procedura,dokumentacije i zapisa) sistema okolinskog upravljanja uvođenjem standarda ISO 14001			
	Broj tačaka	Naziv tačke	Broj pitanja
NEZAVISNA VARIJABLA - NZ ₁	5.1	Ispunjenost općih zahtjeva EMS-a uvođenjem standarda	7
	5.2.	Usklađenost okolinske politike prema zahtjevima EMS	7
	5.2.1.	Usklađenost okolinskih aspekata na koje organizacija može uticati prema EMS-a	6
	5.2.2.	Stepen utvrđivanja aspekata koji imaju značajan uticaj na okoliš prema EMS-a	8
	5.3.	Usklađenost pravnih i drugih zahtjeva sa zahtjevima EMS-a	3
	5.4.	Usklađenost programa za postizanje okvirnih i operativnih ciljeva koji obuhvataju aktivnosti prema zahtjevima EMS-a	5
NEZAVISNA VARIJABLA - NZ ₂	5.5.	Od strane rukovodstva osigurana implementacija elemenata prema zahtjevima EMS-a	7
	5.6.	Uloga rukovodstva na obezbjeđenju resursa, vještina, infrastrukture i tehnologije za EMS-a	2
	5.7.	Svjesnost zaposlenih koji uzrokuju značajan uticaj na okoliš	4
NEZAVISNA VARIJABLA - NZ ₃	5.8.	Uspostava, implementacija i održavanje procedura komunikac.	2
	5.9.	Vrednovanje elemenata sadržanih u dokumentaciji za EMS	5
	5.10.	Vrednovanje uspostave, implementacije i održavanja procedura za kontrolu dokumenata EMS-a	7
	5.11.	Vrednovanje implementacije procedura operativne kontrole u organizaciji	3
	5.12.	Vrednovanje uspostave procedura za pripravnost i reagovanje u slučaju opasnosti u organizaciji	4
	5.13.	Vrednovanje uspostave i održavanja procedura za monitoring i mjerenje u organizaciji	2
	5.14.	Usklađenost procedura za EMS u organizacijama	2
	5.15.	Vrednovanje uspostave procedura sa aktuelnom i potencijalnom neusklađenosti, preventivnim i korektivnim akcijama u organizaciji	5
	5.16.	Vrednovanje uspostave o održavanje kontrole zapisa kao dokaza usklađenosti sa EMS-om	9
	5.17.	Osiguranje izvođenja internog audita EMS-a u organizac.	2
	5.18.	Preispitivanje EMS od strane rukovodstva za kontinuirane prikladnosti, adekvatnosti i efektivnosti EMS-a	8

Transformacijom unesenih podataka prema broju pitanju i sadržaju tačaka u svakoj varijabli, prema Tabelama 1. i 2., dobivene su sljedeće konačne varijable:

1. ZV - zavisna (kriterijumska) varijabla- promjenjiva prema podacima prikupljenim u poglavlju 4 anketnog upitnika (Efekti uvođenja standarda ISO 14001 u org. metalskog sektora). Kao nezavisne (prediktorske) varijable, tj. varijable koje imaju uticaj na zavisnu i kojima se ista može predviđati i opisivati, uzeti su prikupljeni podaci dati kao odgovori na 95 pitanja poglavlja 5 anketnog upitnika, i to:

1. NZ₁ varijabla-primjena svih zahtjeva EMS-a prema standardu ISO 14001,
2. NZ₂ varijabla-uloga menadžmenta organizacije i svjesnost zaposlenika o uticaju na okoliš,
3. NZ₃ varijabla-uspostava procedura, dokumentacije, zapisa i provođenje internog audita.

Zavisna i nezavisne varijable su neophodne za statističke analize i modeliranje, čije su vrijednosti prikazane pojedinačno po istraživanim organizacijama u Tabeli 3.

Tabela 3. Pregled vrijednosti transformisanih varijabli sa aritmetičkim sredinama, sumama, varijansama i standardnim devijacijama po istraživanim organizacijama

ORGANIZACIJE		NAZIV VARIJABLE			
		Zavisna varijabla- ZV	Nezavisna varijabla- NZ ₁	Nezavisna varijabla- NZ ₂	Nezavisna varijabla- NZ ₃
1.	Zbir ZV i aritmetička sredina NZ ₁ , NZ ₂ , NZ ₃	223	4,06	3,69	3,97
2.		288	5,00	4,30	4,22
3.		223	5,00	5,00	5,00
4.		193	4,59	4,73	4,69
5.		42	3,55	3,43	3,84
6.		175	4,64	4,82	4,96
7.		88	2,33	2,43	2,14
8.		184	4,68	4,43	4,75
9.		163	3,84	3,82	3,75
10.		175	4,37	4,73	4,69
11.		195	4,81	5,00	5,00
12.		182	5,00	4,86	4,96
13.		85	4,58	3,56	3,76
14.		115	4,93	4,69	4,95
15.		131	3,87	3,86	3,90
16.		140	4,96	4,78	5,00
17.		168	4,75	4,86	4,97
18.		142	3,03	3,21	2,82
Suma		2912	77,99	76,20	77,37
Aritmetička sredina		161,78	4,332	4,233	4,298
Varijansa		3322,65	0,570	0,550	0,686
Standardna devijacija		57,64	0,754	0,741	0,828

3. PRIMJENA VIŠESTRUKIJE (MULTIPLE) LINEARNE REGRESIJE ANALIZE ZA DEFINISANJE MODELA ZA VREDNOVANJU EFEKATA SISTEMA OKOLINSKOG UPRAVLJANJA UVOĐENJEM STANDARDA ISO 14001

Za definisane varijable za koje postoji signifikantna linearna zavisnost, koristeći objedinjene prikupljene podatke aritmetičke sredine su prikazane u Tabeli 3. Za određivanje potrebne matematičke funkcije i parametara modela primijenjena je višestruka ili multipla linearna regresiona analiza. Prije svega, proračunata je varijansa, standardna greška procjene, koeficijent korelacije, koeficijent determinacije, korigovani koeficijent determinacije, sume kvadrata, stepeni slobode, intervali povjerenja, vrijednost Fišerovog testa i p-vrijednost.

Tabela 4. Pearson-ove korelacije i p-vrijednosti zavisne i nezavisnih varijabli

Pearson-ove korelacije i p-vrijednosti					
		ZV	NZ ₁	NZ ₂	NZ ₃
Pearson-ove korelacije (Pearson Correlation)	ZV	1,000	0,515	0,519	0,420
	NZ ₁	0,515	1,000	0,898	0,922
	NZ ₂	0,519	0,898	1,000	0,971
	NZ ₃	0,420	0,922	0,971	1,000
p-vrijednost Sig. (1-tailed)	ZV	.	0,014	0,014	0,041
	NZ ₁	0,014	.	0,000	0,000
	NZ ₂	0,014	0,000	.	0,000
	NZ ₃	0,041	0,000	0,000	.
N	ZV	18	18	18	18
	NZ ₁	18	18	18	18
	NZ ₂	18	18	18	18
	NZ ₃	18	18	18	18

U Tabeli 4. prikazane su proračunate vrijednosti Pearson-ovog koeficijenta korelacije i p-vrijednosti postavljene zavisnosti varijable ZV prema varijablama NZ₁, NZ₂ i NZ₃. Uočava se da su nezavisne varijable međusobno u veoma jakoj vezi i sve su relativno jako povezane sa zavisnom varijablom. Pored koeficijenata korelacije u ovoj tabeli su također date p-vrijednosti pojedinačnih zavisnosti, čije su sve vrijednosti statistički značajne jer su manje od praga značajnosti od 0,05. U cilju utvrđivanja funkcionalne povezanosti zavisne i tri nezavisne varijable proračunati su koeficijent determinacije R², korigovani koeficijent determinacije R² i standardna greška procjene. Vrijednosti svih pokazatelja su date u Tabeli 5.

Tabela 5. Pokazatelji povezanosti zavisne i nezavisnih varijabli

Sažetak modela (Model Summary)				
Model	R	R ²	Korigovani R ²	Standardna greška procjene
1	0,706 ^a	0,499	0,392	44,963
a. Nezavisne varijable: (Constant), NZ ₁ , NZ ₃ , NZ ₂				
b. Zavisna varijabla: ZV				

U Tabeli 5. vidi se da koeficijent determinacije kao mjera relativne reprezentativnosti povezanosti zavisne ZV i tri nezavisne varijable NZ₁, NZ₂ i NZ₃ ima vrijednost od 0,499 a korigovni koeficijent determinacije nešto manju vrijednost od 0,392. Također, standardna greška procjene ove zavisnosti ima vrijednost od 44,96 i ona govori o preciznosti modela, tj. koliko prosječno griješimo ako bismo na osnovu linearne kombinacije nezavisnih predviđali rezultat zavisne varijable. Standardna greška je znatno manja nego standardna devijacija zavisne varijable, što je dobro i što govori u prilog preciznosti modela. Dakle, standardna devijacija zavisne varijable je 57,64 a standardna greška za regresiju je 44,96. To znači da model omogućava znatno bolju predikciju zavisne ZV, nego što bi to bilo moguće bez uzimanja u obzir nezavisnih varijabli NZ₁, NZ₂ i NZ₃. Za dokazivanje statističke signifikantnosti a time i definisanja matematičke funkcije i parametara koji figuriraju u modelu, veoma su važne proračunate vrijednosti koje su date u Tabeli 6. i to su sume kvadrata, stepeni slobode, sredine kvadrata, vrijednost Fišerovog testa i p-vrijednost.

Tabela 6. Ishod testa značajnosti koeficijenata multiple regresije između zavisne ZV i tri nezavisne varijable NZ₁, NZ₂ i NZ₃ [7]

ANOVA ^a						
Model		Suma kvadrata	Stepeni slobode df	Sredine kvadrata	F	Sig.
1	Regression	28181,548	3	9393,849	4,647	0,019 ^b
	Residual	28303,564	14	2021,683		
	Total	56485,111	17			
a. Zavisna varijabla: ZV						
b. Nezavisne varijable: (Constant), NZ ₁ , NZ ₂ i NZ ₃						

Za postavljenu zavisnost zavisne i tri nezavisne varijable, stepeni slobode su df₁=3 i df₂=14, proračunata vjerovatnoća dobijanja ovolikog ili većeg F-statistika pod nultom hipotezom (H₀), tj. p-vrijednost se nalazi u koloni Sig. i iznosi p=0,019. To znači da ima smisla da se koristi ovaj model za objašnjenje i opis stanja u posmatranoj populaciji (organizacijama). Ova vjerovatnoća je manja od postavljenog praga značajnosti α koji iznosi 0,05 odnosno p=0,019 < α =0,05. Na ovaj način je dokazano da je predviđanje zavisne varijable ZV-Postignuti efekti EMS uvođenjem standarda ISO 14001, na postavljenom pragu značajnosti

$\alpha=0,05$ uvođenjem EMS-a prema standardu ISO 14001 statistički značajno i da postoji opravdanost na ovakav način postavljanja zavisnosti za tri definisane nezavisne varijable[7]:

- NZ₁ - Vrednovanje (ocjena) primjene svih zahtjeva EMS prema standardu ISO 14001,
- NZ₂ - Vrednovanje uloge menadžmenta i svjesnosti zaposlenih o uticaju na okoliš, i
- NZ₃ - Vrednovanje uspostave procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenje audita.

U Tabeli 7. prikazane su proračunate vrijednosti koeficijenata zavisnosti varijabli, koje su najvažnije za postavke matematičke funkcije i parametara koji figuriraju u regresionom modelu. Ovdje su prikazane vrijednosti parcijalnih regresionih koeficijenata (parametara) u koloni B, koji su proračunati i figuriraju u regresionom modelu a vezani su za nezavisno promjenjive. To su parcijalni regresioni koeficijenti za nezavisne varijable u višestrukoj regresiji, koji nisu jednaki koeficijentima linearne korelacije nezavisnih i zavisne varijable. U koloni t i Sig. date su vrijednosti statističkog t-testa i vjerovatnoća, tj. statistička značajnost parcijalnih regresionih koeficijenata.

Tabela 7. Koeficijenti zavisnosti regresionog modela [7]

Koeficijenti zavisnosti varijabli ^a									
Model	Nestandardizirani koeficijenti		Stand. koef.	t	Sig.	95.0% Interval povjerenja za koef. B		Kolinearna statistika	
	B	Stand. greška	Beta			Donja granica	Gornja granica	Tolerancija	VIF
(Constant)	-83,956	70,264		-1,195	0,252	-234,657	66,745		
NZ ₁	63,202	37,329	0,828	1,693	0,113	-16,860	143,264	0,150	6,674
NZ ₂	151,313	61,990	1,947	2,441	0,029	18,357	284,269	0,056	17,777
NZ ₃	-155,564	63,167	-2,235	-2,463	0,027	-291,044	-20,083	0,043	23,005

Generalno gledano, moguće je da neka nezavisna varijabla statistički značajno korelira sa zavisnom varijablom ali da njen parcijalni regresioni koeficijent ne bude statistički značajan. U koloni Tolerance su date vrijednosti tolerancije za nezavisne varijable, koja varira oko 0,10. Kada je tolerancija manja od 0,10 to znači da preko 90% varijabilnosti u nezavisnoj varijabli je zajedničko sa ostalim nezavisnim varijablama. U koloni VIF je prikazan faktor inflacije varijanse koji predstavlja recipročnu vrijednost od vrijednosti tolerancije. Prema podacima datim u koloni B Tabele 5.11., koeficijent -83,956 predstavlja odsječak na ordinati ili tzv. slobodni član, parcijalni regresioni koeficijent 63,202 je pozitivan i odnosi se na varijablu NZ₁, koeficijent 151,313 je pozitivan i odnosi se na varijablu NZ₂ i koeficijent -155,564 je negativan i odnosi se na varijablu NZ₃. Kolona Sig. predstavlja p-vrijednost i prikazuje specifični doprinos svake nezavisne varijable predviđanju zavisne varijable odnosno statističku značajnost takvog predviđanja. Na osnovu ovako proračunatih parcijalnih regresionih koeficijenata koji figuriraju u regresionom modelu i podacima iz Tabela 6. i 7., višestruki linearni regresioni model možemo prikazati u obliku matematičke funkcije kao:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i,p-1} + \varepsilon_i = \sum_{k=1}^{p-1} \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i, \quad \dots \quad (1.1.)$$

Supstitucijom u izrazu sa: X₁=NZ₁, X₂=NZ₂, X₃=NZ₃ i Y=ZV, izraz postaje:

$$ZV = \beta_0 + \beta_1 \times NZ_1 + \beta_2 \times NZ_2 + \beta_3 \times NZ_3 + \text{greška predviđanja}, \quad \dots \quad (1.2.)$$

Uvrštavanjem vrijednosti proračunatih parcijalnih regresionih koeficijenata regresionog modela iz kolone B, u Tabeli 7., slijedi da je:

$$ZV = -83,956 + 63,202 \times NZ_1 + 151,313 \times NZ_2 - 155,564 \times NZ_3 + \text{greška predviđanja}, \dots (1.3.)$$

Supstitucijom varijabli (ZV= \hat{Y}_{VE_EMS} , NZ₁=X_{NZ1}, NZ₂=X_{NZ2}, NZ₃=X_{NZ3}) prema jednačini (1.3), dobivamo sljedeći konačan višestruki regresioni model za vrednovanje efekata uvođenja EMS prema standardu ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora [7]:

$$\hat{Y}_{VE_EMS} = -83,956 + 63,202 \times X_{NZ1} + 151,313 \times X_{NZ2} - 155,564 \times X_{NZ3} \quad \dots \quad (1.4.)$$

Standardna greška procjene regresionog modela je proračunata u Tabeli 5. i iznosi 44,96. Vrijednost odsjeka na ordinatnoj osi iznosi $\beta_0 = -83,956$, dok vrijednosti pojedinih parcijalnih koeficijenata regresionog modela, vezanih za nezavisno promjenjive, iznose: $\beta_1 = 63,202$; $\beta_2 = 151,313$ i $\beta_3 = -155,564$.

Zamjenom varijabli u izrazu (1.4.) prema izvorno definisanom značenju varijabli slijedi:

$$\hat{Y}_{VE_EMS} = \text{Predviđeni postignuti efekti uvođenja EMS prema standardu ISO 14001 u organiz.},$$

X_{NZ1} = Vrednovanje (ocjena) primjene svih zahtjeva EMS prema standardu ISO 14001,

X_{NZ2} = Vrednovanje uloge menadžmenta i svjesnosti zaposlenih o uticaju na okoliš, i

X_{NZ3} = Vrednovanje uspostavljanja svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i audita.

Za ovako utvrđeno značenje varijabli u regresionom modelu, jednačina (1.4.) postaje:

Predviđeni postignuti efekti EMS uvođenjem standarda ISO 14001 = $-83,956 + 63,202 \times$ Vrednovanje (ocjena) primjene svih zahtjeva EMS prema standardu ISO 14001 + $151,313 \times$ Vrednovanje (ocjena) uloge menadžmenta i svjesnosti zaposlenih o uticaju na okoliš - $155,564 \times$ Vrednovanje (ocjena) uspostavljanja svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i provođenja internog audita kao dokaza usklađenosti sa EMS.

4. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja, može se zaključiti sljedeće:

1. Na osnovu definisanih nezavisno promjenjivih i njihovog uticaja na zavisno promjenjivu, efektima uvođenja EMS prema ISO 14001 u organizacijama doprinosi:
 - primjena svih zahtjeva sistema okolinskog upravljanja prema standardu ISO 14001,
 - uloga menadžmenta organizacija i svjesnost zaposlenih o uticajima na okoliš, i
 - uspostavljanje svih procedura, dokumentacije, kontrole zapisa i redovno provođenje internog audita kao dokaza usklađenosti sa sistemom okolinskog upravljanja.
2. Prema proračunatim Pearson-ovim koeficijentima korelacije i p-vrijednostima zavisnosti varijabli, utvrđeno je da su nezavisne varijable međusobno u veoma jakoj vezi sa zavisnom varijablom, te da su sve p-vrijednosti pojedinačnih zavisnosti varijabli statistički signifikantne jer su manje od praga značajnosti $\alpha = 0,05$.
3. Za postavljenu zavisnost zavisne i nezavisnih varijabli, vjerovatnoća F-statistika pod nultom hipotezom (H_0), tj. proračunata p-vrijednost je $p = 0,019$ koja je manja od postavljenog praga značajnosti α od 0,05, odnosno $p = 0,019 < \alpha = 0,05$. Tako je dokazano da je predviđanje zavisne varijable (ZV-postignuti efekti EMS) statistički značajno i da postoji opravdanost postavljanja zavisnosti za definisanu zavisnu i tri nezavisne varijable.
4. Za definisani višestruki regresioni model za vrednovanje postignutih efekata EMS, moguće je grafički prikazati strukturu modela zavisne i tri nezavisne varijable i slobodni član, koji figuriraju u modelu, te 3D prikaz funkcije za datu jednačinu definisanog modela.

5. LITERATURA

- [1] Selimović, S.: Informacioni sistem ekološkog monitoringa u funkciji sistema okolinskog upravljanja-iskustva u Termoelektrani Kakanj, 3. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2003", Zenica, 2003.
- [2] Kondić, V., Piškorić, M.: Sustav upravljanja zaštitom okoliša prema normi ISO 14001 i razvoj metodologije za njenu implementaciju, Sveučilišni centar Varaždin, HR, 2010.
- [3] Džaferović, E., Obad, M.: Razvoj industrijske politike u FBiH, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Fakultet strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru, 2009.
- [4] Čekić, Š.: Osnovi metodologije i tehnologije izrade znanstvenog i stručnog djela, FSK, Sarajevo, p 73, 1999.
- [5] Posavec, V.: Kvantitativne metode istraživanja, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2011.

- [6] Marques de Sa, P.: Applied Statistics Using SPSS, Statistica, Matlab and R Second Edition, Fac. Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2007.
- [7] Birdahić, V.: Razvoj modela za vrednovanje efekata okolinskog upravljanja uvođenjem standarda ISO 14001 u organizacijama metalnog sektora, Doktorska disertacija, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2018.

**MODEL PRIKUPLJANJA I TEHNOLOGIJA REGENERACIJE
OTPADNIH MAZIVIH ULJA**

**COLLECTION MODEL AND REGENERATION TECHNOLOGY OF
WASTE LUBRICATING OIL**

Dipl. ing. Emina Kadušić
Dr. sc. Vehid Birdahić, docent
Dr. sc. Muvedet Šišić, docent
Dr. sc. Nusret Imamović, vanredni profesor
Mr. sc. Kemal Bošnjaković

Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Tehnološko-metalurški fakultet, Zenica

REZIME

Otpadna ulja su zbog svojih svojstava kategorizirana kao opasan otpad, zato je važno uspostaviti kvalitetan sistem njihovog prikupljanja s ciljem da se količina otpadnih ulja koja na kraju ipak završi u okolišu, svede na minimum. Iz analiziranih podataka može se zaključiti da uspostavljeni sistem prikupljanja otpadnih ulja u Bosni i Hercegovini, ne pokazuje trend rasta i da je efikasnost prikupljanja niska, uzimajući u obzir ostale države Europe. U radu je prikazan model prikupljanja i upravljanja otpadnim mazivim uljem. Uz funkcionalan i efikasan model prikupljanja otpadnih ulja, važno je uspostaviti i sistem njihovog iskorištavanja (termičkog ili materijalnog). U radu je razrađena tehnologija kroz proces regeneracije tj. re-rafinacije otpadnih ulja, kao i ekološke i ekonomske prednosti navedenog procesa za potrebe jedne urbane sredine sa prosječnim godišnjim količinama sakupljenog otpadnog mazivog ulja od cca 1.500 t. Procesom regeneracije dobijaju se ulja kvaliteta SN150-SN350, što predstavlja ogroman napredak u upravljanju otpadnim mazivim uljima, a i u naftnoj industriji općenito zbog eventualnog nedostatka eksploatacijskog materijala.

Ključne riječi: otpadna maziva ulja, re-rafinacija, regeneracija.

SUMMARY

Waste oils are categorized as hazardous waste due to their properties, it is important to establish a quality system for their collection with the aim of minimizing the amount of waste oil that ends up in the environment. From the analyzed data, it can be concluded that the established waste oil collection system in Bosnia and Herzegovina shows no progress and that the collection efficiency is extremely low compared to other European countries. The paper presents a proposal for a collection and management model of waste lubricating oil. Along with a functional and efficient waste oil collection system, it is important to establish a system for their utilization (thermal or material). The paper presents the basics of the regeneration process, i.e. re-refining of waste oils, as well as the ecological and economic advantages of the mentioned process for the needs of a municipality with an average annual amount of collected waste lubricating oil of approx.1,500t. Through the process of regeneration, oils of SN150-SN350 quality are obtained, which represents a huge progress in the management of waste lubricating oils, and in the oil industry in general due to the possible lack of exploitation material.

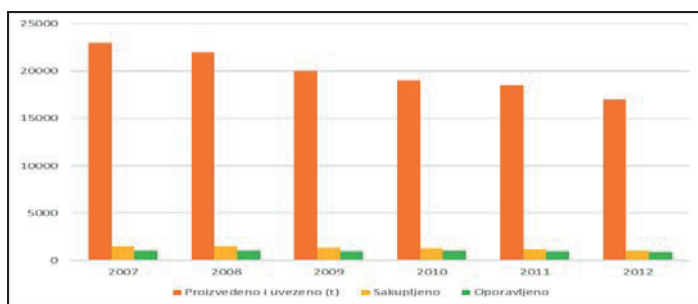
Key words: waste lubricating oils, re-refining, regeneration.

1. UVOD

Očuvanje okoliša, kao i racionalno korištenje prirodnih sirovina, osnovni su uvjeti zdravog i održivog razvoja. Motorna ulja su specifična tvar potrebna energetskim mašinama za ispravan rad, a nakon određenog vremena se javljaju kao otpad, tačnije opasni otpad. Otpadna mazivna/motorna ulja, u smislu Pravilnika o upravljanju otpadnim uljima (Sl. novine FBiH br. 94/21), su sva mineralna ili sintetička ulja ili maziva koja su neupotrebljiva za svrhu za koju su prvobitno bila namijenjena, kao što su hidraulična ulja, motorna ulja, turbinska ulja ili druga maziva, brodska ulja, ulja ili tečnosti za izolaciju ili prijenos toplote, druga mineralna ili sintetička ulja, kao i ostaci ulja iz rezervoara, mješavine ulje-voda i emulzije.[1] Otpadna maziva ulja se svrstavaju u kategoriju opasnog otpada zbog svog katastrofalnog uticaja na okoliš i populaciju, jer prouzrokuju neki od štetnih efekata (Direktiva 2008/98/EC EU parlamenta i Savjeta). Postupanje sa iskorištenim mazivim uljem mora biti krajnje oprezno. Njegovo gomilanje u tvorničkim dvorištima, preduzećima i sl. bez daljnje sanacije vremenom stvara prave „eko bombe“, pogotovo ako se odlaže na neadekvatan i ilegalan način. Potražnja za mazivima kontinuirano raste sa rastom broja fabrika i ogromnim porastom broja vozila, pogotovo u zemljama u razvoju, kao što je Bosna i Hercegovina (BiH). Otpadno ulje može biti veliki izvor kontaminacije ako se baci kao otpad ili se može smatrati novim izvorom energije ili proizvodom ako se pravilno koristi. Cilj ovog rada je analiza trenutnog stanja upravljanja otpadnim uljem u BiH na primjeru urbane sredine, predložiti model prikupljanja i ponovne upotrebe otpadnog ulja uz zadržavanje osnovnih karakteristika baze, odnosno definisati efikasan način primjene procesa regeneracije i re-rafinacije otpadnog mazivnog ulja.

2. UPRAVLJANJE OTPADNIM MAZIVIM ULJEM U BiH

Upravljanje otpadnim mazivim uljem podrazumijeva skup mjera koji obuhvataju sakupljanje istog radi tretmana ili sigurnog odlaganja, kada više nisu za upotrebu. Upravljanje otpadnim uljima u zemljama u regionu, kao i u BiH nije na zadovoljavajućem nivou. Rješavanje ovog problema je u provođenju već donesenih zakona i drugih podzakonskih akata o upravljanju ovim opasnim otpadom, kao i donošenju novih propisa, koji će biti usaglašeni sa propisima EU. Na Slici 1. grafički je prikazana količina ulja na tržište BiH, tj. sakupljenog i oporavljenog ulja u BiH. Sa navedene slike jasno se može uočiti enormna razlika u procijenjenim količinama stavljenim na tržište i sakupljene količine otpadnog ulja koja u prosjeku iznosi 6-6,5% količine stavljene na tržište BiH. [2] Od navedene količine sakupljenog otpadnog ulja oko 65% je oporavljeno. Uzimajući u obzir sličnost podataka od 2008-2012. godine, može se zaključiti da slični procenti važe za čitav period od 2008. do 2017. godine. Većina oporavljenog otpadnog ulja koristi se kao energent u specijalnim pećima koje spaljuju ulje na temperaturama do 500°C, međutim problem se javlja jer se na crnom tržištu pojavljuju gorionici na otpadno motorno ulje koji se upotrebljavaju za centralna grijanja što oslobađa vrlo otrovne spojeve (dioksine, furane), koji zatim iz zraka prelaze i ugrožavaju zdravlje ljudi i drugih živih organizama.

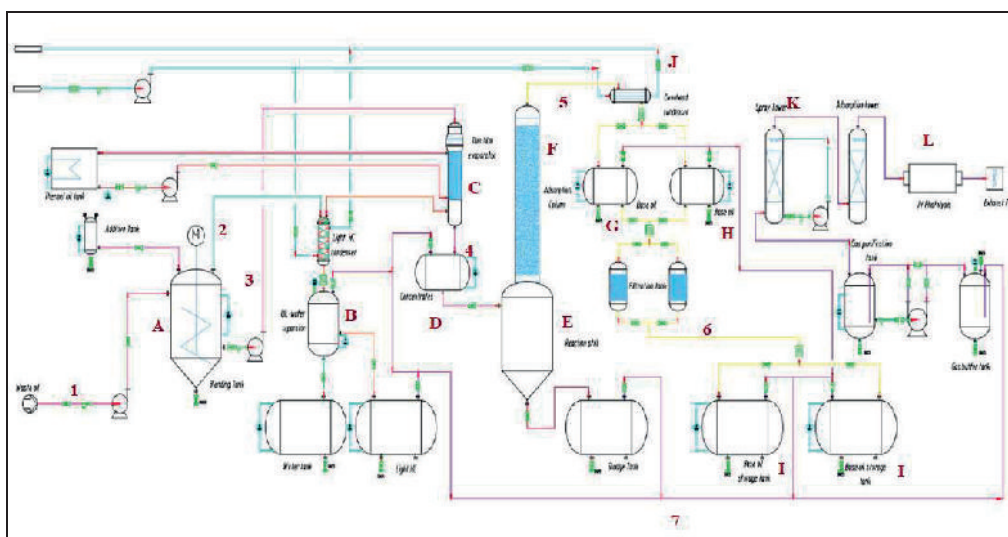


Slika 1. Pregled kretanja količina mazivog ulja u BiH u razdoblju 2007-2012 godine [2]

3. RE-RAFINACIJA OTPADNOG MAZIVOG ULJA

3.1. Proces re-rafinacije

Regeneracija podrazumijeva proizvodnju baznih ulja iz otpadnih mazivih ulja kao rezultat procesa koji uklanjaju zagađujuće materije, produkte oksidacije i aditive, tj. ponovna rafinacija koja uključuje proizvodnju baznih ulja za proizvodnju mazivnih ulja. Bazno ulje se proizvodi rafinacijom sirove nafte. Cilj ponovne rafinacije otpadnog ulja za podmazivanje je osigurati vrijedan izvor baznog ulja koje je sve više teško nabaviti. Proizvod od prerade otpadnog ulja mora ispunjavati iste specifikacije kao neiskorišteno bazno ulje, kako bi služilo svojoj svrsi i moglo se ponovno koristiti u procesu proizvodnje. Re-rafinacija otpadnog ulja korištenjem vakuumske destilacije sa naftnim ostatkom uklanja više od 95% opasnih teških metala, pepela i ugljeničnog ostatka u otpadnom mulju, a navedene zagađujuće materije se koriste u proizvodnji asfalta. [3]



Slika 2. Shematski prikaz procesa re-rafinacije otpadnog mazivog ulja

Na Slici 2. prikazana je shema re-rafinacije otpadnog mazivog ulja. Otpadno ulje se upumpava u spremnik za miješanje (A) linijom br.1. Vršiti se hemijska obrada alkalnim hidroksidima (natrijum i kalij-hidroksid) za uklanjanje hlorida, metala, aditiva i kiselih jedinjenja. Nakon toga se otpadno ulje linijom br.2 odvodi u destilator (B), gdje se zagrijava na temperaturu od 100°C pri atmosferskom pritisku. U vakuumskoj destilaciji ulje koje ulazi u postupak destilacije može biti razdvojeno na proizvode jako sličnih tački ključanja, čime se dobija kao proizvod bazno ulje boljih fizičkih osobini pri pritisku od 2-10 mmHg i temperaturi od 200 do 220°C. U praksi se često koristi vakuum destilacija u kombinaciji s TFE (C) (engl. Thin Film Evaporator). Kod ove destilacije se dehidrirano ulje u kolonu dodaje na vrhu cilindrične kolone i to tako da teče niz njezine stijenke koje se griju s vanjske strane. Kako bi ulje niz stijenke teklo ravnomjerno i stvaralo film jednake debljine na svim mjestima, u kolonu se ugrađuju rotirajuće lopatice koje omogućuju regulaciju debljine filma. Teže frakcije iz otpadnog ulja se slijevaju u spremnik (D) i odlazi u reaktor (E) na dalje procesiranje. Ulje u reaktoru se zagrijava na temperaturu od 350°C tako da omogućava stvaranje pare koje se skupljaju u adsorpcionoj komori (F), a ostatak (mulj) odlazi u spremnik za mulj. Nakon adsorpcione komore, pare će ohladiti u kondenzatoru (J) i prikupiti u

spremnike (G i H) kao laka i teška frakcija u zavisnosti od njihove gustine te proći eventualno filtriranje, u ovom slučaju filtriranje glinom za bijeljenje. Proizvedeni sintetski gas, benzin i dizel cirkulišu u procesu kao izvor energije za rad gorionika i peći. Sintetski gas nakon sagorijevanja se prečišćava i filtrira kombinacijom tornja za raspršivanje (K), UV fotolize i prečišćavanja aktivnim ugljenom. Kombinacija ovih postupaka ostavlja emisione plinove bez mirise i sigurne. U praksi se serijske veži tri ili četiri slična linije kako bi se osigurale različite uljne frakcije, tako da se kroz svaku fazu dobilo ulje drugačijeg kvaliteta.

3.2. Produkti re-rafinacije

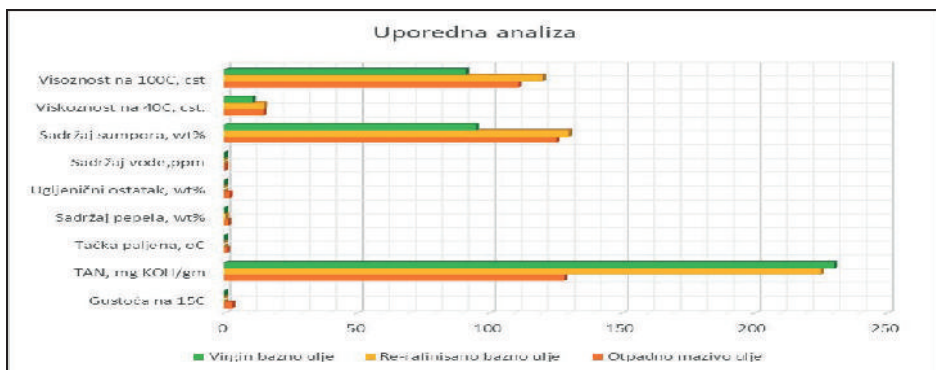
Kao produkti re-rafinacije otpadnog mazivog ulja javljaju se [4]:

- Bazno ulje 85-90% - komercijalno ulje sa niskim sadržajem sumpora svijetlo žute ili transparentne boje (Slika 3.) te se koristi kao osnovni sastojak za proizvodnju ulja za podmazivanje automobila/kamiona i motora, te kao lož ulje u tvornicama cementa, stakla, keramike, elektranama, u proizvodnji čelika, itd.
- Loživa ulja/mazut 5-10% - komercijalno se koristi za proizvodnju etilena i asfalta.
- Talog ulja (mulj) 3-5% - koristi se za proizvodnju asfalta, te se komercijalno prodaje kao lož ulje za teške mašine.

Na Slici 4. prikazana je uporedna analiza hemijskih svojstava otpadnog motornog ulja, baznog ulja dobivenog re-rafinacijom i baznog ulja dobivenog standardnom rafinacijom nafte. Kao što se može vidjeti sa navedene slike, karakteristike re-rafiniranog baznog ulja i virgin baznog ulja su iznenađujuće približne, što dovodi da zaključka da sa otpadna maziva ulja mogu regenerisati u početni proizvod, koji će se ponovo koristi za izradu mazivih ulja. Ovaj postupak predstavlja ogroman napredak u upravljanju otpadnim mazivim uljima, a i u naftnoj industriji općenito zbog eventualnog nedostatka eksploatacijskog materijala. Još jedna od prednosti ovog postupka je i ušteda početnog materijala iz razloga što je za istu količinu baznog ulja, dobivenog na osnovu rerafinacije, potrebna je deset puta veća količina sirove nafte i četiri puta veća količina energije.



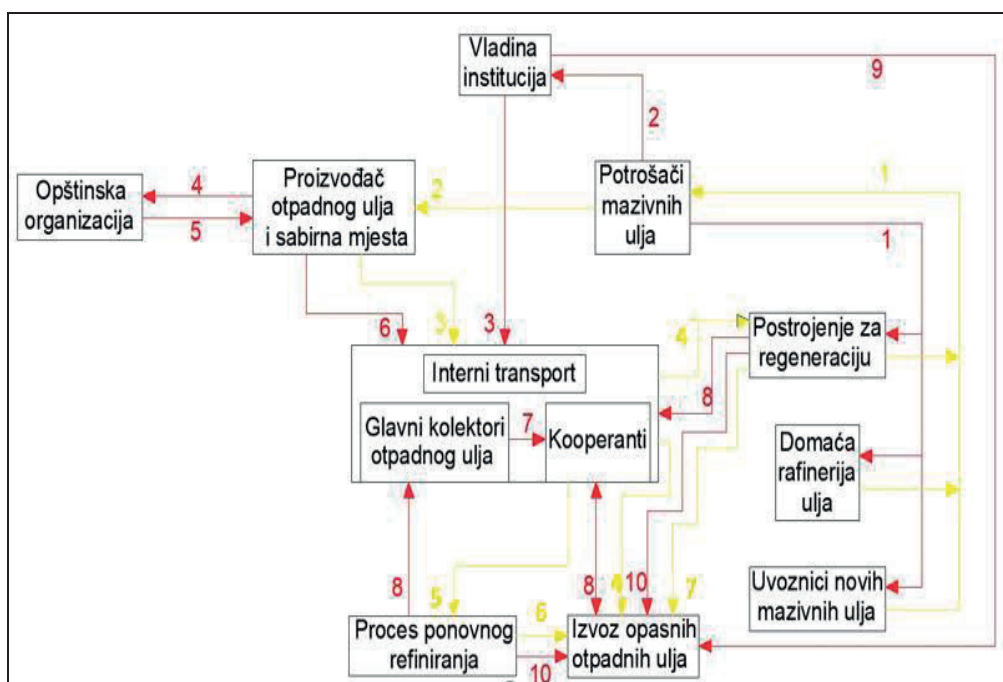
Slika 3. Razlika između otpadnog ulja i baznog ulja Grupe I dobivenog postupkom re-rafinacije otpadnog mazivog ulja



Slika 4. Uporedna analiza baznih ulja, re-rafiniranih baznih ulja i otpadnih mazivih ulja [5]

4. MODEL PRIKUPLJANJA I EKONOMSKI ASPEKT PROCESA RE-RAFINACIJE OTPADNOG MAZIVOG ULJA

Prijedlog modela prikupljanja i upravljanja otpadnim uljem na području BiH ili pojedinačnih organizacionih jedinica prikazan je na Slici 5. Žute linije prikazuju tok kretanja ulja od uvoznika, proizvođača ili postrojenja za regeneraciju otpadnog ulja (kada se navedeno postrojenje u BiH pokrene) do korisnika ulja gdje se nakon korištenja ulje sakuplja. Veći dio prikupljanja otpadnog ulja se obavlja cisternama redovno i na unaprijed određenom području. U zavisnosti o količinama ulja koje će se prikupiti, biće prostora za rad sa kamionima sa različitim kapacitetima, promjenjivim brojem kamiona i promjenjivom frekvencijom voznog parka. Nakon toga, ulje se šalje na proces regeneracije i prolazi kroz pomenuti proces. Ulje koje nije pogodno za regeneraciju se odlaže na to dozvoljenim mjestima. Crvene linije prikazuju novčane tokove tj. prihode od novih mazivih ulja, naplate troškova zbrinjavanja otpadnih mazivih ulja i upravljanja otpadom, plaćanje ovlaštenom sakupljaču otpadnog mazivog ulja. [6]



Slika 5. Model sakupljanja i upravljanja otpadnim mazivim uljima

Ekonomska analiza s ciljem što efikasnije primjene i realizacije ove tehnologije obuhvata:

1. Troškove prikupljanja sirovina,
2. Troškove instalacije pogona re-rafinacije, i
3. Operativne troškove

Proces re-rafinacije je dugoročna investicija, od minimalno 20 godina sa velikim ulaganjima u opremu i radnu snagu postrojenja. Uzimajući podatke prikupljanje za područje na primjeru urbane sredine (općine) u BiH, prema Planu upravljanja otpadom 2020-2024.g., godišnja sakupljena količina otpadnog ulja iznosi 1.500t [7], što dovodi do toga da za cjelogodišnji rad, potrebno je da postrojenje bude kapaciteta 5 t/danu. Shodno tome, u Tabeli 1. dat je primjer operativnih troškova za postrojenje od 5 t/dan, uz prikaz ukupne dobiti koja se ostvari.

Tabela 1. Operativni troškovi postrojenja za re-rafinaciju otpadnog ulja 5 t/dan

Dnevni troškovi					
	Stavka	Potrošnja	Količina (MT)	Jed. cijena	Trošak/dan (USD)
Komunalne usluge	El. energija	280 Kwh/t	5	0,174	243,60
	Voda za hlad.	40 T	40	0,00	0,00
Sirovine	Pre Aditivi	10 KGS/T	5	0,45	22,50
	Raf. adsorbent	30 KGS/T	5	0,75	112,50
	Otpadno ulje	5 T	5	200,00	1 000,00
Radna snaga	Tehničari	3 po smjeni	2	25,00	300,00
Ukupni troškovi				1. 678,6 USD	
Dnevna dobit					
	Stavka	Prinos	QTY (MT)	Jed. cijena	Ukupna cijena, USD
Izlaz	Loživo ulje	5%	0,25	500,00	125,00
	Bazno ulje	85%	4,25	800,00	3 400,00
	Talog ulja	7%	0,35	275,00	96,25
	Gas	3%	0	0,00	0,00
Ukupna dobit				3. 621,25 USD	

5. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja i analizi prikupljenih podataka može se zaključiti sljedeće:

- Uspostavljeni sistem prikupljanja otpadnih ulja u BiH ne pokazuje značajan rast a efikasnost prikupljanja je niska, komparirajući podatke prema ostalim državama Europe.
- Primjenom funkcionalnog i efikasnog modela prikupljanja otpadnih ulja, potrebno je uspostaviti i sistem iskorištavanja ulja (termičkog, materijalnog itd.).
- Vakuumska destilacija/tehnika isparavanja tankog filma (VDTWF) je koristan proces za proizvodnju baznih ulja, razred SN150–SN 350 od otpadnog mazivog ulja, jer proizvedena bazna ulja spadaju u Grupu I baznih ulja (sumpor >0,03% mas. udjela i viskoznost 80-120).
- Re-rafinirana bazna ulja su potpuno čista od oksidacijskih produkata, kao što su aldehidi, ketoni i karboksilna ulja kiselina.
- Primjenom tretmana glinom za izbjeljivanje poboljšava se boja baznog ulja, koja je onda u skladu sa standardima određenim za Grupu I baznih ulja.

Iz primjera regeneracije otpadnog ulja istražene urbane sredine u BiH, prema predloženom modelu prikupljanja, za cjelogodišnji rad (cca 1.500 t) potrebno je instalirati postrojenje kapaciteta 5 t/dan. Primjena tehnologije regeneracija ili re-rafinacija korištenih mazivih ulja ima vitalnu ulogu u upotrebi istih i vrijedan je izvor energije, što doprinosi manjem zagađivanju okoliša i očuvanju energije, te ova tehnologija na osnovu ekonomske analize omogućuje značajnu dnevnu ukupnu dobit.

6. LITERATURA

- [1] Pravilnik o upravljanju otpadnim uljima (Službene novine F BiH br. 94/21)
- [2] Sofilić T., Sadadinović J., Zilić F., Brnardrić I., Gospodarenje otpadnim uljima u Hrvatskoj i BiH, Drugi nauč.-str. skup sa međ. učešćem "5.juni-Svjetski dan zaštite okoliša" Bihać, 2014.
- [3] Rafinacija sirove nafte, <https://web.archive.org/web/20120820111942/http://spbi.se/var-bransch/produktion/raffinering-av-raolja> (pristup: 6/6/2022).
- [4] Exall D., Speight J., Refining Used Lubricating Oils, CRC Press, New York, 2014
- [5] Danane F., Ahmia A., Bakiri A., Lalaoui N., Experimental regeneration process of used motor oil, Revue des Energies Renouvelables Vol. 17 N°2 (2014) 345 – 351.
- [6] Duđak Lj., Milisavljević S., Jocanović M., Kiss F., Šević D., Karanović V., Orošnjak M., Life Cycle Assessment of Different Waste Lubrication Oil Management Options in Serbia, MDPI applied sciences 11(14), <https://doi.org/10.3390/app11146652>.
- [7] Plan upravljanja otpadom Općine Tešanj 2020-2024, dostupno na: https://opcina-tesanj.ba/wp-content/uploads/images/21_Plan_upravljanja_otpadom.pdf (pristup: 8/6/2022).

**TEHNOLOGIJA ZAMJENE NOSEĆE KONSTRUKCIJE KRANSKE
STAZE U CILJU PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA**

**REPLACING TECHNOLOGY OF THE SUPPORTING STRUCTURE
OF THE CRANE PATH FOR THE PURPOSE OF PREVENTIVE
MAINTENANCE**

Prof. dr. Nedeljko Vukojević
Univerzitet u Zenici
Mašinski fakultet Zenica

Nedeljko Babić, dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o.
Brčko

Prof. dr. Miroslav Miškić
Fakultet tehničkih nauka
Univerziteta u Novom Sadu

Dragan Botić, dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o.
Brčko

Almedin Gačić, dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o.
Brčko

REZIME

Sve konstrukcije imaju svoj vijek eksploatacije u projektovanim uslovima. Dugotrajna eksploatacija u uslovima agresivne sredine (vlaga, kiseline i sl.) i mehaničkih opterećenja (udari, vibracije i sl.) čelične konstrukcije dovode do određenih oštećenja. U slučaju reaktivnog održavanja i zamjene mogu prouzrokovati havariju same konstrukcije, a koja indirektno može uticati na cijeli proizvodni proces fabrike. U uslovima tržišnog poslovanja i zadovoljenja potražnje kupaca krajnjim proizvodom svaka fabrika mora da raspolaze određenim finansijskim sredstvima koja služe za preventivno održavanje mašina, alata i konstrukcija koji učestvuju na direktan ili indirektan način u proizvodnom ciklusu pojedine fabrike. Izvođenje planiranih remonata u uslovima kratkih rokova za realizaciju zahtjeva, zahtijeva vrlo precizno planiranje resursa i logističke podrške kako bi se izbjegli neplanirani zastoji u proizvodnji, a samim tim i pogoršala finansijska stabilnost fabrike.

Ključne riječi: Konstrukcija, preventivno održavanje, proizvodni proces.

ABSTRACT

All constructions have their lifetime of exploitation in the designed conditions. Long-term exploitation of steel structures, in conditions of an aggressive environment (moisture, acid, etc.) and mechanical loads (shocks, vibrations, etc.), lead to certain damages. In the case of reactive maintenance and replacement, they can cause damage to the structure itself, which can indirectly affect the entire production process of the factory. In the conditions of market operations and satisfaction of customer demand with the final product, each factory must dispose of certain financial resources that serve for the preventive maintenance of machines, tools and structures that participate directly or indirectly in the production cycle of an individual factory. Carrying out planned renovations in conditions of short deadlines for the realization of requests requires very precise planning of resources and logistical support in order to avoid unplanned stoppages in production and thus worsen the financial stability of the factory.

Key words: Construction, preventive maintenance, production process.

1. UVOD

1.1. Opšte informacije o kranskoj stazi

Bazen za granulisanu trosku uz visoku peć, predstavlja tehnološki dio sveobuhvatnog procesa, kojim se granulirana troska dalje usmjerava prema sljedećem segmentu, transportu te krajnjem



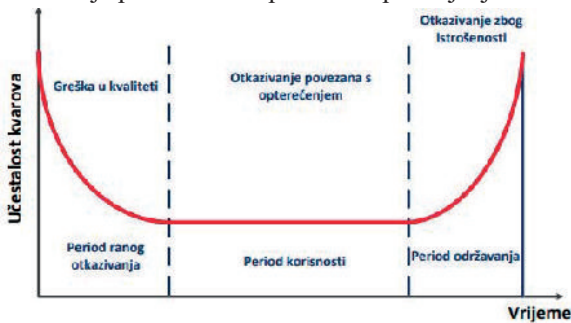
Slika 1. Prikaz bazena za granulisanu trosku sa instaliranim kranovima iznad bazena

korisniku. Za manipulaciju granulirane troske iz bazena konstruisana je i izvedena kranska staza za 2 teška kрана, nosivosti 100 kN, koji uporedo rade, sa projektovanim rasponom $L=20400$ mm i GIŠ-om na +12,00 m. Kranske staze sa pješačkim stazama, spregovima protiv bočnih udara, vertikalnim spregovima i remontnim poprečnim platformama, te prilaznim stepenicama, su urađene u čeličnoj konstrukciji od materijala Č.0361 (S235JR). Kranske staze su oslonjene na AB stubove, na rastojanju od 5600 mm. Na slici 1. prikazan je bazen za granulisanu trosku sa instaliranim kranovima.

1.2. Pojam, zadatak i strategija održavanja

Definicija održavanja prema EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) glasi [1]:

„Održavanje je funkcija preduzeća kojoj su povjerena stalna kontrola nad postrojenjima i obavljanje određenih popravaka i revizija, čime se omogućava stalna funkcionalna sposobnost i očuvanje proizvodnih i pomoćnih postrojenja te ostale opreme“.



Slika 2. Učestalost kvarova u funkciji vremena

Na slici 2. prikazana su tri perioda za koja su uobičajeni nazivi:

- I period – period ranih kvarova,
- II period – period „konstantnog“ intenziteta kvara,
- III period – period dotrajlosti komponenata.

III period je vremenski period u kome intenzitet kvara brzo raste vremenom.

Na početku tog perioda kvarovi nastaju zbog dotrajlosti elemenata te

ih je potrebno zamijeniti.

Zadatak održavanja je osigurati kontinuiranu raspoloživost postrojenja i opreme u proizvodnji i pružanju sigurnijih radnih uslova. Strategija održavanja zastupljena je [1]:

- Preventivnim održavanjem – na temelju broja radnih sati,
- Prediktivnim održavanjem – prema mjernim pokazateljima,
- Proaktivnim održavanjem – praćenjem procesnih veličina,
- Reaktivnim održavanjem – u slučaju kvara.

Osnovni kriterijum za izbor politike održavanja su minimalni troškovi održavanja (1):

$$T_{(\min)} = T_d + T_z [KM] \quad (1)$$

gdje su:

T_d – direktni troškovi održavanja (troškovi zamjene komponenata i izvršenih remonata),

T_z – troškovi zastoja.

Direktni troškovi održavanja podrazumijevaju stvarne troškove remonta ili planirane zamjene. Troškovi zastoja su varijabilni u zavisnosti od toga da li su planirani ili neplanirani. Ako su planirani (preventivni) zastoji - troškovi zastoja su minimalni. U suprotnom, troškovi zastoja su daleko veći.

Danas upravljanje održavanjem ima za cilj smanjenje neplaniranih i planiranih zastoja, koji smanjuju raspoloživo vrijeme, u kombinaciji s optimizacijom sigurnosti, rizicima po životnu sredinu i troškovima. U preduzećima svjetske klase, uopšteno, odluke o održavanju temelje se na zdravoj analizi troškova i koristi [2].

2. KORACI ZAMJENE KRANSKE STAZE U CILJU PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

Ovaj rad će se fokusirati na tehnologiju zamjene kranske staze kao i na odnos preventivnog i reaktivnog održavanja kranske staze kod bazena dopečne prerade troske. Pored toga, autori ovog rada će pokušati da što bolje približe korake kojima se kreće proces zamjene noseće konstrukcije kranske staze u cilju preventivnog održavanja (od momenta praćenja u eksploataciji, preko ugovaranja poslova do momenta izrade i montaže). U nastavku rada se nalaze koraci procesa zamjene noseće konstrukcije kranske staze.

2.1. I korak – praćenje stanja kranske staze u eksploataciji

Agresivni uslovi eksploatacije, specifičan položaj pojedinih konstruktivnih elemenata u tehnološkom procesu su ostavili teške i vidljive posljedice na kransku stazu kao i noseće stubove. One su najizraženije u osi B, prema slici 3. Geodetski snimci su potvrdili odstupanja glave stubova od vertikale. Mogući uzroci se mogu tražiti u teškim uslovima eksploatacije, agresivnom djelovanju mašina koje uklanjaju stvrdnutu trosku uz liniju B, ali i mogućem ispiranju temelja uslijed stalnog nadiranja vode iz bazena prema vani. Osnovana je pretpostavka da su AB stubovi doživjeli značajne deformacije, po poprečnom rasponu i vertikalnom otklonu glave stuba, što sve skupa izaziva veoma otežane uslove za rad kranova. Ovo sve navodi na zaključak da je potrebna hitna sanacija linije B, koja bi obuhvatila sanaciju kranske staze sa pratećom čeličnom konstrukcijom, stubova i postojećeg zida.



Slika 3. Prikaz stubova u liniji B kranske staze kod dopečne prerade troske

2.2. II korak – donošenje odluke o preventivnom održavanju i ugovaranje poslova

Na osnovu sprovedenih analiza, geodetskih snimaka i geomehaničkog elaborata, naručilac radova (proizvodna kompanija) pokreće projektni zadatak za zamjenu kranske staze u liniji B kao mjeru preventivnog održavanja, shodno vremenskom periodu u kome je kranska staza eksploatisana i uslovima u kojima je ista radila. Na osnovu projektnog zadatka naručilac radova dobija idejno rješenje kao i glavni projekat zamjene kranske staze. U suštini, pribavlja svu potrebnu dokumentaciju za izvođenje radova na zamjeni kranske staze. Nakon pribavljene dokumentacije pokreće se postupak ugovaranja poslova na izradi betonskih stubova, izradi samih segmenata kranske staze kao i poslova demontaže i montaže. Sada se postavlja pitanje kako sve to sprovesti u praksi, a da se najmanje poremeti proizvodnja u krugu proizvodne kompanije.

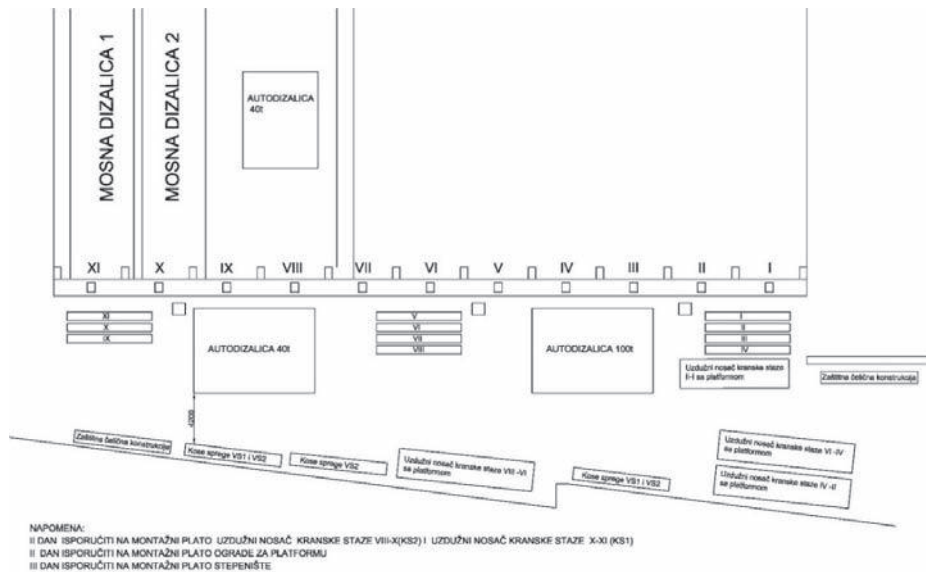
Detaljnim razmatranjem, koje se sprovodi kroz analizu preventivnog održavanja, dolazi se do zaključka da će se proizvodnja u kompaniji najmanje poremetiti ako se građevinski dio radova kao i izrada segmenata kranske staze izvede u toku rada visoke peći, a mašinski dio radova (demontaža i montaža) izvede po prelasku visoke peći u topli režim. Održavanje visoke peći u toplom režimu traje 5 dana i u tom periodu je potrebno izvršiti zamjenu kranske staze u liniji B kod dopećne prerade troske kao i sprovesti funkcionalnu probu. Po završetku građevinskih radova i izrađenih segmenata kranske staze (cca 6 mjeseci) investitor obavještava izvođača radova o datumu prelaska visoke peći u topli režim. Po dobijanju informacije izvođač radova ulazi u realizaciju projekta, gdje je cilj je izvršiti zamjenu kranske staze u liniji B (mašinski dio) u periodu koji je planiran.

2.3. III korak – tehnologija zamjene kranske staze, razrada termin plana i cjelokupne organizacije radilišta

2.3.1. Organizacija mehanizacije za izvođenje radova

Da bi se ostvario zadani cilj potrebno je na vrijeme početi sa planom organizacije radilišta (kako sa potrebnom mehanizacijom, tako i sa potrebnom radnom snagom za izvođenje radova). Izvođačka kompanija najprije izrađuje **Tehnologiju zamjene** (tehnologiju montaže) kojom se realizuje dati projekat. Proces izrade **Tehnologije zamjene** je veoma složen i kompleksan, pogotovo kada se radi o kratkim rokovima zamjene. U takvim slučajevima se mora pribjegavati izvođenju radova u više smjena, preklapanju pojedinih operacija i pripremne radove je potrebno planirati nekoliko dana prije samog izvođenja radova. Pri izradi **Tehnologije zamjene** kranske staze uzeto je u obzir sljedeće:

- rok za izvođenje radova 5 dana;
- radovi na demontaži i montaži se mogu izvoditi samo po prelasku visoke peći u topli režim;
- pripremni radovi se mogu izvoditi u toku rada visoke peći;
- radovi se izvode na visini (sa skela, pokretnih platformi);
- radovi se ne izvode u plinski opasnim zonama;
- elektro-napajanje se nalazi u objektu preko šinskog dijela puta koje je u funkciji.



Slika 4. Skica montažnog platoa za zamjenu kranske staze kod dopećne prerade troske

Na osnovu gore navedenih stavki došlo se do takvog iznuđenog rješenja da se radovi najprije baziraju na središnjem dijelu kranske staze. Po izmjeni središnjeg dijela kranske staze, kranovi bi se iz krajnjih položaja prevukli na središnji novo-izmijenjeni dio. Pri ovome se ostvaruje ušteda u vremenu koja bi se utrošila na demontažu, a kasnije i na montažu samih kranova. Ovim se postiže da kranovi tokom izvođenja radova sve vrijeme ostaju na kranskim stazama. Po završetku središnjeg dijela kranske staze otvara se posao za dvije ekipe (jedna na jednom, a druga na drugom kraju kranske staze), čime se dobila veća efikasnost, kao i brzina izvođenja radova.

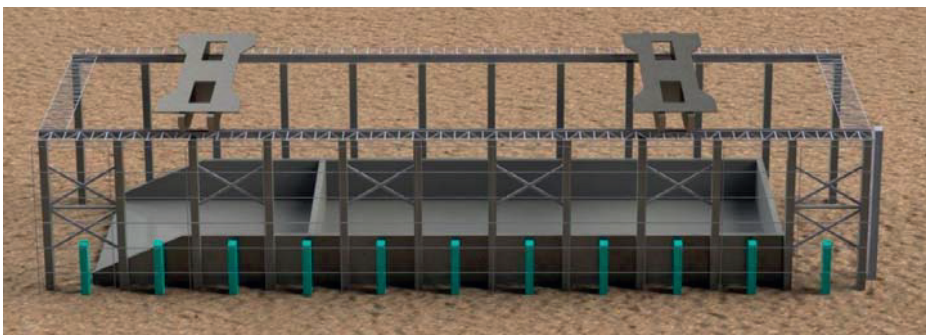
Za postavljenu organizaciju radova potrebno je angažovati 3 dizalice (100t + 70t + 40t). Detaljan raspored ugradbenih elemenata i dizalica nalazi se na slici 4. Izrada **Skice montažnog platoa** je veoma važna prilikom pripremnih radova jer se time smanjuje broj praznih hodova dizalica u toku izvođenja radova. Organizacija montažnog platoa je izvedena pri radu visoke peći, čime se olakšalo dalje izvođenje radova. Svako dizalici je predodređena pozicija koju će podignuti na mjesto ugradnje.

2.3.2. Tehnologija zamjene kranske staze kod dopećne prerade troske

U nastavku rada se nalazi spisak operacija koje sačinjavaju **Tehnologiju zamjene** kranske staze. Izvođenje radova je tako organizovano da se uz minimalan broj operacija radovi obave, kao i da se radovi izvode u više formiranih ekipa čime se lakše postiže zadani **Termin plan**.

Polazno stanje kranske staze kod bazena dopećne prerade troske (pripremi radovi):

- ojačavanje postojećih temelja i ugradnja novih AB stubova (11 kom), prema slici 5.,
- izrađeni svi segmenti kranske staze, prema projektnoj dokumentaciji,
- montaža skela sa spoljašnje stane kranske staze (60x12m),
- montaža privremenih oslonaca za poprečnu rešetku KS4 (do stuba 12 segmenti toranjske dizalice, a do stuba 1 čelični konzolni nosač od HEB200),
- dovedeno elektro-napajanje ispod pruge, kako bi se obezbjedilo konstantno elektro-napajanje tokom izvođenja radova,
- izrađeni alati za transport novih stubova, zavarene uške za transport novih uzdužnih nosača.

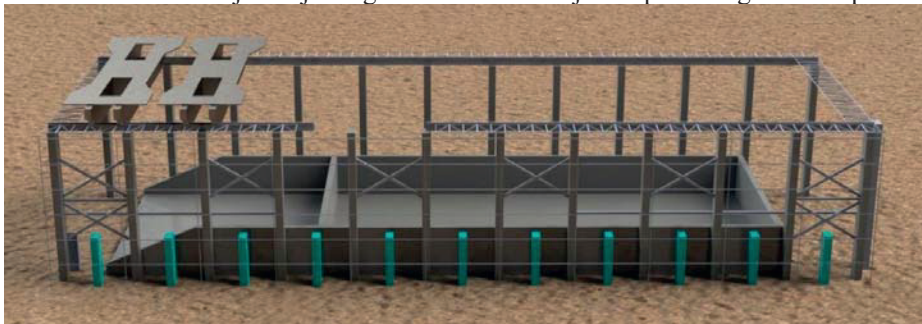


Slika 5. Polazno stanje kranske staze

Prva faza - početak mašinskog dijela radova (1. i 2. dan):

- prevlačenje kranova u krajni položaj prema slici 6. i fiksiranje istih pomoću 4 upcuga nosivosti 3t,
- demontaža prvog uzdužnog segmenta (presijecanje između stubova 8 - 9 i na stubu 7),
- početak radova na postavljanju skele između stubova kranske staze,
- demontaža drugog segmenta uzdužnog nosača od stuba 7 do stuba 5,
- montaža prvog novog stuba br.VIII,

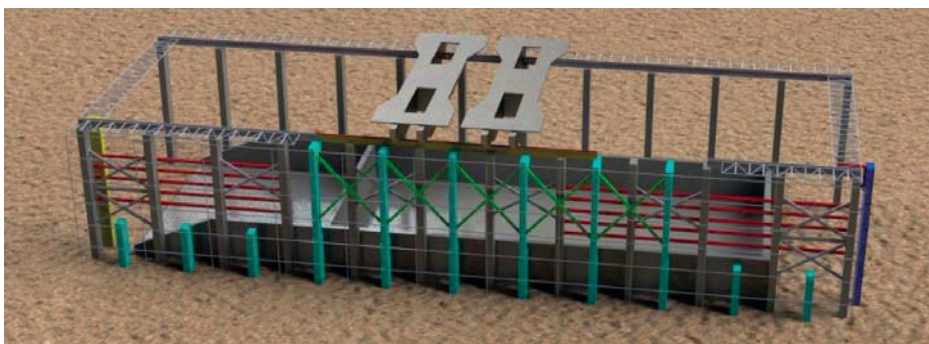
- ugradnja unutrašnjih zaštita na rasponu od stuba 1 do 5 i od 9 do 12,
- ugradnja stuba br. V, VI i VII,
- ubacivanje segmenata vertikalnih ukruta između novih stubova,
- ugradnja stuba br. III i IV,
- odvajanje objerešetke KS4 od stuba 1 i stuba 12 i oslanjanje na nove privremene oslonce,
- montaža šine na središnjem dijelu i geodetsko centriranje iste pomoću gantrex kopči.



Slika 6. Prva faza radova – početak radova na središnjem dijelu kranske staze

Druga faza (3 dan , I smjena):

postavljanje mosnih dizalica na središnji dio nove kranske staze, vozna vitla postavljena na suprotnu stranu, kako bi se izvršilo rasterećenje novog dijela kranske staze. Po prelasku mosnih dizalica izvršeno je fiksiranje istih pomoću 4 upcuga nosivosti 3t, kako ne bi došlo do pomjeranja uslijed vjetrova i gravitacionog pomjeranja.



Slika 7. Druga faza – postavljanje mosnih dizalica na središnji dio kranske staze

Treća faza (3. dan ,II i III smjena):

- demontaža uzdužnih segmenata stare kranske staze,
- zavarivanje vertikalnih spregova između novih stubova,
- montaža unutrašnjih zaštita između stubova,
- montaža stuba br. I, II, IX, X i XI.

Četvrta faza (4. dan):

- demontaža dva odbojnika kranske staze, pjeskarenje i farbanje,
- ugradnja vertikalnih spregova,
- ugradnja uzdužnog nosača između stubova IV i II,
- montaža unutrašnjih zaštita između stubova,
- ugradnja horizontalnih spregova između stubova,
- ugradnja konzole KS1 između stubova II i I,

- ugradnja uzdužnog segmenta između novih stubova IX i XI,
- montaža šine i geodetsko centriranje pomoću gantrex kopči,
- zavarivanje konzole KS1 između stubova II i I,
- demontaža unutrašnjih skela,
- zavarivanje rešetke KS4 i konzola KS1 na objestrane,
- demontaža privremenih oslonaca.

Peta faza (5. dan):

- montaža dva odbojnika,
- završni zavarivački radovi,
- pjeskarenje, AKZ,
- funkcionalne probe,
- ispitivanja,
- popravka AKZ,
- finalni geodetski snimak,
- čišćenje gradilišta,
- primopredaja radova.

2.3.3. Struktura radne snage za izvođenje radova na zamjeni kranske staze

Za tehnologiju zamjene kranske staze, koja je navedena kroz faze u prethodnom dijelu rada, kao i usvojenog *Termin plana* radova, potrebna je odgovarajuća struktura radne snage kako po kvalitetu tako i po kvantitetu. Na slici 8. je prikazan primjer *Organizacije radne snage*, koji je angažovan na izvođenju radova zamjene kranske staze kod dopećne prerade troske. Svakoj ekipi radnika predodređena je potrebna mehanizacija kao i sortirane pozicije za ugradnju. S obzirom da se radovi izvode na skelama, za potrebe vezivanja tereta i dostavu potrebnih tehničkih gasova, alata i potrošnog materijala angažovana je dodatna ekipa radnika koja je opsluživala na koti +0m.

AMZ - DEPARTMENT VISOKA PEĆ
MONTAŽA KRANSKE STAZE KOD BAZENA ZA GRANULACIONU TROSKU - APRIL 2022. GOD.

TERMOELEKTRO		ORGANIZACIJA RADIŠTA	/	SRUJEDA , 13.04.2022.GOD.	/	Σ 75	
5	RUKOVODIOCI	16	I SMJENA	17	II SMJENA	17	III SMJENA
I. SMJENA 1 RUKOVODILAC RADOVA 1 2 INŽENJER ZNR 1 3 INŽENJER IWE 1 4 INŽENJER GRADNJE 1 2 5 INŽENJER GRADNJE 2 3		MONTAŽA ZAVRŠNE OBLIČNE KONSTRUKCIJE (400 skela) 1 VOĐEĆI MAJSTOR 1 2 MAŠINSKI MONTER 1 3 POM. MAŠ. MONTER 1 4 POM. MAŠ. MONTER 1 5 ZAVARIVAČ 111 1		MONTAŽA ZAVRŠNE OBLIČNE KONSTRUKCIJE (400 skela) 1 VOĐEĆI MAJSTOR 2 2 MAŠINSKI MONTER 2 3 POM. MAŠ. MONTER 2 4 ZAVARIVAČ 111 2		MONTAŽA ZAVRŠNE OBLIČNE KONSTRUKCIJE (400 skela) 1 VOĐEĆI MAJSTOR 3 2 MAŠINSKI MONTER 3 3 POM. MAŠ. MONTER 3 4 ZAVARIVAČ 111 3	
3	POSLOVODE	OBRADA KRANSKE STAZE (400) POMOĆU WOT (MONTAŽA STUBOVA) 1 GRUPOVOĐA 1 2 MAŠINSKI MONTER 1 3 POM. MAŠ. MONTER 1 4 ZAVARIVAČ 111 1 5 ZAVARIVAČ 111 1		MONTAŽA VERTIKALNIH SPREŠOVA UŠD POMOĆU WOT 1 GRUPOVOĐA 2 2 MAŠINSKI MONTER 2 3 POM. MAŠ. MONTER 2 4 ZAVARIVAČ 111 2 5 ZAVARIVAČ 111 2		MONTAŽA VERTIKALNIH SPREŠOVA UŠD POMOĆU WOT 1 GRUPOVOĐA 3 2 MAŠINSKI MONTER 3 3 POM. MAŠ. MONTER 3 4 ZAVARIVAČ 111 3 5 ZAVARIVAČ 111 3	
3	MAGACIONERI	DEMONTAŽA KRANSKE STAZE (400) POMOĆU WOT 1 GRUPOVOĐA 1 2 MAŠINSKI MONTER 1 3 POM. MAŠ. MONTER 1 4 ZAVARIVAČ 111 1 5 ZAVARIVAČ 111 1		MONTAŽA VERTIKALNIH SPREŠOVA UŠD POMOĆU WOT 1 GRUPOVOĐA 2 2 MAŠINSKI MONTER 2 3 POM. MAŠ. MONTER 2 4 ZAVARIVAČ 111 2 5 ZAVARIVAČ 111 2		MONTAŽA VERTIKALNIH SPREŠOVA UŠD POMOĆU WOT 1 GRUPOVOĐA 3 2 MAŠINSKI MONTER 3 3 POM. MAŠ. MONTER 3 4 ZAVARIVAČ 111 3 5 ZAVARIVAČ 111 3	
9	DIZALICAŘI	RADONI NA KOTI +0M 1 VOĐEĆI MAJSTOR 1 2 MAŠINSKI MONTER 1 3 POM. MAŠ. MONTER 1		RADONI NA KOTI +0M 1 VOĐEĆI MAJSTOR 2 2 MAŠINSKI MONTER 2 3 POM. MAŠ. MONTER 2		RADONI NA KOTI +0M 1 VOĐEĆI MAJSTOR 3 2 MAŠINSKI MONTER 3 3 POM. MAŠ. MONTER 3	
I. SMJENA 1 DIZALICAŘ 1 1 159 2 DIZALICAŘ 2 1 79 3 DIZALICAŘ 3 1 49 II. SMJENA 1 DIZALICAŘ 4 2 159 2 DIZALICAŘ 5 2 79 3 DIZALICAŘ 6 2 49 III. SMJENA 1 DIZALICAŘ 7 3 159 2 DIZALICAŘ 8 3 79 3 DIZALICAŘ 9 3 49							
3	ELEKTRICARI	I. SMJENA 1 ELEKTRICAR 1 1 II. SMJENA 2 ELEKTRICAR 2 2 III. SMJENA 3 ELEKTRICAR 3 3				75 BROJNO STANJE RADNIKA I SMJENA: Σ 27 II SMJENA: Σ 24 III SMJENA: Σ 24	

Slika 8. Organizacija radne snage za izvođenje radova na zamjeni kranske staze

3. ZAKLJUČAK

Provođenje remonta ima sve karakteristike složenog projekta jer objedinjava tematiku upravljanja održavanjem, kvalitetom i projektima. Provođenje aktivnosti održavanja u velikoj mjeri rezultira potrebom za zaustavljanjem rada pojedinih tehnoloških dijelova procesa (kranske staze u našem slučaju) što u konačnici rezultira i zastojem cjelokupnog procesa. U cilju minimiziranja negativnog uticaja zaustavljanja procesa radi potreba preventivnog održavanja neophodno je detaljno planiranje tehnologije, pridržavanje planiranog termin plana, te maksimalno iskorištenje raspoložive radne snage, dizalica i opreme. Iako sve to planiranje zahtjeva dosta rada i vremena prije samog početka izvođenja radova, kroz ovaj naučni rad se može vidjeti u kojoj mjeri to utiče na minimiziranje negativnog uticaja na proizvodnju. U prethodnom dijelu rada je ukazano na važnost preventivnog održavanja, kao i vremena za koji je potrebno sve te operacije realizovati, jer od momenta pokretanja do momenta realizacije poslova prolazi dosta vremena, pri minimalnim zastojima proizvodnje. Takav je i slučaj kranske staze kod dopećne prerade troske, gdje je za izradu idejnog rješenja, glavnog projekta, betoniranje AB stubova i izradu dijelova kranske staze bilo potrebno cca 6 mjeseci, a sama demontaža i montaža kranske staze je trajala 5 dana. Time je proizvodnja planirano zaustavljena na 5 dana. Kod reaktivnog održavanja isti ili veći je period realizacije poslova, ali svo vrijeme se troši od proizvodnje. U tabeli 1. prikazan je odnos preventivnog i reaktivnog održavanja kranske staze pod pretpostavkom da je dnevna proizvodnja talina 20 kom.

Tabela 1. Odnos preventivnog i reaktivnog održavanja prikaznog kroz broj proizvedenih talina

Naziv	Preventivno održavanje	Reaktivno održavanje	Napomena
Broj proizvedenih talina dnevno (1)	20	20	
Broj dana u godini (2)	365	365	
Broj planirani dana zastoja (3)	60	60	
Broj neplaniranih broj dana zastoja (4)	0	180	
Planirani broj dana proizvodnje (5)	305	305	(5) = (2)-(3)
Stvarni broj dana proizvodnje (6)	305	125	(6) = (2)-(3)-(4)
Planirani broj proizvedenih talina (7)	6100	6100	(7) = (1)*(5)
Stvarni broj proizvedenih talina (8)	6100	2500	(8) = (1)*(6)
Broj neproizvedenih talina u slučaju reaktivnog održavanja (9)	3600	59,0%	

Iz navedenog primjera se dolazi do zaključka da reaktivno održavanje dovodi proizvodnu kompaniju do nesagledivih posljedica da se može postaviti veliko pitanje za opstanak iste. U slučaju reaktivnog održavanja kompanija bi na godišnjem nivou imala gubitke u proizvodnji u iznosu od 59%.

4. REFERENCE

- [1] Mijović B. : Održavanje strojeva i uređaja, Veleučilište u Karlovcu, 2019.
- [2] Hadžikadunić F., Petković D.: Zbornik radova, Univerzitet u Zenici, 2020

**ODRŽAVANJE LUČKE MEHANIZACIJE:
ELEMENTI ANALIZE PODLOGA PLANIRANJA**

**PORT EQUIPMENT MAINTENANCE:
SOME CONSIDERATIONS ON PLANNING BASES**

Prof. dr Deda Đelović
“Luka Bar” AD
Obala 13.jula 2, Bar, Crna Gora

REZIME

Nakon opšteg teorijskog uvoda, u radu su analizirane određene grupe podloga planiranja održavanja lučke mehanizacije: elementi u odnosu na organizaciju održavanja, parametri koji proizilaze iz korelacije između procesa pretovara i procesa održavanja lučke mehanizacije, pokazatelji uspješnosti funkcionisanja održavanja u prethodnom periodu i struktura troškova koji su posljedica prekida procesa pretovara uslijed otkaza lučke mehanizacije.

Ključne riječi: održavanje, lučka mehanizacija, podloge planiranja.

ABSTRACT

After general theoretical introduction, some of the maintenance planning bases were taken into consideration: elements related to the maintenance system organization, elements which are generated by correlation between the cargo handling process and process of the port equipment maintenance, parameters which characterize adequacy level of the port equipment maintenance system functioning and structure of costs caused by cargo handling process interruptions due to the port equipment downtimes.

Key words: maintenance, port equipment, planning bases.

1. UVOD

U najširem smislu, održavanje kao proces treba da omogući maksimalnu dužinu životnog ciklusa tehničkih sistema, uz minimalan nivo troškova koji obezbjeđuje ispunjenje navedenog opšteg cilja (na osnovu [1]).

Rezultati istraživanja, sadržani u dostupnim literaturnim izvorima, ukazuju da postoji zavisnost kompletne pomorske industrije od lučke mehanizacije i obučениh rukovalaca (operatera). Uz to, utvrđeno je da neadekvatno održavanje lučke mehanizacije utiče na značajno smanjenje nivoa produktivnosti rada u lukama [2].

Racionalno je da se pri definisanju ciljeva održavanja lučke mehanizacije primijeni pristup koji polazi od osnovnih elementa procesa pretovara tereta i uloge koju lučka mehanizacija ima tom procesu. Primjenjujući pomenuti pristup, mogu se identifikovati sljedeći osnovni ciljevi

procesa održavanja lučke mehanizacije [3]: obezbjeđenje maksimalnog nivoa operativne gotovosti lučke mehanizacije; obezbjeđenje maksimalnog nivoa pouzdanosti lučke mehanizacije; minimizacija trajanja stanja „u otkazu“ sredstava lučke mehanizacije; itd. Pobrojani ciljevi održavanja lučke mehanizacije su složene strukture i imaju svoje „podciljeve“.

U krajnje sažetoj formi, opšti cilj održavanja lučke mehanizacije, može biti definisan i na sljedeći način: “unapređenje produktivnosti i efikasnosti luke kroz povišenje nivoa raspoloživosti lučke mehanizacije” [4].

Lučka mehanizacija spada u ključne tehnološke elemente luke. Glavni aspekti njene značajnosti su (na osnovu [5]): povećanje efikasnosti realizacije varijanti lanaca snabdijevanja u kojim se robe transportuje ka/iz luke; redukcija troškova realizacije lanaca snabdijevanja putem smanjenja troškova pretovarnih operacija u luci; povećanje ukupnog kapaciteta luke; povećanje kvaliteta pruženih lučkih usluga; smanjenje zadržavanja sredstava transporta u luci po osnovu pretovarnih radnji; poboljšanje stepena iskorišćenja transportnih sredstava (brodova, vagona, kamiona); povećanje sigurnosti pri radu, smanjenje broja profesionalnih bolesti i nezgoda pri radu, itd.

Potvrdu navedenih aspekata značajnosti lučke mehanizacije omogućavaju dva procesa koji se odvijaju unutar luke: eksploatacija lučke mehanizacije (proces pretovara i skladištenja tereta) i održavanje lučke mehanizacije (kojim se sredstva održavaju u stanju "u radu" odnosno vraćaju iz stanja "u otkazu" u stanje "u radu", shodno prethodno utvrđenim kriterijumima upravljanja) [6].

Planiranje je izbor ciljeva, predviđanje rezultata te primjena različitih metoda, alternativa i poslovnih odluka za postizanje postavljenih ciljeva [7]. Postoje i brojne druge definicije planiranja. Neke su date u literaturnim izvorima [8, 9, 10, 11].

Planiranje održavanja predstavlja izradu vremenskih planova pomoću kojih se predviđaju potrebe za radovima održavanja i resursima potrebnim za obavljanje tih radova [12].

Podloge za planiranje održavanja lučke mehanizacije su brojne i veoma raznorodne i treba da sadrže pouzdane informacije za kreiranje plana održavanja. Mogu se, pri tome, definisati sljedeće osnovne grupe podloga planiranja:

- karakteristike luke (terminala, ...) unutar koje funkcioniše sistem održavanja (lučka infrastruktura, lučka suprastruktura, lučka pokretna mehanizacija, kapacitet, makro i mikro organizaciona struktura, broj i struktura zaposlenih, ...);
- asortiman usluga/stepen iskorišćenosti postojećih kapaciteta/potencijal povećanja obima djelatnosti (obim i struktura pretovara u prethodnom periodu, plan pretovara, rezultati analize potencijala tržišta kojem gravitira luka, ...);
- elementi tehnologija realizacije radnih procesa u kojima se lučka mehanizacija pojavljuje kao tehnološki element;
- planovi unapređenja tehnologija rada – planovi nabavke novih sredstava lučke mehanizacije, ...;
- karakteristike lučke mehanizacije koja je predmet održavanja (katalozi, uputstva za rukovanje, ...);
- elementi u odnosu na organizaciju održavanja lučke mehanizacije (organizaciona struktura, broj zaposlenih, nivoi i profili obrazovanja zaposlenih, ...);
- parametri koji proizilaze iz korelacija između procesa pretovara i procesa održavanja lučke mehanizacije;

- tehnološka dokumentacija održavanja (uputstva za održavanje – preporuke proizvođača)/izvješćaji o izvršenim aktivnostima održavanja/izvješćaji o stanju održanih sredstava s raznih pregleda/izvješćaji o izvršenju plana u prethodnom periodu; itd.
- pokazatelji adekvatnosti funkcionisanja održavanja u prethodnom periodu;
- elementi u odnosu na sistem upravljanja rezervnim dijelovima za održavanje;
- elementi u odnosi na informacioni sistem održavanja;
- zahtjevi zaštite i zdravlja na radu;
- zahtjevi zaštite životne sredine;
- struktura troškova koji su posljedica otkaza lučke mehanizacije u procesu pretovara; ...

U narednim segmentima rada će biti prikazani rezultati razmatranja određenih grupa podloga planiranja održavanja lučke mehanizacije: elementi u odnosu na organizaciju održavanja lučke mehanizacije, parametri koji proizilaze iz korelacije između procesa pretovara i procesa održavanja lučke mehanizacije, pokazatelji adekvatnosti funkcionisanja održavanja u prethodnom periodu i struktura troškova koji su posljedica otkaza lučke mehanizacije u procesu pretovara.

2. SKUP PODLOGA PLANIRANJA 1: ELEMENTI U ODNOSU NA ORGANIZACIJU ODRŽAVANJA

Organizacija je, generalno posmatrajući, skup odnosa između ljudi u obavljanju zajedničkih poslova da bi se postigao **cilj**, imajući u vidu raspoloživa sredstva za rad, uslove sredine, ... [13]. Osnovni smisao organizacije je, dakle, postizanje određenog cilja. Ukoliko se prethodne konstatacije stave u kontekst problematike održavanja lučke mehanizacije, onda je očigledan zaključak da organizacija održavanja sredstava lučke mehanizacije treba da obezbijedi ispunjenje ciljeva – definisanih u poglavlju 1. ovog rada.

Analiza parametara stanja postojeće organizacije održavanja sredstava lučke mehanizacije – kako bi se izvršila detaljna dijagnoza stanja postojeće organizacije održavanja, potrebno je izvršiti sljedeće: ocijeniti nivo adekvatnosti organizacije održavanja - pri čemu treba sprovesti: istraživanje organizacione strukture (organizacione jedinice održavanja, međusobni odnos organizacionih jedinica održavanja, odnos sistema održavanja kao cjeline i njegovih organizacionih jedinica prema korisnicima usluga, ...); istraživanje tehnoloških postupaka (tehnološka povezanost organizacionih jedinica sistema održavanja, ...); istraživanje organizacionih sredstava (organizacione sheme ...); analizirati ključne funkcije sistema održavanja i njegovih organizacionih jedinica sa aspekta sadržaja, postupaka obavljanja poslova, organizovanosti i koncepcije funkcionisanja; analizirati postojeću mikroorganizaciju; izvršiti analizu poslova i zadataka po radnim mjestima; utvrditi stepen adekvatnosti opisa radnih mjesta; analizirati organizaciju radne sredine, sistem zaštite i zdravlja na radu, tehnologije rada po radnim mjestima, kadrovsku strukturu, postojeću dokumentaciju; itd. [6].

Metodologija unapređenja organizacije održavanja, u principu, obuhvata sljedeće faze (na osnovu [14]): pripremne aktivnosti; dijagnosticiranje postojeće organizacije održavanja; identifikacija pravaca unapređenja organizacije održavanja; razrada varijanti unapređenja organizacije održavanja (projektovanje organizacije); vrednovanje varijanti unapređenja organizacije održavanja; primjena optimalne varijante unapređenja organizacije održavanja; praćenje efekata unapređenja;

3. SKUP PODLOGA PLANIRANJA 2: PARAMETRI KOJI PROIZILAZE IZ KORELACIJE IZMEĐU PROCESA PRETOVARA I PROCESA ODRŽAVANJA LUČKE MEHANIZACIJE

Međuzavisnosti između sistema upravljanja procesom pretovara i sistema upravljanja održavanjem lučke mehanizacije su složene.

Uvažavajući navedenu činjenicu, razmatrani su samo neki od parametara koji karakterišu pomenute međuzavisnosti, i to [15]:

- parametri koji opisuju proces pretovara:
 - obim pretovara, Q , kojim se adekvatno opisuje raspodjela zahtjeva korisnika usluga;
 - koeficijent efektivnog iskorišćenja sredstava lučke mehanizacije (po vrstama, klasama, tipovima, ...), K_i , koji pripada skupu parametara koji opisuju proces eksploatacije lučke mehanizacije;
- parametri koji opisuju proces održavanja lučke mehanizacije:
 - potrošnje rezervnih dijelova (za korektivno održavanje), P_j (kao karakteristike modela upravljanja rezervnim dijelovima za održavanje lučke mehanizacije);

Primijenjujući postupak razrađen u literaturnom izvoru [15], analizirana je usklađenost trendova promjene navedenih parametara u vremenu i identifikovani su faktori koji utiču na utvrđeni stepen usklađenosti trendova.

Analizirani su podaci iz Informacionog sistema u Luci Bar (LUBARIS), za 2008.g., koji se odnose na procese eksploatacije i održavanja populacije viljuškara nosivosti 3t: obim pretovara terete gdje se kao element tehnologije rada pojavljuju viljuškari nosivosti 3t, koeficijent efektivnog iskorišćenja viljuškara nosivosti 3t, potrošnja rezervnih dijelova za korektivno održavanje viljuškara nosivosti 3t.

U narednoj tabeli (Tabela 1.) su prikazani rezultati analize usklađenosti trendova promjene razmatranih parametara u vremenu.

Tabela 1. Rezultati analize usklađenosti trendova

interval	trend			usklađenost trendova			
	Q	K	P	Q – K	Q – P	K – P	Q – K – P
I – II	-	-	-	usklađeni	usklađeni	usklađeni	usklađeni
II – III	-	-	-	usklađeni	usklađeni	usklađeni	usklađeni
III – IV	+	+	+	usklađeni	usklađeni	usklađeni	usklađeni
IV – V	-	-	+	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni
V – VI	-	-	const	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni
VI – VII	+	+	const	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni
VII – VIII	+	-	-	neusklađeni	neusklađeni	usklađeni	neusklađeni
VIII – IX	-	+	+	neusklađeni	neusklađeni	usklađeni	neusklađeni
IX – X	-	-	+	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni
X – XI	-	-	+	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni
XI – XII	+	+	-	usklađeni	neusklađeni	neusklađeni	neusklađeni

(izvor: obrada autora)

Oznake korišćene u Tabeli 1. imaju sljedeće značenje:

“+” – rastući trend;

“-“ – opadajući trend;

“const” – konstantna vrijednost;

Na osnovu rezultata analize prikazanih u tabeli, može se konstatovati sljedeće:

- visok stepen (81,8%) usklađenosti trendova promjene u vremenu parametara Q (obim pretovara tereta pri čijim se manipulacijama koriste viljuškari 3t) i K (koeficijent efektivnog iskorišćenja viljuškara nosivosti 3t);
- nizak stepen (27,3%) usklađenosti trendova promjene u vremenu parametara Q (obim pretovara tereta pri čijim se manipulacijama koriste viljuškari 3t) i P (potrošnja rezervnih dijelova za korektivno održavanje viljuškara nosivosti 3t);
- srednji stepen (45,5%) usklađenosti trendova promjene u vremenu parametara K (koeficijent efektivnog iskorišćenja viljuškara nosivosti 3t) i P (potrošnja rezervnih dijelova za korektivno održavanje viljuškara nosivosti 3t);
- nizak stepen (27,3%) usklađenosti trendova promjene u vremenu svih posmatranih parametara;

Faktori uticaja na stepen usklađenosti trendova promjene u vremenu analiziranih parametara su brojni. Ukoliko se posmatra usklađenost trendova parametara Q (obim pretovara tereta pri čijim se manipulacijama koriste viljuškari 3t) i K (koeficijent efektivnog iskorišćenja viljuškara nosivosti 3t), mogu se identifikovati sledeći faktori uticaja:

- varijacije strukture i obima pretovara tereta pri čijim se manipulacijama koriste sredstva iz klase nosivosti 3t, po elementima analiziranog perioda;
- varijacija učešća pojedinih vrsta tereta u okviru određenog pojavnog oblika tereta, po elementima analiziranog perioda;
- neravnomjernost učešća pojedinih vrsta (i varijanti) manipulacija u ukupnom broju manipulacija sa određenom vrstom tereta u analiziranom periodu;
- razlike u produktivnosti rada pri izvršenju iste manipulacije sa različitim teretima u jednakom vremenskom intervalu (npr. u smjeni) kao posljedica razlika u karakteristikama manipulativnih jedinica;
- varijacija učinaka u toku određenog perioda pri izvršenju iste manipulacije sa jednom vrstom tereta kao posljedica:
 - varijacija u karakteristikama sredstava transporta (prvenstveno brodova) sa kojima se teret prevozi;
 - varijacija u uslovima rada pri izvršenju manipulacija uslijed:
 - rada u skućenim brodskim prostorima;
 - neodgovarajuće složenog tereta u sredstvima transporta (otežano formiranje manipulativne jedinice, otežano zahvatanje manipulativne jedinice, ...);
 - neodgovarajućeg pakovanja tereta;
 - izmiješanosti tereta u sredstvu transporta;
 - posebnih zahtjeva pri uskladištenju tereta;
 - potrebe slaganja tereta na veće visine u brodskim skladištima; ...
 - varijacija u stepenu adekvatnosti primijenjenog lučkog alata (zavisno od vrste alata, dozvoljenog radnog opterećenja alata, pogodnosti rukovanja alatom, ...);
 - stepena adekvatnosti formirane manipulativne jedinice (da li je manipulativna jedinica formirana u skladu sa definisanom tehnologijom rada? ...);
 - varijacija u stepenu angažovanja izvršilaca u procesu izvršenja manipulacija;
 - varijacija u stepenu obučenosti izvršilaca u procesu izvođenja manipulacija sa teretom; itd.
- uključivanje viljuškara iz klase nosivosti 3t u proces izvršenja manipulacija sa teretima za koje oni nisu definisani kao tehnološki element. itd.

Rezultati analize potvrđuju postojanje složenih međuzavisnosti između sistema upravljanja procesom pretovara (pružanja lučkih usluga) i sistema upravljanja održavanjem lučke mehanizacije i direktno ukazuju na nužnost da planiranje održavanja, između ostalog, bude zasnovano i na realnim poslovnim projekcijama luke kao cjeline.

4. SKUP PODLOGA PLANIRANJA 3: VRIJEDNOSTI POKAZATELJA ADEKVATNOSTI FUNKCIONISANJA ODRŽAVANJA U PRETHODNOM PERIODU

Uopšteno govoreći, pokazatelji adekvatnosti funkcionisanja sistema održavanja mogu biti definisani na različite načine [16]. Zasnivajući logiku identifikacije pokazatelja adekvatnosti funkcionisanja sistema održavanja lučke mehanizacije na neophodnosti minimizacije dužine trajanja vremena «u otkazu», parametar D_f – *dužina trajanja realizacije Zahtjeva za održavanje sredstava* se može svrstati u grupu indikatora adekvatnosti funkcionisanja sistema održavanja. U suštini, parametar D_f , ukoliko se zanemari vrijeme od momenta pojave otkaza pa do lansiranja Zahtjeva za održavanje (otklanjanje otkaza), predstavlja vrijeme od momenta pojave otkaza pa do trenutka kada sredstvo, nakon sprovedenih aktivnosti održavanja, postane raspoloživo za uključivanje u proces rada.

Kako bi se vrijednosti parametra D_f mogle staviti u funkciju planiranja održavanja lučke mehanizacije, neophodno je realizovati određene pripreme aktivnosti. Najprije se analizira odnos između ostvarene dužine realizacije zahtjeva za održavanje (dužine trajanja vremena «u otkazu») i usvojene vrijednosti kriterijuma upravljanja (očekivane dužine trajanja realizacije zahtjeva) po karakterističnim slučajevima – po vrstama sredstava, po vrstama otkaza, ... Proces se, u zavisnosti od toga da li je usvojeni kriterijum prekoračen ili ne, može nastaviti u dvjema varijantama. U prvoj, koja se odnosi na slučaj kada su predmetne vrijednosti iznad očekivanih, vrši se identifikacija i sistematizacija uzroka pojavljivanja te situacije, definisanje potrebnih aktivnosti za njihovu eliminaciju i realizacija tih aktivnosti. U drugoj varijanti, kada su vrijednosti u granicama očekivanih, analiziraju se parametri raspodjele dužine trajanja vremena «u otkazu» i cjelokupne aktivnosti se usmjeravaju ka osnovnom cilju: daljoj optimizaciji karakterističnih vrijednosti.

Polazeći od logike procesa održavanja, sva ograničenja pri realizaciji aktivnosti sa ciljem dostizanja optimalnih vrijednosti pokazatelja adekvatnosti funkcionisanja održavanja lučke mehanizacije se mogu podijeliti u nekoliko klasa:

- uzroci koji su u domenu organizacije održavanja,
- uzroci koji su u domenu pripreme procesa održavanja,
- uzroci koji su u domenu realizacije procesa održavanja,
- uzroci koji su u domenu kontrole procesa održavanja ...

5. SKUP PODLOGA PLANIRANJA 4: STRUKTURA TROŠKOVA KOJI SU POSLJEDICA OTKAZA LUČKE MEHANIZACIJE U PROCESU RADA

Neophodnost optimalne realizacije aktivnosti održavanja u cilju minimizacije broja pojavljivanja i dužine trajanja stanja “u otkazu” može se ilustrovati i sa aspekta troškova koji su posljedica otkaza lučke mehanizacije u procesu rada. Troškovi, C_u , koji se pri tome javljaju mogu se matematički interpretirati na sljedeći način:

$$C_u = \sum_{i=1}^n c_i \quad \dots(1)$$

gdje su: c_i – komponente troškova ($i = 1, 2, \dots, n$);

Jedna od mogućih varijanti dekompozicije troškova, koja uvažava i ulogu koju lučka mehanizacije ima u optimizaciji aspekata životne sredine (minimizaciji negativnih uticaja procesa pretovara na životnu sredinu), je:

- c_1 – troškovi prekida procesa rada;
- c_2 – troškovi aspekata životne sredine;

Komponente c_1 i c_2 su složene strukture.

$$c_1 = \sum_{j=1}^m c_{1j} \quad \dots(2)$$

gdje su: c_{1j} – komponente troškova prekida procesa rada ($j = 1, 2, \dots, m$);

Najznačajnije (sa najvećim učešćem) komponente troškova c_1 su:

- c_{11} – troškovi koji su posljedica smanjenja produktivnosti rada;
- c_{12} – troškovi koji su posljedica «praznog hoda» u dozvoljenom vremenu za izvršenje usluge;
- c_{13} – troškovi nastali zbog smanjenja koeficijenta iskorišćenja radne snage;
- c_{14} – troškovi nastali zbog smanjenja koeficijenta iskorišćenja lučke mehanizacije;
- c_{15} – troškovi smanjenja povjerenja korisnika usluga prema luci; ...

$$c_2 = \sum_{k=1}^p c_{2k} \quad \dots(3)$$

gdje su: c_{2k} – komponente troškova aspekata životne sredine ($k = 1, 2, \dots, p$);

Iz skupa komponenti troškova c_{2k} posebno se navode sledeće:

- c_{21} – troškovi otklanjanja posljedica ispuštanja tereta u vodu;
- c_{22} – troškovi otklanjanja posljedica zagađivanja zemljišta; ...

Definisanjem reda veličine navedenih (i ostalih) komponenti troškova u određenom vremenskom intervalu uspostavljaju se podloge za kvantifikaciju uloge (značaja) održavanja, tako da se moraju uzeti u obzir i u procesu planiranja održavanja.

6. ZAKLJUČAK

Lučka mehanizacija spada u ključne tehnološke elemente luke. Potvrdu njene značajnosti omogućavaju dva procesa koji se odvijaju unutar luke: eksploatacija lučke mehanizacije (proces pretovara i skladištenja tereta) i održavanje lučke mehanizacije (kojim se ona održava u stanju "u radu" odnosno vraća iz stanja "u otkazu" u stanje "u radu").

Planiranje održavanja predstavlja izradu vremenskih planova pomoću kojih se predviđaju potrebe za radovima održavanja i resursima potrebnim za obavljanje tih radova. Podloge za planiranje održavanja lučke mehanizacije su brojne i veoma raznorodne i treba da sadrže pouzdane informacije za kreiranje plana održavanja. U Radu su definisane osnovne grupe podloga planiranja, a detaljnije su analizirane neke od njih.

Rezultati analiza sprovedenih u radu, između ostalog, potvrđuju postojanje složenih međuzavisnosti između sistema upravljanja procesom pretovara (pružanja lučkih usluga) i sistema upravljanja održavanjem lučke mehanizacije i direktno ukazuju na nužnost da planiranje održavanja bude zasnovano i na realnim poslovnim projekcijama luke kao cjeline.

7. LITERATURA

- [1] <https://www.greenport.com/news101/Regulation-and-Policy/the-importance-of-planned-maintenance.>,
- [2] <https://blog.sennebogen-na.com/how-to-maintain-port-equipment.>,
- [3] Đelović D.: Konkretizacija ciljeva održavanja sredstava lučke mehanizacije, Zbornik radova sa Konferencije održavanja "KOD – 2002", Herceg-Novi, 2002.g.,
- [4] [https://opms.com.sg/project/maintenance-of-port-equipment/.](https://opms.com.sg/project/maintenance-of-port-equipment/),
- [5] Stipanić Lj.: Mehanizacija luka i lučkih terminala, Istarska naklada, Pula, 1982.g.
- [6] Đelović D.: Podloge analize veze između prekida pretovara zbog otkaza sredstava mehanizacije i modela upravljanja održavanjem, Zbornik radova sa XIII međunarodne konferencije „KODIP - 2015“, urednik: prof. dr Miodrag Bulatovic, Inženjerska akademija Crne Gore, Budva, 2015.,
- [7] Perčević H., Poslovno planiranje (on line), dostupno na: https://www.efzg.unizg.hr/UserDocsImages/RAC/hpercevic/poslovno_planiranje/Poslovno%20planiranje%20-%20pojam%20i%20vrste.pdf.,
- [8] <https://www.bpa.edu.rs › FileDownload.>,
- [9] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=48598.>,
- [10] <https://www.scribd.com/document/104979894/1-1-Pojam-planiranja.>,
- [11] <https://slidetodoc.com/vi-glava-planiranje-pojam-planiranja-planiranje-predstavlja-modeliranje/>
- [12] Brdarevic S., Arnaut D., Jašarević S.: Planiranje održavanja kao dio projektiranja fabrike, Zbornik radova sa 5. Konferencije „Održavanje - Maintenance 2018“, Zenica, 2018. (on line), dostupno na: <http://www.odrzavanje.unze.ba/zbornici/2018/029-O18-053.pdf.>,
- [13] Bulat V.: Teorija organizacije i menadžment, Izdavački centar za industrijski menadžment, Kruševac, 1995.,
- [14] Vešović V., Bojović N.: Organizacija saobraćajnih preduzeća, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2002.,
- [15] Đelović D.: Korelacija između parametara procesa pružanja lučkih usluga i procesa održavanja sredstava lučke mehanizacije, CD radova sa XXVIII naučnog stručnog skupa o održavanju mašina i opreme, Budva, 2003.,

[16] Đelović D., Medenica Mitrović D.: Korelacija između dužine vremena “u otkazu” sredstava mehanizacije i adekvatnosti organizacije održavanja, Zbornik radova sa međunarodne naučno-stručne konferencije „KODIP 2011“, urednik: prof. dr Miodrag Bulatovic, Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Herceg Novi, 2011.

SPECIFIČNOSTI ZAMJENE KOTLOVSKOG BUBNJA

SPECIFICS OF BOILER DRUM REPLACEMENT

Prof. dr. Miroslav Miškić
Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Namanja Tanasijević, dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o. Brčko

Zoran Šiljegović dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o. Brčko

Ostoja Ilić, dipl. inž. maš.
Termoelektro d.o.o. Brčko

Radomir Kokotović, mast. inž. maš.
Termoelektro d.o.o. Brčko

REZIME

Važan segmentu preventivnom održavanju je utvrđivanje stvarnog stanja i životnog vijeka dijelova i opreme tj. izrada stručnog elaborata. Na osnovu stručnog nalaza i zaključka iz Elaborata rukovodstvo preduzeća u ovom slučaju termoelektrane donosi plan preventivnog održavanja i zamjene dijelova i opreme termoelektrane u cilju stabilnosti isporuke električne energije. Kako bi se izvršila zamjena bubnja u predviđenom roku potrebno je izvršiti detaljno snimanje terena kao i napraviti tehnologiju zamjene bubnja u predviđenom roku. Pošto se radi o jedinstvenom zahvatu zamjene potrebno je uključiti sve tehničko logističke kapacitete u cilju blagovremene zamjene bubnja uvažavajući maksimalno bezbjednost radnika i opreme a vodeći računa o rejtingu preduzeća. Da bi se to postiglo potrebno je veliko znanje i iskustvo u održavanju, ali i stalno preventivno i redovno održavanje.

Ključne riječi: preventivno održavanje, proizvodni proces, termoelektrana, bubanj.

ABSTRACT

An important segment in preventive maintenance is determining the actual condition and lifespan of parts and equipment, i.e. preparation of a professional report. Based on the expert findings and conclusion from the Elaborate, the management of the company in this trial of the thermal power plant adopts a plan for preventive maintenance and replacement of parts and equipment of the thermal power plant in order to stabilize the supply of electricity. In order to replace the drum in the stipulated time, it is necessary to carry out a detailed recording of the terrain, as well as to create the technology of replacing the drum in the stipulated time. Since it is a unique replacement operation, it is necessary to include all technical and logistical capacities in order to replace the drum in a timely manner, respecting the maximum safety of workers and equipment and taking into account the company's rating. In order to achieve this, great knowledge and experience in maintenance is required, as well as constant preventive and regular maintenance.

Key words: preventive maintenance, production process, thermal power plant, drum.

1. UVOD

1.1. Pojam i definicija sistema

Pod pojmom tehnički sistem podrazumijeva se skup elemenata i relacije između njih i njihovih karakteristika, povezanih u cilju ostvarivanja funkcije cilja, odnosno promjene stanja sistema. Najuoštenije posmatrano, svaki sistem, pa i tehnički vrši transformaciju materijala, energije i informacija. Tehnički sistem je vještački sistem koji nastaje posrednim ili neposrednim djelovanjem čovjeka. Svaki tehnički sistem je sastavljen od podstistema odnosno elementarnih ili osnovnih sistema.

Sistemi se projektuju i izvode da zadovolje funkciju cilja prema datim kriterijumima. Podrazumeva se da su sistemi radno sposobni u trenutku preuzimanja na korišćenje. Korisnik teži da što duže održi sistem u početnom, radno-sposobnom stanju, teži da zna kada i u kom stepenu će sistem izgubiti svoju radnu sposobnost.

Zbog toga se pred projektante, konstruktore i proizvođače postavljaju pitanja:

- koliko sistem dugo može da zadrži svoju radnu sposobnost;
- šta, kada i kako raditi da sistem održi svoju radnu sposobnost;
- kada se i pod kojim uslovima rada može očekivati da sistem izgubi radnu sposobnost;
- u kom vremenskom intervalu sistem može zadovoljiti svoje funkcije cilja;
- kakva je struktura i koliko košta logička podrška sistemu da održi svoju radnu sposobnost, te šta se sa tim dobiva u finansijskom, eksploatacionom i širem društvenom smislu.

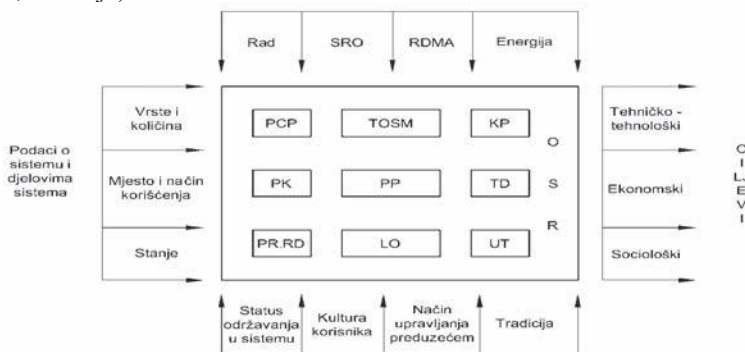
Konstruktori i proizvođači mogu dati odgovore na ova pitanja samo na osnovu podataka iz eksploatacije sistema i njihovih dijelova. Funkcija cilja sistema mijenja se smanjujući mogućnost zadovoljenja postavljenih kriterijuma, promjenom stanja sistema i dijelova sistema kao posljedice istrošenosti, zamora, korozije, abrazije, zagrijavanja i drugih promjenljivih funkcija promjene stanja.

Korisnik teži da odgovarajućim aktivnostima održi radnu sposobnost sistema što je moguće duže. Tako je došlo do pojma održavanja sistema i njegovih dijelova.

1.2. Osnovne ulazne i izlazne funkcije održavanja

Na slici 1. prikazan je sistem održavanja sa ulazima i izlazima prema okolini. Osnovni ulazi funkcije održavanja su:

- karakteristike sistema i delova sistema (vrsta i količina, mesto i način korištenja, stanje);
- resursi održavanja (rad, SRO – sredstva rada održavanja, RDMA – rezervni delovi, materijali i alati);
- ekonomsko – socijalni činioci (status održavanja, kultura korisnika, upravljanje sistemom, tradicija).



Slika 1. Sistem održavanja sa ulazima i izlazima prema okolini

Osnovni ciljevi funkcije održavanja su istovremeno izlazi iz sistema održavanja i oni mogu biti:

1. Tehničko – tehnološki koji obuhvata:

- održavanje i povišenje radne sposobnosti do potrebnog nivoa efikasnosti sistema;
- ostvarivanje dužeg vijeka mašine i opreme uspostavljanjem tehničke i tehnološke zastarelosti u ekonomskim granicama direktnih i indirektnih troškova;
- kvalitativno i kvantitativno poboljšanje procesa proizvodnje i proizvoda zadovoljenjem opštih i posebnih standarda sistema kvaliteta;
- povećanje proizvodne sposobnosti sistema u cjelini;
- usavršavanje mašina i opreme inovativnim zahvatima (rekonstrukcija, modernizacija).

2. Ekonomski:

- racionalno korištenje mašine, opreme i resursa (rezervni delovi, materijali i pribori, sirovine, ljudski potencijal itd.);
- ulaganje u održavanje u funkcijama rentabilnosti, produktivnosti i ekonomičnosti, kao u ekonomskim kategorijama.

3. Sociološki:

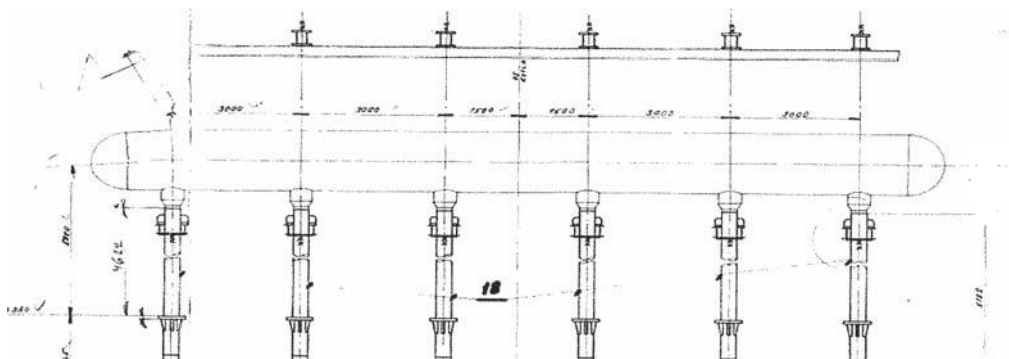
- očuvanje i povišenje psihološke stabilnosti radnika povećanjem bezbednosti rada sistema;
- motivisanost za rad u pouzdanim sistemima;
- racionalno korištenje ljudskih kapaciteta;
- ekološki faktor u cilju zaštite čovekove okoline itd.

Između ulaza i izlaza je sistem održavanja sa svojom organizacijom, strategijom, i tehnologijom: PCP – pranje, čišćenje, podmazivanje; TOCM – traženje i otklanjanje slabih mesta; PK – popravke kvarova; KP – kontrolni pregledi; PP – planske (preventivne) popravke; TD – tehnička dijagnostika; IS – informacioni sistemi; RR – radionice za radioničke remonte; RD – radionice za izradu rezervnih delova; LO – laboratorija održavanja; UT – unutrašnji transport (Slika 1.).

2. DEFINISANJE POSTOJEĆEG SISTEMA

2.1. Osnovni podaci o postojećem kotlovskom bubnju (primjer iz prakse)

Bubanj kotla koji je predmet analize u ovom radu smješten je na koti +59,8m iza drugog promajnog puta kotla. Dimenzije bubnja kotla su: prečnik \varnothing 1600mm, debljina 110mm, dužina 18620mm, plašt bubnja je od materijala 15223.9 (ČSN).



Slika 2. Bubanj kotla sa spušnim cijevima

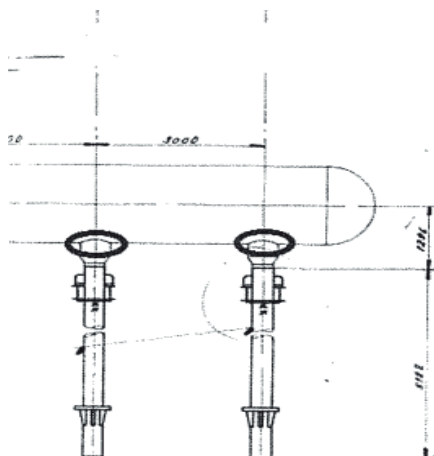
Težina postojećeg bubnja je cca 90 tona. Nazivna temperature pregrijane pare je 535 °C, a snaga kotla je 220 MW.

Na plašt bubnja zavareni su sljedeći cjevovodi:

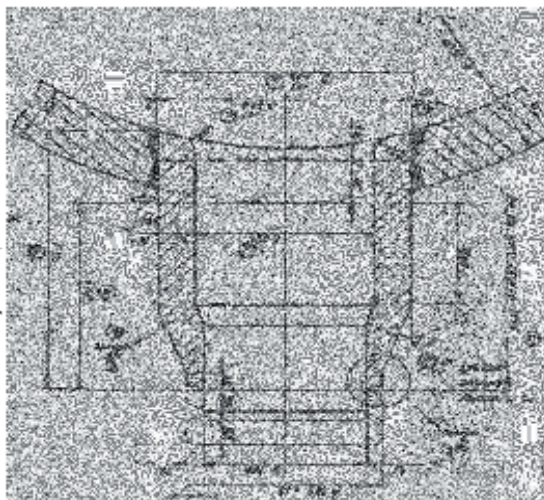
- spusne cijevi od bubnja prema cirkulacionim pumpama;
- cjevovod od ECO do bubnja;
- cjevovod od izlaznih komora isparivača prema bubnju (prednja, bočne i zadnja strana);
- cjevovod od bubnja prema ulaznoj komori;
- cjevovod za sigurnosne ventile bubnja;
- cjevovod za mjerenja;
- cjevovod za odsoljavanje;
- priključci za armaturu, vodokaze i mjerenja.

2.2. Opis problema

U oktobru 2013. godine kotao je dostigao eksploatacioni vijek od 100.000 radnih sati, zbog čega su provedena NDT ispitivanja sa ciljem utvrđivanja stanja komponenti pritisknog sistema kotla. Ispitivanjem su otkrivene pukotine u zavarenim spojevima između plašta bubnja i spusnih cijevi. Na slikama 3 i 4 prikazana je zona i mjesto nastanka pukotina u zavarenim spojevima između plašta bubnja i spusnih cijevi. Otkrivene pukotine su izbrušene i sanirane, a blok je pušten u pogon.



Slika 3. Zona nastanka pukotina



Slika 4. Mjesto nastanka pukotina

Poslije izvršene sanacije 2013. godine vršeno je praćenje stanja saniranih zavarenih spojeva s ciljem utvrđivanja stanja i mogućih promjena poslije izvršene sanacije, jer nije utvrđen uzrok nastanka pukotina, a izvođenje sanacije na licu mjesta je veoma kompleksno. Ispitivanja su provedena tokom 2014, 2015, 2017 i 2018 godine. Uporedno sa ispitivanjem saniranih zavarenih spojeva traženo je rješenje koje bi omogućilo siguran i pouzdan rad bubnja, odnosno kotla.

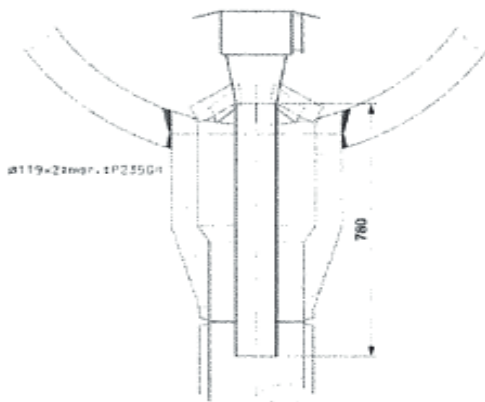
3. MODALITETI ZA RJEŠENJE PROBLEMA

3.1. Ciljevi zamjene kotlovskog bubnja sa novim

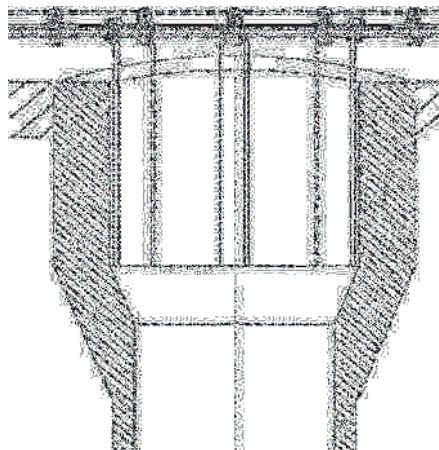
Ispitivanjima koja su provedena su potvrdila da nastaju nove pukotine, da se one šire i progresiraju. S obzirom da su se prethodnih godina vršile parcijalne sanacije došlo se do zaključka da treba izvršiti dublju analizu problema.

Zbog nastanka novih i širenja postojećih pukotina izvršena su neophodna ispitivanja i analize postojećeg stanja sa ciljem utvrđivanja uzroka nastanka pukotina kao mjere preventivnog održavanja. Zbog svega navedenog, bilo je neophodno uraditi dodatne analize, odnosno Elaborat o uočenim problemima.

U zaključcima i preporukama Elaborata „Analiza pukotina na spušnim cijevima kotlovske bubnja“ navedeno je da je glavni i primarni uzrok učestalog pojavljivanja pukotina na zavarenim spojevima koji spajaju spušne cijevi sa plaštom bubnja kotla pulsiranje temperature medija koji struji oko unutrašnjih površina mlaznica. Zbog temperaturnih pulsacija koje su rezultat turbulentnog miješanja vrele vode iz bubnja sa relativno hladnom napojnom vodom, nastaju inicijalne pukotine u kritičnom prelaznom području, a to je zavareni spoj između plašta bubnja i spušnih cijevi. Proces nastajanja površinskih pukotina je permanentan, tj. dešava se kontinuirano tokom normalnog rada kotla i važi za zonu oko svake cijevne redukcije. Na slici 5 je prikazano mjesto nastanka inicijalnih pukotina, odnosno miješanja napojne vode i vrele vode iz bubnja, a na slici 6 je prikazano predloženo rješenje za otklanjanje uzroka nastanka inicijalnih mjesta i pukotina u zavarenim spojevima između plašta i redukcija spušnih cijevi.



Slika 5. Postojeća varijanta ulaza napojne vode



Slika 6. Predložena varijanta modifikacije uzala napojne vode u cijevnu redukciju spušne cijevi

Predloženo rješenje podrazumijeva izmještanje kritičnog mjesta miješanja napojne vode sa vrelom vodom iz bubnja u zonu ispod redukcija i zavarenog spoja, odnosno u zonu spušne cijevi uz uslov zadržavanja normalne distribucije vode i rasporeda protoka kroz bubanj.

Poslije analize rezultata svih izvršenih ispitivanja i trenutnog stanja bubnja sa ciljem osiguravanja sigurnog i pouzdanog rada bloka, odabrano je rješenje zamjene postojećeg bubnja sa novim bubnjem. Novi bubanj treba projektovati, izraditi i montirati tako da se eliminiše problem koji je utvrđen kod starog bubnja.

Novim projektnim rješenjem bubnja se moraju otkloniti uzroci nastanka inicijalnih pukotina na zavarenim spojevima redukcija i na taj način obezbijediti siguran i pouzdan rad bubnja za narednih 200.000 radnih sati.

3.2. Projektno rešenje novog bubnja sa pratećom opremom

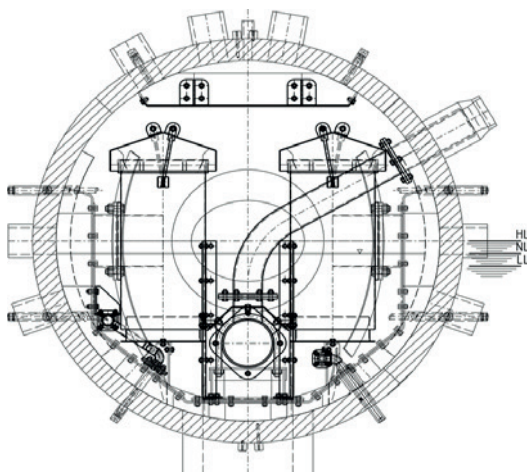
Kompletan projekat novog bubnja izrađen je u skladu sa PED 97/23/EC (2014/68/EU), važećem standardu EN 12952, modulu G kao i svim pravilima dobre inženjerske prakse. U projektu novog bubnja usvojene su preporuke koje su proistekle iz ispitivanja i analize

postojećeg bubnja, kao i preporuke iz Elaborata "Analiza pukotina na spusnim cijevima kotlovskog bubnja". Projekat je izrađen polazeći od ulaznih podataka dostavljenih od strane Termoelektrane kao i naknadnih analiza i konsultacija.

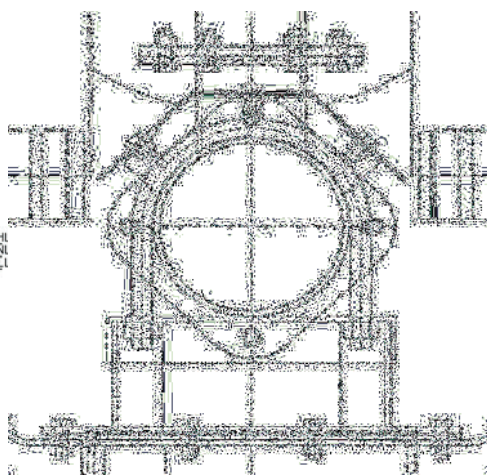
Osnovna razlika između rešenja koje je izabrano za novi bubanj i starog bubnja je činjenica da će se za novo rešenje koristiti bolji materijal 15NiCuMoNb5-6-4 (EN 10028-2) koji poseduje značajno bolje karakteristike od originalno upotrebljenog materijala 15223.9 (ČSN). Materijal 15NiCuMoNb5-6-4 (EN 10028-2) izabran od strane projektanta se koristi dugi niz godina i ima značajno bolja svojstva pri višegodišnjoj eksploataciji. Osim toga, debljina plašta novog bubnja je 87 mm što je omogućilo smanjenje težine bubnja na ispod 90 tona.

U cilju sprovođenja preporuka navedenih u dokumentu „Analiza pukotina na spusnim cijevima kotlovskog bubnja“, izvršene su sledeće promjene u dizajnu unutrašnje opreme bubnja:

- čitav vodeni dio bubnja je obložen zaštitnim pločama (u starom rešenju postojale su samo djelimične kutije za usmjeravanje mješavine pare i vode na ciklone). Primjena ovog rešenja je moguća zahvaljujući optimizaciji debljine plašta novog bubnja i time je dobijen dodatni prostor (slika 7);
- koriste se cijevi $\varnothing 323,9$ mm kroz zaštitne ploče ka spusnim cijevima dužine 380 mm;
- izmijenjena konstrukcija samog napojnog kolektora (slika 8).



Slika 7. Prsjek novog rasporeda unutrašnje opreme



Slika 8. Nova varijanta napojnog kolektora

Uvođenje ovih promjena omogućilo je sledeće rezultate:

- hladna voda iz napojnog kolektora se miješa sa vodom iz mješavine vode i pare nakon što je odvojena u ciklone u prostoru ograničenom zaštitnim pločama bez mogućnosti kontakta sa zidovima bubnja. Istovremeno, to dovodi do tačnijeg izjednačavanja temperature vode u bubnju prije nego što se uvede u spusne cijevi;
- dodatno se voda iz mešavine vode i pare ispod zaštitnih ploča odvaja od zidova priključka spusnih cevi pomoću cijevnog umetka;
- kolektor je podeljen na manje, lakše za montažu i demontažu, dijelova koji su povezani pomoću prirubnica sa vijcima, a ne zavareni za bubanj kako je bilo u ranijem rešenju;

- u dancima bubnja, takođe su korišćene zaštitne ploče na ulazima za vodokaze i mjerne sudove, čiji je glavni zadatak zaštita vodene površine u ovom području od kolebanja pri očitavanju na ovim uređajima.

4. FAZE ZAMJENE BUBNJA KAO MJERE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

Detaljnim razmatranjem koje se sprovodi kroz analizu preventivnog održavanja na osnovu novog projektnog rešenja kotlovske bubnja, a u cilju da se rad bloka što manje poremeti izrada i isporuka bubnja sa pripadajućom opremom se vrši za vrijeme rada bloka Termoelektrane. Dok se demontaža postojećeg i montaža novog bubnja vrši za vrijeme planskog godišnjeg remonta Termoelektrane u trajanju od 45 dana na osnovu projekata demontažno-montažnih radova koji obuhvataju sledeće faze:

- demontaža betonsko – asfaltne ploče na + 64.300 mm;
- demontaža dijela čelične konstrukcije koja statički povezuje glavne nosače sekundarne konstrukcije kotla;
- demontaža postojećeg bubnja;
- za demontažu postojeće kao i montažu novog bubnja angažovana je dizalica DEMAG TC 2800 sa rešetkastom rukom nazivne nosivosti od 600 t;
- ukupna dužina glavne ruke je 54 m a pomoćne ruke 42 m;
- udaljenost od ose dizalice do ose bubnja je 36 m;
- kuka dizalice se nalazi na visini od 89 m;
- vezivanje postojećeg bubnja se vrši pomoću 4 beskonačne priveznice $l=11$ m čija je pojedinačna nosivost po 50 t;
- maksimalna nosivost dizalice DEMAG TC 2800 u ovom položaju je 118 t;
- demontaža postojećim ovješnja i oslonaca kao i montaža novih ovješnja i oslonaca;
- montaža novog bubnja (slika 8) i zavarivanje sa spušnim cijevima (slika 9);



Slika 8. Montaža novog bubnja



Slika 9. Zavarivanje bubnja sa spušnim cijevima

- zavarivanje bubnja sa ostalim poveznim cjevovodima;
- montaža dijela čelične konstrukcije koja statički povezuje glavne nosače sekundarne konstrukcije kotla;
- montaža betonsko – asfaltne ploče na + 64.300 mm;
- termička obrada zavarenih spojeva;
- kontrola zavarenih spojeva;
- hidro test;

- izrada dokumentacije o osiguranju kvaliteta za montažne radove novog bubnja sa pripadajućom opremom prema direktivi PED 97/23/EC (2014/68/EU).

5. ZAKLJUČAK

Kod Elektroenergetskih kompanija prisutan je sve veći trend optimizacije procesa proizvodnje sa ciljem smanjenja troškova i povećanja proizvodnosti tehničkog sistema. Cilj ovoga naučnog rada je bio da se kroz primjer iz prakse prezentuje koliki je značaj i prednost preventivnog održavanja u odnosu na ostale modele sa svih aspekata, tehničko-tehnološkog, ekonomskog i sociološkog. Osim višegodišnjeg praćenja i ispitivanja elementa tehničkog sistema (bubnja) neophodno je naglasiti da je za projektovanje, izradu, kontrolu i isporuku bubnja bilo neophodno 270 dana, a u tom periodu Termoelektrana je održala svoju eksploatacionu sposobnost. Demontažno postojećeg i montaža novog bubnja izvedena je u period redovnog godišnjeg remonta u trajanju od 45 dana. Posle zamjene bubnja očekuje se da blok produži svoj eksploatacioni vijek za 200.000 radnih sati. Imajući u vidu sve poremećaje na tržištu, pa tako i kod povećanja cijene električne energije kao berzanske robe, potpuno je jasno koliko je ekonomski važno da elektroenergetska postrojenja rade u skladu sa planom bez nepredviđenih zastoja. To se može postići sinergijom stručnog i naučnog pristupa kroz odgovorno upravljanje.

5.1. Rezultat istraživanja

Analizirajući ovaj primjer kroz model korektivnog održavanja (rad do otkaza) dolazimo do zaključka da bi kroz ovaj model održavanja bez identifikovanja i praćenja problema bubnju vremenom došli u situaciju da blok nebi imao eksploatacionu sposobnost najmanje 9 mjeseci što bi dovelo do velikih tehničko-tehnoloških, ekonomskih i socioloških posledica što se može vidjeti kroz tabelu 1:

Tabela 1. Odnos preventivnog i korektivnog održavanja prikaznog kroz proizvedene MW/h

Naziv	Preventivno održavanje	Korektivno održavanje	Napomena
Broj proizvedenih MW/h dnevno (1)	5040	5040	
Broj dana u godini (2)	365	365	
Broj planiranih dana zastoja (3)	45	45	
Broj neplaniranih dana zastoja (4)	0	270	
Planirani broj dana proizvodnje (5)	320	320	(5) = (2) - (3)
Stvarni broj dana proizvodnje (6)	320	50	(6) = (2) - (3) - (4)
Planirani broj proizvedenih MW/h (7)	1.612.800	1.612.800	(7) = (1) * (5)
Stvarni broj proizvedenih MW/h (8)	1.612.800	276.000	(8) = (1) * (6)
Ostvareni godišnji plan u %	100%	17,1 %	

6. REFERENCE:

- [1] Antunović R., Nadzor i dijagnostika tehničkih sistema, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, I. Sarajevo, 2009
- [2] Brkić Lj., Živanović T., Parni kotlovi, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 1994
- [3] Mokry M., Projekat novog bubnja u TE Kakanj blok 7, Rafako pracownia projektowa kotlow Raciborz, Raciborz, 2020
- [4] Šiniković G., Proaktivna tehnička dijagnostika, magistarski rad, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2006
- [5] SES Tlmače, Analiza pukotina na spušnim cijevima kotlovsog bubnja, Tlmače, 2019

- [6] Debeljković D., Mulić V., Sićović A., Simeunović G., Dinamika parnih kotlova, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2007
- [7] Miltenović V., Mašinski elementi, Mašinski fakultet univerziteta u Nišu, Niš, 1997

IMPLEMENTACIJA 5S METODE U PROCESU PROIZVODNJE

IMPLEMENTATION OF THE 5S METHOD IN THE PRODUCTION PROCESS

Doc. dr Ranka Gojković, prof. dr Slaviša Moljević
Univerzitet u Istočno Sarajevu, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
Istočno Sarajevo

Njegoslav Đokić, ma
Mahle Electric Drives Bosnia d.o.o.
Laktaši

REZIME

Ovaj rad daje sveobuhvatan pogled na implementaciju 5S metode kao načina za postizanje održivog učinka u organizacijama. Cilj rada je prikazati kako se proizvodnja može regulisati metodom 5S. Ova metoda pomaže da se efikasno organizuje radni prostor, smanje gubici, optimizuje kvalitet i produktivnost kroz praćenje organizovanog okruženja i korišćenje vizuelnih dokaza za postizanje efektivnosti. U radu su dati primjeri uspješne implementacije 5S metode gdje je utvrđeno da je došlo do određenih poboljšala, proces proizvodnje je postao transparentniji, a proizvodnja čistija, povećalo se i zadovoljstvo radnika na radnim mjestima.

Ključne riječi: 5S, sortiranje, uređenje, čišćenje, standardizacija, održavanje

ABSTRACT

This paper provides a comprehensive view of the implementation of the 5S method as a way to achieve sustainable performance in organizations. The aim of the work is to show how production can be regulated using the 5S method. This method helps to efficiently organize the work space, reduce waste, optimize quality and productivity by monitoring the organized environment and using visual evidence to achieve effectiveness. Examples of successful implementation of the 5S method were given in the paper, where it was determined that there were certain improvements, the production process became more transparent, and production was cleaner, and worker satisfaction at workplaces increased.

Key words: 5S, sort, set in order, shine, standardization, sustain

1. UVOD

5S je jedan od metoda koje se javlja kada se govori o Lean proizvodnji, TQM-u i proizvodnji svjetske klase. 5S efikasan alat za poboljšanje performansi organizacije, bez obzira na tip organizacije, veličinu ili njenu proizvodnju [1]. Iz perspektive literature, postoji više studija o

korisnim uticajima 5S metode u različitim preduzećima [2, 3, 4]. 5S se smatra jednom od najpoznatijih i proširenih organizacionih metodologija radnog mjesta kao pristup procesima kontinuiranog poboljšanja. Uspješnijoj primjeni metodologija poboljšanja mogao bi doprinijeti razvoj programa za pomoć radnicima da promijene svoje navike i ponašanje prema redu, čistoći i poboljšanju radnog mjesta [5]. Na prelazu iz tradicionalne organizacije proizvodnje u ćelijsku proizvodnju i grupni rad, 5S je neophodan kada je u pitanju podizanje svijesti i interesa proizvodnih radnika. Uvođenjem 5S metode, oni mogu doprinijeti uspjehu davanjem korisnih ideja i prijedloga o tome kako organizovati aktivnosti. Od zaposleni koji su obavljali najjednostavnije poslove u tradicionalnim preduzećima očekuje se da su glavni nosioci aktivnosti predviđenih 5S metodom. Ključ za implementaciju je proces stalnog poboljšanja na nivou proizvodnih jedinica (male radne grupe). Nije slučajno što se 5S uvijek učestalo pojavljuje u literaturi kao prvi neophodan korak ako se želi postići poboljšanja. Činjenica da to nije zanemarljiv rezultat koji donosi odmah izračunate uštede, pokušava umanjiti njegovu važnost. Povezanost 5S-a sa drugim aktivnostima koje se sprovode radi postizanja boljih poslovnih rezultata daje osjećaj važnosti koju uredni i čisti proizvodni pogoni i radna mjesta zapravo imaju. 5S je korisna metoda i za osnivanje organizacije i može poboljšati komunikaciju i pomoći zaposlenima da razviju svoje karakteristike kako bi smanjili vrijeme zastoja, vrijeme isporuke, zalihe, nedostatke i povezane troškove [6]. Glavni cilj, uz profit, postao je razvoj i održavanje motivisanog tima, kao i ispunjenje individualnih ambicija zaposlenih, uz praćenje strateških zadataka kompanije [7]. U radu [8], autor je identifikovao da su najznačajnije barijere u implementaciji 5S programa nedostatak poboljšanih komunikacijskih linija i nedostatak uključenosti zaposlenih. Neke od prednosti koje se ostvaruju primjenom 5S metode su: razvoj kvalitetnog radnog okruženja, otklanjanje grešaka, smanjenje otpada, smanjenje vremena čekaanja i traženja, transparentnost i preglednost toka rada i radnih mjesta, bezbjednost na radu i ergonomiju svih zaposlenih [9]. Imajući u vidu sve navedeno u radu su prikazani koraci i dati primjeri implementacije 5S metode u procesu proizvodnje u preduzećima koja pripadaju automobilskoj industriji, a posluju na području Bosne i Hercegovine.

2. KORACI U IMPLEMENTACIJI 5S METODE

Metoda 5S predstavljena je u pet koraka. Potiče iz Japana, gdje svaki korak počinje slovom S, Seiri (sortiranje), Seiton (uređenje), Seiso (čišćenje), Seiketsu (standardizacija) i Shitsuke (održavanje).



Slika 1. Koraci uvođenja 5S metode [10]

Slika 1 prikazuje pet koraka za implementaciju ove metode, počinje sa sortiranjem i slično PDCA ciklusu, nastavlja se sve dok se rad ne standardizuje. Peti korak predstavlja središte kruga (održavanje), koje je ujedno i najvažnije, jer sprječava vraćanje u prvobitno stanje. Na spoljašnjem dijelu slike mogu se vidjeti rezultate koji se dobiju u proizvodnji uređenoj prema metodi 5S. U nastavku je dat detaljan opis navedenih koraka.

2.1. Sortiranje

Prvi korak u uvođenju 5S metode je sortiranje. Sa filozofijom JIT-a (tačno na vrijeme), to bi se moglo opisati kao „ostavljanje na radnom mjestu onoga što je potrebno, u potrebnim količinama i u pravo vrijeme“. Smjernica prvog koraka je: „Ako ne znate šta ćete sa nekom stvari, bacite je!“. Radno okruženje postaje transparentnije i elementi proizvodnog procesa (prostor, vrijeme, novac, energija, ...) mogu se bolje koristiti. Rezultati uspješnog uvođenja sortiranja su bolji protok, bolja komunikacija među zaposlenima, bolji kvalitet i veća produktivnost. Kada se ne pazi na način postupanja sa stvarima onda proizvodni prostori postaju sve zasićeniji, dolazi do akumulacije stvari u proizvodnji što uzrokuje barijere među zaposlenima i na taj način sprječava komunikaciju, vrijeme se gubi na nepotrebnoj potrazi za alatima i dijelovima, stvari koje se akumuliraju potrebno je „održavati“, što podrazumijeva dodatne troškove, nepotrebne stvari "skrivaju" bitne probleme proizvodnog procesa i sprječavaju svaku analizu i postupak pojedinačnog poboljšanja.

Prvi korak se zove i "metoda crvenog kartona". Zapravo, crveni kartoni (naljepnice) se postavljaju na stvari za koje se misli da ne trebaju. Za svaku stvar kojoj se namjerava instalirati crveni karton potrebno je pitati: Da li to zaista potrebno? Ako jeste, da li je tolika količina zaista potrebna i da li je zaista prikladno mjesto na kojem se danas nalazi? Nakon što se stvari označe, odlučuje se šta će se sa njima. Opcije koje su na raspolaganju su: ukloniti stvar na neko mjesto gdje je na posmatranju, premjestiti stvar, uklanjanje stvari, ostavljanje stvari tačno tamo gdje su. Cijeli korak se može podijeliti na sljedeće aktivnosti: "pokretanje" projekta sortiranja, postavljanje ciljeva, postavljanje kriterijuma, pravljenje crvenih kartona, postavljanje crvenih kartona, vrednovanje stvari i na kraju završni izvještaj o projektu (analiza rezultata). Metodu 5S često (što je takođe ispravno) promoviraju menadžment kompanije. Menadžeri proizvodnje i tehnologije takođe moraju pokazati predanost, koja je ključna u implementaciji. Tim koji će se pobrinuti za implementaciju trebao bi se sastojati od predstavnika tehnologa, menadžera, predstavnika radnika i zaposlenih izvan proizvodnje, gdje tim namjerava sprovesti aktivnosti. To je od velike važnosti, jer zaposleni koji se sa njima svakodnevno bave često stvari koje su očite ne vide. Tim mora predvidjeti vrijeme aktivnosti, šta će učiniti sa nebitnim stavkama, prostor u kojem će ukloniti označene proizvode i tok aktivnosti.

Uvođenje 5S metode i korak sortiranja mogu se odvijati na različitim nivoima kompanije i na različitim lokacijama. Jasni ciljevi u pogledu uvođenja 5S metode, kao i koraka sortiranja, moraju se postaviti u sam vrh kompanije i postepeno prenijeti na proizvodne radnike.

5S metoda se može primijeniti i u kancelarijama (takođe je vrlo efikasno), čime se postavlja primjer onoga što se želi postići.

2.2. Uređenje

U drugom koraku uređuju se stvari ostavljene na radnom mjestu. Definicija koraka kaže da je cilj postići uređeno stanje u kojem će svi moći lako pronaći stvari, koristiti ih za ono za što su namijenjeni i staviti ih tačno tamo gdje su ih odnijeli. U tu svrhu se koriste takozvane ilustracije. To su različite tehnike koje govore o tome kako bi se operacije trebale izvesti, koji alati i uređaji su potrebni za te operacije, koje su količine potrebne i sl. Ako su ilustracije povezane sa proizvodnom dokumentacijom (standardizacija rada, procesa), to uvelike povećava efekte 5S metode. Ako se ovaj korak uspješno sprovede, rezultat je transparentno radno mjesto čija se transparentnost održava vremenom, upravo zato što je osmišljeno tako da svi znaju kako se nositi sa stvarima i rukovati. Može se očekivati visoka ponovljivost operacije, koja je ključna za svaku analizu i od ovog poboljšanja procesa. Racionalnim raspoređivanjem stvari na radnom mjestu i u proizvodnji izbjegava se problem poput: (a) Nepotrebno kretanje, (b) Nepotrebno traženje (radnici ne nalaze stvari koje im trebaju), (c)

Izbacivanja (npr. za trenutnu proizvodnju koriste se pogrešni materijali), (d) Višak zaliha, (e) Problemi sa povredama (neuredno radno mjesto može biti izvor povreda).

Cijela 5S metoda uvodi se zajedno sa proizvodnim radnicima. Na njima je da kažu koji raspored im najviše odgovara. Tehnolozi i vođe trebali bi biti samo neka vrsta mentora koji znaju savjetovati, a ne nametati vlastita uvjerenja. Na radnom mjestu postoje dvije kategorije stvari. Prvo su stvari koje se vraćaju na mjesto odakle su ih uzeli nakon upotrebe (alati, ključevi, matrice ...), a drugo su stvari koje se ne vraćaju (komponente ili podsklopovi...). Pravila koja pomažu u organizaciji radnog mjesta su: slaganje stvari prema učestalosti upotrebe, slaganje stvari prema istovremenoj upotrebi, mjesta na kojima se skladišti stvari ne smiju biti previše uska, stvar se mogu sastaviti prema prirodi upotrebe i sl.

Drugi pristup klasifikaciji stvari na radnom mjestu je smanjenje nepotrebnog kretanja. Ovo definiše višak energije, vremena i truda u obavljanju radnih zadataka. Postavljanjem komponenti, opreme, uređaja i mašina, alata na najbolja moguća mjesta smanjuje se sav gore navedeni gubitak. Proces smanjenja gubitka povezanog sa kretanjem naziva se jednostavno (malo) poboljšanje. Nekoliko tako malih poboljšanja može čak imati za rezultat uklanjanje operacije. Preporuka o tome kako radno mjesto treba urediti prema ergonomske zahtjevima su: pokretanje i završavanje operacije s obje ruke istovremeno, obje ruke trebaju se kretati simetrično i u suprotnom smjeru, izbjegavati promjenu smjera, pokret treba izvoditi konstantnim ritmom i sl.

2.3. Čišćenje

Glavna svrha trećeg koraka je, osim čišćenja, i pružanje minimalnog održavanja od strane radnika (rukovaoci mašinama). Slično kao i u osiguravanju kvaliteta proizvodnih radnika u prošlosti i danas, metoda 5S nastoji to postići na području preventivnog održavanja. Svrha trećeg koraka je održavanje radnog mjesta čistim i urednim. Umjesto polugodišnjeg ili godišnjeg opšteg čišćenja, čišćenje bi trebalo postati svakodnevna navika. Čišćenje se vrši pomoću dokumenta koji je pričvršćen na radno mjesto ili na određenu mašinu ili uređaj.

Loše regulisani poslovi nesumnjivo utiču na produktivnost i sigurnost. Neki od problema koji nastaju zbog lošeg čišćenja su: prozori koji su često prljavi smanjuju moral i produktivnost, mrlje od ulja na podu mogu uzrokovati povrede, ako se mašine ne pregledaju redovno može doći do čestih kvarova koji se manifestuju kroz kašnjenje u isporuci, mašine koje se ne pregledaju redovno ne rade optimalno i mogu biti opasne i za rad i sl.

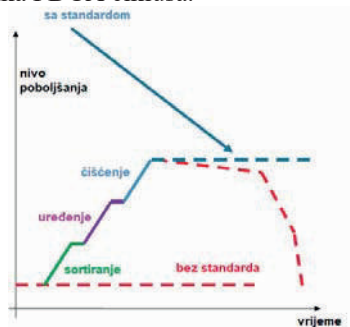
Čišćenje, ako je pravilno definisano, samo po sebi može značiti određeno preventivno održavanje. Rezultat koji se dobija nakon uvođenja čišćenja je dokument koji propisuje sve postupke u tom pogledu. Potrebno je razlikovati čišćenje proizvodnog prostora i čišćenje samog radnog mjesta u proizvodnji. Čišćenje proizvodnih prostorija širi je koncept i briga je svih zaposlenih, dok se čišćenje radnog mjesta odnosi na pojedinačnu mašinu ili uređaj. Određivanje postupaka izvodi se u koracima, od kojih je prvi određivanje "objekata" čišćenja. Postoje tri područja u kojima se čišćenje može koncentrisati, a to su: zalihe, oprema i prostor. Gdje će se definisati postupak čišćenja vrši se na osnovu procjene gdje je čišćenje ključno, a gdje nije. Nakon prve faze, prostor koji je zauzet i pod nadzorom potrebno je „raspodijeliti“ i predvidjeti odgovornosti svakog pojedinca, jer su čistoća i urednost radnih mjesta briga svih koji tamo rade, bilo da se radi o kancelariji ili proizvodnom pogonu. Svi koji će obavljati radne zadatke imaju i propisane zadatke čišćenja. Ti zadaci u prvoj fazi propisuju vremenske periode i trajanje čišćenja. Aktivnosti koje ne bi trebale trajati duže od 5 minuta planirane su na početku, na kraju i, ako je potrebno, tokom rada. Nakon toga slijedi početak definisanja metode čišćenja. Vrijeme potrebno za izvođenje planirane procedure mora biti što kraće (cilj je maksimalno 5 minuta). Zatim se provodi određena standardizacija, što znači stvoriti dokument koji će propisati kako i kada aktivnosti treba provesti. Kada dođe do neusaglašenosti, neophodno je djelovati što je prije moguće.

2.4. Standardizacija

U četvrtom koraku vrši se održavanje stanja postignutog u prva tri koraka, a sve uz pomoć različitih pristupa. Ako ovaj korak nije pravilno sproveden, može se očekivati da se situacija pogorša i postepeno se vrati u početno stanje. Da bi se situacija održala i postala svakodnevna navika, primjenjuju se tri koraka: definisanje nedvosmislenih zadataka u vezi sa 5S metodom za svakog zaposlenog, definisanje 5S zadataka u smislu prva tri koraka koji će dodatno pomoći u održavanju situacije, periodična provjera postignutog stanja. 5S zadaci se moraju dodijeliti zaposlenima. Ovi zadaci moraju biti obuhvaćeni nekim dokumentima koji će: jasno navesti ko treba da izvrši zadatak, gdje, kada i kako zadatak treba izvršiti. Najprikladnije rješenje je stvaranje dokumenata u obliku kontrolne liste koja će opisati ove zahtjeve. Cilj je da svi mogu obaviti zadatak bez mogućnosti odstupanja u sprovođenju od propisane situacije. Od ključne je važnosti osigurati potrebno vrijeme za 5S zadatke (na kraju smjene oko 5 min). Drugi pristup je određivanje dodatnih zadataka sa stanovišta 5S (zadaci preventivnog održavanja postignutog stanja). Ako se zadaci izvršavaju tek kada to postane očito, tada se postiže mali napredak u odnosu na osnovnu situaciju. Tako da je, osim svakodnevnih aktivnosti, potrebno periodično sprovoditi detaljnije aktivnosti iz prva tri koraka. U tu svrhu se stvara i dokument koji to opisuje. Trajanje ovih aktivnosti treba biti kratko (pola sata). Važnost ilustracija u 5S metodi izuzetno je velika. Pomoću njih se brzo može naučiti kako posao treba obaviti, a svi će znati i kada dođe do odstupanja od propisane situacije. Snaga ove aktivnosti povećava se ako se koristi i u samoj proizvodnoj dokumentaciji (radnim uputstvima), što je nadogradnja 5S metode.

Treći pristup uključuje praćenje statusa quo. Nakon što se propišu sve aktivnosti, odrede se izvodači i vrijeme izvođenja, potrebno je stalno pratiti stanje i preduzimati mjere u slučaju odstupanja. Mogu se definisati standardni listovi koji će se koristiti za procjenu urednosti poslova i dijelova proizvodnje unutar kompanije. U praksi to znači da će se poslove ocjenjivati u prva tri koraka ocjenama od 1 do 5.

Sljedeća faza koraka standardizacije je uklanjanje periodičnih "grešaka". Uvijek se traži izvor (korijen) greške. Metoda „5 zašto“ pomaže kad se stalno postavlja pitanje zašto je došlo do problema. Uklanjanje ovih "problema" vodi sa stanovišta standardizacije do: stabilnog sortiranja, stabilnog redoslijeda i stabilne čistoće. Sa stanovišta urednosti radnog mjesta, prevencija znači onemogućavanje pogrešnog odlaganja stvari. Ovo će uštedjeti mnogo vremena potrebnog za uređivanje. Sa stanovišta čišćenja, potrebno je analizirati trenutne metode i pitati se zašto je potrebno čistiti. Obično se dobije razlog i potrebno ga je ispraviti. Tako se iz početnog stanja dodatno smanjuje vrijeme potrebno za aktivnosti 5S u jednoj smjeni. Osim uslova rada, ovo poboljšava i atmosferu i moral zaposlenih, posebno ako kompanija ima politiku podsticanja poboljšanja. Poboljšanje se mora potvrditi na osnovu početne situacije, ovo je i logika PDCA ciklusa.



Slika 3. Dijagram sa stanovišta standardizacije (preuzeto mahle.com)

Na slici 3 prikazan je dijagram koji prikazuje značaj standardizacije prilikom uvođenja 5S metode u proizvodnju. Na jednoj osi je prikazano vrijeme potrebno da se efikasno realizuje

5S metoda uvođenjem standardizacije, a na drugoj osi je prikazan nivo poboljšanja. Na dijagramu se lako može uočiti da bez primjene koraka standardizacije u 5S metodi sve prethodno odrađeno i definisano „pada u vodu“ i sve se vraća u prvobitno stanje.

2.5. Održavanje

Nakon što se uspostavi željeno stanje, mogu se pojaviti opasnosti koje uništavaju ono što je postignuto. Problemi koji se javljaju su: Nepotrebne stvari počinju se gomilati na radnom mjestu i u proizvodnji; Iako je raspored radnih mjesta osmišljen prema preporučenim pristupima, stvari se ne vraćaju tamo gdje bi trebale biti, pa nastaje nered; Oprema, mašine i uređaji postaju sve prljaviji i čišćenje se ne vrši; Stvari se odlažu na mjesta gdje ne bi trebala biti; Prljavnost uzrokuje loš kvalitet; Prljava radna mjesta loše utiču na moral i sl.

Navedeni problemi događaju se kada se ima premalo motivacije i premalo podrške. Cilj je postići neku stimulaciju, neki motivator za svaki nivo proizvodnje. Direktni efekti koje zaposleni imaju na uspješno raspoređivanje i održavanje su: prijateljsko radno okruženje, rad više zadovoljava, lakša komunikacija među zaposlenima, bolji kvalitet rada i proizvoda (usluga), raditi efikasnije itd. Svi efekti koje su postignuti jednostavnim pristupima donose veliku korist kompaniji. S tim bi menadžment trebao nagraditi rezultate, što će dodatno pomoći u podizanju svijesti o organizovanom radnom mjestu i proizvodnji.

Troškovi koji se naprave primjenom ove metode nisu visoki jer nisu potrebna velika ulaganja. Za uspješnu 5S "kampanju" moraju se pripremiti uslove koji će to omogućiti. Ključni faktor u implementaciji 5S metode je menadžment kompanije, koji mora uspostaviti ove uslove. U ovom koraku ne govori se o određenim opipljivim metodama i pristupima koji bi pomogli da se uvedu, već o percepcijom ljudi i posljedično njihovim ponašanjem.

Menadžment mora osigurati: (1) Podizanje svijesti; svi u kompaniji moraju znati zašto je predstavljanje potrebno i biti predani tome. (2) Vrijeme; potrebno je imati vremena za edukaciju svih učesnika u implementaciji. (3) Plan; menadžment mora imati jasne poglede o načinu implementacije. (4) Nagrade i priznanja; menadžment mora pružiti zaposlenima neki vid motivacije. (5) Atmosfera; nije od pomoći ako zaposleni imaju osjećaj da im se nešto nameće. Uslovi koji će osigurati efikasnost su: obrazovanje svih uključenih o 5S, uspostavljanje timova za raspoređivanje, odvajanje vremena za uvođenje i pripremu rasporeda, pružanje neophodnih resursa za implementaciju, stvarna podrška rukovodstva u implementaciji, podržati i motivisati sve zaposlene da daju ideje i poboljšaju te ideje, određivanje načina nagrađivanja poboljšanja i sl. Tehnolozi i menadžeri proizvodnje takođe igraju važnu ulogu u samoj implementaciji. Njihovi zadaci su uglavnom obrazovanje, motivacija, realizacija ideja zaposlenih, pomoć pri upoznavanju.

Metode koje se koriste za podizanje svijesti o 5S metodi su: (a) 5S slogani: može doći do različitih fraza koje će ukazivati na značenje metode; (b) 5S plakati: slogani se mogu instalirati tokom upoznavanja sa samom proizvodnjom; (c) Fotografije rezultata: fotografija je najefikasniji alat. Izuzetno je važno pribaviti fotografije situacije prije uvida, jer će se kasnije moći napraviti upoređivanje. (d) 5S obilasci: nagrada za grupe koje su posebno uspjele u uvođenju 5S metode može biti obilazak spoljašnjih kompanija ili putovanje.

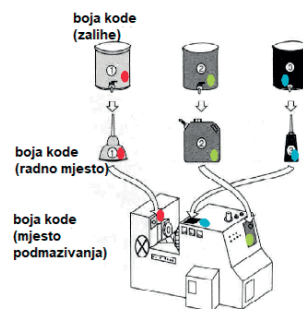
3. PRIMJERI USPJEŠNO IMPLEMENTIRANE 5S METODE

U ovom poglavlju su prikazani primjeri realizacije 5S metode u procesu proizvodnje u preduzeću koje pripada automobilske industriji. Na slici 4 prikazan je primjer dokumenta koji se nalazi na radnom mjestu i koji definiše zahtjeve za izvršavanje 5S zadataka. Ovi dokumenti su osnova za sprovođenje bilo kakvog poboljšanja na radnom mjestu. Da bi se moglo tvrditi da je došlo do poboljšanja mora biti poznato početno stanje. Iz tog razloga navedeni dokumenti moraju biti ažurirani na radnom mjestu. Pomoću takve dokumentacije

može se brzo utvrditi odstupanje od standardizovanog stanja. Rezultat je uspješno sprovođenje bilo koje analize proizvodnog procesa, koja će poslužiti kao osnova za poboljšanja procesa koje izvode tehnolozi. Cilj je da svi mogu obavljati sve propisane aktivnosti prema ovom dokumentu. Raspored potrebnih aktivnosti određen je prema opisanoj proceduri za uvođenje 5S metode, kao i kada aktivnosti treba sprovesti. Kako bi se radniku olakšalo razumijevanje gdje će izvršiti određenu aktivnost, u dokument je uključen i tlocrt radnog mjesta i odjeljak lokacije. Utvrđuje se i priroda svake aktivnosti, koja se prvenstveno odnosi na čišćenje ili održavanje. Za obavljanje sortiranja ima smisla koristiti mjesečno 10-minutno sortiranje. Koristi se i kod u boji koji govori šta i gdje da se koriste određene stvari.

POSTUPAK ČIŠĆENJA ODRŽAVANJE	LOKACIJA	IME AKTIVNOSTI				čišćenje	uređivanje	održavanje	boja kode
						x	x	x	
	1	Očisti strugotinu (revolver, unutrašnjost)	x						
	1	Provjeri, da li su svi vijci pričvršćeni				x			
	1	Provjeri, da li u mehanizmu ima dovoljno ulja				x			
	2	Očisti i popravi noževe, pribor, kontrolnike	x	x					
	3	Provjeri količinu otpada u "sanduku"	x						
	3	Provjeri, da li otpad ima siguran put	x	x					
	3	Provjeri nivo ulja u mehanizmu za odvod otpada	x						
	4	Pregledaj filter za emulziju	x	x					
	4	Pregledaj količinu emulzije				x			
	5	Pregledaj količinu ulja u sistemu za podmazivanje				x			
6	Očisti mašinu	x	x						
6	Očisti prostor oko mašine	x	x						
MAŠINA:	ČIŠĆENJE:		PREDVIĐENO TRAJANJE						
Strug xx.xx.xxx	Jednom u smjeni		5 min						

Slika 4. Dokument izvršenja 5S zadataka na radnom mjesto



Slika 5. Pregled mjesta za podmazivanje na mašini

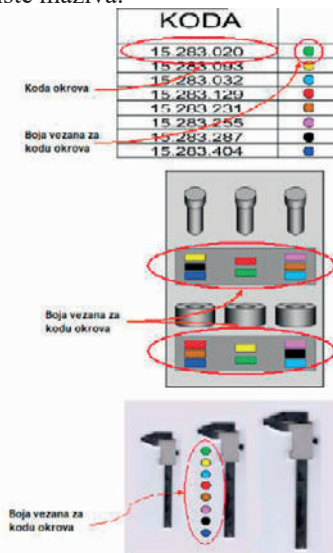
Slika 5 prikazuje još jedan primjer korištenja koda boje koji se može povezati s gornjim primjerom. Kada radnik dostigne aktivnost koja se utvrđuje pregledom nivoa ulja u mašini, potrebno je takođe osigurati da zna kako postupiti u slučaju nestašice ulja. Slika prikazuje gdje su mjesta podmazivanja na mašini i koje mazivo se koristi. Takva slika može stajati na radnom mjestu gdje su spremljena maziva. Oznaka boje mora biti ista na dokumentu koji propisuje aktivnost, na mašini i na mjestu gdje se skladište maziva.

KODA		
15.283.020	●	●
15.283.093	●	●
15.283.032	●	●
15.283.129	●	●
15.283.231	●	●
15.283.255	●	●
15.283.287	●	●
15.283.404	●	●
15.283.443	●	●
15.283.458	●	●
15.283.498	●	●
15.283.512	●	●
15.283.495	●	●
15.280.548	●	●
15.283.074	●	●
15.283.445	●	●
15.283.675	●	●
15.283.276	○	○
15.283.447	○	○

KOD BOJE U DOKUMENTACIJI

SKLADIŠTE MATRICA I ŽIGOVA

Slika 6. Primjena kod boje kod kalibracije kućišta



Slika 7. Kombinacija koda boja za više operacija

Slika 6 prikazuje upotrebu koda boje u slučaju kalibracije kućišta. Zbog velike raznolikosti kućišta često se vrši preuređivanje hidraulične prese. Raznolikost kućišta znači i raznolikost

alata (matrica, žigovi ...) potrebnih za njihovu izradu. Potrebni žigovi i matrice za generisanje određenog koda označeni su bojom. Nakon takvog kodiranja može se pristupiti uređenju radnog mjesta. Sve matrice i žigovi koji su na radnom mjestu su kodirani bojom prema stvorenom dokumentu. On ima oblik kontrolne liste koja vodi korak po korak kroz preuređivanje. I ovdje se može koristiti kod boja kodiranjem pojedinačnih potrebnih alata i uređaja koji su potrebni u određenom koraku.

Sljedeći primjer (slika 7) prikazuje kako bi se moglo izvršiti pojednostavljenje u odnosu na gore opisani primjer. U prethodnom slučaju, kreirana je tablica za operaciju kalibracije, u kojoj je određeno par matrica - žig za svaki kod i svaka je označena bojom. Pojednostavljenje se može učiniti dodjeljivanjem boje svakom kodu (pretpostavlja se da je broj različitih kodova dovoljno mali). U skladištu se ovi kodovi boja dodjeljuju odgovarajućim matricama i žigovima. Ako na poslu postoje alati (različiti noževi, rezni umeci...) koji su potrebni za izvođenje operacije (potrebni za preuređivanje ili zamjenu zbog istrošenosti), oni se takođe mogu povezati sa određenim kodom, pomoću koda u boji.

4. ZAKLJUČAK

Kvalitetan pristup organizaciji radnog mjesta i radnog okruženja za proizvodnju, održavanje i učinkovitost su temelji svake savremene organizacije proizvodnje. Zbog toga se i nameće potreba za uvođenjem i kasnijem održavanjem radnog mjesta i radnog okruženja urednim, čistim i ugodnim za rad. Ove promjene se ne događaju same od sebe, nego se moraju provoditi sistemski, kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi. To podrazumijeva provođenje aktivnosti i mjera prema metodi 5S. Prednosti uvođenja metode 5S u kompanijama podrazumijeva povećanje sigurnosti na radu, veći kvalitet proizvoda, veća produktivnost, manje grešaka u radu, zadovoljstvo kupca itd.

U ovom radu je opisana organizacija radnog mjesta u funkciji povećanja učinkovitosti kompanije i povećanje kvaliteta rada i proizvoda. Dati su osnovni elementi metode 5S, načina primjene i uspostavljanja po fazama. Takođe su dati i praktični primjeri implementacije 5S metode u procesu proizvodnje u automobilske industriji. Naglašeni su problemi koji su stalni pratilac implementacije ove metode. Dobra praksa primjene i objašnjenja u ovom radu mogu da djeluju kao dobar motivacioni faktor i ideja za promjene u mnogim sličnim kompanijama.

5. REFERENCE

- [1] Singh J., Rastogi V., Sharma R.: Implementation of 5S practices: A review. *Uncertain Supply Chain Management*, 2014.
- [2] Bortolotti T., Boscari S., Danese P.: Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 2015.
- [3] Randhawa, J. S., Ahuja, I. S.: An investigation into manufacturing performance achievements accrued by Indian manufacturing organization through strategic 5S practices. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2018.
- [4] Łyp-Wrońska K., Tyczyński B.: Analysis of the 5S method in production enterprise-case study. In *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018.
- [5] Jaca C., Viles E., Paipa-Galeano L., Santos J., Mateo, R.: Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 2014.
- [6] Van Patten J.: A second look at 5S. *Quality progress*, 2006.
- [7] Wojtynek L., Kulińska E., Dendera-Gruszka M., Kulińska K.: Implementation of lean 5S methodology in logistic enterprise. *Research in Logistics & Production*, 2018.
- [8] Becker J.E.: Implementing 5S to promote safety and housekeeping, *Professional Safety*, 2001.
- [9] Filip F. C., Marascu-Klein, V.: The 5S lean method as a tool of industrial management performances. In *IOP conference series: materials science and engineering*. IOP Publishing, 2015.
- [10] Press P.: *TPM for Supervisors*. Productivity Press, 1996.
- [11] ***<http://www.mahle.com>

**OPTIMIZACIJA INTERVALA NEISKORIŠĆENOG RESURSA
POGONSKOG MOTORA VOZILA**

**OPTIMIZATION OF THE UNUSED RESOURCE INTERVAL OF THE
VEHICLE'S DRIVE ENGINE**

Vojislav Krstić
Fakultet tehničkih nauka u
K.Mitrovici, Srbija

Zoran Čurguz, Mesud Ajanović
Saobraćajni fakultet u Doboju, B&H

Boris Antić
Saobraćajni fakultet u Beogradu,
Srbija

Božidar Krstić, Ivan Krstić, Saša Milojević
Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu,
Srbija

REZIME

Osnovni cilj primene tehnologija preventivnih održavanja vozila je eliminisati ili smanjiti na najmanju moguću meru mogućnost pojave otkaza tokom njegovog korišćenja. Od pravovremenosti sprovođenja ovih postupaka, u velikoj meri zavisi pouzdanost, a samim tim i vek trajanja, gotovost, bezbednost korišćenja, ekonomičnost, kao i ukupna efektivnost vozila. To je osnovni razlog što se problematici određivanja trenutka sprovođenja postupaka preventivnih održavanja poklanja posebna pažnja. U radu je pažnja posvećena održavanju optimalnog vremena preventivnih zamena delova vozila uz obezbeđenje minimalnih troškova i maksimalno moguće pouzdanosti. Matematički model određivanja optimalnog vremena, posle koga je neophodno sprovesti preventivne zamene delove vozila, sa ciljem postizanja minimalnih troškova i maksimalno moguće pouzdanosti, a samim tim i bezbednosti korišćenja vozila, primenjen je na konkretnu grupu vozila, čije je ponašanje, sa aspekta pojave neispravnosti pogonskog agregata vozila, praćeno u realnim uslovima eksploatacije.

Ključne reči: Optimizacija intervala neiskorišćenog resursa motornih vozila, zamena delova

SUMMARY

Basic target for application of preventive vehicle maintenance technology is to eliminate or reduce the defects at its lowest level during thr exploitation period. Procedures of the preventive vehicle maintenance technologies are carried out on the basis of maintenance plan including the presented moments of their performing. To a great extent the reliability and also life, readiness, economy as well as the whole vehicle efficiencu depend on these timely procedures performing. It is basic reason why the problems regarding determination of moments for carrying out the preventive maintenance are specially paid attention. Mathematical model for optimal time determination, after which performing of preventive vehicle parts replacement is necessary, with aim to reach minimal costs and maximally possible reliability, as well as safety of the vehicle use, has been applied on a concrete vehicle group, which behavior was studied in real exploitation condition from the aspect of defects appearing.

Key words: optimization of unused vehicle parts resources, motor vehicle, part replacement.

1. UVOD

Određivanje optimalne periodičnosti preventivnog remonta nije svrsishodno vršiti bez uzimanja u obzir troškova neiskorišćenog resursa delova koji se zamenjuju.

Ekonomski je opravdano izvoditi planirane periodične zamene jedino kada troškovi izvođenja periodične zamene nisu veći od troškova neplaniranih zamena, koje se izvode pošto deo otkáže. Ovo znači da sprovođenje planiranih zamena je opravdano samo ako gubitci neiskorišćenog resursa nisu veći od gubitaka nastalih stajanjem vozila zbog otkaza delova koje treba zameniti.

Povećanjem planiranog međuremontnog vremena troškovi neiskorišćenog resursa delova, koji se zamenjuju, umanjuju se, ali se verovatnoća otkaza, a samim tim i verovatnoća gubitaka, zbog stajanja vozila zbog otkaza njegovih delova, uvećava.

Da bi se odredila veličina gubitaka usled neiskorišćenja delova vozila neophodno je odrediti parametre pouzdanosti delova vozila koji se zamenjuju.

U radu su prikazani rezultati određivanja parametara pouzdanosti pogonskog agregata vozila. Do tih rezultata se došlo rešavanjem sledećih zadataka: procena pokazatelja pouzdanosti, određivanje teorijskog modela raspodele, testiranje dobijenog modela raspodele.

Optimalna vrednost vremena između uzastopnih planiranih zamena nalazi se iz uslova obezbeđenja minimalnih ukupnih troškova održavanja analiziranog vitalnog dela, konkretnog motornog vozila.

Cilj ovog rada je upravo utvrđivanje optimalnog trenutka, kada je neophodno sprovesti zamenu analiziranog dela vozila. Kao kriterijum uzimaju se troškovi održavanja i korišćenja, kao i njegova pouzdanost i pouzdanost vozila u celini.

Rešavanju ovog zadatka pristupilo se na osnovu praćenja vozila u realnim uslovima eksploatacije, sa aspekta pojave otkaza i troškova održavanja njegovog pogonskog agregata.

2. SPISAK KORIŠĆENIH OZNAKA I INDEKSA

L - broj pređenih kilometara; R - pouzdanost; f - frekvencija pojave otkaza; λ - intenzitet otkaza; C_p - troškovi periodične zamene dela; C_e - cena dela; C_r - troškovi izgradnje starog i ugradnje novog dela; C_{NR} - cena neiskorišćenih resursa dela; C_{se} - troškovi stajanja vozila kada se zamena vrši nakon pojave otkaza dela koji je izazvao stajanje vozila; L_p - planiran broj pređenih kilometara između dve uzastopne zamene dela vozila; Z_{IR} - zona iskorišćenog resursa; Z_{NR} - zona neiskorišćenog resursa; L_o - srednji broj pređenih kilometara do pojave otkaza; c_{se} - jedinični troškovi stajanja vozila kada se zamena dela koji je izazvao stajanje vozila, vrši nakon njegovog otkaza; l - broj pređenih kilometara.

3. ODREĐIVANJE PARAMETARA POUZDANOSTI DELOVA POGONSKOG MOTORA VOZILA KOJI SE ZAMENJUJU

Radi određivanja veličine gubitaka usled neiskorišćenja delova koji se zamenjuju na vozilu, neophodno je odrediti parametre njihove pouzdanosti.

Metodologija određivanja parametara pouzdanosti je dobro poznata, pa čak i standardizovana. Ona se zasniva na poznavanju parametara statističkog skupa i grafika procenjenih vrednosti intenziteta otkaza na osnovu kojih se određuje model teorijske raspodele pouzdanosti.

Pošto je broj delova, koji ulaze u sastav vozila veliki, u ovom radu prikazaće se metodologija određivanja parametara pouzdanosti pogonskog motora vozila.

Primenom metode analize stabla otkaza (*FTA*) i analize načina, posledica i kritičnosti otkaza (*FMECA*) utvrđuju se mogući razlozi pojave otkaza pogonskog motora vozila tokom eksploatacije vozila, kao i kritičnosti njegovih sastavnih delova, sa aspekta pouzdanosti.

Eksploataciona ispitivanja pogonskog motora vozila pokazala su da je kritična komponenta, sa aspekta pouzdanosti u ovom sklopu, sistem za paljenje. To je razlog što se ovom delu u radu posvećuje posebna pažnja.

Ispitivanja su izvršena na vozilima u periodu od jedne godine. U ovom periodu došlo je do 116 otkaza pogonskog motora vozila. Na osnovu podataka o pojavi otkaza na pogonskog motora vozila došlo se do zaključka da najveći broj njegovih otkaza nastaje usled otkaza sistem za paljenje. Od ukupno 116 otkaza pogonskog motora vozila, 55 nastaje zbog otkaza njegovog sistem za paljenje.

Rezultati statističke obrade podataka o pojavi otkaza sistem za paljenje su: srednja vrednost broja pređenih kilometara do pojave otkaza 177629 km, standardna devijacija 9164km i medijana 16958 km.

U tabeli 1 prikazane su procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti sistem za paljenje za osam intervala (i), širine 55500 km pređenog puta (Li).

Radi planiranja mera održavanja motora, predviđanja njihovog veka trajanja i ocene kvaliteta sastavnih elemenata vozila, kao i vozila u celini, neophodno je odrediti parametre njegove pouzdanosti.

Tabela 1. Vrednosti vremena rada do pojave otkaza pogonskog motora

Redni broj otkaza (i) Failure number (i)	Predjeni put do otkaza (km) Number of km passed till failure (km)	Vreme rada do otkaza (h) Working time till failure (h)	Redni broj otkaza (i) Failure Number (i)	Predjeni put do otkaza (km) Number of km passed till failure (km)	Vreme rada do otkaza (h) Working time till failure (h)	Redni broj otkaza (i) Failure number (i)	Predjeni put do otkaza (km) Number of km passed till failure (km)	Vreme rada do otkaza (h) Working time till failure (h)	Redni broj otkaza (i) Failure number (i)	Predjeni put do otkaza (km) Number of km passed till failure (km)	Vreme rada do otkaza (h) Working time till failure (h)
1	1521	51	30	7856	262	59	11367	379	88	16783	559
2	2398	80	31	7857	262	60	11579	386	89	16957	565
3	2996	100	32	7963	265	61	11636	388	90	17200	573
4	3223	107	33	7976	266	62	11777	393	91	17255	575
5	3296	110	34	8196	273	63	11864	395	92	17269	576
6	4395	147	35	8296	277	64	11876	396	93	17396	580
7	4976	166	36	8352	278	65	11973	399	94	17725	591
8	5761	192	37	8469	282	66	11997	400	95	17856	595
9	5763	192	38	8472	282	67	12136	405	96	18263	609
10	5836	195	39	8763	292	68	12351	412	97	18693	623
11	5876	196	40	8793	293	69	12395	413	98	18742	625
12	5908	197	41	8967	299	70	12442	415	99	18967	632
13	5961	199	42	8986	300	71	12705	424	100	19176	639
14	5973	199	43	9020	301	72	13493	450	101	19181	639
15	5976	199	44	9463	315	73	13973	566	102	19376	646
16	5984	199	45	9563	319	74	14132	471	103	19797	660
17	6003	200	46	9870	329	75	14163	472	104	19814	660
18	6176	206	47	9892	330	76	14167	472	105	19872	662
19	6386	213	48	10033	334	77	14209	474	106	19947	665
20	6397	213	49	10132	338	78	14236	475	107	22067	736
21	6936	231	50	10234	341	79	14286	476	108	22136	738
22	6998	233	51	10271	342	80	14314	477	109	22167	739
23	7127	238	52	10273	342	81	14396	480	110	22736	758
24	7190	240	53	10311	344	82	14521	484	111	24317	811
25	7195	240	54	10715	357	83	14873	496	112	24394	813
26	7236	241	55	10805	360	84	15574	519	113	25863	860
27	7385	246	56	10873	362	85	16263	542	114	27683	923
28	7494	250	57	11126	371	86	16384	546	115	28396	947
29	7538	251	58	11136	371	87	16493	550	116	28421	948

S obzirom da od ispravnosti utvrđivanja modela raspodele pouzdanosti zavise svi dalji zaključci i odluke vezane za preduzimanje odgovarajućih mera u cilju održavanja zahtevanog nivoa pouzdanosti motora, ovoj fazi analize treba posvetiti posebnu pažnju.

Na konkretnom primeru izabranog motora, prikazaće se metodologija određivanja najprihvatljivijeg modela održavanja pogonskog motora. Vrednosti vremena rada do pojave otkaza, predhodno navedenog pogonskog motora, do kojih se došlo praćenjem u eksploataciji, date su u tabeli 1. Procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti motora, do kojih se došlo na osnovu podataka iz eksploatacije (tabela 1), određene su primenom poznate metodologije [3] i prikazane u tabeli 2.

Tabela 2. Procenjene vrednosti pokazatelja pouzdanosti pogonskog motora

Redni broj Failure Number (i)	Vreme Time (t _i)	Broj otkaza Cancellation number n(t _i)	Frekvencija pojave otkaza Frequency occurs f (t _i)	Pouzdanost Reability R (t _i)	Nepouzdanost Unreliability F (t _i)	Intenzitet otkaza Failure intensity λ (t _i)
1	100	6	0,00522	0,9478	0,0522	0,00522
2	200	22	0,01911	0,7565	0,2435	0,02022
3	300	25	0,02171	0,5391	0,4609	0,02871
4	400	19	0,01652	0,3739	0,6261	0,03072
5	500	15	0,01301	0,2435	0,7565	0,03491
6	600	15	0,01301	0,1131	0,8869	0,05362
7	700	7	0,00609	0,0522	0,9478	0,05381
8	800	3	0,00261	0,0261	0,9739	0,05001
9	900	3	0,00261	0,0173	0,9826	0,10001

Primenjujući poznatu metodologiju određivanja zakona raspodele pouzdanosti [3], a na osnovu odstupanja vrednosti teorijske raspodele od rezultata procenjenih vrednosti, na osnovu podataka iz eksploatacije došlo se do zaključka da je Rejljeva raspodela pouzdanosti najprihvatljiviji model za analizirani pogonski motor.

Prihvatajući ovaj zakon raspodele pouzdanosti izrazi za određivanje pouzdanosti, frekvencije pojave otkaza, intenziteta otkaza i srednjeg vremena bezotkaznog rada mogu se napisati u obliku:

$$R(t) = e^{-\frac{t^2}{160178}} \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{t}{80089} \cdot e^{-\frac{t^2}{160178}} \quad (2)$$

$$\lambda(t) = \frac{t}{80089} \quad (3)$$

$$T_o = \left(\frac{\pi}{2} \cdot \sigma\right)^{\frac{1}{2}} = 11760 \quad (4)$$

Na osnovu predhodnih iraza mogu se odrediti optimalne periodičnosti vremena rada posle kojih treba vršiti preventivne preglede, preventivne zamene, opravke ili generalnu reviziju, kao i optimalne vrednosti zaliha rezervnih delova [3].

4. ODREĐIVANJE OPTIMALNE PERIODIČNOSTI PREVENTIVNIH ZAMENA DELOVA POGONSKOG MOTORA VOZILA KOJI SE ZAMENJUJU

Pitanje određivanja optimalne periodičnosti preventivnih zamena delova pogonskog motora vozila je kompleksno i izuzetno važno sa aspekta ukupne efektivnosti korišćenja motornih vozila.

Odgovor na prethodno pitanje nemoguće je dati bez uzimanja u obzir troškova neiskorišćenog resursa delova pogonskog motora vozila koji se zamenjuju.

Potpuno iskorišćenje resursa dela pogonskog motora vozila moguće je samo kada se on koristi do otkaza. U tom slučaju, srednje vreme bezotkaznog rada, odnosno srednja vrednost broja pređenih kilometara do pojave otkaza, jednako je radnom veku ovog dela.

Troškovi periodične zamene dela, bez uzimanja u obzir troškova koji nastaju usled stajanja vozila zbog zamene, mogu se izraziti u obliku :

$$C_p = C_e + C_r + C_{nr} \quad (5)$$

Primena izraza (4) je moguća ako se zamena vrši u neravno vreme. Troškovi obavljanja zamene dela, kada se zamena vrši nakon pojave njegovog otkaza mogu se izraziti u obliku :

$$C_o = C_e + C_r + C_{se} \quad (6)$$

Ekonomski je opravdano izvoditi periodične planirane zamene jedino kada su troškovi periodične zamene (C_p) ne veći od troškova neplaniranih zamena (C_o). Ova činjenica upućuje na zaključak da je planirana zamena opravdana jedino ako troškovi neiskorišćenog resursa (C_{nr}) nisu veći od troškova nastalih stajanjem dela zbog otkaza (C_{se}), što se može napisati u obliku : $C_{nr} \leq C_{se}$

Troškovi usled stajanja vozila zbog otkaza analiziranog dela mogu se predstaviti u obliku :

$$C_{se} = c_{se} \cdot l \cdot (1 - R(L)) \quad (7)$$

Povećanjem planiranog broja pređenih kilometara između dve uzastopne zamene dela (L_p), troškovi njegovog neiskorišćenog resursa umanjuju se ali se verovatnoća otkaza (a samim tim i verovatnoća gubitaka zbog stajanja vozila usled iznenadne pojave otkaza) uvećava.

Zadatak nalaženja optimalnog broja pređenih kilometara između dve uzastopne zamene svodi se na nalaženje minimalne vrednosti zbira dveju funkcija: rastuće $C_{se}(L_p)$ i opadajuće $C_{nr}(L_p)$, što se može predstaviti u sledećem obliku :

$$C_{nr}(L_p) + C_{se}(L_p) \rightarrow \min . \quad (8)$$

Ako do otkaza ne dođe tokom (L_p) pređenih kilometara propisanog resursa, onda nema gubitaka zbog stajanja. U intervalu (o, L_p) deo je radio i bio iskorišćen. Posle L_p pređenih kilometara deo je zamenjen, kada je mogao još da se koristi. Znači interval (L_p, oo) je interval neiskorišćenog resursa.

Ukupna površina ispod krive pouzdanosti $R(L)$ može se predstaviti kao zbir površine zone iskorišćenog resursa (Z_{IR}) i površine zone neiskorišćenog resursa (Z_{NR}), a može se izraziti u obliku :

$$Z = Z_{ir} + Z_{nr} = \int_0^{\infty} R(L) dL = M(L) = L_o \quad (9)$$

U proizvoljnom momentu vremena cena neiskorišćenog resursa dela, koji se zamenjuje, određuje se iz jednakosti sledećih odnosa :

$$\frac{C_{nr}}{Z_{nr}} = \frac{C_e + C_r}{Z_{ir} + Z_{nr}} \quad (10)$$

Površina Z_{NR} , koja karakteriše neiskorišćeni resurs dela za $L = L_p$ može se izraziti u obliku :

$$Z_{nr} = Z - Z_{ir} = \int_0^{\infty} R(L) dL - \int_0^{L_p} R(L) dL = L_o - \int_0^{L_p} R(L) dL \quad (11)$$

Korišćenjem jednačina (10) i (11) može se napisati izraz :

$$C_{nr}(L_p) = (C_e + C_r) \cdot \frac{L_o - \int_0^{L_p} R(L) dL}{L_o} \quad (12)$$

Zamena izraza (12) u (10) i posle traženja ekstremne vrednosti tako dobijene funkcije cilja dobija se izraz u obliku :

$$\frac{R(L_p)}{f(L_p)} = \frac{c_{se} \cdot l \cdot L_0}{C_e + C_r} \quad (13)$$

Vrednost L_p , dobijena korišćenjem izraza (13), predstavlja optimalan broj pređenih kilometara između dve uzastopne planirane preventivne zamene. Ovako određeni period (L_p) obezbeđuje minimalne ukupne troškove održavanja analiziranog dela.

Ukoliko je $L_p = L_0$, preventivne zamene ne donose pozitivne efekte. Ovo je slučaj kada je visoka cena dela koji se zamenjuje visoka, a pogodnost njegove zamene je takodje velika.

Ne treba izgubiti iz vida da u slučaju eksponencijalne raspodele otkaza nije moguće odrediti minimum kriterijumske funkcije (11), što znači da je neceleshodno obavljati preventivne zamene delova čija se pouzdanost pokorava eksponencijalnom zakonu raspodele.

Periodičnost preventivne zamene pogonskog agregata vozila, na osnovu prethodno izložene metodologije, određuje se iz uslova nalaženja minimalne vrednosti zbira funkcije cene neiskorišćenog resursa i cene stajanja vozila zbog otkaza pogonskog agregata vozila. Iz tog uslova i uz korišćenje podataka o troškovima i zavisnostima kojima su izraženi parametri pouzdanosti (izrazi: 1,2,3 i 4), dobijenim na osnovu podataka iz eksploatacije, dobija se izraz:

$$\frac{1 - [1 - e^{-\left(\frac{L}{19322}\right)^{1,842}}]}{2,346 \cdot 10^{-8} \cdot L^{0,842} \cdot e^{-\left(\frac{L}{19322}\right)^{1,842}}} = 171610 \quad (14)$$

Optimalna vrednost broja pređenih kilometara između dve uzastopne preventivne zamene delova sistema za paljenje, pri čemu se ostvaruju minimalni ukupni troškovi održavanja, iznosi $L_p = 169950$ km.

Do ove vrednosti dolazi se rešavanjem jednačine (14).

Kako je izračunata vrednost broja pređenih kilometara do prvog otkaza ($L_0 = 171610$ km), do koga se došlo na osnovu podataka iz eksploatacije konkretnog vozila, može se zaključiti da je opravdano sprovođenje periodičnih zamena analiziranog dela.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu opsežnih istraživanja ponašanja vozila u realnim uslovima eksploatacije, sa aspekta pojave neispravnosti njegovog pogonskog agregata, utvrđeno je da najveći broj otkaza ovog sklopa nastaje zbog otkaza sistema za paljenje. Iz tog razloga ovom delu treba posvetiti posebnu pažnju, sa aspekta konstrukcije, proizvodnje i održavanja.

Sa aspekta održavanja utvrđeno je da posle svakih 169950 km pređenog puta treba sprovesti periodične preventivne zamene delova u sistemu za paljenje, ukoliko se žele postići minimalni troškovi održavanja.

6. LITERATURA

- [1] Vukadinović S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, P. Pregled, Beograd, 1981
- [2] Krstić B.: Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2009
- [3] Krstić B.,: Possibility of application some strategies by vehicle maintenance, Tractors and power machines, Vol.9, No 2, (2004)
- [4] B. Krstić: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [5] V. Krstić i dr.: Mogućnost odredjivanja optimalnog perioda eksploatacije motornih vozila, Tractors and power machines, ISSN 0354-9496 (2019) Vol.24, No. 3-4, strp. 17-24
- [6] B. Krstić, I. Krstić: Mathematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.12, No.4, 2007, p.129-136.
- [7] B. Krstić: Viability and reliability of mecatronic systems of motor vehicles, Tractors and power machines, ISSN 0354-9496, No 2, 2019

ZAHVALNOST: Istraživanja prikazana u ovom radu podržalo je Ministarstvo nauke Republike Srbije, u okviru projekta TR 35041.

ANALIZA NASTANKA OTKAZA POGONSKOG MOTORA VOZILA I PREDLOZI ZA NJIHOVO OTKLANJANJE

ANALYSIS OF VEHICLE ENGINE FAULT FAILURE AND SUGGESTIONS FOR THEIR REMOVAL

Vojislav Krstić, Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici, Srbija
Mesud Ajanović, Zoran Čurguz, Saobraćajni fakultet u Doboju, Bosna i Hercegovina
Ivan Krstić, Božidar Krstić, Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu

REZIME

Veliki broj uzročnika mogu da dovedu do pojave neispravnosti motora sa unutrašnjim sagorevanjem. U radu su predstavljeni rezultati istraživanja uzroka pojave otkaza konkretnog motora. Analiza pojave otkaza motora DC13 124/450HP vozila SCANIA R 450 LA4 X 2MNA, napravljena je na osnovu analize uzročno-posledičnih veza nastalih neispravnosti na motoru.

Sagledavajući celokupnu konkretnu problematiku pojave otkaza kod ovog motora, i uvidom u stanje svih ventila otkazalih motora, EGRa i ležišta velike pesnice klipnjače, može se zaključiti da je najverovatnije osnovni uzročnici nastalih neispravnosti na njemu, neodgovarajući zazor ventila, neodgovarajuće mazivo i neodgovarajuće korišćeno gorivo.

Ključne reči: motorno vozilo, motor sus, otkazi

SUMMARY

A large number of pathogens can lead to internal combustion engine. The paper presents the results of investigation the cause of failure of a particular engine.

The failure analysis of the DC13 124/450HP engine failure of SCANIA R450LA4x2MNQA was made on the basis of the cause and effect analysis of the malfunctions that occurred on the engine. Considering the whole specific problem of failure occurrence with this engine, and by looking of the condition of all the valves of the failed engines, EGR and the crankcase fist bearing, it can be concluded that the most likely causes of the malfunctions thereon, improper valve clearance, improper lubricant and improperly used fuel.

Key words: motor vehicle, motor engine, maintenance, failure

1. UVOD

Sve veća cena materijala i sve veći troškovi održavanja motora, kao i vozila u celini, upućuju na potrebu istraživanja uzroka njihovog oštećenja i posledica neispravnosti i zastoja u radu. Dosadašnja istraživanja pokazuju da su tribološki procesi, u najvećem broju slučajeva osnovni uzročnici oštećenja delova motora i vozila u celini. Na pouzdanost rada sastavnih delova motora, u velikoj meri utiče proces njihovog habanja. Ova činjenica ukazuje na potrebu određivanja pokazatelja radne sposobnosti motora koje zavise od stepena pohabanosti njegovih delova i utvrđivanja njihove dozvoljene veličine. Ovo utoliko pre što je poznavanje ovih veličina neophodno za dijagnostiku tehničkog stanja motora, tako i za razvijanje metoda ubrzanih ispitivanja otpornosti delova na habanje.

Pomoću većeg broja, fotografija, prikazane su određene karakteristične neispravnosti, čija pojava nije tako retka. One prikazuju one detalje koji ostavljaju upečatljiv prikaz pojave nekih neispravnosti vozila.

Cilj ovog rada je da ukaže na ključne faktore koji utiču na ispravan rad motora sus, sa aspekta ventila, kao i da pruži jasnu sliku o mogućim, najčešće pojavljivanim neispravnostima i otkazima ventila motora sus, sa svim uzrocima i posledicama.

2. NAJČEŠĆE NEISPRAVNOSTI DELOVA MOTORA

Habanje delova motora direktno utiče na vek njegovog trajanja. Karakteristična mesta intezivnog habanja motora su i ležišta kolenastog vratila, mehanizam za napajanje gorivom, mehanizam za paljenje itd. Pojava gubitka ulja, pada pritiska u motoru i prodor gasova u karter, nastaje kao rezultat pohabanosti delova motora. To dovodi do pada snage motora, povećanja potrošnje goriva i maziva, pogoršavanja startnih karakteristika motora, pogoršavanja kvaliteta izduvnih gasova u pogledu toksičnosti i dimnosti, pogoršanja nivo buke i vibracija.

Nejednaki uslovi korišćenja motora i njegovog održavanja uzrok su različitog veka trajanja istih tipova motora istog proizvođača. Utvrđeno je da postoji korelaciona zavisnost između srednjeg istrošenja pojedinih delova motora jednog istog modela koja se ne menja sa promenom uslova korišćenja. Na osnovu poznavanja tih korelacionih zavisnosti može se dosta tačno, npr. na osnovu istrošenja cilindra oceniti istrošene drugih delova motora. Sa razvojem motora i njegovim usavršavanjem došlo je i do smanjenja inteziteta habanja njegovih delova zahvaljujući primeni adekvatne konstrukcije delova u kontaktu, adekvatnih sredstava za podmazivanje, kvalitetnih materijala otpornih na habanje i adekvatne tehnologije održavanja, kao i primeni adekvatne tehnologije izrade i montaže tihe delova.

Pad snage motora, koji se javlja direktno usled istrošenosti delova je relativno mali. Velika istrošenost delova motora može indirektno, preko poremećaja rada njegovih sistema, da dovede do velikog pa i potpunog gubitka snage. Ova tvrdnja može se potkrepiti sledećim primerom: zbog pohabanosti delova motora dolazi do prodiranja gasova u karter motora. U tom slučaju, kroz njegovu odušnu cev dolazi veća količina ulja u kućište prečistača što izaziva zamašćivanje uloška prečistača koji zato gubi poroznost i sposobnost propuštanja vazduha. Zbog toga u usisnoj cevi vlada podpritisak usled čega je koeficijent punjenja cilindra mali. Postojanje potpritisaka u usisnoj grani motora dovodi do usisavanja iz kartera veće količine ulja zbog čega dolazi do potpunog zamašćenja prečistača za vazduh, što znači i prekid dovoda vazduha tako da motor prekida svoj rad.

Do pada snage motora može doći i usled poremećaja u sistemu za napajanje motora gorivom (neadekvatan pritisak ubrizgavanja, neadekvatan rapored goriva po cilindrima, neadekvatan ugao predubrizgavanja itd.).

Uzroke neispravnosti motora SUS uglavnom treba tražiti u neispravnosti sledećih sistema: za napajanje gorivom i vazduhom, za paljenje, za podmazivanje, za hlađenje i za pokretanje motora.

Razlozi lošeg zaptivanja ventila mogu biti mnogobrojni. Neki od njih su: zazori ventila su ispod propisane vrednosti, ventili zaglavljaju u vođicama, pohabana sedišta ventila, oslabljene opruge ventila i nagorevanje pećurke ventila.

S obzirom na značaj ispravnosti rada motora sus, za korišćenje motornih vozila u realnim uslovima eksploatacije, neophodno je svakom njegovom sastavnom delu posvetiti pažnju.

Velika istrošenost delova motora može indirektno, preko poremećaja rada njegovih sistema, da dovede do velikog pa i potpunog gubitka snage. Ova tvrdnja može se potkrepiti sledećim primerom: Zbog pohabanosti delova motora dolazi do prodiranja gasova u karter motora. U tom slučaju, kroz njegovu odušnu cev dolazi veća količina ulja u kućište prečistača što izaziva

zamašćivanje uloška prečistača koji zato gubi poroznost i sposobnost propuštanja vazduha. Zbog toga u usisnu cev vlada podpritisak usled čega je koeficijent punjenja cilindra mali. Postojanje potpritisaka u usisnoj grani motora dovodi do isticanja iz kartera veće količine ulja zbog čega dolazi do potpunog zamašćenja prečistača za vazduh, što znači i prekid dovoda vazduha tako da motor prekida svoj rad. Do pada snage motora može doći i usled poremećaja u sistemu za napajanje motora gorivom (neadekvatan pritisak ubrizgavanja, neadekvatna raspodela goriva po cilindrima, neadekvatan ugao predpaljenja i td.).

Na pouzdanost rada sastavnih delova motora, u velikoj meri, utiče proces njihovog habanja. Ova činjenica ukazuje na potrebu određivanja pokazatelja radne sposobnosti motora koji zavise od stepena pohabanosti njegovih delova i utvrđivanja njihove dozvoljene veličine. Ovo, utoliko pre što je poznavanje ovih veličina neophodno kako za dijagnostiku tehničkog stanja motora, tako i za razvijanje metoda ubrzanog ispitivanja otpornosti delova na habanje. Sve veća cena materijala i sve veći troškovi održavanja motora, kao i vozila u celini, upućuju na potrebu istraživanja uzroka njihovog oštećenja i posledica neispravnosti i zastoja u radu. Dosadašnja istraživanja pokazuju da su tribološki procesi, u najvećem broju slučajeva, osnovni uzročnici oštećenja delova motora i vozila u celini. Habanje delova motora direktno utiče na vek njegovog trajanja. Nejednaki uslovi korišćenja motora i njegovog održavanja uzrok su različitog veka trajanja istih tipova motora istog proizvođača.

Sa razvojem motora i njegovim usavršavanjem došlo je i do smanjenja intenziteta habanja njegovih delova, zahvaljujući primeni adekvatne konstrukcije delova u kontaktu, adekvatnih sredstava za podmazivanje, kvalitetnih materijala otpornih na habanje i adekvatne tehnologije održavanja, kao i primeni adekvatne tehnologije izrade i montaže tih delova.

Povećana potrošnja goriva i smanjenje snage motora može biti izazvano i habanjem bregova bregastog vratila, podizača ventila, ventila i njihovih ležišta, jer sve to dovodi do nepravilnosti pri otvaranju i zatvaranju ventila.

Stanje istrošenosti površina, međusobno pokretnih delova razvodnog mehanizma motora, presudno utiče na vek njegovog trajanja. Usled istrošenja delova ovog mehanizma dolazi do pada snage motora, povećanja nivoa buke, povećanja potrošnje goriva i td. Povećana potrošnja goriva i smanjenje snage motora može biti izazvano i habanjem bregova bregastog vratila, podizača ventila, ventila i njihovih ležišta jer sve to dovodi do nepravilnosti pri otvaranju i zatvaranju ventila. Kod razvodnog mehanizma motora uglavnom je prisutno trenje klizanja. Osim ležišta bregastog vratila, koja se podmazuju dovođenjem maziva pod pritiskom, svi ostali tarući spojevi razvodnog mehanizma rade u uslovima polutečnog ili graničnog trenja. Zbog udarnog karaktera zatvaranja ventila i nepovoljnih uslova podmazivanja najintenzivnije se habaju konusne površine sedišta ventila i pečurke ventila. Kako se sedišta usisnih ventila slabije podmazuju od sedišta izduvnih ventila, jer izduvni gasovi sadrže izvesnu količinu ulja, ona se približno isto habaju iako su prva izložena dejstvu znatno nižih temperatura.

Kod punjenih motora sedišta usisnih ventila se mnogo intenzivnije habaju od sedišta izduvnih ventila. To je razlog što se kod visoko nadpunjenih dizel motora primenjuje ubrizgavanje uljne magle u vazduh usisavanja. O istrošenosti bregova bregastog vratila strogo se mora voditi računa jer se njihovim istrošenjem smanjuje hod ventila a time smanjuje i punjenje cilindara.

Ventili motora imaju zadatak da pri svim režimima rada obezbede pravilnu izmenu radne materije. Od njih se zahteva da obezbede protok gasova sa što manjim strujnim otporima i dobro odvođenje toplote. Ventili su izloženi ne samo mehaničkim već i termičkim naprezanjima, koja mogu dovesti do promene svojstva materijala i teških oštećenja. Delovi ventila koji su u kontaktu sa produktima sagorevanja, izloženi su i njihovim korodivnom dejstvu. Oštećenja ventila, uglavnom se javljaju na pečurki ventila, na stablu ventila i na glavi ventila.

Oštećenje pečurke ventila manifestuje se na sledeće načine:

- Deformacija pečurke nastaje zbog: zaostalih unutrašnjih napona, promene structure materijala na visokim temperaturama ili zbog pojave samokaljenja, nepravilno centrirane vođice ventila u odnosu na sedišta ventila, neravnomerne širine sedišta ventila što ima za posledicu nejednak intenzitet hlađenja i nejednake termičke dilatacije.

- Deformacije na zaptivnom konusu nastale prodiranjem tvrdog sedišta ventila u material konusa ventila. Ovo oštećenje uglavnom nastaje zbog neadekvatno primenjenih materijala za izradu pečurke i sedišta, kao i zbog prevelike brzine nasedanja ventila na sedište zbog postojanja povećanih zazora usled nepravilne podešenosti ili pohabanosti glave ventila i/ili klackalice.
- Rupičavost konusnog dela nastaje kao posledica korozije koju izaziva gorivo i/ili mazivo, ali može nastati i kao rezultat nepravilno sparenim materijalima.
- Uvlačenje pečurke u sedištu ventila nastaje zbog pregrevanja ventila i/ili primene neadekvatnog materijala za izradu ventila.
- Nagorelost i pregrevanje pečurke ventila nastaje usled neregularnosti sagorevanja i/ili nedovoljne zaptivenosti (ali i usled primene neodgovarajućih materijala, grške u strukturi materijala i neadekvatne obrade).

Nedovoljna zaptivenost ventila javlja se iz sledećih razloga: Deformacije konusa i/ili sedišta ventila zbog lošeg hlađenja ili greške u strukturi materijala; Odstupanja ose stable o dose pečurke; Odstupanje od pravog ugla između ravni pečurke i ose stable; Povećano oscilovanje opruga ventila (preslabe opruge); Nečiste površine naleganja; Nedovoljan zazor između klackalice i ventila.

Neregularno sagorevanje kod dizel motora nastaje kao posledica: preranog ili prekasnog ubrizgavanja, prevelike ciklusne doze goriva i nedovoljnog pritiska ubrizgavanja. Kod oto motora, do neregularnog sagorevanja dolazi usled: preranog, ili prekasnog paljenja, ili korišćenja siromašne smeše.

Prskotine na konusnom delu pečurke nastaju kao posledica: neadekvatnog materijala, neadekvatne tehnologije izrade, Zamora materijala i korozije, ali i zbog grešaka pri konstruisanju i proizvodnji.

Na intenzitet habanja stable ventila utiču sledeći faktori: Neadekvatan zazor između stabla i vođice ventila; Nepravilno spregnutih materijala stable i vođice ventila; Nedovoljnog hlađenja sklopa; Neravnomernog rasporeda masa; Loše rešenog pogona ventila; Neadekvatne tehnologije izrade.

Oštećenje glave ventila, usled dejstva klackalice, manifestuje se kao plastično tečenje čeone površine, ali i kao zadebljanje stable ventila u gornjem delu.

Na intenzitet habanja sedišta ventila deluju sledeći faktori: Vrsta materijala sedišta i ventila; Veličina sile u opruzi ventila; Veličina udarnog opterećenja; Veličina hoda ventila; Brzina nasedanja ventila; Kvalitet gorive smeše; Temperatura sedišta.

Vođice ventila, tokom eksploatacije, izložene su intenzivnom habanju kao posledica dejstva udarnih opterećenja, visokih neravnomernih temperature i otežanih uslova podmazivanja.

Slika habanja vođica ventila zavisi od vrste spregnutih materijala vođica i stable ventila, kao i od karaktera opterećenja kliznih površina.

Kao posledica habanja vođica i stable ventila nastaje povećanje zazora između njih, koji dovode do netačnog vođenja ventila i pogoršanog odvođenja toplote preko stable i vođica ventila.

Radi smanjenja habanja sklopa vođica-stablo ventila, neophodno je ostvariti sledeće: Pravilan izbor spregnutih materijala; Potreban kvalitet obrade spregnutih površina; Koaksijalnost vođica ventila i konusa sedišta ventila; Odgovarajuće vrednosti zazora između vođica i stable ventila (orijentacione vrednosti su za usisne ventile $0,2 \pm 0,8\%$, a za izduvne ventile $0,7 \pm 1,4\%$ od prečnika stabla ventila); Ravnomerno hlađenje vođica po celoj površini.

Danas se najčešće koriste specijalni sinterovani materijali za izradu vođica ventila.

Ventil motora sus otkazuje uglavnom zbog: visokih temperatura, velikih brzina naleganja ventila na sedište, neadekvatnog materijala, neadekvatne izrade i neadekvatne konstrukcije. Nepodešenost ventila dovodi do pojave nepravilnosti u radu motora. Kada je motora zaprpljan ventili sa malim zazorom ne zatvaraju cilindre. Oko njih, u tom slučaju, kreću se izduvni gasovi, koji izazivaju prekomerno zagrevanje što uzrokuje pregrevanje pečurke i sedišta ventila. Vreli izduvni gasovi, pri nenaleganju usisnih ventila, mogu dospeti u karburator i izazvati neželjene posledice. Pri velikom zazoru ventili se otvaraju kasno, a zatvaraju rano što dovodi do pogoršavanja punjenja cilindra, uz pojavu specifičnog zvuka (lupanje ventila).

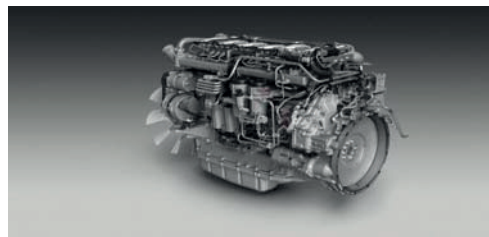
3. ANALIZA NEISPRAVNOSTI MOTORA U VOZILIMA SCANIA R 450

U vozilima SCANIA R 450 LA4 X 2MNA ugrađen je šestocilindrični dizel motor DC13 124/450HP sa sistemom ubrzavanja XPI (13-litarski motor sa 331 kW i SCR tehnologijom redukcije izduvnih gasova).

3.1. Objekat koji se analizira



Slika 1. Vozilo Scania R450 LA4x2MNA



Slika 2. Pogonski motor vozila Scania R450 LA4x2MNA, Scania DC13 147 450

Vozilo Scania R450 LA4x2MNA(slika 1) ima: Kabina: CR19T; Maksimalna nosivost (kg): 18000; Visina šasije: Ekstra nisko (< 810mm); Menjač : Automatski; Vešanje : Fabričko; Broj osovina : 2; Pogon:4x2; Motor: Scania DC13 147 450; Menjač: 12 brzina, Scania GRS895R; Retarder: Scania Retarder R4100.

Pogonski motor, vozila Scania R450 LA4x2MNA, Scania DC13 147 450(slika 2) ima: Zapremina: 12742 cm³; Snaga 331 kW; Tip motora: Scania DC13 147 450; Zapremina motora:12742 cm³; Maksimalna snaga: 331 kW pri 1900 o/min; Maksimalni obrtni moment: 2350 Nm pri 1000-1300 o/min; Emisiona klasa motora: Euro 6.

Analiza je napravljena na osnovu uvida u rasklopljene delove motora DC13 124/450HP vozila SCANIA R 450 LA4 X 2MNA, i na osnovu analize uzročno-posledičnih veza nastalih neispravnosti na motoru. Analiza nije napravljena na osnovu pregleda svih motora kod kojih je došlo do pojave neispravnosti, kao ni uvidom u kvalitet goriva, maziva i rashladne tečnosti koja su korišćena pri radu tih motora.

Radi donošenja preciznijih zaključaka o uzrocima pojave otkaza na motorima analiziranih vozila, neophodno je uraditi prethodno pomenute analize.

3.2. Neispravnosti šestocilindričnog dizel motora DC13 124/450HP

Kod motora analiziranih vozila došlo je do sledećih neispravnosti:

- Polomljena pečurka po jednog izduvnog ventila na prvom cilindru (slike: 1,2,3,4,7 8,13,14);
- Na svim usisnim ventilima mnogo naslaga na delu prelaza od pečurke prema stablu ventila;
- EGR- ventili su nenormalno puni gareži (slike: 23, 24);
- Turbokompresori su neispravni (slike: 21, 22);
- Na jednom od motora (u vozilu Scania 450 sa kodom šasije: YS2R4X20005473646), na prvom cilindru motora pukao je umetak cilindra (slike 9, 10);
- Na jednom od motora, na prvom cilindru motora, u velikoj meri pohaban je unutrašnji gornji deo umetka cilindra (slika 11);

- Termičkom korozijom oštećeni je izduvni ventili -"nagoreli" (slike: 13, 15)
- Klizni ležajevi velike pesnice klipnjače su pohabani (slike: 18, 19, 20).



Slika 1. Polomljen izduvni ventil 1 -pogled sa strane pećurke



Slika 2. Polomljen i nagoreli izduvni ventil 1 - pogled sa strane tela ventila



Slika 3. Polomljen izduvni ventil 2 - pogled sa strane tela ventila



Slika 4. Polomljen izduvni ventil 3 - pogled sa strane tela ventila



Slika 5. Pohabana stabla polomljenih izduvnih ventila 1 i 2



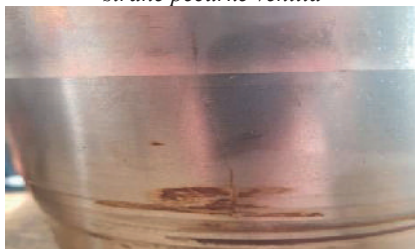
Slika 6. Pohabano stablo polomljenog izduvnog ventila 3



Slika 7. Polomljen izduvni ventil 4 - pogled sa strane pećurke ventila



Slika 8. Polomljeni izduvni ventil 4 - pogled sa bočne strane ventila



Slika 9. Pukotina umetka cilindra sa vidljivom površinom intenzivnog habanja



Slika 10. Pukotina umetka cilindra sa vidljivom površinom intenzivnog habanja



Slika 11. Unutrašnjost sa pukotinom umetka cilindra sa vidljivom površinom intenzivnog habanja



Slika 12. Polomljeni izduvni ventil - pogled sa gornje (zadnje) strane



Slika 13. Izduvni i usisni ventili - pogled sa gornje strane ventila



Slika 14. Polomljeni izduvni ventil - pogled sa bočne strane ventila



Slika 15. Pohabano stablo polomljenog izduvnog ventila



Slika 16. Polomljeni izduvni ventil i oštećena glava motora - pogled sa čeonice strane glave motora



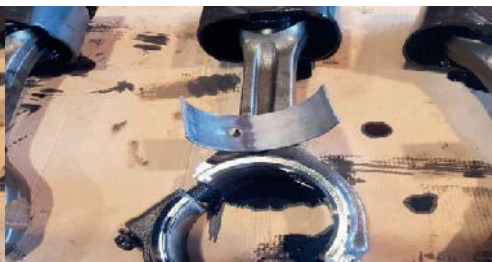
Slika 17. Polomljeni izduvni ventil i oštećena glava motora - pogled sa čeonice strane glave



Slika 18. Deo ležaja velike pesnice klipnjače - vidi se njegovo oštećenje zbog habanja



Slika 19. Klipnjače sa klipovima - pogled sa bočne strane



Slika 20. Deo ležaja velike pesnice klipnjače - vidi se njegovo oštećenje zbog habanja



Slika 21. Oštećeno turbinsko kolo turbokompresora motora



Slika 22. EGR ventil - pogled sa bočne strane



Slika 23. EGR ventil - pogled sa izlazne strane



Slika 24. EGR ventil - pogled sa ulazne strane

4. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Veliki broj uzročnika mogu da dovedu do pojave neispravnosti motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

Analiza pojave otkaza konkretnog motora DC13 124/450HP vozila SCANIA R 450 LA4 X 2MNA, napravljena je na osnovu analize uzročno-posledičnih veza nastalih neispravnosti na motoru.

Sagledavajući celokupnu konkretnu problematiku pojave otkaza kod dizel motora DC13124/450HP, a koji se ugrađuje u vozila SCANIA R 450 LA4 X 2MNA, i uvidom u stanje svih ventila otkazalih motora, EGRa i ležišta velike pesnice klipnjače, može se zaključiti sledeće:

1. Najverovatnije osnovni uzročnici nastalih neispravnosti na dizel motorima DC13124/450HP, koji su ugrađeni u vozilima SCANIA R 450 LA4 X 2MNA su neodgovarajući zazor ventila, neodgovarajuće mazivo (proveriti kvalitet korišćenog maziva) i neodgovarajuće korišćeno gorivo (proveriti kvalitet korišćenog goriva).
2. Proverom ventila, ustanovljeno je da je kvalitet materijala, od koga su napravljeni ventili, zadovoljavajući.

3. Naprsline na donjoj površini pećurke izduvnog ventila (slika 16), prvenstveno je prouzrokovana prevelikim zazorom ventila.
 4. Do oštećenja ruba pećurke usisnog ventila (slika 14, slika 17) došlo je zbog pregrevanja izazvanog premalim zazorom ventila.
 5. Do pucanja umetka cilindra motora (slika 9, slika 10) došlo je usled dugotrajnog rada motora sa otkazalim izduvnim ventilom na tom cilindru, usled čega je došlo do pregrevanja motora.
 6. Jedan od osnovnih mogućih razloga za preveliku zaprljanost (ogromna količina gareži u EGRu) EGRa (slike: 23, 24,25.26,27 i 28) je korišćeno neadekvatno gorivo (gorivo neodgovarajućeg kvaliteta). Da je korišćeno gorivo neadekvatnog kvaliteta potvrđuje i činjenica da je na svim usisnim ventilima, kako havarisanih motora, tako i motora koji je bio ispravan, ali je demontiran, postoje ogromne naslage smole i zapeknuća (slike: 30 i 32) (nastala od onih komponenti u gorivu koje se ne smeju u njemu nalaziti. Koristiti isključivo pogonsko gorivo za motore koja je preporučio proizvođač.
 7. Do povećanog habanja umetka (hilzne) u gornjem delu jednog od cilindara motora (slika 11) došlo je sa velikom sigurnošću usled korišćenja neadekvatnog goriva, i usled nepovoljnog toplotnog režima rada motora;
 8. Nedovoljno podmazivanje delova klipne grupe dovodi do pojačanog habanja, a često i do zaribavanja klipno-cilindričnog sklopa, ležajeva klipnjače (slike: 18, 19 i 20), kao i ležajeva i rukavca kolenastog vratila, bregova vratila i td.
- U cilju sprečavanja pojave prethodno navedenih neispravnosti, preporučuje se sledeće: 1. Koristiti isključivo pogonsko gorivo za motore koja je preporučio proizvođač; 2. Koristiti isključivo ulja za podmazivanje motora koja je preporučio proizvođač; 3. Koristiti isključivo sredstvo za hlađenje motora koja je preporučio proizvođač; 4. Poštovati preporučenu periodiku provere tehničke ispravnosti motora, prvenstveno sa aspekta EGR-a, zazora ventila, funkcionalnosti filtera i svih ostalih delova motora.

LITERATURA

- [1] V. Krstić,...: Analysis of the possibility of applying modern strategies for vehicle maintenance, 3rd Interional conference Serbiatrib 2019, Faculty of Engineering of Kragujevac, 2019.
- [1] Krstić V., Krstić B., Muždeka S., Analiza uzroka pojave otkaza motora sus i predlog za njegovo otklanjanje, časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLV, No 2, 2020, str.28-36
- [2] V. Krstić, i dr: Mogućnost određivanja optimalnog perioda eksploatacije motornih vozila, Tractors and power machines, ISSN 0354-9496 (2019) Vol.24, No. 3-4, str. 17-24
- [3] B. Krstić, Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu , str. 488, Kragujevac, 2009
- [4] László Magó, Pametna rešenja poljoprivredne opreme za sigurno upravljanje na daljinu, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIV, No 4, 2019

MOGUĆNOSTI PRIMENE FLEET BOARD SISTEMA PRI EKSPLOATACIJI I ODRŽAVANJU MOTORNIH VOZILA

FLEET BOARD SYSTEM APPLICATION POSSIBILITIES BY EXPLOITATION AND MAINTENANCE OF MOTOR VEHICLES

Nikola Krstić, Stefan Krstić
Elektronski fakultet u Nišu, Srbija

Zoran Čurguz, Mesud Ajanović
Saobraćajni fakultet u Doboju, B&H

Božidar Krstić, Ivan Krstić
Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu, Srbija

REZIME

Sistem za praćenje rada vozača i vozila omogućava na osnovu svih parametara koje prati smanjenje potrošnje goriva samim tim i zagađenja okoline, smanjenje troškova, ali može služiti i za određivanje pojedinaca kojima je potrebna dodatna obuka.

Nivo proizvodnosti rada transportnih sredstava zavisi u velikoj meri od organizacije transportnog procesa, stepena zaposlenosti voznog parka. Međutim da bi se vozilo uopšte moglo staviti u upotrebu ono mora zadovoljiti određeni nivo tehničke ispravnosti vozila. Zbog toga su razvijeni razni sistemi koji u realnom vremenu prate različite parametre i na osnovu njih određuju stanje vozila. Svi ti podaci se, uz primenu ovih sistema, mogu bežičnim putem prenositi do baze. Time se stvara mogućnost nadgledanja tehničkog stanja vozila za vreme obavljanja transportnog zadatka i preduzimanja određenih mera u slučaju pojave nepredviđenih situacija.

Ključne reči: Fleet Board sistemi, motorna vozila, preventivno održavanje, dijagnostika

SUMMARY

The system for monitoring the work of drivers and vehicles allows on the basis of all parameters that accompany the reduction of fuel consumption and environmental pollution, cost reduction, but can also be used to determine individuals who need additional training.

The level of productivity of transport means depends largely on the organization of the transport process, the level of employment of the vehicle fleet. However, in order for the vehicle to be put into service at all, it must satisfy a certain level of technical safety of the vehicle. Therefore, various systems are developed that in real time follow various parameters and determine the state of the vehicle based on them. All these data can be transmitted wirelessly to the base, using these systems. This creates the possibility of monitoring the technical condition of the vehicle during the performance of the transport task and taking certain measures in case of occurrence of unforeseen situations.

Keywords: Fleet Board systems, motor vehicles, preventive maintenance, diagnostics

1. UVOD

Osnovni zadatak svakog transportnog preduzeća je pružanje transportnih usluga. Transportnu uslugu je potrebno obaviti sa nižom cenom koštanja transporta, koja nastaje kada je obezbeđena maksimalna proizvodnost transportnih sredstava. Nivo proizvodnosti rada transportnih sredstava zavisi u velikoj meri od organizacije transportnog procesa, stepena zaposlenosti voznog parka, kao i od nivoa tehničke ispravnosti vozila, odnosno sposobnosti voznog parka za rad. Dobra organizacija transporta podrazumeva precizno planiranje i dobru organizaciju eksploatacije transportnih sredstava. Precizno planiranje zahteva temeljno izučavanje prevoznih zahteva i uslova pri kojima treba organizovati transport u narednom vremenskom periodu uz analizu ostvarenih rezultata rada vozila u prethodnom periodu. Za analizu ostvarenih rezultata rada voznog parka koristi se sistem izmeritelja i pokazatelja rada transportnih sredstava koji definišu sve elemente u procesu rada voznog parka. Za dobijanje tih pokazatelja koriste se podaci o radu transportnih sredstava čijom se obradom dobijaju informacije koje predstavljaju jedan od bitnih elemenata u procesu upravljanja. Kvalitet donetih odluka zavisi od kvaliteta raspoloživih informacija.

2. PRIMENE FLEET BOARD SISTEMA PRI EKSPLOATACIJI VOZILA

Osnovni zadatak svakog transportnog preduzeća je pružanje transportnih usluga. Transportnu uslugu je potrebno obaviti sa nižom cenom koštanja transporta, koja nastaje kada je obezbeđena maksimalna proizvodnost transportnih sredstava. Nivo proizvodnosti rada transportnih sredstava zavisi u velikoj meri od organizacije transportnog procesa, stepena zaposlenosti voznog parka, kao i od nivoa tehničke ispravnosti vozila, odnosno sposobnosti voznog parka za rad. Dobra organizacija transporta podrazumeva precizno planiranje i dobru organizaciju eksploatacije transportnih sredstava. Precizno planiranje zahteva temeljno izučavanje prevoznih zahteva i uslova pri kojima treba organizovati transport u narednom vremenskom periodu uz analizu ostvarenih rezultata rada vozila u prethodnom periodu. Za analizu ostvarenih rezultata rada voznog parka koristi se sistem izmeritelja i pokazatelja rada transportnih sredstava koji definišu sve elemente u procesu rada voznog parka. Za dobijanje tih pokazatelja koriste se podaci o radu transportnih sredstava čijom se obradom dobijaju informacije koje predstavljaju jedan od bitnih elemenata u procesu upravljanja. Kvalitet donetih odluka zavisi od kvaliteta raspoloživih informacija.

Sa razvojem savremene računarske tehnike pojavila se mogućnost ugradnje mini računara u sama vozila koji služe za sakupljanje podataka vezanih za rad vozila i vozača (ovi računari su danas deo standardne opreme kod većine vozila). Za obradu podataka koriste se odgovarajući softveri. Time je eliminisana potreba za ručnim sakupljanjem i obradom podataka vezanih za rad vozila, a samim tim i mogućnost nastanka greške svedena je na minimum.

Ovi sistemi pružaju mogućnost povezivanja sa tahografima i različitim senzorima koji se postavljaju na vozilo u cilju dobijanja svih potrebnih podataka. Svi ti podaci se, uz primenu ovih sistema, mogu bežičnim putem prenositi do baze. Time se stvara mogućnost nadgledanja tehničkog stanja vozila za vreme obavljanja transportnog zadatka i preduzimanja određenih mera u slučaju pojave nepredviđenih situacija. Pored toga ovi sistemi omogućavaju elektronsko unošenje podataka o transportnom procesu koje se prikazuju vozaču na ekranu postavljenom u vozilu na početku ili tokom radnog dana. Time se pruža mogućnost unošenja određenih izmena vezanih za transportni proces koje mogu nastati tokom obavljanja transporta, kao i dobijanja povratnih informacija od strane vozača koje se odnose na obavljene isporuke robe. Ovi sistemi imaju sposobnost određivanja najbolje varijante prevoznog puta na osnovu trenutnih uslova u saobraćaju sa aspekta potrošnje goriva, vremena putovanja i troškova. Telematski sistemi pružaju sve potrebne informacije sa velikom pouzdanošću na osnovu čije analize se mogu doneti odgovarajuće upravljačke odluke u cilju

povećanja produktivnosti voznog parka, a samim tim i minimiziranja cene koštanja transporta, što je i osnovni cilj pri obavljanju transportnih usluga.

Svi veliki proizvođači vozila razvili su svoje telematske sisteme: DAF DAF tel, Renault Alcatel, MAN Fleet telematics, Scania Infotronics, Volvo Dynafleet, Mercedes Benz Fleetboard. Tu se javio problem kod korisnika koji poseduju nehomogen vozni park, jer su morali da kupuju različite sisteme za svoja vozila. Zbog toga su se proizvođači dogovorili da standardizuju određen broj podataka koje će svaki sistem od pomenutih sistema podržavati. Tako je nastao FMS(Fleet Management Systems Interface) standard kojim je određeno 19 podataka(brzina vozila, pozicija pedale kočnice, pozicija pedale gasa, nivo goriva u rezervoaru, opterećenje vozila, pređena kilometraža, broj obrtaja motora, temperatura rashladne tečnosti, VIN kod...) koje svaki sistem mora da prati.

Proizvođač vozila prilikom isporuke vozila ugrađuje hardver u vozilu i omogućuje korisniku besplatan fleetboard 4 meseca. Za ta 4 meseca korisnik se upoznaje sa sistemom, uviđa njegove mogućnosti, koristi i šta je to što bi njemu trebalo. Nakon 4 meseca korisnik ako želi potpisuje ugovor sa firmom Fleetboard, gde određuje koji su to sistemi koje on želi da ima.

U zavisnosti od odluke klijenata o uslugama koje će koristiti određuju se potrebni hardverski uređaji koje je potrebno postaviti na vozilo. Sisteme koje korisnik može da izabere su:

- Menadžment vozila (upravljanje vozilima i vozačima): Analiza učinka u radu, posmatra vozače i prati njegove postupke uzimajući u obzir način vožnje i težinu zadatka; Održavanje; Istraživanje tehničkog stanja vozila i detaljno planiranje poseta servisima; Dnevnik- upisivanje informacija o mestima, periodima vožnje i odmora, kao i tahografskim podacima; Izveštaji - mesečni izveštaji koji daju rezime podataka dobijenih fleetboard-om.
- Menadžment transporta(upravljanje prevozom - logistika): Planiranje optimalnih ruta; Upravljanje porudžbinama; Informacije o utovaru; Digitalni potpis.
- Upravljanje vremenom(kontrolisanje, menadžment vremena): Planiranje na osnovu preostalih radnih časova vozača; Podrška u praćenju časova vožnje; Podaci o zaradama.
- Menadžment temperature: praćenje temperature u hladnjači, dokumentacija o temperaturama.

Primer sistema koji se koristi u vozilima Mercedes Benz-a je Fleetboard sistem koji u suštini predstavlja telematski internet servis razvijen u svrhu kvalitetnijeg upravljanja voznim parkom. Ovaj sistem pruža različite vrste usluga svojim korisnicima.

Fleet Board sistem pruža sledeće mogućnost i usluge svojim korisnicima:

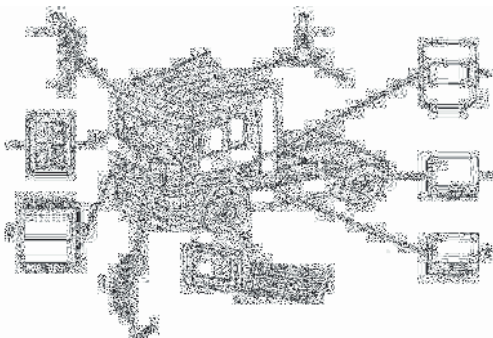
- Praćenje vozila: Obaveštavanje o redovnim servisima; Upravljanje sistemom u slučaju pojave otkaza; Operativne analize (analize stanja); Tekstualno komuniciranje; Beleženje podataka vezanih za putovanje; Utvrđivanje lokacije vozila.
- Obavljanje transporta: Plan rada za pojedine prevozne puteve; Upravljanje pošiljkama i obaveštavanje klijenata; Praćenje odvijanja transportnog zadatka; Analizu obavljenog transporta.
- Praćenje rada vozača.

Osnovne komponente fleetboard sistema (slika 1) su: (1) telefonski aparat, (2) komunikacioni modul, (3) prekidači za promenu funkcije fleetboard sistema, (4) GPS antena, (5) fleetboard GSM antena, (6) GSM primopredajni uređaj, (7) fleetboard kontrolna jedinica, (8) kompjuter povezan sa terminalom za vozača, (9) terminal za vozača: ekran/tastatura.

Savremenija vozila umesto terminala za vozača koji se sastojao od ekrana i tastature imaju savremene uređaje (Dispipilot) radi jednostavnijeg korišćenja i boljeg iskorišćenja prostora u vozilu (slika 3). Umesto prekidača za promenu funkcije fleetboard sistema postoji kompjuter fleetborda koji pruža mogućnost poziva servisa i bazi, slanje tekstualnih poruka preko Dispipilot uređaja. Takođe služi i za identifikovanje vozača i pristup sistemu Fleetbord-a ubacivanjem fleetboard kartice vozača.

Fleetboard kompjuter vozila je sa jedne strane povezan sa GPS antenom (slika 5) koja se koristi za određivanje trenutne lokacije vozila (2). Podaci koji se smeštaju na ovaj kompjuter mogu biti raspoloživi vlasniku vozila, njihov prijem i slanje se vrši putem GSM mreže(2). Podaci koji se prenose memorišu se u fleetboard serveru(3). Ti podaci su dostupni vlasniku vozila preko interneta(4) uz unos odgovarajuće šifre za pristup. Na taj način vlasnik vozila ima uvid u stanje vozila u svakom trenutku. Pored toga, vlasnik vozila ima mogućnost skidanja podataka po povratku vozila u bazu, kao i utvrđivanja stanja pojedinih komponenti vozila priključivanjem dijagnostičkog aparata.

Sve informacije koje se prenose dostupne su i vozačima preko ekrana dispipilot uređaja u vozilu. U slučaju pojave određene neispravnosti na vozilu, vozač dobija informaciju preko ovog ekrana. Postupak u slučaju pojave otkaza na vozilu je sledeći. Vozač aktivira prekidač za slučaj opasnosti i na taj način signalizira pojavu otkaza na vozilu bazi.



Slika 1. Osnovne komponente fleetboard sistema



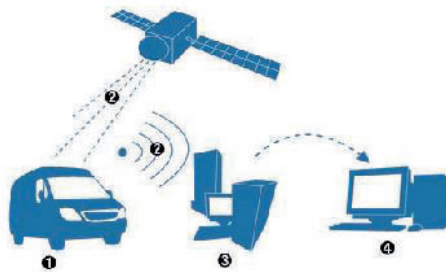
Slika 2. Fleetboard kompjuter



Slika 3. Dispipilot uređaji



Slika 4. Identifikaciona kartica vozača



Slika 5. Arhitektura fleetboard sistema

Baza nakon upoznavanja sa problemom postupa na jedan od sledećih načina:

1. Kontaktirati operativni centar u državi u kojoj se vozilo trenutno nalazi, poslati podatke o vozilu i operativni centar će na dalje preuzeti brigu o popravci vozila Baza nakon toga obaveštava vozača o broju telefona operativnog centra. Time se ostvaruje kontakt između vozača i operativnog centra i utvrđuje se vrsta neispravnosti na vozilu. Na osnovu trenutne lokacije vozila operativni centar pronalazi ovlašćeni servis koji je najbliži toj lokaciji i prosleđuje mu dobijene informacije vezane za vozila. Operativni centar nakon dobijanja garancije od baze da će troškovi popravke biti pokriveni šalje vozilo u servis ili prosleđuje informacije servisu da preduzme odgovarajuće korake.

2. Baza na osnovu podataka koja je dobila od vozila određuje problem i šalje svoje servisere sa odgovarajućim opremom da to popravi ili šalje novo vozilo da zameni pokvareno. Ovaj sistem može se koristiti i za praćenje ukupno pređene kilometraže vozila u cilju određivanja preostale kilometraže ili vremena do redovnog servisa pojedinih komponenti na vozilu. U slučaju da je broj pređenih kilometraža dostigao takvu vrednost da je uskoro potrebno izvršiti neki od redovnih servisa na vozilu, sistem upozorava korisnika kako ne bi to vozilo poslao na obavljanje transportnog zadatka pre nego što se obavi taj servis (slika 6). Takođe ovaj sistem prikazuje i podatke o datumu poslednjeg servisa na određenoj komponenti vozila. Na osnovu svih dobijenih podataka korisnik ima mogućnost da planira raspodelu vozila na pojedine transportne zadatke čime se omogućava bolje upravljanje raspoloživošću voznog parka.

3. PRIMENA FLEET BOARD SISTEMA PRI ODRŽAVANJU MOTORNIH VOZILA

Osim ovih pregleda zakonom je predviđen jedan godišnji tehnički pregled (u slučaju vozila javnog prevoza dva godišnje). Ukoliko vozilo ne poseduje ovakve sisteme servisne operacije se obavljaju prema propisanim servisnim intervalima proizvođača. Intervali servisa se određuju na osnovu ispitivanja probnog vozila. U Zapadno evropskim zemljama svi delovi koji se menjaju vraćaju se proizvođaču koji ispituju uzrok otkaza. Kod nas se delovi ne vraćaju proizvođaču, mada određeni servisi prave popis delova koji su zamenjeni i šalju proizvođaču. Popis se sastoji od naziva dela, šta je kvar i koji je uzrok kvara. Proizvođač na osnovu tih informacija pravi bazu otkaza. Ukoliko se pojavi veći broj istih delova sa istim otkazom preduzeće pokreće servisnu/garancijsku akciju, tj. zamenu tog dela u odgovarajućoj seriji na tržištu. Kod manjih otkaza koji nisu bitni za bezbednost vozila, proizvođač ne mora da pravi servisnu akciju već da pošalje dopis ovlašćenim servisima da kad vozilo dođe na pregled zameni deo bez znanja korisnika.

Sve informacije vezane za rad vozila i vozača koriste se u cilju poboljšanja rada vozila u pogledu potrošnje goriva, smanjenje troškova održavanja, povećanje bezbednosti kretanja vozila. Na osnovu tih podataka mogu se izvući određeni zaključci vezani za stil vožnje vozača, određivanje vozača kojima je potrebna dodatna obuka. Sa razvojem savremene računarske tehnike pojavila se mogućnost ugradnje mini računara u sama vozila koji služe za sakupljanje podataka vezanih za rad vozila i vozača (ovi računari su danas deo standardne opreme kod većine vozila). Za obradu podataka koriste se odgovarajući softveri. Time je eliminisana potreba za ručnim sakupljanjem i obradom podataka vezanih za rad vozila, a samim tim i mogućnost nastanka greške svedena je na minimum. Ovi sistemi pružaju mogućnost povezivanja sa tahografima i različitim senzorima koji se postavljaju na vozilo u cilju dobijanja svih potrebnih podataka. Svi ti podaci se, uz primenu ovih sistema, mogu bežičnim putem prenositi do baze. Time se stvara mogućnost nadgledanja tehničkog stanja vozila za vreme obavljanja transportnog zadatka i preduzimanja određenih mera u slučaju pojave nepredviđenih situacija. Pored toga ovi sistemi omogućavaju elektronsko unošenje podataka o transportnom procesu koje se prikazuju vozaču na ekranu postavljenom u vozilu na početku ili tokom radnog dana. Time se pruža mogućnost unošenja određenih izmena vezanih za transportni proces koje mogu nastati tokom obavljanja transporta, kao i dobijanja povratnih informacija od strane vozača koje se odnose na obavljene isporuke robe. Ovi sistemi imaju sposobnost određivanja najbolje varijante prevoznog puta na osnovu trenutnih uslova u saobraćaju sa aspekta potrošnje goriva, vremena putovanja i troškova. Telematski sistemi pružaju sve potrebne informacije sa velikom pouzdanošću na osnovu čije analize se mogu doneti odgovarajuće upravljačke odluke u cilju povećanja produktivnosti voznog parka, a samim tim i minimiziranja cene koštanja transporta, što je i osnovni cilj pri obavljanju transportnih usluga. Svi veliki proizvođači vozila razvili su svoje telematske sisteme: DAF - DAF tel, Renault -Alcatel, MAN - Fleet telematics, Scania - Infotronics, Volvo - Dynafleet, Mercedes Benz - Fleetboard. Tu se javio problem kod korisnika koji poseduju nehomogen vozni park, jer su morali da kupuju različite sisteme za svoja vozila. Zbog toga su se proizvođači dogovorili da standardizuju određen broj podataka koje će svaki sistem od pomenutih sistema podržavati. Tako je nastao FMS (Fleet Management Systems Interface) standard kojim je određeno 19 podataka (brzina vozila, pozicija pedale kočnice, pozicija pedale gasa, nivo goriva u rezervoaru, opterećenje vozila, pređena kilometraža, broj obrtaja motora, temperatura rashladne tečnosti, VIN kod...) koje svaki sistem mora da prati. Proizvođač vozila prilikom isporuke vozila ugrađuje hardver u vozilo i omogućuje korisniku besplatan fleetboard 4 meseca. Za ta 4 meseca korisnik se upoznaje sa sistemom, uviđa njegove mogućnosti, koristi i šta je to što bi njemu trebalo. Nakon 4 meseca korisnik ako želi potpisuje ugovor sa firmom Fleetboard, gde određuje koji su to sistemi koje on želi da ima. U zavisnosti od odluke klijenata o uslugama koje će koristiti određuju se potrebni hardverski uređaji koje je potrebno postaviti na vozilo.

Sisteme koje korisnik može da izabere su:

- Menadžment vozila (upravljanje vozilima i vozačima): Analiza učinka u radu, posmatra vozače i prati njegove postupke uzimajući u obzir način vožnje i težinu zadatka; Održavanje; Istraživanje tehničkog stanja vozila i detaljno planiranje poseta servisima; Dnevnik- upisivanje informacija o mestima, periodima vožnje i odmora, kao i tahografskim podacima; Izveštaji - mesečni izveštaji koji daju rezime podataka dobijenih fleetboard-om.
- Menadžment transporta (upravljanje prevozom - logistika): Planiranje optimalnih ruta; Upravljanje porudžbinama; Informacije o utovaru; Digitalni potpis.

- Upravljanje vremenom (kontrolisanje, menadžment vremena): Planiranje na osnovu preostalih radnih časova vozača; Podrška u praćenju časova vožnje; Podaci o zaradama.
- Menadžment temperature: praćenje temperature u hladnjači, dokumentacija o temperaturama.

Primer sistema koji se koristi u vozilima Mercedes Benz-a je Fleetboard sistem koji u suštini predstavlja telematski internet servis razvijen u svrhu kvalitetnijeg upravljanja voznim parkom. Ovaj sistem pruža različite vrste usluga svojim korisnicima.

Fleet Board sistem pruža sledeće mogućnost i usluge svojim korisnicima:

- Praćenje vozila: Obaveštavanje o redovnim servisima; Upravljanje sistemom u slučaju pojave otkaza; Operativne analize (analize stanja); Tekstualno komuniciranje; Beleženje podataka vezanih za putovanje; Utvrđivanje lokacije vozila.
- Obavljanje transporta: Plan rada za pojedine prevozne puteve; Upravljanje pošiljkama i obaveštavanje klijenata; Praćenje odvijanja transportnog zadatka; Analizu obavljenog transporta.
- Praćenje rada vozača.

Za detaljniju analizu svake rute definisan je odgovarajući softverski model, čijim aktiviranjem se dobija skup informacija vezanih za:

- Ukupne ocene na ruti, s obzirom na potrošnju, s obzirom na kočenje, usporavanje, prilagođavanje uslovima puta, ocena stajanja;
- Ocena rute
- Potrošnja goriva: ukupna, u vožnji, na praznom hodu,
- Pređeni put i vremena, pređeni put, vreme putovanj, vreme stajanja u mestu sa uključenim motorom,
- Podaci o ponašanju vozača, broj zaustavljanja na ruti, put pređen u kočenju bez radne kočnice, put pređen inercijom vozila i koliki je to procenat u ukupnom pređenom putu, korišćenje tempmata,
- Dijagramski prikazi: Pregled brzina vožnje; Put kočenja radnom kočnicom; Put kočenja retarderom; Podatak o vožnji u zavisnosti od broja obrtaja motora o vožnji, na levoj strani imamo položaj pedale gasa a na desnoj sekunde, dakle vidimo koliko sekundi je voženo sa određenim brojem obrtaja i određenim položajem pedale gasa.

Ovi prikazi postoje za svaki stepen prenosa.

Osim praćenja načina vožnje moguće je i pregled radnji vozača u toku dana ili nedelje. Vozač u elektronski dnevnik putovanja unosi šta u kom trenutku radi (vreme provedeno u vožnji, vreme provedeno u odmoru, vreme provedeno u sređivanju papirologije i drugih radnji vezanih za vozilo i tovar, vreme provedeno u utovaru i istovaru, vreme koje vozač nije uneo u dnevnik). Ovo je veoma bitno jer u zemljama Evropske unije vreme provedeno za volanom je ograničeno zakonom. Policija posebnim uređajima čita ovaj podatak sa kartice vozača i kažnjava vozača i poslodavca ukoliko je napravljen prekršaj. Sistem za praćenje rada vozača i vozila omogućava merenje potrošnje goriva i faktora koji se odnose na stil vožnje vozača kao što su brzina, ubrzanje, rad motora u praznom hodu i nagla kočenja pri čemu svaki od njih utiče na potrošnju goriva, troškove održavanja i bezbednost.

Na taj način sistem može pomoći u ostvarivanju nekih od sledećih koristi:

Smanjenje potrošnje goriva kroz bolje upravljanje vozilom; Smanjenje broja nezgoda koje dovode do smanjenja troškova osiguranja; Smanjenje troškova održavanja kroz kvalitetnije upravljanje vozilom od strane vozača; Određivanje pojedinaca kojima je potrebna obuka.

Korišćenje sistema za praćenje vozila, bilo u realnom vremenu ili retrospektivno, omogućava mnogo dinamičnije, on-line upravljanje vozilima i vozačima. Na taj način se može kvalitetnije upravljati prevoznim procesima u cilju smanjenja troškova i povećanja kvaliteta usluge za klijente.

Uobičajene i najznačajnije koristi od primene ovog sistema su sledeće: Smanjenje troškova goriva i drugih troškova vozila eliminisanjem nepotrebno pređenih kilometara; Smanjenje troškova prekovremenog i noćnog rada boljim posmatranjem aktivnosti vozila i vozača; Podaci o vremenu rada vozača se mnogo preciznije kompletiraju; Obaveštavanje klijenata o vremenu isporuke, smanjuje se vreme čekanja; Pобољшanje kvaliteta usluge klijentima na taj način što prikazuje stvarno vreme dolaska i odlaska i utvrđuje probleme na prevoznom putu; Obezbeđivanje podataka za poređenje trenutnog plana rada sa predviđenim; Povećanje sigurnosti tereta i vozača preko alarmnih uređaja; Smanjenje vremena stajanja i povećanje broja isporuka; Smanjenje troškova telefonskih razgovora za potrebe lociranja vozača.

Ovaj sistem u saradnji sa sistemom za praćenje uslova u saobraćaju omogućuje smanjenje vremena putovanja, smanjenje vremena kašnjenja, pravljenje nove rute ukoliko dođe do zatvaranja nekog dela puta.

Korišćenjem tekstualnih poruka umesto verbalnog komuniciranja povećava se bezbednost kretanja vozila na putevima jer upotreba mobilnih telefona nije bezbedna tokom vožnje za razliku od tekstualnih poruka koje se vozaču saopštavaju preko ekrana u vozilu i koje vozači mogu ispisivati za vreme dok se vozilo nalazi u stanju mirovanja.

Koristi od primene ove vrste sistema su: Smanjenje visokih troškova verbalnog komuniciranja naročito međunarodnih razgovora; Smanjenje grešaka verbalnog komuniciranja; Povećanje bezbednosti na putevima.

Osim navedenih prednosti korišćenja fleetboard sistema proizvođač na osnovu svojih istraživanja preporučuje ga i zbog toga što omogućuje smanjenje CO₂ za oko 10%, povećanje servisnog intervala i do 30000km, smanjenje potrošnje goriva od 5% do 15%.

4. ZAKLJUČAK

Fleetboard sistem koji u suštini predstavlja telematski internet servis razvijen u svrhu kvalitetnijeg upravljanja voznim parkom. Ovaj sistem pruža različite vrste usluga svojim korisnicima.

Fleet Board sistem pruža sledeće mogućnost i usluge svojim korisnicima:

1. Praćenje vozila: Obaveštavanje o redovnim servisima; Upravljanje sistemom u slučaju pojave otkaza; Operativne analize (analize stanja); Tekstualno komuniciranje; Beleženje podataka vezanih za putovanje; Utvrđivanje lokacije vozila;
2. Obavljanje transporta: Plan rada za pojedine prevozne puteve; Upravljanje pošiljkama i obaveštavanje klijenata; Praćenje odvijanja transportnog zadatka; Analizu obavljenog transporta;
3. Praćenje rada vozača.

Fleet Board sistem može se koristiti i za praćenje ukupno pređene kilometraže vozila u cilju određivanja preostale kilometraže do redovnog servisa pojedinih komponenti na vozilu. U slučaju da je broj pređenih kilometara dostigao takvu vrednost da je uskoro potrebno izvršiti neki od redovnih servisa na vozilu, sistem upozorava korisnika kako ne bi to vozilo poslao na obavljanje transportnog zadatka pre nego što se obavi taj servis. Na osnovu svih dobijenih podataka korisnik ima mogućnost da planira raspodelu vozila na pojedine transportne zadatke čime se omogućava bolje upravljanje raspoloživošću voznog parka i smanjuje mogućnost nastanka incidentnih situacija. Sistem za praćenje rada vozača i vozila omogućava na osnovu svih parametara koje prati smanjenje potrošnje goriva samim tim i zagađenja okoline, smanjenje troškova, ali može služiti i za određivanje pojedinaca kojima je potrebna dodatna obuka. Daljim razvojem ovih sistema teži se povezivanju više službi, kako bi se povećala bezbednost korišćenja vozila. To znači da će svaki otkaz koji se desi na vozilu automatski biti zabeležen, protumačen i ukoliko je otkaz bitan za bezbednost, službe će moći odmah da reaguju kako otkaz ne bi doprineo narušavanju bezbednosti saobraćaja.

5. LITERATURA

- [1] V. Krstić i dr.: Mathematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.12, No.4, 2007, p.129-136.
- [2] V. Krstić: Pristup preventivnom održavanju drumskih vozila sa savremenim elektronskim dijagnostičkim sistemima, diplomski rad, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2012
- [3] Todorović J., Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd 1993.
- [4] V. Krstić: Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2009, str.488.
- [5] Papić V., Osnovi održavanja motornih vozila, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009
- [6] V. Krstić i dr.: Mathematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.12, No.4, 2007, p.129-136.
- [7] V. Krstić i dr.: Some views of future strategies of maintenance of motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.15, No.1, 2010, p.42-47

ZAHVALNOST: *Istraživanja prikazana u ovom radu podržalo je Ministarstvo nauke Republike Srbije, u okviru projekta TR 35041.*

**TAČNOST CILINDRIČNIH MJERA KOD DIJELOVA
IZRAĐENIH 3D PRINTANJEM S ONYX FILAMENTOM**

**CYLINDRICAL DIMENSIONS ACCURACY IN PARTS
MADE BY 3D PRINTING WITH ONYX FILAMENT**

Josip Kačmarčik
Univerzitet u Zenici,
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

Ernad Bešliagić
Univerzitet u Zenici,
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

Kenan Varda
Univerzitet u Zenici,
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

Nermina Zaimović-Uzunović
Univerzitet u Zenici,
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

REZIME

Primijenjena je FDM tehnologija 3D printanja kompozitnog materijala Onyx, najlon s kompozitnim mikrovlaknima, s ciljem provjere tačnosti izrade cilindričnih geometrija. Dva uzorka s cilindrima i dva s otvorima, u rasponu prečnika od 3mm do 25mm, su napravljena pomoću 3D printera Markforged Mark Two. Pomoću koordinatne mjerne mašine su izmjerena odstupanja od zadanih dimenzija i oblika na uzorcima. Na osnovu rezultata preporučene su korekcije cilindričnih mjera prilikom dizajna 3D modela za 3D printanje s istraživanom tehnologijom.

Ključne riječi: 3D printanje, FDM tehnologija, kompozitni materijali, cilindrične geometrije, dimenzionalna tačnost

ABSTRACT

FDM technology of 3D printing of the composite material Onyx, micro carbon fibre filled nylon, is applied with the aim of accuracy evaluation of making cylindrical features. Two specimens with cylinders and two with holes, in the diameter range from 3mm to 25mm, are made using 3D printer Markforged Mark Two. Deviations from design dimensions and shape are measured using a coordinate measuring machine. Based on the results, corrections of cylindrical dimensions in design of 3D models for 3D printing with investigated technology are proposed.

Keywords: 3D printing, FDM technology, composite materials, cylindrical features, dimensional accuracy

1. UVOD

3D printanje je tehnologija aditivne proizvodnje koja omogućava brzu izradu različitih dijelova, vrlo kompleksnih geometrija. Postoje različite tehnologije koje omogućavaju izradu dijelova od različitih polimera i metala, sa različitim cijenama izrade, čvrstoće materijala, kvaliteta i tačnosti izrade, što omogućava primjenu u različitim granama ljudske djelatnosti. 3D printanje se sve više primjenjuje u održavanju, kao vrlo efikasna tehnologija za izradu rezervnih dijelova, pogotovo ako se radi o potrebi za pojedinačnim dijelovima, koje više nije moguće nabaviti od proizvođača opreme [1].

Tehnologija FDM (*Fused Deposition Modeling*), modeliranje topljenim depozitom, je jedna od najpristupačnijih i najviše primjenjivanih tehnologija 3D printanja. Kod ove tehnologije mašina koristi materijal za printanje – filament, koji se topi i slaže pomoću pokretne glave za printanje, niti po nit, te sloj po sloj, gradeći konačni dio. Kao filament se koriste različiti materijali, koji omogućuju ekonomičnu izradu dijelova čija namjena može biti prototip ili funkcionalni dio. Razvoj printanja kompozitnih materijala FDM tehnologijom omogućio je izradu dijelova veće čvrstoće i toplotne i hemijske otpornosti što je proširilo mogućnosti izrade funkcionalnih dijelova 3D printanjem [2].

Jedan od glavnih nedostataka FDM tehnologije proističe iz njenog samog principa rada, koji se zasniva na topljenju i očvršćivanju materijala. Zbog ovoga se pojavljuju geometrijska odstupanja od zadanih dimenzija i oblika [3]. Kako bi se dijelovi izrađeni 3D printanjem primijenili kod izrade sklopova, ili kao rezervni dijelovi za već postojeće sklopove, potrebno je ostvariti određene tolerancije mjera, gdje kod dizajna dijelova treba uzeti u obzir i očekivana odstupanja od dimenzija i oblika nakon izrade.

U ovom radu je istraživana tačnost printanja cilindričnih površina u rasponu prečnika od 3mm do 25mm. Ispitana su odstupanja kružnih mjera na 3D printanim dijelovima od onih zadanih u CAD modelu, kao i sama cilindričnost. Na osnovu rezultata istraživanja dane su i preporuke za korekciju dizajna, tj. dimenzija prečnika u CAD modelu, kako bi ostvarile što tačnije dimenzije i omogućilo željeno nalijeganje.

2. 3D PRINTER I MATERIJAL

Za izradu uzoraka je primijenjen desktop 3D printer Mark Two od proizvođača Markorged [4]. Ovaj printer primjenjuje FDM tehnologiju za izradu dijelova, sa dimenzijama zapremine za izradu 320x132x154 mm (širina x dubina x visina). Osim izrade dijelova standardnim FDM postupkom, slaganje slojeva od materijala za izradu pomoću glave i mlaznice za printanje, ima mogućnost ojačanja dijelova vlaknima od različitih materijala (karbon, kevlar, fiberglas i sl.) praveći tako kompozitni materijal ojačan vlaknima. Za dodavanje vlakana u dio posjeduje dodatnu mlaznicu za postavljanje vlakana. Prostor za izradu je zatvoren, a filament za printanje se skladišti u posudi koja sprečava prodor vlage, čime se osigurava održavanje svojstava materijala za printanje, a time i konačni kvalitet izrade.

Za pripremu printanja, tj. izradu G-koda za upravljanje mašinom kod izrade dijelova se koristi online softver proizvođača Eiger [5]. Softver nudi vrlo intuitivno korisničko sučelje kojem se pristupa preko internet preglednika. Uvoz CAD modela i postavke 3D printanja se obavljaju brzo i jednostavno. Moguća je saradnja više korisnika, svi dokumenti i modeli se snimaju online (u oblaku).



Slika 1. Marforged Mark Two printer s posudom za filament.

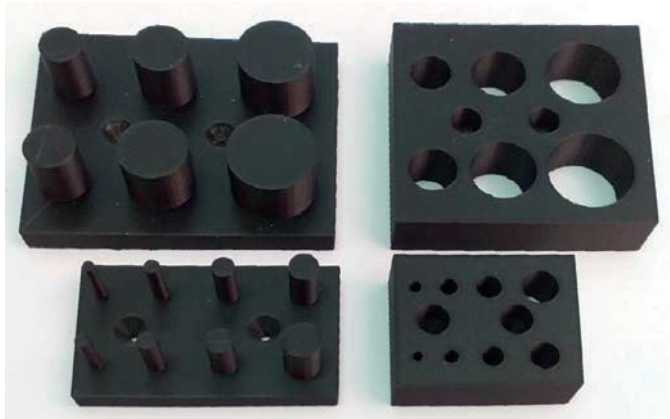
Marforged Onyx je materijal za 3D printanje istraživani u radu. To je kompozitni filament, najlon sa mikro karbonskim vlaknima koji prema tvrdnjama proizvođača omogućava printanje tačnih dijelova sa kvalitetnim vanjskim površinama uz veliku čvrstoću, žilavost i hemijsku otpornost [6]. Kako je sam filament već ojačan mikrovlaknima, nije primjenjeno dodatno ojačanje, sa dodavanjem vlakana od nekih ponuđenih materijala tijekom printanja. Smatra se da dodavanje vlakana u unutrašnjost dijelova kod printanja ne bi značajno utjecalo na vanjske dimenzije, pa s time i na rezultate ovog istraživanja. U tabeli 1 su navedena osnovne karakteristike materijala prema proizvođaču. Treba napomenuti da bi se dodatnim ojačanjem materijala sa vlaknima ostvarila još bolja mehanička svojstva izrađenih dijelova.

Tabela 1. Karakteristike Onyx materijala za printanje [7]

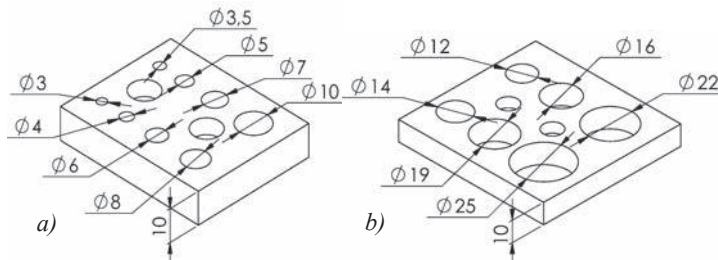
Zatezni modul elastičnosti (GPa)	Savojni modul elastičnosti (GPa)	Napon tečenja (MPa)	Zatezna čvrstoća (MPa)	Savojna čvrstoća (MPa)	Izduženje pri lomu (%)	Temperatura toplotne stabilnosti (°C)	Gustina (g/cm ³)
2,4	3,0	40	37	71	25	145	1,2

3. UZORCI

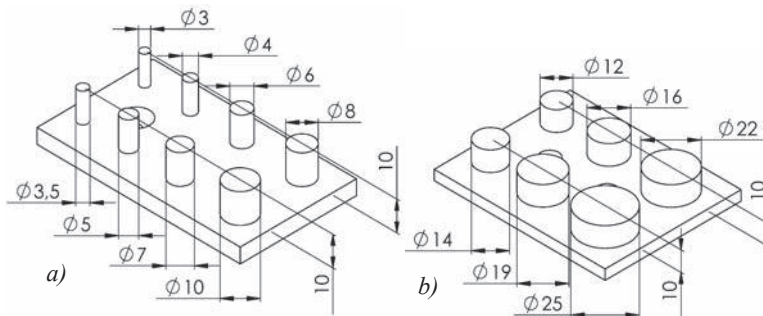
Za istraživanje su izrađena 4 uzorka (slika 2) koristeći sljedeće parametre printanja: debljina sloja 0,1 mm, unutrašnja ispuna sa trougaonim uzorkom i ispunom od 37%, 4 puna sloja na dnu i vrhu, te 2 sloja niti na bočnim zidovima. Ovo su preporučene postavke printanja u softveru Eiger i one su i usvojene u istraživanju. Dva uzorka su napravljena sa kružnim otvorima u rasponu prečnika od 3mm do 25mm (slika 3), a dva sa cilindričnim nastavcima u jednakom rasponu prečnika (slika 4). Za dubinu otvora i visinu nastavaka je usvojeno 10 mm. Na svakom uzorku su napravljena i dva otvora za vijke, za pričvršćivanje kod mjerenja.



Slika 2. Uzorci od Onyx materijala.



Slika 3. Uzorci sa kružnim otvorima prečnika: a) 3-10mm, b) 12-25mm



Slika 4. Uzorci sa cilindričnim nastavcima prečnika: a) 3-10mm, b) 12-25mm

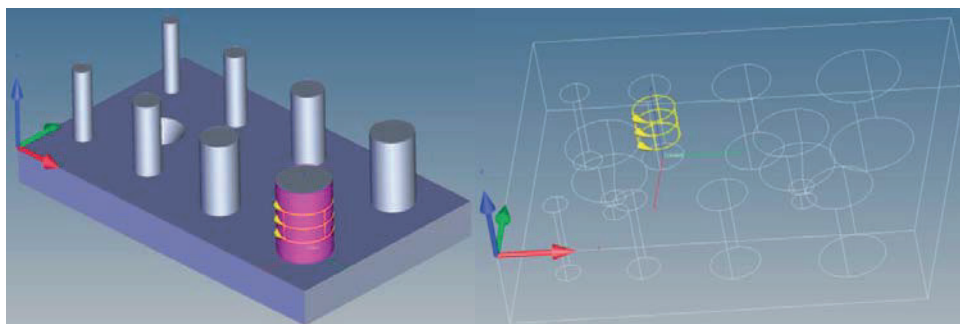
4. MJERENJE I REZULTATI

Mjerenje svih cilindričnih geometrija je obavljeno na koordinatnoj mjernoj mašini, CMM (coordinate measuring machine). Korišten je CMM Zeiss Contura G2 (mjerni opseg: 700x1000x600 mm, mjerna nesigurnost prema ISO 10360-2: $MPE_E=(1,8+L/350) \mu\text{m}$, $MPE_P=1,8 \mu\text{m}$) opremljen sa ZEIS VAST XT sondom [8], slika 5. Za kontakt sa mjernim komadima je korišteno mjerno ticalo sa kuglom od rubina prečnika 1,2 mm. Za postavljanje uzoraka na sto mašine je korišten improvizirani pribor, koji je ipak omogućio sigurno fiksiranje. Mjerni uzorci su pričvršćeni vijcima za ploču iverice, koja je također vijcima pričvršćena na radni sto mašine (slika 5).



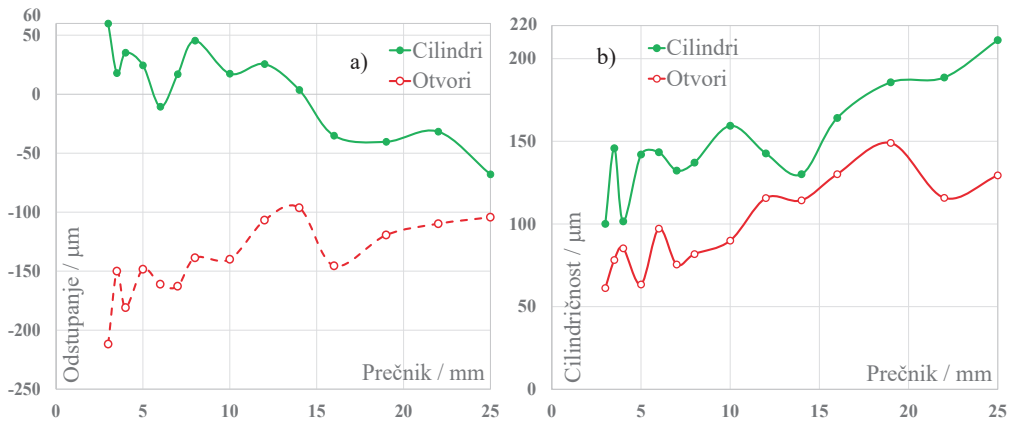
Slika 5. Mjerenje uzoraka pomoću CMMa Zeiss Contura G2 sa VAST XT mjernom sondom

Mjerenja cilindričnih površina su izvedena primjenom strategije „ptičji kavez“ („bird-cage“), koja je prema standardu ISO 12180 preporučena kao strategija koja omogućava najpouzdanije rezultate [9]. Za pripremu i izvođenje mjerenja, te očitavanje svih rezultata je korišten mjerni softver mašine Calypso [10]. Primijenjeno je CAD programiranje mjerenja za sve uzorke, gdje su u softver učitavani prethodno pripremljeni CAD modeli uzoraka, na osnovu kojih je definiran lokalni koordinatni sistem uzoraka i sve geometrijske karakteristike (ravne i cilindrične površine). Potom su za sve cilindrične površine definirane mjerne strategije „ptičji kavez“ sa tri kružne i četiri uspravne linije (slika 6) duž kojih su kontinuiranim skeniranjem detektirane i mjerene tačke na površini. Prije samog automatskog procesa mjerenja cilindričnih površina na uzorcima bilo je samo potrebno manualno izmjeriti tri površine na uzorcima za pozicioniranje uzoraka u koordinatnom sistemu mašine.



Slika 6. Primjeri mjerne strategije „ptičji kavez“ definirane u softveru Calypso za mjerenje:
a) cilindra $\varnothing 10\text{mm}$, b) otvora $\varnothing 5\text{mm}$

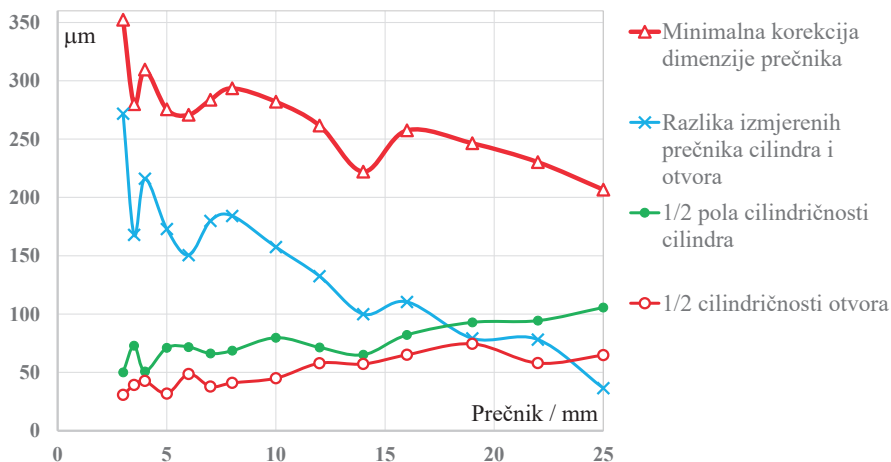
Na slici 7a su prikazana izmjerena odstupanja od nazivnog prečnika za sve cilindre i otvore, a na slici 7b odstupanja od oblika, tj. cilindričnost. Kod analize rezultata u softveru je odabran algoritam najmanjih kvadrata (*least square algorithm*) za generiranje cilindričnih površina na osnovu izmjerenih tačaka, na osnovu čega su dobiveni rezultati. Rezultati pokazuju veoma dobru kvalitetu i tačnost izrade na istraživanom 3D printeru. Odstupanja izmjerenih prečnika za cilindre se kreću od +59,9 μm za najmanji prečnik, do -67,9 μm za najveći prečnik. Odstupanja izmjerenih prečnika otvora se kreću od -211,8 μm za najmanji otvor do -104,3 μm za najveći otvor. Mogu se uočiti manja odstupanja kod cilindara nego kod otvora, sa tendencijom prelaska iz pozitivnih vrijednosti ka negativnim, s povećanjem prečnika. Kod otvora se može uočiti tendencija smanjivanja odstupanja s povećanjem prečnika. Izmjerene cilindričnosti su u rasponu od 61,2 μm do 211,2 μm , s nešto većim vrijednostima za cilindre nego za otvore i s tendencijom povećanja s povećanjem prečnika.



Slika 7. Rezultati mjerenja cilindričnih mjera: a) odstupanje od nazivne mjere, b) cilindričnost

5. PREPORUKE ZA KOREKCIJE PRI DIZAJNU DIJELOVA ZA 3D PRINTANJE

Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti da bi odstupanja, iako vrlo mala za tehnologiju 3D printanja, predstavlja problem kod spajanja cilindara i otvora u sklopovima. Ukoliko bi se želio postići minimalni zazor između cilindara i otvora, tj. labavo nalijeganje, bilo bi potrebno izvršiti korekciju mjera u CAD modelu kako bi se s tom korekcijom poništila odstupanja od zadanih dimenzija koja se očekuju nakon 3D printanja. Minimalna korekcija bi morala uzeti u obzir apsolutnu vrijednost razlike između prečnika cilindara i otvora koji se dobiju 3D printanjem. Na ovu razliku bi trebalo dodati po pola vrijednosti cilindričnosti i za cilindar i za otvor, kako bi se uzela u obzir i nepravilnost oblika. Ovako dobivena minimalna vrijednosti korekcije je prikazana na slici 8, uz vrijednosti razlike izmjerenih dimenzija i cilindričnosti na osnovu kojih je izračunata. Može se uočiti da su veće korekcije potrebne za manje dimenzije, zbog većih razlika (odstupanja) kod njih, iako su kod većih dimenzija veća odstupanja od oblika (cilindričnost).



Slika 8. Minimalna potrebna korekcija dimenzija cilindričnih površina uz izmjerene rezultate odstupanja i cilindričnosti na osnovu kojih je izračunata

Pri konačnom usvajanju korekcije cilindričnih mjera kod dizajna 3D modela za izradu pomoću tehnologije i materijala razmatranih u ovom radu, predložene vrijednosti na slici 9 bi trebalo dodatno korigirati. Za osiguranje ostvarivanja labavog nalijeganja, trebalo bi usvojiti dodatnu korekciju u rasponu od 100 μm pa čak i do 500 μm, u zavisnosti od željene tolerancije i dimenzije. Za neizvjesna i čvrsta nalijeganja bi korekcije čak trebalo i smanjiti. Konačnu odluku o korekciji treba donijeti na osnovu željenog tipa nalijeganja i tolerancija. Korekciju je moguće prilikom izrade 3D modela jednako raspodijeliti na dimenzije prečnika cilindra i otvora, ali se kao jednostavnije i efikasnije rješenje nameće tu korekciju primijeniti ili samo na dimenziju prečnika cilindra ili samo otvora.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati mjerenja uzoraka s cilindričnim geometrijama su pokazali visoku tačnost izrade dijelova od Onyx materijala pomoću 3D printera Markforged Mark Two. Uz deklariranu visoku čvrstoću, žilavosti i hemijsku i toplotnu otpornost materijala, može se zaključiti da je ova tehnologija primjenjiva za izradu funkcionalnih dijelova. Ipak, iako su odstupanja dimenzija mala, prilikom dizajna 3D modela za 3D printanje bi ih trebalo uzeti u obzir. Na osnovu rezultata istraživanja u ovom radu su preporučene minimalne korekcije u rasponu od 350μm do 200μm, za dimenzije prečnika u rasponu od 3mm do 25mm. Predložene vrijednosti korekcija dimenzija se mogu povećavati ili smanjivati u zavisnosti od željenog tipa nalijeganja i tolerancije. U daljim istraživanjima, autori planiraju praktično ispitati primjenu preporučenih korekcija pri dizajnu i izradi dijelova.

7. REFERENCE

- [1] Savastano M., Amendola C., D'Ascenzo F., & Massaroni, E.: 3-D Printing in the Spare Parts Supply Chain: An Explorative Study in the Automotive Industry. *Digitally Supported Innovation*, 2016, pp 153–170, doi:10.1007/978-3-319-40265-9_11
- [2] Kristiawan R. B., Imaduddin F., Ariawan D., Ubaidillah, & Arifin, Z.: A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters, *Open Engineering*, vol. 11, no. 1, 2021, pp. 639-649. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0063>
- [3] Kacmarcik J., Spahic D., Varda K., Porca E., & Zaimovic-Uzunovic, N.: An investigation of geometrical accuracy of desktop 3D printers using CMM. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 393, No. 1, p. 012085, IOP Publishing, 2018
- [4] Markforged, Mark Two (<https://markforged.com/3d-printers/mark-two>, pristupljeno 19.07.2022)
- [5] Markforged, Eiger (<https://markforged.com/software>, pristupljeno 19.07.2022)
- [6] Markfoged, Onyx™ (<https://markforged.com/materials/plastics/onyx>, pristupljeno 19.07.2022)
- [7] Markforged, Material datasheet, Composites (<https://www-objects.markforged.com/craft/materials/CompositesV5.2.pdf>, pristupljeno 19.07.2022)
- [8] ZEISS CONTURA G2, Affordable high-end measuring technology (<https://www.zeiss.com.sg/metrology/products/systems/coordinate-measuring-machines/bridge-type-cmms/contura-g2.html>, pristupljeno 20.07.2022)
- [9] Adamczak S., Janecki D., & Stępień, K.; Experimental verification of the concept of cylindricity measurements with use of the bird-cage strategy, *Advances in Coordinate Metrology*, University of Bielsko-Biała, 2010
- [10] ZEISS CALYPSO, The direct path to meaningful results (<https://www.zeiss.com/metrology/products/software/calypso-overview/calypso.html>, pristupljeno 21.07.2022)

DUAL HIGHER EDUCATION IN MONTENEGRO - OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

DUALNO VISOKO OBRAZOVANJE U CRNOJ GORI – MOGUĆNOSTI I IZAZOVI

Boban Melović, Full Professor
University of Montenegro, Faculty of Economics
Montenegro-Podgorica

Dragana Ćirović, Teaching Assistant
University of Montenegro, Faculty of Economics
Montenegro-Podgorica

Milica Vukčević, Teaching Assistant
University of Montenegro, Faculty of Economics
Montenegro-Podgorica

SUMMARY

One of the key requirements of modern education systems is to train students in accordance with the needs of the competitive labour market. An important challenge faced by young people i.e. students in Montenegro is the (im)possibility of employment after completing their studies. The cause of this situation is often recognized in the mismatch between curricula and competencies that students acquire during their academic education on the one hand, and the real needs of companies on the other. A potential solution to this problem is reflected in the introduction of the so-called Dual Higher Education, which, in addition to the knowledge acquired at the university, enables students to acquire practical skills through work in companies. That makes them more competitive on the labour market. This results in a higher degree of their employment after completing their studies. Bearing in mind previously mentioned, the goal of this paper is to point out the possibilities of introducing dual higher education in Montenegro, but also to explain the key challenges that need to be overcome in that process. The activities undertaken so far in this domain indicate that there is a willingness of higher education institutions in Montenegro to adopt this type of education, but also that its importance is largely recognized by companies, whose cooperation is crucial for the implementation of dual education.

Key words: dual higher education, internship, competitiveness, labour market, Montenegro, DUALMON

REZIME

Jedan od ključnih zadataka savremenih obrazovnih sistema je osposobljavanje studenata u skladu sa potrebama konkurentnog tržišta rada. Kao važan izazov sa kojim se suočavaju mladi tj. studenti u Crnoj Gori odnosi se na (ne)mogućnost zapošljavanja nakon završenih studija. Uzrok ovakvog stanja često se prepoznaje u neusklađenosti nastavnih programa i kompetencija koje studenti stiču tokom svog akademskog obrazovanja sa jedne strane, i stvarnih potreba kompanija sa druge strane. Potencijalno rešenje ovog problema ogleda se u uvođenju tzv. dualnog visokog obrazovanja, koje

studentima, pored znanja stečenog na fakultetu, omogućava i sticanje praktičnih vještina kroz rad u kompanijama, čime postaju konkurentniji na tržištu rada. Time se ostvaruje i veći stepen njihovog zapošljavanja nakon završetka studija. Imajući u vidu prethodno navedeno, cilj ovog rada je ukazati na mogućnosti uvođenja dualnog visokog obrazovanja u Crnoj Gori, ali i objasniti ključne izazove koje je potrebno prevazići u tom procesu. Dosadašnje aktivnosti preduzete u ovom domenu ukazuju da postoji spremnost visokoobrazovnih institucija u Crnoj Gori da usvoje ovakav vid obrazovanja, ali i da njegov značaj u velikoj mjeri prepoznaju i kompanije, čija saradnja je ključna za implementaciju dualnog obrazovanja.

Ključne riječi: dualno visoko obrazovanje, praksa, konkurentnost, tržište rada, Crna Gora, DUALMON

1. INTRODUCTION

One of the key requirements of modern education systems is to train students in accordance with the needs of the competitive labour market. This implies enabling students not only to understand the theoretical concepts of micro and macro business environment, but also to have practical skills that enable them to solve real business problems that companies face. Therefore, dual education is imposed as a good way to achieve this goal. According to the European Parliament, the dual education can be defined as educational process in which educational institutions and companies actively participate and cooperate, sharing responsibilities in the part of training students to acquire theoretical and practical skills, which are necessary for them to enter the labour market [1]. In other words, dual higher education (DHE) implies that students acquire part of their knowledge through classes held at higher education institutions, while practical skills are acquired through internships in companies [2]. The importance of dual education stems from the fact that students are enabled to acquire both theoretical and practical knowledge and skills in parallel, thus achieving certain practical experience already during their studies, as an important prerequisite for their successful integration in the labour market [3, 4]. However, it is important to point out the difference between dual higher education and the usual practice or employment of students during their studies. Namely, starting from the essence of the concept of dual education, cases when students simultaneously work or practice in a company during their studies, where there is no clear and structured connection between the work they do in the company and the content of the study program they attend, are not considered dual higher education [5].

Although dual higher education is a model that is gaining more and more importance, it should be noted that the degree of development of this model of education varies significantly from country to country. For example, in some countries, such as Germany and Austria, dual education has been applied for several decades, while in other countries, such as the countries of the Western Balkans, this concept is in its earliest stages of development [6]. However, even in those countries where this concept has been applied for several years, there is no single way of its implementation. For example, in Germany, dual higher education is most often represented in technical and commercial fields, but also in other study programs of an artistic and social character. Dual study programmes can be training-integrated, career-integrated or practice-integrated [7]. Training-integrated model is organised in a way that the degree programme is combined with training in a recognised occupation requiring formal training. Study phases and vocational training are linked in terms of time and content. Practice-integrated model means that study phases alternate with practical phases in a company. The content of the courses at the higher education institution and the content of the practical training are related. Students gain a first degree that qualifies them to practice a

profession, but not a qualification in a recognised occupation requiring vocational training. Finally, in career-integrated model, academic studies are combined with vocational further training. The learning content of the two forms of training is also connected in this model. Alongside full-time employment, students learn largely through self-study in a manner similar to a distance learning course [8]. In Austria, way of implementing DHE varies from faculty to faculty, in terms of the time the student spends at the faculty and in the company, but it also varies in terms of the semesters and years of study during which the students do the internships in the company [9]. In Hungary dual students do internships in companies alongside their academic studies. This model of simultaneous theoretical and practical education of students has proven to be effective, resulting in the fact that dual students better understand the business concepts of the company, are more active during classes and show a greater degree of interest in acquiring knowledge from different areas of business [10, 11]. The common characteristics of DHE in most countries (Germany, France, Great Britain, etc.) are reflected in the fact that they include both, the faculty and the company, as places where students are educated, students have the status of an employee, and these programs lead to bachelor or master qualification [5]. These similarities usually serve as guidelines for those countries who are about to implement DHE, usually through piloting structural projects. One of these countries is also Montenegro. Namely, the mismatch of supply and demand on the labour market in Montenegro imposed the need for additional connection of the educational system with the economic sector, and the introduction of DHE was recognized as an effective way to realize this goal. Therefore, in 2021, the process of developing DHE started in Montenegro, through the implementation of the structural project DUALMON. One of the main goals of this projects is harmonization of education with labour market needs, where system of higher education in Montenegro must provide students with competences for future occupations, and acquirement of practical knowledge for the work in real working environment. Therefore, the long-term aim of this project is to create conditions for the introduction of dual programs at higher education institutions in Montenegro. Bearing this in mind, this article analyses the opportunities and challenges for implementation of DHE, with the aim to point out the key activities that must be undertaken in the forthcoming period, in order to create the conditions needed for successful introduction and long-term application of this model of education.

2. THE IMPORTANCE OF THE IMPLEMENTATION OF DUAL HIGHER EDUCATION IN MONTENEGRO

The mismatch between the education system and the labour market is a serious threat to economic growth and development of Montenegro. This disorder, which manifests itself as a mismatch between labour supply and demand for labour, ultimately leads to a decline in the usefulness of labour and inadequate use of the most important factor of production. The economy is facing the problem of inefficient use of basic resources - human potential. Therefore, the long-term growth trend of the gross domestic product and the total potential of the economy are also in question [12].

The research on this issue conducted in Montenegro in 2016. revealed that there are several aspects of mismatching between education systems and labour market needs.

Table 1. Forms of mismatch between supply and demand in the labour market [12]

Vertical mismatch	The level of education or skills is lower or higher than the job requirements.
--------------------------	--

Horizontal mismatch	The level of education or skills is appropriate, but not the area of education.
Overqualification	The person has a higher level of qualifications than the job requires.
Underqualification	The person has a lower level of qualifications than the job requires.
Overskilling	A situation where a person is unable to make full use of their skills and abilities in the current workplace.
Underskilling	Situation in which a person lacks the necessary skills ability to perform current work according to applicable standards.
Credentialism	A situation in which the level of education required to get a job exceeds the level of education necessary to do the job adequately. This situation refers to the employer's belief that the certificate or diploma implies higher productivity of the individual.
Economic skills obsolescence	A situation in which previously used job skills are no longer necessary, outdated or lost in importance.

Table 1 points out that in Montenegro there is a recorded presence of various forms of mismatch between supply and demand in the labour market, which is predominantly a consequence of the mismatch between the education sector and the economy sector. Although significant efforts have been made in the past few years to harmonize the education system with the needs of the labour market, the situation has not reached satisfactory level yet. This is also confirmed by the report of the European Commission, which gave a recommendation related to development of the Economic Reform Program for 2021. The recommendation involved making additional efforts to improve the quality of higher education and developing skills that are aligned with labour market needs. The above especially emphasizes the role and importance of the DUALMON project, particularly if we keep in mind the fact that it targets all the mentioned disputed areas. In order to fully understand the role and contribution of the DUALMON project, it is important to point out the challenges that are present in all phases of higher education: from education/career planning, enrolment to employment and meeting labour market expectations. Addressing these challenges involves the implementation of a series of activities aimed at making further progress, especially in the area related to strengthening the links between education and the economy, with the aim of improving the quality of higher education [12].

Improving quality in the mentioned area has been recognized as one of the priority goals within the draft Strategy of higher education of Montenegro for the period 2021-2025 [13]. The mentioned document identified the biggest challenges and defines recommendations regarding the activities that need to be implemented in order to achieve future quality development in the field of higher education, with special emphasis placed on introduction various forms of practical teaching.

3. DUAL HIGHER EDUCATION IN MONTENEGRO THROUGH THE PRISM OF THE BUSINESS SECTOR – A RESEARCH OF CHAMBER OF COMMERCE OF MONTENEGRO

The principle of dual education in vocational education is known worldwide for its ability to provide a labour market with a highly qualified workforce that can adapt to new and changing business conditions, and the introduction of new technology. Among other things, as a result of the application of the dual education system, Germany and Austria have the lowest youth unemployment rate in the European Union. That is why in recent years it has also been relevant for implementation in other European countries. Therefore, the Law on

Vocational Education of Montenegro from 2002 regulates the possibility of organizing a dual system of education in Montenegro [14]. However, the implementation of dual education has been so far represented only at the level of secondary vocational education. Bearing in mind the positive experiences of both employers and high school students, the Chamber of Commerce of Montenegro, as part of the DUALMON project activities, conducted a research on employers' attitudes regarding the need for the implementation of dual higher education in Montenegro [14]. The results show that 94% of respondents believe that a dual system should be introduced in higher education, while only 6% of respondents had a negative attitude. The research also showed that companies in Montenegro need to hire an additional number of highly educated personnel, but that they face the problem of inadequate competencies that potential candidates have. They see the solution to this problem precisely in the strengthening of cooperation with higher education institutions and the introduction of dual higher education [15]. However, despite the strong support of the business sector for the introduction of DHE, one of the important barriers is related to the number of students to whom companies can offer practical education. Although two-thirds of the representatives of the researched companies stated that their company has the possibility to offer students professional practice, most of them (42.9%) can accept only 1-2 students. Slightly more than a third of them could offer internships for 3-9 students per year, while less than 10% of those companies could accept more than 20 students for internships [15]. The employers did not have the same attitude regarding the delivery model of dual higher education that would suit them best. Namely, one third of respondents (30.6%) stated that the best model would be shared week model, where students combine studying and working in a company during the week. Another third (29%) prefers weekly change model, which means that students spend one week studying at the HEI, and other week spends working in a company. A little less than one third of respondents (21%) stated that their company would the most benefit from semester changing model, most of them emphasizing that students should study 2 years, and then conduct the work full-time in the last year of study) [15]. However, it is important to point out that employers expect to receive appropriate compensation for providing professional practice to students within the DHE. Still, they express different views regarding the way in which that compensation should be realized. One part of the respondents believes that monetary compensation should be provided to mentors in the company, while others believe that the companies participating in DHE should be provided with an appropriate tax benefits [15].

The aforementioned research results show that the DHE model enjoys significant support from the business sector. However, at the same time, they show that it is necessary to further strengthen employers' awareness of the benefits that this model of education offers them in the long term, in order to ensure the sustainability of DHE in Montenegro.

4. THE DUALMON PROJECT AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF DUAL HIGHER EDUCATION IN MONTENEGRO

The DUALMON project - Strengthening capacity for the implementation of dual higher education in Montenegro, is a structural ERASMUS+ project of University of Montenegro, (UOM) which is aimed at piloting the introduction of dual higher education in Montenegro. The Faculty of Economics of UOM is responsible for the implementation of the project, but the Faculty of Electrical Engineering, the Faculty of Maritime Affairs and the Faculty of Tourism and Hotel Management are also involved. The implementation of this project started in the beginning of 2021. and it will last for three years (until January 2024). This project is designed in a way to incorporate all activities previously suggested by draft Strategy of

higher education of Montenegro. In that sense, this project this project envisages the piloting of dual higher education which is aligned with European standards and guidelines, and it is based on best teaching practices of other European countries, which have already implemented certain programmes of dual higher education. The piloting of DHE will be organized in a way to improve practical teaching and to provide students with adequate practical training necessary for gaining and maintaining competitiveness on labour market. Besides of that, this project ensures achievement of outcomes that are commonly defined by all three main groups of stakeholders: students, higher education institutions (bearing in mind their possibilities and limitations) and companies and other entities from the market. In other words, DUALMON project enables the development of intersectoral mobility, but also further strengthening of cooperation between HEIs and the labour market, which is necessary in order to rationally connect the needs of students, education institution(s) and companies. Developed cooperation provides conditions for significant progress with a numerous positive effects, both for the faculties and for the labour market, which is especially important for adequate and timely adaptation to dynamic changes in all areas of the labour market and contemporary requirements of economy.

The project envisages the piloting of DHE at the four aforementioned university units. In this regard, the working group has developed a generic model of dual education in the past period, based on the best European practices, with the purpose to indicate the different ways in which DHE can be implemented, according to the specificities of the field of education, but also the requirements of employers and students. Using the generic model as a basis, for which the Faculty of Economics was in charge, project teams from all four university units developed specific models that describe in detail the way of implementing DHE at the faculties participating in the project. The specific models developed were the result of intensive cooperation between the faculty and representatives of the economy. Also, it should be noted that, in the past period, project members worked intensively on adequate visibility and dissemination of the project, which was reflected in the presentation of the importance of DUALMON, through numerous meetings, workshops, fairs and international mobility, in order to strengthen the awareness about all benefits of this concept. Additionally, it is important to point out that the support of the economic sector for the piloting of the project has already been secured through the signing of the contracts between the faculties and companies in which the dual students will perform professional practice during year 2023.

The analysis of all activities realized so far revealed that the expectations of all partners in the project are that it will be completed successfully and that its implementation will create good conditions for the introduction and accreditation of dual higher education programs in Montenegro. This is supported by the fact that, through the joint efforts of all partners in the project, recognition of this model of education by the draft of the new Law on Higher Education in Montenegro is ensured now, which is a necessary condition for achieving the long-term sustainability of this concept of education.

5. CONCLUSION

Dynamic changes in the labour market condition the need for continuous improvement of the educational system, with the aim of training students for their successful integration in the labour market. One of the pronounced problems in that domain, which is faced by numerous countries, including Montenegro, is reflected in the mismatch in terms of knowledge and competences that students acquire through the process of formal education on the one hand, and the necessary knowledge and skills required by employers on the other hand. Therefore,

the introduction of a system of dual higher education is recognized as one of the effective ways of solving this problem.

This was also one of the reasons for starting the structural project at the University of Montenegro - DUALMON. The project envisages the piloting of DHE at the four university units, based on specific models of DHE which are developed based on the needs of field of different education and employers'. The expectations are that the piloting of this project will result in the creation of the necessary conditions for the introduction and accreditation of dual programs in the higher education system in Montenegro. These expectations are supported by the fact that the draft of the new Law on Higher Education in Montenegro recognized dual higher education model, which is a necessary condition for achieving the long-term sustainability of this concept.

Although important steps have been made in terms of creating preconditions for the implementation of DHE in Montenegro, thanks to the activities undertaken so far in the framework of this project, it is already possible to notice several important challenges that must be overcome. First of all, the number of students exceeds the capacity of companies in terms of their ability to offer professional practice. Also, employers are not ready to provide compensation to students during their internship, which indicates that employers believe that the benefits they get from the work of students, while they are in training, actually compensate for the time spent by their mentors for educating them. Also, employers express the view that it is necessary to provide companies with compensation for participation in the dual higher education program, which indicates the fact that employers do not adequately recognize their long-term interest in participating in this type of education. This challenge can be overcome through the implementation of adequate promotional activities aimed at strengthening employers' awareness of the role and long-term importance of DHE for the economic sector of Montenegro as a whole.

6. REFERENCES

- [1] Chatzichristou, S., Ulicna, D., Murphy, I., & Curth, A.: Dual Education: A Bridge over Troubled Waters?, 2014. Available on: <https://policycommons.net/artifacts/1338684/dual-education/1947472/> (accessed on: 20.07.2022).
- [2] Petkovic, S., Zenter, M.: Education and training for the development of professional youth work practice and quality standards. Thinking seriously about youth work. And how to prepare people to do it, Strasbourg: Council of Europe, 2017.
- [3] Angeli, E., E. Torok, and D. Nagy.: Evaluation of students in dual higher education. In Bojan, Lalic Proceedings of TEAM 2018, 9th International Scientific and Expert Conference, 10-12th October 2018, Novi Sad, Serbia: Faculty of Technical Sciences, Department of Industrial Engineering and Management. 2018.
- [4] Pogatsnik, M.: Measuring problem solving skills of informatics and engineering students. 2019 IEEE 19th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics and 7th IEEE International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Sciences and Robotics (CINTI-MACRO). IEEE, 2019.
- [5] Krüger, K., Molas, A., Jiménez, L.: Dual studies in university higher education Estudios duales en educación superior universitaria. Barcelona: Fundación Bosch i Gimpera, Barcelona (2019).
- [6] Ebner, C., Graf, L., Nikolai, R.: New institutional linkages between dual vocational training and higher education: A comparative analysis of Germany, Austria and Switzerland. In Integration and inequality in educational institutions. Springer, Dordrecht, 2013.
- [7] Hesser, W.: Implementation of a dual system of higher education within foreign universities and enterprises, 2018. Available on: <https://epub.sub.uni->

- hamburg.de/epub/volltexte/2020/96655/pdf/Duale_Hochschulausbildung_ENG_N_180605.pdf (accessed on: 20.07.2022).
- [8] DAAD. German Academic Exchange Service, 2021. Retrieved from Dual study programmes - DAAD: <https://www.daad.de/en/study-and-research-in-germany/plan-your-studies/dual-study-programmes/> (accessed on 20.07.2022).
- [9] Dapčević, Ž. Review of best practices and experiences in DHE, 2021. Available on: <https://www.dualmon.ucg.ac.me/results-and-reports/> (accessed on: 20.07.2022).
- [10] Pogatsnik, M.: Dual education: The win-win model of collaboration between universities and industry, 2018. Available on: https://www.learntechlib.org/p/207436/article_207436.pdf (accessed on: 20.07.2022).
- [11] Kovács, Z., Török, E.: Dual system for renewing Hungarian higher education. Institutions 3, 2016. Available on: <http://www.iasas.org/iasas/filedownloads/ijels/2016/002-0011.pdf> (accessed on: 20.07.2022).
- [12] MEA (Montenegreen Employers Association). Mischance of the labor market and the education system in Montenegro, 2016. Available on: <https://www.poslodavci.org/biblioteka/publikacije/neuskkladjenost-trzista-rada-i-obrazovanog-sistema-u-crnoj-gori-stvaranje-ambijenta-za-odrzivi-razvoj-preduzeca-u-crnoj> (accessed on: 16.03.2022).
- [13] Ministry of Education, Science, Culture and Sports. Draft strategy of higher education of Montenegro for the period 2021-2025, 2021. Available on: <https://www.gov.me/clanak/nacrt-strategije-visokog-obrazovanja-crne-gore-za-period-2021-2025> (accessed on: 16.03.2022).
- [14] Chamber of Commerce of Montenegro. Istraživanje Privredne komore Crne Gore u saradnji sa Centrom za stručno obrazovanje o percepciji poslodavaca koji učestvuju u dualnom sistemu obrazovanja o implementaciji ovog procesa u Crnoj Gori, 2021. Available on: <https://www.privrednakomora.me/sadrzaj/percepcija-poslodavaca-koji-ucestvuj-u-dualnom-sistemu-obrazovanja-o-implementaciji-ovoga> (accessed on: 20.07.2022).
- [15] Chamber of Commerce of Montenegro. Report on Survey of companies needs for Dual Higher Education in Montenegro, 2021. Available on: <https://www.dualmon.ucg.ac.me/wp-content/uploads/2022/07/1.3-Report-on-Survey-of-companies-needs-for-Dual-Higher-Education-in-Montenegro.pdf> (accessed on: 20.07.2022).

PRIMJER KORIŠĆENJA VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE U ODRŽAVANJU LEŽAJEVA U BRODSKIM SISTEMIMA

EXAMPLE OF THE USE OF VIRTUAL INSTRUMENTATION IN MAINTENANCE OF MECHANICAL BEARINGS IN SHIP SYSTEMS

**Mr Nikola Marvučić, Mr Draško Kovač, dipl. inž.,
Ilija Knežević, prof. dr Tatijana Dlabač, dipl. inž.
Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore**

REZIME

Za pouzdan rad brodskog pogona je veoma važno njegovo održavanje. Svrha i cilj održavanja brodskih sistema jeste da se postigne najveći stepen operativnosti i sigurnosti uz što manje troškove. Kvalitetnim održavanjem broda postiže se ne samo veća sigurnost, nego i veća iskoristivost samog broda jer se obezbjeđuje kontinuitet rada svih elemenata brodskih sistema.

Ležajevi su jedni od ključnih dijelova svakog brodskog sistema, kako električnih tako i mehaničkih mašina i uređaja. Praćenje i dijagnostika ležajeva daju direktan pokazatelj stanja mašine. U brodskim sistemima veoma važno mjesto zauzimaju električni generatori i motori, a za otkrivanje njihovih kvarova koriste se različite tehnike praćenja stanja. U ovom radu je dat primjer korišćenja koncepta virtuelne instrumentacije za praćenje vibracija i dijagnostiku kvarova ležajeva.

Ključne riječi: održavanje, virtuelna instrumentacija, ležajevi

ABSTRACT

Maintenance process is very important for the reliable operation of the ship's machinery complex. The purpose and goal of the proper ship's systems maintenance are to achieve the highest level of operability and safety with the lowest possible costs. The proper ship's maintenance process is achieved not only by the highest safety level, but also better utilization of the ship itself and it ensures the continuity of the work of all elements of the ship's systems.

Mechanical bearings are one of the most important parts of every ship's system, including both electrical and mechanical machines and devices. Monitoring and diagnostics of mechanical bearings provide an indication of the machine's condition. Electric generators and engines have an important role in ship's systems and there are various monitoring techniques used to detect their malfunctions. This paper presents an example of using the concept of virtual instrumentation for monitoring mechanical bearings vibrations and failures diagnostics.

Key words: maintenance, virtual instrumentation, bearings

1. UVOD

Električne mašine na brodu treba da rade punim kapacitetom tokom predviđenog perioda upotrebe u optimalnom stanju u skladu sa svim preporučenim parametrima [1]. Rotacione električne mašine čine važan dio brodskih sistema, i ako se nadgledaju i pravilno održavaju, pouzdano će raditi i imati nominalan vijek trajanja. Svrha održavanja je da se postigne da

uređaj radi bez neočekivanih zastoja ili intervencija. Pored ovog, svrha održavanja je i planiranje i procjena procedure servisiranja kako bi se smanjila mogućnost kvarova [2]. Jedan od glavnih problema u radu brodskih sistema je identifikacija grešaka električnih mašina prije nego što se dostigne kritični nivo, odnosno prekid njihovog rada. Identifikacija i otklanjanje potencijalnih grešaka u radu znači smanjenje nepredviđenih zastoja i troškova, a povećanje produktivnosti i potpuno eliminisanje katastrofalnih kvarova. Da bi se postigli ovi ciljevi, neophodno je imati optimalan plan održavanja na osnovu vrste mašina koje se koriste na brodu. Investicije u sistem za praćenje prediktivnog i preventivnog održavanja mogu spriječiti kvarove, degradaciju mašine i nepredviđene zastoje.

Jedan od ključnih elemenata svakog brodskog generatora ili elektromotora je ležajna jedinica. Kod generatora se mogu koristiti ležajne jedinice sa kliznim i kotrljajućim ležajevima, a većina ležajnih jedinica elektromotora ima kotrljajuće ležajeve [3], [4]. Kvar ležaja prouzrokuje oštećenja na ostalim dijelovima električnih mašina pa je neophodno njihovo pravilno održavanje i često kontrolisanje koje mora biti prilagođeno tipu ležaja, radnim uslovima, masi ležaja itd. [5] Nakon ispitivanja ili održavanja, nadgledanje mora biti vrlo pažljivo. Podaci dobijeni tokom nadgledanja i održavanja korisno mogu poslužiti u procjeni i planiranju dodatnog servisiranja [2].

2. ODRŽAVANJE BRODSKIH SISTEMA

2.1 Sistem brodskog održavanja

Po definiciji održavanje predstavlja skup aktivnosti organizacione, administrativne, tehničke ili ekonomske prirode, odnosno aktivnosti planiranja, izvođenja, bilježenja i analiziranja koje za cilj imaju da obezbijede siguran i efikasan rad nekog tehničkog uređaja ili sistema. Značaj i uloga procesa održavanja zasnivaju se na održavanju sistema i opreme u radnom, odnosno operativnom stanju. Sistem održavanja može da se realizuje na više načina. Osnovne aktivnosti održavanja mogu da budu preventivne ili korektivne aktivnosti održavanja [4], [6]. Preventivne aktivnosti održavanja mogu biti periodične, predviđene ili planirane i izvode se prije nego što dođe do otkaza sistema, strukture ili njegovih dijelova, kako bi se sistemu produžio vijek trajanja i rada.

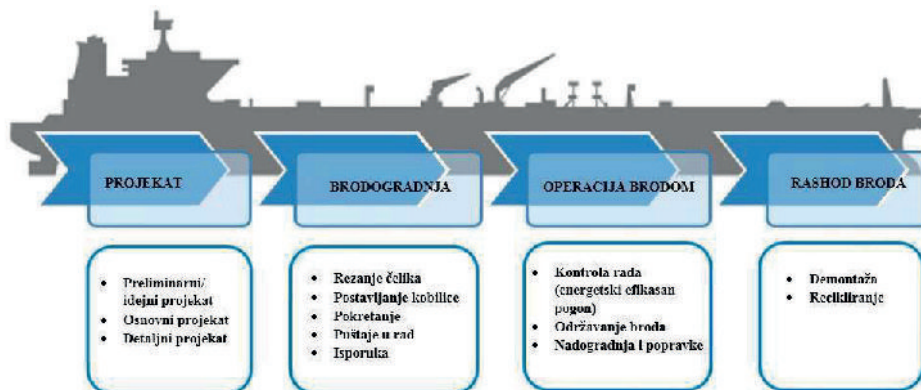
Korektivne aktivnosti održavanja podrazumijevaju vraćanje sistema, njegovih komponenata i strukture u prvobitno, odnosno radno stanje. Korektivne aktivnosti obuhvataju popravku, remont ili zamjenu dijelova kako bi se sistem iz stanja »u otkazu« vratio u stanje »u radu«.

Međunarodna pomorska organizacija - IMO (*International Maritime Organization*) je kroz uvođenje *International Safety Management Code* (ISM) postavila temelj za sistem preventivnog održavanja broda i njegovih sistema [7], [8].

Ocjenjivanje životnog ciklusa broda pokriva cijeli životni vijek broda, od njegovog dizajna do kraja njegovog životnog, odnosno eksploatacionog vijeka. Na Slici 1. su prikazane četiri faze u životu broda: projektovanje, konstrukcija, rad/održavanje i rashod [6].

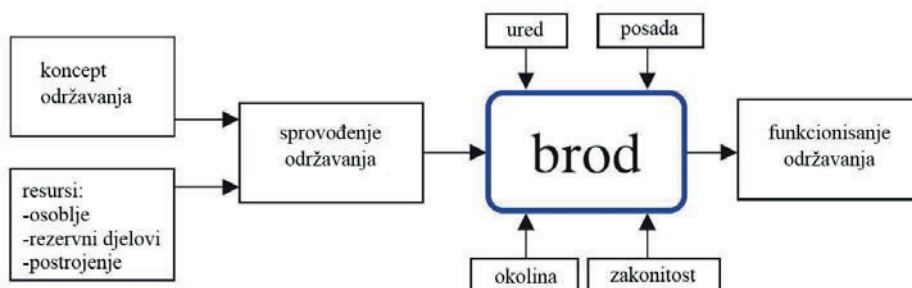
Održavanje broda se obično razmatra u ranim fazama projektovanja broda. Projektanti i vlasnik pregledaju planove za preventivno održavanje kod klasifikacionog društva kako bi potvrdili da su planovi prihvatljivi i u skladu sa zahtjevima klasifikacionog društva za preglede nakon izgradnje. Planirano je da se svaka komponenta na brodu održava pojedinačno u okviru plana održavanja kako bi se maksimizirala dostupnost broda. Brod može biti dostupan ako su sve njegove glavne komponente operativne, kao što su pogon, snaga, klimatizacija i mašine. Ako bilo koja od glavnih komponenti nije u funkciji, brod će biti klasifikovan kao nedostupan i biće potrebno održavanje. Održavanje se može obavljati na

različitim lokacijama, na primjer u brodogradilištu, kada brod mora biti u suvom doku i kada je potreban veći remont, na sidrištu ili u luci kada je potrebno srednje održavanje.



Slika 1. Održavanje u životnom ciklusu broda [9]

Na Slici 2. je prikazana šema faktora koji utiču na funkcionalnost održavanja broda. Mogu se izdvojiti sljedeći faktori: operater (posada ili pomoćno osoblje na kopnu), okolina (promet, luke, klima, uslovi na moru), pravila i propisi, kao i održavanje [10].



Slika 2. Sistem broskog održavanja [10]

Koncept održavanja, zajedno s resursima (osobljem, rezervnim dijelovima i postrojenjem), određuje funkcionalnost održavanja. Resursi uključeni u proces održavanja su u skladu s uputstvima definisanim u konceptu održavanja. Način održavanja prikazan kao reakcija sistema uključuje stanja pogoršanja, postupno slabljenje karakteristika i kvarove [10]. Efikasnost koncepta održavanja procjenjuje se funkcionisanjem održavanja koje uključuje troškove tokom procesa. Plan održavanja sadrži izvršavanje preventivnih i korektivnih aktivnosti održavanja neophodnih za siguran i pouzdan rad brodskih sistema i uređaja [4].

2.2. Održavanje ležajeva na bazi tehničke dijagnostike

U mnogim tehničkim sistemima, ležajevi se smatraju kritičnim mašinskim elementima, čiji otkaz može da dovede do otkaza i kvara mašina ili mašinskih sklopova. Praćenje ispravnosti ležajeva i što tačnije određivanje vijeka trajanja ležajeva je veoma važno za ispravno i pouzdano funkcionisanje tehničkih sistema.

Danas postoje velike tehničke i tehnološke mogućnosti za kontinualno praćenje ispravnosti rada ležajeva, što omogućava da se mašine pravilnije i ekonomičnije koriste sa velikim stepenom pouzdanosti u radu. Praćenje stanja ležajeva putem određivanja njihovog vijeka trajanja omogućava predviđanje perioda kada će doći do zastoja, što je veoma bitno za sprečavanje skupih i neplaniranih zastoja u radu [5].

Tehnička dijagnostika treba da utvrdi tehničko stanje sastavnog dijela sistema sa željenom tačnošću u određenom vremenskom momentu. Dijagnostikom se vrši provjera: ispravnosti, radne sposobnosti, funkcionalnosti kao i istraživanje otkaza (mjesto, oblik i uzrok otkaza). Dijagnostika omogućava da se bez demontaže odredi stanje sistema i predvidi resurs za njegov siguran rad. Utvrđivanje radnog stanja sastavnog dijela i/ili sistema, može se ostvariti kako primjenom odgovarajuće instrumentacije tako i na osnovu opažanja čulima izvršilaca (specijalista za dijagnostiku). Utvrđivanje radnog stanja podrazumijeva prethodno definisane kriterijume dozvoljenog i nedozvoljenog stanja [11].

Dijagnostici ležajeva kao veoma značajnih i često korišćenih mašinskih elemenata se sve više poklanja pažnja kao dijelu sveukupne dijagnostike postrojenja. Da bi se predstavio značaj dijagnostike ležajeva dovoljno je napomenuti da oko 41% svih otkaza elektromotora otpada na otkaze kotrljajućih ležajeva [12]. Sa tehničkog aspekta, bez obzira na njihovu nisku cijenu, otkazi kliznih ležajeva su po učestalosti, u ukupnim otkazima koji se javljaju kod pojedinih grupa mašina, elementi visokog rizika.

Mogućnosti otkaza ležajeva su veoma velike. Prema nekim analizama manje od 10% ležajeva doživi svoj projektovani vijek trajanja. Pojava prijevremenog oštećenja i otkaza kotrljajućih ležajeva može nastati usled velikog broja faktora, kao što su: zamorni lom, habanje, plastična deformacija komponenti ležaja, korozija, loše podmazivanje, nepravilna montaža, neadekvatan izbor i dr. U cilju određivanja faktora koji uzrokuju otkaz ležajeva vrši se ispitivanje i dijagnostika ležajeva, tako da je razvijen veliki broj metoda za dijagnostiku stanja ležajeva.

Metode dijagnostike stanja kotrljajućih ležajeva se dijele u dvije grupe: metode dijagnostike koje se primjenjuju kod ležajeva dok je mašina van pogona i metode koje se primjenjuju kod ležajeva dok je mašina u pogonu. Dijagnostika stanja ležajeva van pogona se vrši vizuelnim pregledom ležajeva i mjerenjem zazora ležajeva. Metode dijagnostike stanja kotrljajućih ležajeva u pogonu su: mjerenje temperature ležajeva, preslušavanje šuma ležaja u audio području, preslušavanje šuma ležaja u ultrazvučnom području, mjerenje vibracija ležajeva i specijalne metode procjene stanja ležaja. Navedene mjerne dijagnostičke metode najčešće koriste tradicionalne mjerne instrumente, što je opisano u brojnim radovima.

Međutim, pored metode korišćenja tradicionalnih instrumenata u dijagnostici stanja ležajeva, u novije vrijeme veoma često se koriste virtuelni instrumenti, odnosno virtuelna instrumentacija, što je i tema ovog rada.

3. PRIMJENA VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE U DIJAGNOSTICI KVARA LEŽAJEVA

3.1. Virtuelna instrumentacija

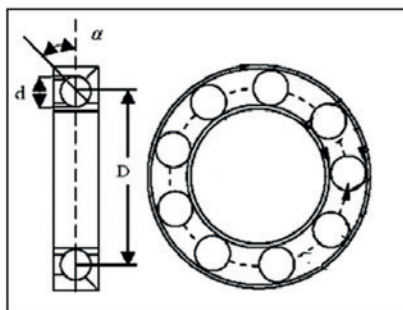
Virtuelna instrumentacija je pojam koji označava integraciju hardvera i softvera, obuhvatajući procese mjerenja, akvizicije, obrade i prezentacije dobijenih podataka. Pojam virtuelne instrumentacije je definisan 80-tih godina dvadesetog vijeka od strane američke kompanije National Instruments, vodeće firme u svijetu po pitanju mjerno-akvizicionih sistema baziranih na personalnom računaru (PC) [13]. Njegova namjena je identična funkciji klasičnog instrumenta. Razlika je u fleksibilnosti i funkcionalnosti koju je moguće mijenjati,

za razliku od klasičnog instrumenta koji ima nepromjenljivu funkcionalnost, određenu od strane proizvođača. Prednosti virtuelnih instrumenata nad klasičnim su i veća mogućnost obrade i prezentacije rezultata mjerenja [14].

Prednost virtuelne instrumentacije je što omogućava kreiranje sistema koji odgovaraju korisniku prema njegovim zahtjevima. Virtuelni instrumenti se koriste sa ciljem poboljšanja produktivnosti, pouzdanosti, bezbjednosti, optimizacije i stabilnosti sistema u raznim automatizovanim procesima [13]. Kontrola procesa je zasnovana na podacima prikupljenim i obrađenim pomoću odgovarajućeg virtuelnog instrumenta. Primjena se kreće od jednostavnih laboratorijskih eksperimenata do velikih aplikacija za automatizaciju [13], [14]. Kompanija National Instruments je razvila specijalni softverski paket LabVIEW (*Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench*) koji omogućava da se kreiraju uređaji koji će vršiti istu ulogu kao i konvencionalni mjerni instrumenti. Suštinska razlika u odnosu na ostale programske pakete je da se u LabVIEW programi predstavljaju u vidu ikona, umesto programiranja pisanjem komandi u vidu tekstualnog koda. LabVIEW programi su hijerarhijski i modularni [13], [15].

3.2. Dijagnostika kvara ležajeva zasnovana na softveru LabVIEW

Kotrljajući ležajevi se sastoje od: prstenova ili kolutova, kotrljajućih tijela i kaveza (držača kotrljajućih tijela). Kotrljajuća tijela su smještena između prstenova (ili kolutova), a pomoću kaveza se održava njihovo konstantno međusobno rastojanje. Iako se kotrljajući ležajevi proizvode pomoću alatnih mašina visoke preciznosti i pod strogom kontrolom čistoće i kvaliteta, kao i svaki drugi proizvedeni dio, oni će imati stepene nesavršenosti i generisati vibracije. Tipična konstrukcija i veličina kugličnog ležaja je prikazana na slici 3. Kuglice su fiksirane i drže se zajedno pomoću kaveza koji sprječava kontakt između kuglica i obezbjeđuje ravnomjerno rastojanje između njih [1].

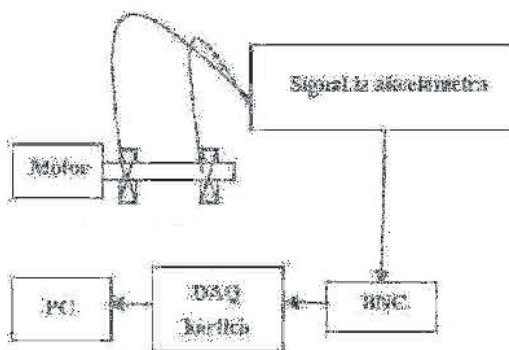


Slika 3. Dimenzije i izgled ležaja [1]

Tehnike praćenja ležajeva koje se obično koriste su analiza vibracija i akustične buke, metoda udarnih impulsa, akustična emisija, analiza habanja [16]. Praćenje vibracija je najpopularnija tehnika za dijagnostiku ležajeva. U mašini koja radi, vibracije su uvek prisutne. Nivoi vibracija se obično povećavaju sa pogoršanjem stanja mašina. Dakle, vibracije su važan parametar za praćenje stanja mašina i njihovih elemenata [17], [18]. Pomjeranje vibracija, brzina i nivoi ubrzanja mogu se mjeriti. Ubrzanje se koristi za visoke frekvencije, a pomjeranje za niske frekvencije. Brzina vibracije se normalno mjeri. Vibracije se mogu mjeriti pomoću različitih senzora. Blok dijagram testiranja ležaja prikazan je na Slici 4.

Tokom proteklih nekoliko godina, sprovedena su istraživanja kako bi se razvila integrisana tehnika praćenja stanja ležaja zasnovana na strukturnoj integraciji senzora i ugrađene elektronike kako bi se obezbijedila mogućnost samodijagnoze ležaja [1], [16], [17], [18].

Ugrađeni senzorski modul kontinuirano prati fluktuacije opterećenja i temperature unutar ležaja i prenosi signale bežično do spoljnog centralnog kontrolera mašine. Ako se prekorače unaprijed postavljene granične vrijednosti koje predstavljaju nepovoljne uslove rada, alarmni signali će biti generisani da upozore na potencijalnu opasnost od početnog kvara ležaja [17]. Važan aspekt istraživanja sprovedenog u [1] je razvoj korisničkog interfejsa koji efikasno olakšava prikupljanje, obradu i prikaz podataka. U tu svrhu je kreiran virtuelni instrument u programskom paketu LabVIEW. Pomoću akvizicione kartice signali sa senzora ugrađenog u ležaj se prenose do PC računara.



Slika 4. Blok dijagram testiranja ležaja [18]

LabVIEW pruža najjednostavnije rješenje za komunikaciju sa bilo kojim od ovih protokola. U ovom radu je prikazana je eksperimentalna postavka i rješenje gdje LabVIEW i DAQ sistemi međusobno komuniciraju [1]. Eksperimentalna postavka ispitivanja ležaja na vibracije prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Eksperimentalna postavka ispitivanja ležaja na vibracije [1]

Ispitni ležaj je postavljen na stranu bez pogona, dok je samopodešavajući kuglični ležaj postavljen prema strani pogona. Raspored opterećenja je postavljen između ova dva ležaja. Za opterećenje ležaja koristi se hidraulički raspored opterećenja. Piezo-električni akcelerometar (višestruki jednoosni akcelerometar sa osjetljivošću od 5 do 100 mV) montira se na kućište ispitnog ležaja. Akcelerometar je povezan na NI-cDAQ-9174 ploču, čiji je izlaz povezan sa računarom. Računar sadrži odgovarajući hardver za prikupljanje podataka i softver LabVIEW. U ispitnoj opremi, ležaj je montiran na kraju vratila i opterećuje se u radijalnom smjeru dejstvom hidrauličnog cilindra [1]. Prema načelnoj postavci eksperimenta grafički prikazanog na slici 4., možemo zaključiti da se procedura za eksperimentisanje sastoji od sljedećih koraka:

- 1) Akcelerometar se montira/fiksira na kućište ležaja.
- 2) Akcelerometar je preko kablova povezan sa NI-cDAQ 9174 pločom na odgovarajući port, čiji je izlaz povezan sa računarom.
- 3) Računar sadrži relevantan hardver i softver za prikupljanje podataka, a njihovo skladištenje i prikaz signala na prednjem panelu je u obliku talasnog grafikona i numeričkog indikatora.
- 4) Prikupljaju se podaci o vibracijama na ležajevima pri različitim opterećenjima i brzinama.
- 5) Vršiti se analiza podataka o vibracijama koristeći tehnike u vremenskom i frekvencijskom domenu.

4. ZAKLJUČAK

Pravilno održavanje brodskih sistema je neophodno zbog veće sigurnosti plovidbe. Prilikom nadgledanja i održavanja brodskih sistema bilježe se podaci koji su korisni za procjenjivanje i planiranje dodatnog servisiranja. Veoma je važno pratiti sva preporučena uputstva.

U ovom radu je dat osvrt na osnovne principe broskog održavanja. Predstavljen je koncept održavanja broda kroz njegov životni vijek, od projekta, preko eksploatacije do rezališta kao krajnje tačke postojanja broda. Posebna pažnja posvećena je ležajevima kao ključnim mašinskim komponentama brodskih motora, elektromotora i generatora. U odnosu na to, blagovremeno praćenje stanja ležaja i njihovo planirano održavanje znatno će smanjiti mogućnost nastanka iznenadnih i važnih kvarova na brodskim pogonskim i pomoćnim sistemima, a samim time i smanjiti mogućnost da brod privremeno bude izvan upotrebe. U radu je prikazan primjer primjene virtualne instrumentacije u svrhe dijagnostifikovanja stanja ležajeva. Upotreba virtualnih instrumenata omogućava u odnosu na konvencionalne metode, mjerenje šireg spektra mjernih veličina, kontinuirano prikupljanje podataka, mogućnost njihovog sekvenciranja i lakše obrade.

U budućem radu planirana je analiza primjene virtualnih instrumenata na mjerenje različitih procesnih veličina na brodu u cilju nadzora stanja brodske opreme i planiranja njenog održavanja.

5. REFERENCE

- [1] V. Kulkarni, N. Mahantesh, and A. Deshpande, 'LabVIEW based bearing failure prediction using data acquisition system', *Indian J. Adv. Chem. Sci.*, vol. S1, pp. 142–145, May 2016.
- [2] 'ABB Library - 3BFP000050R0101'. <https://library.abb.com/d/3BFP000050R0101> (accessed Jun. 21, 2022).
- [3] K. Sergeev, 'The results of bearings diagnostics of ship electric motors and generators', *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 560, p. 012168, Jul. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/560/1/012168.
- [4] J. Editor Cowley, *The Running and Maintenance of Marine Machinery*. Marine Management, 1992.
- [5] A. A. Ašonja and R. Gligorić, 'Investigation of the roller bearings working life', *Letop. Naučn. Rad. Poljopr. Fak.*, vol. 29, no. 1, pp. 78–84, 2005.
- [6] B. Vasić, D. Curović, N. Stanojević, J. Todorović, V. Popović, and N. Curović, *Održavanje tehničkih sistema- istraživanja i projektovanja za privredu*. Beograd: Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, 2006.

- [7] G. Gašpar, I. Poljak, and J. Orović, 'Computerized Planned Maintenance System Software Models', *Pomorstvo*, vol. 32, pp. 141–145, Jun. 2018, doi: 10.31217/p.32.1.14.
- [8] S. Dragos, A. Purcarea, A. Cotorcea, and N. Florin, 'Maintenance onboard ships using computer maintenance management system', *Sci. Bull. Nav. Acad.*, vol. XXIII, pp. 134–141, Jul. 2020, doi: 10.21279/1454-864X-20-11-017.
- [9] J. Ang, C. Goh, A. Flores-Saldivar, and Y. Li, 'Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment', *Energies*, vol. 10, p. 610, Apr. 2017, doi: 10.3390/en10050610.
- [10] I. Šegulja and A. Bukša, 'Održavanje broskog pogona', *Pomorstvo*, vol. 20, no. 2, pp. 105–118, Dec. 2006.
- [11] Ž. Adamović and L. Radovanović, 'Modeli održavanja n abazi tehničke dijagnostike', *Teh. Dijagnostika*, pp. 29–35, 2008.
- [12] A. Halep, 'Metode za procjenu stanja kotrljajućih ležaja', presented at the 1. Konferencija „ODRŽAVANJE 2010“, 2010.
- [13] A. Milovanović, M. Bjekić, and B. Koprivica, *Virtualna instrumentacija*. Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, 2010.
- [14] J. Jerome, *Virtual instrumentation using LabVIEW*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2010.
- [15] T. Bress, *Effective LabVIEW Programming*. 2013.
- [16] M. A. A. Elmaleeh and N. Saad, 'Acoustic emission techniques for early detection of bearing faults using LabVIEW', in *2008 5th International Symposium on Mechatronics and Its Applications*, May 2008, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISMA.2008.4648842.
- [17] C. Wang and R. X. Gao, 'Virtual instrumentation for integrated bearing condition monitoring', in *IMTC/99. Proceedings of the 16th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (Cat. No.99CH36309)*, May 1999, vol. 2, pp. 667–672 vol.2. doi: 10.1109/IMTC.1999.776442.
- [18] D. Ganeshkumar, T. Manigandan, and S. Palaniswami, 'Virtual Instrumentation based intelligent vibrobench for bearing testing', in *2007 International Conference on Industrial and Information Systems*, Aug. 2007, pp. 473–478. doi: 10.1109/ICIINFS.2007.4579224.

MEHANIČKE OSOBINE IZOTERMALNO POBOLJŠANOG NODULARNOG LIVA U FUNKCIJI ODRŽAVANJA

MECHANICAL PROPERTIES BY AUSTEMPERED DUCTILE IRON AS A FUNCTION OF MAINTANCE

Šehzudin Dervišić, dr
JU Bolnica Travnik
Travnik

Hasan Avdušinović, prof. dr
Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

Izotermalno poboljšani nodularni livovi su klasa nodularnog liva koji se dobijaju kao rezultat karakterističnog postupka termičke obrade (austenitizacija i izotermalno poboljšanje). Rezultati ovog postupka termičkog tretmana su visoke vrijednosti mehaničkih osobina sa pozitivnim odnosom zatezne čvrstoće i težine proizvoda. Visoke vrijednosti mehaničkih osobina (zatezna čvrstoća, udarna žilavost, tvrdoća) izotermalno poboljšanog nodularnog liva su rezultat specifične ausferitne mikrostrukture. Vrijednosti zatezne čvrstoće uzoraka izotermalno tretiranih na temperaturi od 250 °C do 400 °C kreću se u intervalu od 828 N/mm² do 1520 N/mm². Od stabilnosti ausferitne mikrostrukture pri radu na povišenim temperaturama uveliko ovisi i stabilnost izvanrednih mehaničkih i duktilnih svojstava koju ova klasa materijala posjeduje. Veoma dobre mehaničke performanse omogućavaju dugotrajnost proizvoda što smanjuje vrijeme i troškove održavanja.

Ključne riječi: Austenitizacija; zatezna čvrstoća; udarna žilavost, održavanje

ABSTRACT

Austempered Ductile Iron (ADI) is a class of nodular iron which is obtained as the result of characteristic heat treatment process (austenitization and isothermal heat treatment). The results of this thermal treatment are high value of mechanical properties feature with positive ratio of tensile strength and product weight. High values of mechanical properties (tensile strength, impact strength, hardness) of austempered ductile iron are the result of specific ausferrite microstructure. The values of the tensile strength of samples isothermal heat treated at a temperature of 250 °C to 400 °C range from 828 N/mm² to 1520 N/mm². Stability of ausferrite microstructures on elevated temperatures considerably influence on stability of extraordinary mechanical and ductile properties that this class of material owns. Very good mechanical performance enables long product life, which reduces maintenance time and costs.

Keywords: Austenitization; tensile strength; impact strength; maintenance

1. UVOD

Izotermalno poboljšani nodularni liv je vrsta termički tretiranog nodularnog liva sa karakterističnom ausferitnom mikrostrukturom. Izotermalno poboljšani nodularni liv dobija se karakterističnim dvostepenim termičkim tretmanom koji podrazumijeva postupak austenitizacije i izotermalnog poboljšanja. Izotermalno poboljšani nodularni materijal karakteriše visoka vrijednost zatezne čvrstoće uz zadržavanje visokih vrijednosti udarne žilavosti materijala i mogućnost otvrdnjavanja tokom rada što daje mnogo bolju otpornost na trošenje novonastale u odnosu na početnu mikrostrukturu. Ovako dobra kombinacija svojstava je rezultat novonastale mikrostrukture (ausferitna mikrostruktura). Ausferitna mikrostruktura sastoji se od ferita i austenita [1]. Nastali oblik feritne faze, te količina ferita i austenita se može kontrolirati podešavanjem parametara termičkog tretmana (temperatura i vrijeme) a sve to određuje finalna svojstva tretiranog materijala. Vrijednosti mehaničkih karakteristika definisane su određenim standardima kao što su američki (ASTM) standard A897/897M ili evropski EN 1564. Vrijednost zatezne čvrstoće prema EN 1564 kreće se u intervalu od 800 N/mm² do 1600 N/mm², što je dva puta veća vrijednost od zatezne čvrstoće koju ima polazni materijal. Izotermalno poboljšani nodularni liv pokazuje dobru otpornost na trošenje. Prema rezultatima ispitivanja (klizno kotrljajućim uređajem) ustanovljeno je da u početku dolazi do znatnijeg trošenja izotermalno poboljšanog nodularnog liva (npr od cementiranog čelika), ali nakon određenog vremena daljnje trošenje je beznačajno [2].

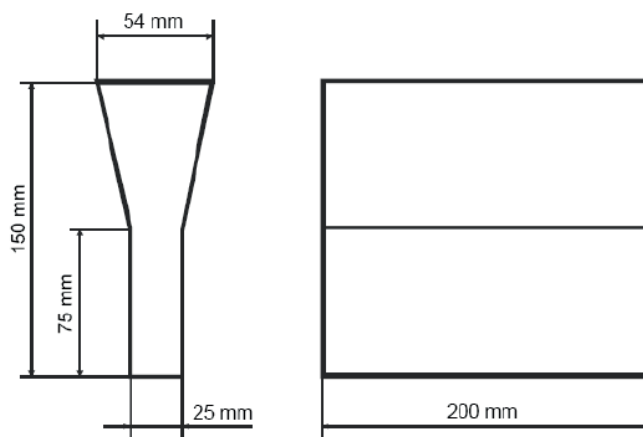
2. EXPERIMENT

Uzorci nodularnog liva proizvedeni su u srednjefrekventnoj indukcionoj peći, od sljedećeg materijala: čelični profili, kružni nodularni materijal, niskomangansko željezo, fero legure. Nodulacija je rađena Flow Through postupkom, a u svojstvu nodulanta primijena je legura FeSiMg₅.

Tabela 1. Hemijski sastav uzoraka nakon postupka nodulacije

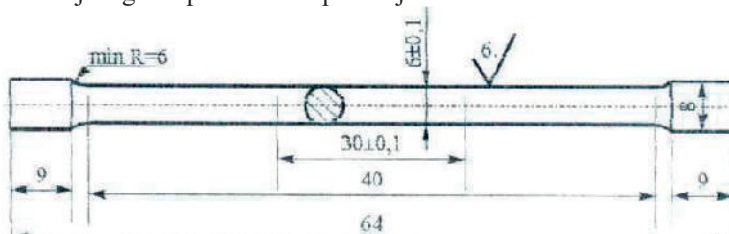
Hemijski sastav (%)							
C	Mg	Si	P	S	Mn	Ni	Cu
3,2	0,0487	2,6755	0,0424	0,0222	0,2906	0,0598	0,0461

Nakon postupka nodulacije od odlivenih uzoraka izrađene su Y probe, prema standardu ASTM A897M-06. Na slici 1 prikazan je izgled i dimenzije Y probe:



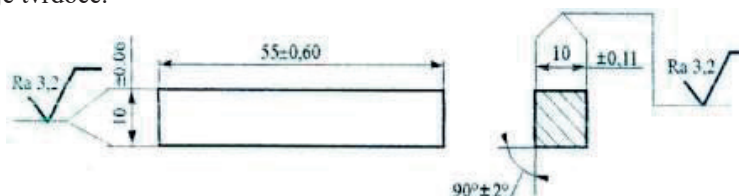
Slika 1. Izgled i dimenzije standardne Y-probe [2]

Od Y proba pripremljene su epruvete za ispitivanje zatezne čvrstoće prema standardu BAS EN 10054-1/98. Također iz Y-proba pripremljene su epruvete za ispitivanje udarne žilavosti prema standardu ASTM A897/897M, kojipodrazumijeva izradu epruveta bez zareza [3]. Na slici 2 prikazan je izgled epruvete za ispitivanje zatezne čvrstoće.



Slika 2. Epruveta za ispitivanje zatezne čvrstoće (vrijednosti u mm) [4]

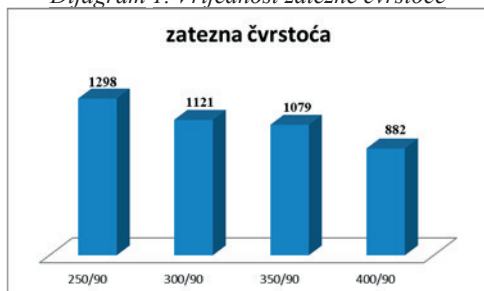
Na slici 3 prikazan je izgled epruvete za ispitivanje udarne žilavosti, također ista je korištena za ispitivanje tvrdoće.



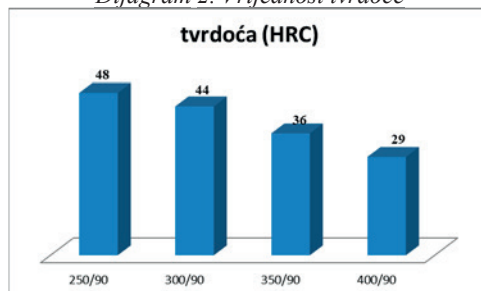
Slika 3. Epruveta za ispitivanje udarne žilavosti (vrijednosti u mm)[2]

Pripremljeni uzorci, kao što je prikazano na slici 2 i slici 3 podvrgnuti su termičkom tretmanu. Svi uzorci su austenitizovani na temperaturi 870 °C u vremenskom intervalu 90 minuta. Izotermalno poboljšanje vršeno je na temperaturama 250 °C, 300 °C, 350 °C i 400 °C u vremenskom intervalu 90 minuta. Nakon termičkog tretmana (austenitizacija i izotermalno poboljšanje) uzorci su očišćeni i izvršeno je ispitivanje na zatezanje prema standardu BAS EN 10002:2002. Nakon ispitivanja na zatezanje izvršena je priprema uzoraka i provedeno je ispitivanje udarne žilavosti prema standardu ASTM 897A/897M i tvrdoće prema standardu BAS EN 6507-1/2007. Vrijednosti mehaničkih karakteristika izotermalno poboljšanog nodularnog liva prikazane su na sljedećim dijagramima:

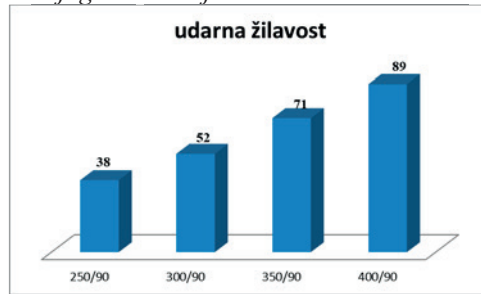
Dijagram 1. Vrijednost zatezne čvrstoće



Dijagram 2. Vrijednost tvrdoće



Dijagram 3. Vrijednosti udarne žilavosti



Postignuti rezultati mehaničkih svojstava (zatezna čvrstoća, tvrdoća i udarna žilavost) pokazuju da izotermalno poboljšan nodularni liv karakterišu veoma dobra mehanička svojstva. Zbog dobrih mehaničkih svojstava izotermalno poboljšan nodularni liv pokazuje dobru otpornost na trošenje. Također, zbog manjih toplotnih naprezanja tokom hlađenja deformacije su minimalne tj. postižu se razmjerno male promjene dimenzija (porast do oko 0,4%).

3. ZAKLJUČAK

Izuzetne mehaničke performanse izotermalno poboljšanog nodularnog liva omogućavaju mu primjenu kod izrade dijelova kao što su zvijezde diferencijala vozila, dijelovi mjenjača, zamajci, nosači amortizera, željeznički vagoni, valjci u valjaonicama, radilice za dizelske motore, radilice za građevinske mašine, dijelove bagera izložene habanju (kašika bagera) i sl. Navedeni dijelovi izrađeni od izotermalno poboljšanog nodularnog liva imaju duži vijek trajanja što smanjuje troškove održavanja. Također, na smanjenje troškova održavanja utječe otpornost materijala na abraziju, pa se preporučuje izrada dijelova od navedenog materijala koji su izloženi habanju i velikom opterećenju zbog veoma dobrih čvrstoćnih svojstava.

4. REFERENCE

- [1] Šehzudin D., Hasan A., Sead P., Ajla H., Fuad H.: The working temperature influence to isothermal treated ductile iron tensile and impact strength, 21th International Research/Expert Conference, "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", TMT 2018, 18-22 September 2018, Karlovy Vary, Czech Republic
- [2] Šehzudin Dervišić: Doktorska disertacija, Uticaj radnih temperatura na mehanička i duktilna svojstva izotermalno poboljšanog nodularnog liva, Mostar, April, 2021. godine
- [3] Hasan Avdušinović: Doktorska disertacija, Utvrđivanje optimalnih parametara proizvodnje odlivaka od austemperovanog nodularnog liva različite debljine stijenke, Zenica, Mart, 2010. godine
- [4] Hasan A., Šehzudin D., Almáida G.G.: Izotermalno poboljšani nodularni liv, Mašinstvo 4(13), 211-220, 2016. godine

ELEMENTI KOMUNIKACIJSKOG PROCESA - PUBLIKA

ELEMENTS OF THE COMMUNICATION PROCESS - AUDIENCE

Alena Kahrmanović, MA
Univerzitet u Zenici
Zenica
Bosna i Hercegovina

REZIME

Razumijevanje elemenata komunikacijskog procesa, uključujući i proces masovne komunikacije koja utječe na principe i načine interpersonalne komunikacije u različitim društvenim aktivnostima, olakšava prepoznavanje tipova recipijenata, ciljnih grupa, kao i različitih publika u komunikacijskom procesu. U radu je dato pojmovno određenje i važnost publike kao jednog od elemenata procesa masovne komunikacije, tipologija publike, kao i osvrt na relaciju komunikator – publika. U složenim aktivnostima kakvo je održavanje, važno je osigurati jasnu, tačnu, provjerenu i provjerljivu informaciju. Potreba za razumijevanjem, interakcijom i saradnjom s ciljem zajedničkog pronalaska rješenja u izazovnim situacijama, bit će zasigurno zadovoljena ukoliko učesnici jedne takve aktivnosti znaju prepoznati karakteristike i različitosti (jezik, kultura, obrazovni status, temperament, životni stil itd.) svojih recipijenata, ciljne grupe, ili publike - obostrano.

Ključne riječi: komunikacijski proces, publika, različitost.

ABSTRACT:

Understanding the elements of the communication process, including the process of mass communication that affects the principles and ways of interpersonal communication in various social activities, makes it easier to distinguish the types of recipients, target groups, as well as different audiences in the communication process. The paper provides a conceptual definition and the importance of the audience as one of the elements of the mass communication process, the typology of the audience, as well as an overview of the relationship between the communicator and the audience. In complex activities such as maintenance, it is important to ensure clear, accurate, verified and verifiable information. The need for understanding, interaction and cooperation with the aim of jointly finding solutions in challenging situations will surely be satisfied if the participants of such an activity know how to recognize the characteristics and differences (language, culture, educational status, temperament, lifestyle, etc.) of their recipients, the target group, the audience – mutual.

Keywords: communication process, audience, diversity.

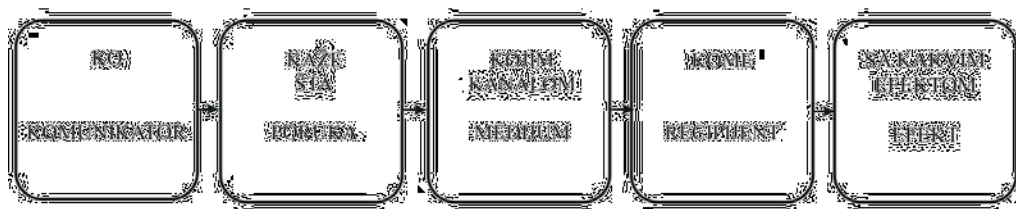
1. UVOD

U okviru komunikologije kao naučne discipline, koja za predmet izučavanja ima fenomen komunikacije, svakako da se izučava i fenomen publike, kao jedne od karika komunikacijskog procesa, naročito u okvirima masovne komunikacije.

Kao opšta nauka o komunikaciji, koja definiira osnovne pojmove kojima su određeni pojedini elementi i aspekti komunikacijskog procesa, komunikologija se konstituiše i kao nauka o principima živog svijeta, jer život podrazumijeva komuniciranje, u svakom obliku – razmjena informacija o događajima u životnoj sredini nije svojstvena samo ljudima, već živom svijetu u cjelini. To znači da će se u ovom radu razjasniti samo jedan od elemenata procesa masovne komunikacije. Kako je osnovno polazište proces komunikacije, valja napomenuti da se komunikacija razmatra u različitim teorijskim diskursima. Ovdje ćemo pridati značaj onom sociološkom, koji tretira komunikaciju kao “specifičnu formu opštenja kojom se putem znakova i simbola, u skladu sa određenim pravilima i normama, vrši razmjena informacija među ljudima. Komunikacija je *par excellence* društveni proces i posmatra se kao širenje iz centra nekog sadržaja (poruke) od komunikatora (pojedince ili društvene grupe) do recipijenta (primaoca, kolektiva, organizacije), među kojima postoji određeni odnos, uzajamna svijest, orijentacija.”[1] Ovako shvaćen pojam komunikacije, uistinu podrazumijeva zadovoljavanje potrebe za razumijevanjem, interakcijom i saradnjom u bio kojoj društvenoj aktivnosti, uključujući i aktivnost održavanja. Potreba za razumijevanjem, s ciljem dolaska do rješenja u izazovnim situacijama, bit će zasigurno zadovoljena ukoliko učesnici ovakve aktivnosti znaju prepoznati važne karakteristike (jezik, kultura, obrazovni status, temperament, životni stil itd.) svojih recipijenata, grupe sa kojom se komunicira, *publike* kojoj se obraća.

1.1. Laswellov model komunikacije

Da bi se bolje razumio značaj publike kao elementa u komunikacijskom procesu (masovna komunikacija, prije svega), važno je osloniti se na Laswellov model komunikacije¹, koji je prikaz procesa komunikacije i njegove funkcije za društvo. Prema Lasswellu, postoje tri funkcije za komunikaciju: nadzor nad okolinom, korelacija komponenata društva i kulturni prenos između generacije.[4] Ovaj model komunikacije sugerise tok poruka u multikulturnom društvu sa više tipova publike. Tok poruke ide kroz razne kanale. Na slici 1. je prikazan Laswellov model komunikacije.



Slika 1. Laswellov model komunikacije

¹ Lasswell je bio istaknuti naučnik na području “Istraživanja propagande”. Njegova disertacija „Tehnike propagande u svjetskom ratu“ (1927.) je prepoznata kao vodeća studija o teoriji komunikacije. Definisao je propagandu kao „kontrolu mišljenja značajnim simbolima, pričama, glasinama, izvještajima, slikama i drugim oblicima društvene komunikacije“. Također je definisao da je to „tehnika utjecaja na ljudsko djelovanje manipulacijom u predstavljanju ... koje može biti govorno, pismeno, slikovito ili muzički...“(Lasswell, 1927). Bio je zainteresovan za proučavanje upotrebe propagandne komunikacije putem medija tokom Drugog svjetskog rata; započeo je sa principom da je „masovna komunikacija nešto što čini nešto drugoj osobi“. Lasswell je 1948. razvio svoj model komunikacije u članku pod naslovom „Struktura i funkcija komunikacije u društvu“.

Osim toga, ovaj model komunikacije sličan je Aristotelovom modelu komunikacije:

- *Ko* (komunikator) upućuje na komponentu „Kontrolne analize”
- *Kaže šta* upućuje na “Analiza sadržaja”
- *Kojim kanalom* upućuje na “Analiza medija”
- *Kome* upućuje na “Analiza publike”
- *Sa kojim efektom/učinkom* upućuje na “Analiza učinka” [4]

Kontrolna analiza pomaže pošiljaocu da ima svu moć; *analiza sadržaja* povezana je sa stereotipiziranjem i političkim predstavljanjem različitih grupa. Također je povezana sa svrhom ili skrivenim motivima poruke; *analiza medija* predstavlja koji medij treba koristiti za vršenje maksimalne snage prema primaocima; *analiza publike* pokazuje ko je ciljna populacija sa kojom treba komunicirati; *analiza efekata* se vrši prije početka procesa. Koristi se za predviđanje efekta poruke na ciljnu populaciju.

Iako se proces masovne komunikacije formalno odvija isto kao i proces interpersonalne komunikacije, principi su suštinski različiti. Naime, ekspanzijom masovnih medija i njihovim snažnim utjecajem na individuu, značajno se promijenila percepcija, svijest, ali i način komuniciranja i u interpersonalnim komunikacijskim procesima. Ono što je recipijent u Laswellovom komunikacijskom modelu, primijenjeno na proces masovne komunikacije je to publika.

1.2. Proces održavanja i komunikacijski proces

Proces održavanja strojeva i opreme je dio svakodnevnog poslovanja u proizvodnim i procesnim pogonima. Proces uključuje proaktivno (prediktivno i preventivno) i reaktivno održavanje (popravci), slika 2.

Zaposlenici uključeni u proces su inženjeri iz održavanja, operateri postrojenja i zaposlenici iz radionice podijeljeni po strukama (električari, mehaničari, instrumentalci i sl.) te po potrebi specijalisti iz različitih područja. Ovisno o veličini postrojenja i broju strojeva uvijek postoji određen broj zaposlenika koji rade zajedno i dijele resurse te koordiniraju posao ovisno o prioritetima.



Slika 2. Elementi procesa održavanja

Zaposlenici koji rade na poslovima održavanja su u stalnoj komunikaciji i od nivoa kvaliteta komunikacije ovisi i kvalitet održavanja. Pri tome svi elementi komunikacijskog procesa, gore navedeni su prisutni u procesu održavanja, neki više a neki manje.

2. POJAM PUBLIKE

Iako se riječ „publika“ jako često čuje u svakodnevnoj komunikaciji, kao i u medijskom prostoru, komunikološke teorijske postavke nude stvarno značenje ovog pojma, posebno sa fokusom na publiku kao medijsku kategoriju. Jedno od takvih pojašnjenja pronalazimo kod autorice Zorice Tomić, u studentskom udžbeniku „Komunikologija“.

U najopširnijem smislu, shodno prvim komunikološkim radovima, ova riječ označava primaocę poruka, bez obzira da li se radi o čitaocima, gledaocima ili slušaocima, nezavisno i od prirode medija preko kojih se odvija komunikacijski kanal, kao i od sadržaja. Kako Tomić pojašnjava, kompleksnost pojma publike ogleda se u činjenici da se „pod publikom mogu podrazumijevati i čitaoci romana 18. st., kao i današnji konzumenti satelitskih programa ili korisnici interneta. Fenomen publike se može posmatrati i kao produkt određenih konteksta ali i kao odgovor na same medije.“ [8]

Začeci današnje medijske publike leže u antici. Odlike te publike i danas određuju ovu kategoriju:

- Organizovano posmatranje (gledanje i slušanje) predstave;
- Javni događaj popularnog karaktera;
- Svjetovni sadržaj događanja u cilju zabave, obrazovanja ili različitih emocionalnih iskustava;
- Voljni, individualni čin izbora pažnje;
- Specijalizacija uloga i autora, izvođača i posmatrača;
- Fizička i prostorna lokacija izvedbe.

Kao društveni fenomen, publika je bila institucionalizirana još prije dvije hiljade godina, sa svojim karakteristikama, običajima, pravilima i očekivanjima u pogledu mjesta, vremena i sadržaja. Ono što predstavlja ključnu razliku između današnjeg i nekadašnjeg (antičkog) poimanja publike jeste što je antička publika bila strogo lokalizovana u pogledu mjesta i vremena. *Auditorium* je bilo mjesto sa kojeg se direktno mogla posmatrati predstava, što istovremeno podrazumijeva da se moralo raditi o kvantitativno manjoj grupi u odnosu na modernu publiku, tj. današnju masovnu publiku ili konzumente medijskih sadržaja.

2.1. Antička i moderna publika: razlike

U nastavku ćemo na jasniji način prikazati osnovne razlike između antičke i moderne publike, a koje ujedno ukazuju na promjene u poimanju fenomena publike.

Neke od karakteristika antičke publike:

- Stroga lokalizacija u pogledu vremena i mjesta;
- Zauzimala je auditorijum, mjesto sa kojeg se direktno mogla posmatrati predstava – što podrazumijeva kvantitativno malu grupu;
- Publika je u stalnoj interakciji sa stvarnim, živim, izvođačima;
- Ima zajednički background i zajednički doživljaj.

Sa druge strane, karakteristike moderne publike, tj. konzumenata masovnih medija predstavljaju svojevrsni preokret u poimanju ovog fenomena. Pojava masovne publike ide naporedo sa pojavom štampe (knjiga je omogućila efektivnu komunikaciju na daljinu, kao i privatnost doživljaja). Karakteristike masovne publike:

- Masovnost
- Disperzivnost²

² Disperzivna čitalačka publika – grupa individua koji biraju i percipiraju isti tekst.

- Individualizam
- Privatnost

„Pojava periodike i novina početkom 18. st. je omogućila pojavu stalnih čitalaca, a razvojem tehnologije koja je štampu učinila lahko dostupnom i jeftinom, publika je počela da se raslojava u pogledu klase, statusa i obrazovanja. Sa pojavom filma, stvara se publika u današnjem smislu riječi – mogućnost međusobne interakcije gledalaca. Radio i televizija su potisnuli ostale medije komunikacije, i omogućili stvaranje masovne publike koju odlikuju: anonimnost, zavisnost i pasivnost.“ [3, 8]

2.2. Male grupe, gomila, publika, masa

S obzirom da osim publike nailazimo i na kategorije male grupe, gomile i mase, važno je spomenuti H. Blumera koji je prepoznao i artikulisao fenomen masovne publike. Naime, on je ukazao na činjenicu da se svi članovi male grupe međusobno poznaju i interaktivno komuniciraju, u okviru istog društvenog backgrounda, dijeleći isti sistem vrijednosti. „Za razliku od grupe, gomila je brojnija a karakterišu je osjećaj identiteta njenih pripadnika kao i ista ili slična *raspoloženja*. Gomila je strukturno nestabilna, a reaguje na iracionalno, na bazi impulsa. Prema Blumeru, gomila je *ne – kulturna grupa, pa je samim tim i ne – moralna grupa*.“ [1]

Na osnovu ovih pretpostavki, Tomić definira publiku kao produkt modernih uslova, posebno onih koji se sagledavaju iz perspektive demokratije. Ona se sastoji od onih ljudi, koji u slobodno vrijeme učestvuju u diskusijama povodom javnih pitanja, izražavajući svoje mišljenje, prijedloge i interese. Kako bismo imali bolje razumijevanje pojma publike, neophodno je definirati i kategoriju mase. Kategorija mase se posmatra kao proizvod modernih, urbanih i industrijskih društava, koju odlikuje anonimnost ogromnog broja različitih individua, koje povezuje isti interes koji je izvan njihove neposredne ili lične kontrole. Kao i u gomili, i u masi nedostaje bilo kakva vrsta organizacije, stabilna struktura, pravila ili princip vođstva. Ali, za razliku od gomile, masi nedostaje i bilo kakva jasno i racionalno artikulisana volja ili ciljevi akcije, kao i fiksna lokacija.

Kako pojašnjava Tomić, „u preimenovanju publike u masu, bio je sadržan strah od depersonalizacije, iracionalnosti, manipulacije i, uopće, od opadanja kulturnih i moralnih standarda. A problem je bio ne u samom postojanju masa kao takvih, već u tendenciji da se ljudi tretiraju kao masa.“ [4] Otuda i termin konzumenata koji se često upotrebljava kao zamjenski. Uvođenje tržišne logike u sferu masovne komunikacije rezultiralo je uvođenjem novih termina - umjesto publike ili mase: konzumenti ili potrošači.

Kako autorica Tomić pojašnjava, četiri su glavne promjene u pogledu razumijevanja moderne publike, a kao posljedice razvoja medija:

- Prva se odnosi na nove satelitske i kablovske moduse transmisije određenih sadržaja, odnosno programa, što je omogućilo uvećavanje receptivnih mogućnosti kao i masovniju i bržu reprodukciju i distribuciju poruka;
- Druga proizilazi iz razvoja novih i jednostavnih mogućnosti skladištenja informacija, kao i veće mogućnosti izbora. Ove promjene su redukovale homogenost i simultanost iskustva publike, čiji je rezultat sve veća segmentacija i fragmentacija;
- Treća se odnosi se na transnacionalizaciju i globalizaciju televizijske poruke koja se obezbjeđuje putem satelita, čime se premošćuju političke, nacionalne i kulturne granice;
- Četvrta proizilazi iz mogućnosti nove kompjuterske tehnologije koja obezbjeđuje ne samo interaktivnu upotrebu različitih medija, već isto tako, omogućava učesnicima u komunikacijskom procesu svojevrsnu kontrolu informatičkog okruženja.

Važan fenomen koji svakako spada u okvir navedenih promjena je i fenomen kiber-zajednice (*cyber-society*), a koji ukazuje ne samo na nove modele komunikacije, već i na izmijenjenu „društvenu stratifikaciju koja se temelji na dominantnom centralnom pošiljaocu i perifernim primaocima, ali isto tako i na mogućnosti povećane individualne upotrebe i fragmentacije masovne publike.“ [3]

3. TIPOLOGIJA PUBLIKE

Na osnovu različitih komunikoloških gledišta u literaturi pronalazimo i različite podjele, tj. tipologiju publike. Te različite podjele ukazuju najprije na različite faktore koji utječu na formiranje pulike/a. Važno je spomenuti i teorijske mogućnosti prema kojima se publike mogu razlikovati na osnovu strukture društva, strukture medija, ali i sadržaja koji mediji emituju. D. Mek Kvejl je postavio osnovno razlikovanje u formiranju različitih publika prema kojem se formiranje publike odvija na dva plana: *makro* i *mikro* plana, na kojima su se razvila četiri osnovna tipa publike: društvena grupa kao publika, uživalačka publika, medijska publika i publika definisana preko kanala ili sadržaja. [6]

a) Društvena grupa kao publika

Prema Mek Kvejlu, društvena grupa kao publika predstavlja kolektivitet koji postoji nezavisno i prije nego što je prepoznat i konstituisan kao publika. Za publiku u ovom smislu je karakteristična: *interakcija* i *normativna regulacija*. Među mnogim varijantama ovog tipa nalaze se i tzv. „lokalne publike“ određenih lokalnih televizija, radija ili novina, a ono što karakteriše ovaj tip publike jeste značajna sociokulturna identifikacija i osjećanje pripadnosti zajednici, kao i orijentacija ka ne-elitnim sadržajima.

„Kvaliteti grupe kao što su relativna homogenost i stabilnost prepoznaju se i u kategoriji stalne, odnosno vjerne publike određenih novina ili magazina. Izborom pojedinih novina čitaoci izražavaju svoj politički identitet i potvrđuju vrijednost svojih uvjerenja.“ [6]

b) Uživalačka publika

Oslanjajući se na prvobitne Mek Kvejllove postavke, Tomić publiku u ovom smislu definiše kao agregat raspršenih individua koje nisu međusobno povezane na način grupe. Nehomogenost ove publike se potvrđuje širokim spektrom različitih interesovanja i potreba, kao i mješavinom sociokulturnih i sadržajnih kriterijuma koji je određuju.

Iako uživalačka publika pripada različitim društvenim, obrazovnim, kulturnim ili nacionalnim slojevima, ono što je određuje kao publiku jeste izvjestan tip ukusa, odnosno lifestyle koji determiniše izbor medija ili izbor sadržaja poruke. Herbert Gans je artikulirao koncept tzv. „kulture ukusa“ (*taste culture*), kako bi opisao status publike u trenutku izbora ili pristupanja određenom mediju. Kako autor naglašava, ne treba zaboraviti da bez obzira na individualne afinitete, „društveno iskustvo igra izvjesnu ulogu u strukturi motiva ili potreba koje se zadovoljavaju izborom karakterističnih medija ili sadržaja.“ [2]

c) Medijska publika

Ovaj tip publike je definisan preko izbora određene vrste medija kao što su npr. film ili televizija, pa se u tom smislu može govoriti o filmskoj, televizijskoj, radio ili čitalačkoj publici. Kako Tomić navodi, problem određenja publike iz ove perspektive pokazuje se najprije u činjenici da su u difuziji novih medija, kao što su internet ili multimedija „stari“ mediji morali da se izbore za nove setove konzumenata. Otuda je ovaj tip publike veoma blizak opštem pojmu „masovne publike“, budući da ga karakteriše masovnost, disperzivnost, heterogenost i nepostojanje interne organizacije ili strukture. Npr. prva filmska publika upućena na ograničen broj naslova godišnje u sociokulturnom pogledu gotovo da nema ništa zajedničko sa savremenom filmskom publikom.

d) Publika definisana preko kanala ili sadržaja

Identifikacija publike kao gledalaca, čitalaca ili slušalaca jednog tv programa, jednog autora ili jednog tipa knjige ili novina, zadaje mnogo manje teškoća nego prethodno elaborirane kategorije. „Riječ je o publici u najstriktnijem smislu riječi budući da je ovdje kanal ili specifični sadržaj osnova preko koje se određuje/definiše publika kao set konzumenata određenih ili specifičnih medijskih proizvoda. U ovom smislu se publika interpretira kao produkt medija, odnosno kao posljedica djelovanja medija.“ [8]

Ono što autorica navodi kao problem jeste da u empirijskim istraživanjima stvarna publika ne može biti izmjerena već jedino naknadno rekonstruisana. Jedna od karakteristika ovog tipa publike je i subkulturalna grupa: tzv. „fanovi“ odnosno obožavaoci određenog izvođača, programa ili autora. Fanovi nisu samo organizovani u svojevrstne društvene grupe, već predstavljaju svojevrstan komunikološki fenomen, budući da veoma aktivno ulaze u međusobnu interakciju, kao i u komunikaciju sa objektom obožavanja.

3.1. Tipovi medija i publika

Ako se prihvati gledište prema kojemu publiku oblikuju sami mediji, onda se moderna publika može analizirati prema tipu medija, odnosno, prema tipu poruke koja se emituje:

- televizijska,
- filmska,
- novinska,
- radio publika itd.

Tako npr. za **KNJIGU** kao medijum karakteristična su dva tipa publike:

- Čitalačka i
- Publika koja kupuje knjige i formira tzv. „tržište knjiga“

Ova podjela isključuje kategoriju onih kojima su biblioteke izvor literature. Utoliko je analiza čitalačke publike teža i nepouzdanija prije svega zato što izbor određenog autora ili tipa literature može zavistiti od brojnih faktora.

Publika **NOVINA** ili **PERIODIKE**, prema Mek Kvejlu, sadrži najmanje četiri kategorije:

- **POTENCIJALNA ILI TOTALNA ČITALAČKA PUBLIKA**, koju karakteriše sposobnost za čitanje ili navika čitanja. U nekim slučajevima ovu kategoriju čini čitava populacija odraslih i pismenih.
- **KUPCI** novina ili časopisa, a njihov broj se mjeri brojem prodatih primjeraka.
- **PUBLIKA JEDNE RUBRIKE ILI PUBLIKACIJE** - broj ovih čitalaca je kao po pravilu veći od broja prodatih primjeraka, posebno ako se radi o časopisima koji mogu interesovati različite generacije u jednoj porodici.
- **TEMATSKA NOVINSKA PUBLIKA**, kao što je npr. publika sportske ili kulturne strane. [6, 7]

Osim prethodno navedenih, razlikujemo i **filmsku publiku**, čiji je broj u ranim godinama filma bilo lako izračunati prema broju prodatih bioskopskih karata, pa se može kazati da se radilo o klasičnoj kategoriji publike koja plaća. Sa pojavom video rekordera ili filmskih tv kanala, ova kategorija ne može više biti pouzdan pokazatelj gledanosti nekog filma, uprkos činjenici da se i danas uspjeh filma mjeri prevashodno posjetama bioskopskim projekcijama. „Ispitivanje **muzičke publike** prema broju prodatih audio jedinica vrlo je slično mjerenju filmske, s tom razlikom što se muzička publika formira i perzistira i na živim izvođenjima. **Radio i tv publika** su vrlo bliske po strukturi, budući da je potencijalno čine svi oni koji imaju radio ili tv prijemnike. Najbrojniju publiku ili **masovnu publiku**, u pravom smislu riječi čini svakako publika ovih medija.“ [8]

4. ZAKLJUČCI

U obim odnosa medij – publika spadaju i svojevrsne definicije ciljeva komunikacije koje artikulira i realizira komunikator, proizvodnja imidža kao i specifične stereotipizacije publike.

Kategorije kontrole odnosno manipulacije cjelokupnom komunikativnom situacijom također predstavljaju tematski okviri ovog tipa istraživanja. „Odnos medij – publika iz perspektive PUBLIKE se artikulira kao afektivna usmjerenost, koja je determinirana najprije parasocijalnim relacijama, pod kojima se podrazumijevaju:

- stepen interakcije pojedinca s omiljenom tv ličnošću,
- obožavalačka predanost,
- kao i stav distance ili averzni odnos prema liku, programu ili samom mediju.“ [8]

Osim toga, socijalni milje i životni stil također utječu na formiranje posebnog stava prema medijima ili sadržajima koji su u opticaju.

Odnos publike prema medijima se može javiti i u formi racionalnog konzumiranja, karakterističnog za obrazovanije slojeve društva. Otuda je i svaki pokušaj da se izvrši tipologizacija nove, suvremene publike suočen s obavezom prethodne, jasne indikacije o različitim vrstama socijalne, kulturne, bihevioralne, lingvističke i ekonomske terminologije, u okviru kojih možemo pratiti proliferaciju definicija ovog fenomena.

U ovom radu su dati elementi komunikacijskog procesa. Detaljno su objašnjeni svaki od elemenata.

Održavanje je složena aktivnost sa više različitih elemenata u kome učestvuju različite grupe zaposlenika i između njih se mora održati kvalitetna komunikacija. Ona treba biti jasna, tačna i precizna kako bi proces održavanja bio efikasan. Razumijevanje značaja komunikacije povećava kvalitet i efikasnost održavanja. Poboljšanje komunikacijskog procesa u poslovima održavanja poboljšava isti.

5. REFERENCE

- [1] Blumer, H.: Masa, publika i javno mnijenje, Barnes & Noble, New York, 1946.
- [2] Gans, H.: The creator-audience relationship in mass-media, N.Y. Free Press, New York, 1957.
- [3] Jones, P.: Cyber-society, CA, Thousand Oaks, 1995.
- [4] Lasswell, H. D. : The Structure and Function of Communication in Society“, in Lyman Bryson (ed.), The Communication of Ideas, Institute for Religious and Social Studies, 1948.
- [5] Lič, E.: Kultura i komunikacija. Beograd: Prosveta, 1983.
- [6] Mek Kvejl, D.: Audience analysis, Sage Publications, London, 1997.
- [7] Mek Kvejl, D.: Uvod u sociologiju masovnih komunikacija. Beograd: Glas, 1976.
- [8] Tomić, Zorica: Komunikologija, Čigoja štampa, Beograd, 2003.

PRIMJENA SOFTVERSKOG PAKETA AMOS EMS U ODRŽAVANJU BRODSKIH TEHNIČKIH SISTEMA

APPLICATION OF THE AMOS EMS SOFTWARE PACKAGE IN MAINTENANCE OF SHIP'S TECHNICAL SYSTEMS

**Đorđe Nedeljkov, Mr Nikola Marvučić,
Mr Draško Kovač, dipl. inž., Ilija Knežević**
Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore

REZIME

AMOS EMS (Enterprise Management Suite 7.3.30) predstavlja jedan od naprednih i kompleksnih WINDOWS softverskih programa koji omogućava jednostavno praćenje cjelokupnog stanja i procesa kako samog broda tako i jedne pomorske kompanije. Kroz ovaj softverski program pomorska kompanija može pratiti podatke vezane za održavanje, sistem kvaliteta, finansije, logistiku, potrošni materijal i robe, nabavku itd. Takođe ovaj softver omogućava i razmjenu informacija i izvještaja unutar kompanije, a posebno između brodova i sjedišta kompanije. Korišćenje ovog softvera doprinosi povećanju sigurnosti plovidbe, odnosno transporta ljudi i robe uz poboljšanje kvaliteta poslovanja i većeg zadovoljstva korisnika uslugama pomorskih kompanija. U ovom radu je prikazan softver AMOS EMS i jedan od njegovih modula koji se odnosi na održavanje brodskih tehničkih sistema. Korišćenje ovog softvera doprinosi efikasnijem održavanju svih elemenata brodskih tehničkih sistema.

Ključne riječi: brod, održavanje, AMOS EMC

ABSTRACT

AMOS EMS (Enterprise Management Suite 7.3.30) represents one of the most advanced and complex WINDOWS software programs which enables easy monitoring of the entire state and processes of both, the ship itself and a maritime company. By applying this software, the maritime company can monitor and collect all data related to maintenance, quality system, finances, logistics, spare parts, procurement, purchase orders etc. This software also enables the exchange of information and reports inside the company, especially between the ships and headquarters. The use of this software contributes to increasing the safety of navigation, i.e. the transport of people and goods, while improving the quality of operations and greater user satisfaction with the services of maritime companies. In this paper is explained the AMOS EMS software and one of its modules related to maintenance of the ship's technical systems. Implementation of this software contributes to more efficient maintenance of all elements of the ship's technical systems.

Key words: ship, maintenance, AMOS EMC

1. UVOD

Održavanje brodova je izuzetno kompleksan posao koji uključuje praćenje stanja, upravljanje rezervnim dijelovima, izvođenje popravki, a sve u cilju obezbjeđivanja sigurne plovidbe u optimalnom vremenskom intervalu uz minimalne troškove [1]. Kompanija koja upravlja brodovima, prema međunarodnom standardu upravljana sigurnošću (International Standard of Safety Management Code – ISM), osigurava da se svi sistemi broda održavaju u skladu sa pravilima i procedurama kompanije, te međunarodnim standardima. Svaka kompanija ima svoj sistem organizovanja održavanja koji može biti: elektronski, putem pisane dokumentacija ili kombinovani. Elektronski sistem organizovanja održavanja odnosi se na korišćenje odgovarajućih softverskih modula koji se obično instaliraju na brodu i u sjedištu kompanije [2]. Softverski program AMOS EMS (Asset Management Operating System, Enterprise Management Suite) predstavlja jedan od najčešće korištenih softverskih rješenja za sveobuhvatno praćenje poslovanja jedne pomorske kompanije. AMOS EMS softver, u pogledu održavanja, omogućava pomorskim transportnim kompanijama da efikasno planiraju i sprovedu strategiju održavanja uz potpunu kontrolu nivoa zaliha u cijeloj kompaniji, minimizirajući neočekivane zastoje pogona. Ovo produžava ukupni životni vijek broda kao osnovnog sredstva za rad pomorskih kompanija, a istovremeno je kompatibilan sa međunarodnom pomorskom legislativom [1], [3], [4].

Korišćenjem AMOS EMS softvera za planiranje najpogodnije strategije održavanja, kompanije kontrolišu ukupne performanse sistema i lako i efikasno prate stanje zaliha rezervnih dijelovaza bilo koji brod. AMOS EMS softver je standardizovan i centralno kontrolisan pristup planiranom održavanju, kombinovan sa sveobuhvatnim praćenjem stanja zaliha i rezervnih dijelovau kompaniji. Pored toga, kompanije danas žele da spriječe probleme, a ne da ih rješavaju. Softverski programi poput AMOS EMS-a, u značajnoj mjeri, doprinose u rješavanju problema održavanja, ali pod uslovom da se kontinuirano ažurira baza podataka kompanije. Ovaj rad obuhvata 4 poglavlja uključujući uvod i zaključak. U uvodnom dijelu dat je osvrt na obrađenu temu, u drugom poglavlju je opisana primjena softverskog paketa AMOS EMS i njegovih modula. U trećem poglavlju je opisan modul održavanja, a u zaključku je iznijeto mišljenje o pozitivnim i negativnim stranama AMOS EMS koji su uočeni tokom primjene.

2. PRIMJENA AMOSA I NJEGOVI MODULI

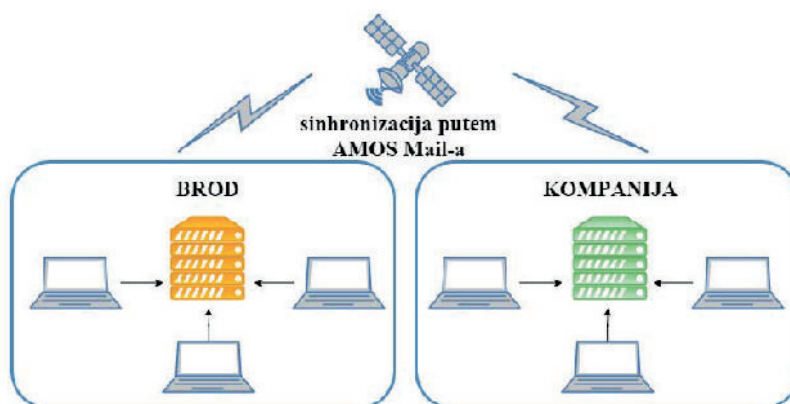
AMOS je aplikacija za integrisano upravljanje brodovima i kompanijama uključujući kvalitet i sigurnost, održavanje, materijale i logistiku, nabavke i planiranje budžeta, upravljanje osobljem, pisanje izvještaja i rukovanje sertifikatima, obnavljanje podataka i administrativne procedure. Svi ovi moduli dijele isti zajednički okvir. Određeni principi i funkcije zajednički su za svaku instalaciju, kao što je AMOS koncept prilagodljivih tokova rada (eng. *Customisable Work Flows*) i sistem internog obavještanja [5].

Uvođenje AMOS softvera na nivou pomorske kompanije znači promjenu načina poslovanja, povećanje automatizacije, smanjenje papirologije, promjenu načina komunikacije na relaciji brod – uprava kompanije i obrnuto.

Primjene softvera AMOS su brojne. AMOS omogućava pomorskim kompanijama koje se bave prevozom roba ali i putnika da djelotvorno planiraju i sprovedu strategije održavanja uz zadržavanje pune kontrole nad zalihama u cijeloj kompaniji uz svođenje neočekivanih zastoja na minimum.

Na brodu se koristi veliki broj modula softvera AMOS kao što su modul za održavanje, modul sa bazom rezervnih djelova, modul za nabavku, modul za upravljanje ljudskim resursima, modul za upravljanje sistemom kvaliteta itd.

S obzirom da se AMOS EMS softver za pomorske kompanije zasniva na principu klijent-server programske aplikacije, svi podaci se čuvaju u bazi podataka koja se nalazi na serveru [3]. Server se obično nalazi u sjedištu kompanije (*Shipping Maritime Company Headquarters*), a klijenti su brodovi te kompanije. Sinhronizacija i komunikacija između servera i klijenta se vrši kada je to moguće, ali u vremenskom intervalu ne dužem od 24 sata i tom prilikom se razmjenjuju podaci o svim promjenama u sistemu koje su se desile u intervalu od poslednje konekcije [6]. Na Slici 1. je prikazana sinhronizacija AMOS sistema između broda kao klijenta i servera koji je smješten u sjedištu pomorske kompanije.



Slika 1. Sinhronizacija AMOS sistema između broda kao klijenta i sjedišta kompanije kao servera [1]

Da bi se pristupilo određenom modulu neophodno je imati odgovarajuće pravo pristupa koje zavisi od pozicije zaposlenog na brodu, odnosno kompaniji (Slika 2) [7].



Slika 2. Početna stranica AMOS EMS (AMOS logging screen)

U zavisnosti od pozicije, a samim tim i odgovornosti koju oficir palube, mašinskog kompleksa ili elektrotehnike ima na određenom brodu, a prema pravilniku kompanije, dodjeljuju mu se

prava pristupa aplikaciji AMOS. U zavisnosti od interne regulative kompanije ograničen je pristup pojedinim modulima koje određeni član posade ima. Najveća prava i pristup podacima i svim modulima po pravilu na brodu ima zapovjednik broda i upravitelj mašine. Oni su i jedini ovlašćeni na brodu da koriste i unose izmjene u modul koji se odnosi na planiranje i izvršenje nabavki rezervnih dijelova i organizovanja godišnjih servisa i inspekcija. Oficiri imaju pristup modulu za održavanje prema kojem se izvode svi planirani poslovi na održavanju brodske opreme i unose periodični izvještaji. Takođe, oni imaju uvid u stanje rezervnih dijelovana datom brodu, a u zavisnosti od prava koje kompanija dodjeljuje posadi može se imati i uvid dostupnih rezervnih dijelovana ostalim brodovima kompanije. Modulu koji se odnosi na upravljanje i kontrolu rezervnim djelovima, a kada je riječ o kompleksnim brodskim sistemima sa velikom količinom rezervnih djelova, kao što je slučaj sa putničkim brodovima, pravo pristupa imaju magacioneri koji zavode, skladište i vrše konstantan nadzor nad svim rezervnim djelovima na brodu. Zaposleni u sjedištu kompanije, menadžeri, supervizori i sistem administratori, imaju pristup cjelokupnom sistemu, tj. svim modulima i uvid u njih na nivou cijele flote.

3. ODRŽAVANJE

Prema Evropskom standardu EN 13306 održavanje se definiše kao „kombinacija svih tehničkih, administrativnih i upravljačkih radnji tokom eksploatacije nekog sistema koji imaju za cilj da ga zadrže ili vrate u stanje u kojem može da obavlja funkciju za koju je namijenjen“ [4], [8]. Kvalitet održavanja zavisi od koncepcije održavanja. U osnovne koncepcije održavanja spadaju preventivno i korektivno održavanje. Koncepcija preventivnog održavanja podrazumijeva da se postupci održavanja sprovode dok je sistem u stanju rada u cilju sprečavanja ili odlaganja pojave otkaza. Koncepcija korektivnog održavanja podrazumijeva postupke koji se sprovode samo ako do otkaza dođe [4], [9].

Jedan od osnovnih ciljeva koji treba da se postignu procesom održavanja je minimiziranje troškova zbog zastoja u radu usljed neplaniranih kvarova. Modul za održavanje u okviru AMOS EMS softvera je predviđen za, kako planiranje i izvođenje preventivnog održavanja, tako i za planiranje i praćenje troškova održavanja, izvještavanje kompanije o izvdenim radovima, te planiranje, obezbjeđivanje i evidenciju stanja rezervnih dijelova i potrošnog materijala.

3.1. Plan održavanja u softveru AMOS

U softveru AMOS, u okviru modula održavanje, je predviđeno planiranje, izvođenje i izvještavanje i za preventivno i za korektivno održavanje. Preventivno održavanje je po pravilu predviđeno planovima održavanja (eng. *Maintenance Plans*). Planovi se, za svaki brod, odnosno svaki sistem broda pojedinačno, unosi u bazu podataka AMOS. Plan održavanja, pored specifikacija datih od kompanije koje zadovoljavaju zahtjeve klasifikacionog registra, može sadržati i uputstvo za rad izdato od strane proizvođača.

Za svaki sistem izrađuje se plan održavanja u kojem se definišu svi parametri za navedeni sistem. Pretraživanje željenog plana održavanja može se vršiti preko istog prozora za niz različitih parametrima na osnovu opštih ili naprednih informacija. Takođe se pretraživanje može vršiti po specifičnim podjelama kao što su: klasifikacija, vrijeme izvođenja i pozicija sistema. U okviru ovog pretraživanja se mogu definisati različiti parametri sistema kao što su: klasa (električni/mehanički), vrsta održavanja, mjesto izvođenja predviđenog rada, uzrok i prioritet. Ovakav način pretraživanja u velikoj mjeri ubrzava pronalaženje željenog plana održavanja [7].

3.2. Evidentiranje sati rada brodskih sistema (eng. *Measure Point*)

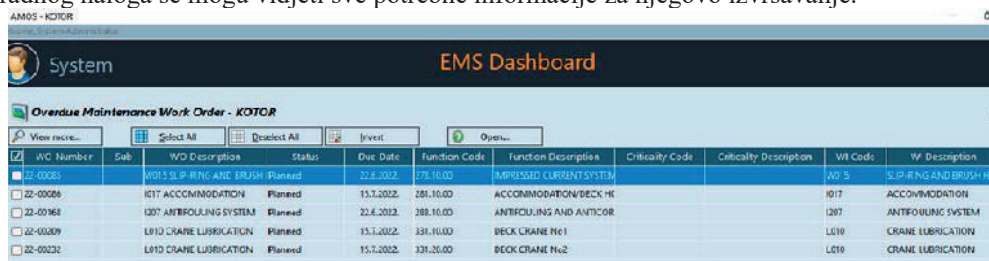
Jedan od osnovnih parametara preventivnog održavanja je evidentiranje sati rada pojedinih sistema na brodu. Ta evidencija uz uputstva proizvođača služi kao osnov najčešćeg određivanja termina narednog rada na preventivnom održavanju. Ti sistemi uglavnom imaju svoje mjerače vremena rada, na osnovu kojih se, upoređivanjem sa, od strane proizvođača zadatim, vremenskim okvirima vrši preventivno održavanje sistema. AMOS EMS softver ima mogućnost da na osnovu tih radnih sati upozorava na predstojeće aktivnosti putem radnih naloga (eng. *Working Orders*) koji će se prikazati na glavnoj tabli sistema. Bitno je naglasiti da se radni sati unose ručno pa ažuriranje ove kategorije ostaje na pojedincu koji ima ovlaštenje za unos, pa upravo tu najčešće dolazi do grešaka. Nepravilan unos tačnog broja radnih sati za posljednju ima kašnjenje u izvođenju predviđenih radnji preventivnog održavanja.

3.3. Radni nalozi u AMOS EMS softveru

Radni nalozi su nalozi koji se izdaju da bi se napravio određen posao tokom eksploatacije sistema. Oni su dio AMOS EMS softvera povezanih sa održavanjem brodskih sistema kao i evidencijom tih sistema, evidencijom potrošnog i rezervnog materijala u skladištu, naručivanjem nedostajućeg potrošnog materijala i rezervnih dijelova i dr.

Jedan od glavnih zadataka održavanja brodskih sistemima je identifikacija radnih naloga koji treba da se izvrše u sljedećem periodu (eng. *Work Order are due*), kao i radni nalozi kojima je isteklo vrijeme za izvršenje – zaostali radni nalozi (eng. *Work Order are overdue*). Takve radne naloge potrebno je izvršiti te izvijestiti o završenom radu.

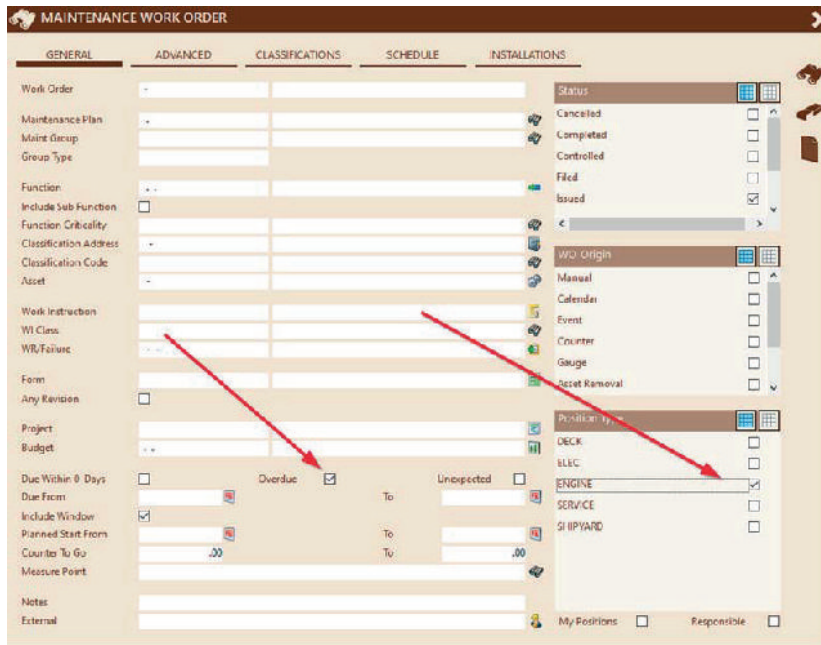
Radni nalozi se mogu izdati na osnovu predviđenog intervala održavanja, npr. svakog mjeseca ili godine; na osnovu radnih sati, npr. svakih 5000 radnih sati treba zamijeniti ulje; te na osnovu nekog dešavanja, npr. dolaska broda u luku ili odlaska broda u dok i sl. (eng. *Trigger event based*). Izgled liste zaostalih radnih naloga je prikazan na Slici 3. Otvaranjem pojedinačnog radnog naloga se mogu vidjeti sve potrebne informacije za njegovo izvršavanje.



WC Number	Sub	WO Description	Status	Due Date	Function Code	Function Description	Criticality Code	Criticality Description	WJ Code	WJ Description
22-00085		1015 SLIP-RING AND BRUSH	Planned	22.8.2022.	279.10.00	IMPROVED CURRENT SYSTEM			1015	SLIP-RING AND BRUSH HO
22-00086		1017 ACCOMMODATION	Planned	15.7.2022.	281.10.00	ACCOMMODATION/DECK HE			1017	ACCOMMODATION
22-00168		1207 ANTIPOULING SYSTEM	Planned	22.8.2022.	388.10.00	ANTIPOULING AND ANTIOR			1207	ANTIPOULING SYSTEM
22-00309		1813 CRANE LUBRICATION	Planned	15.7.2022.	331.10.00	DECK CRANE No:1			1813	CRANE LUBRICATION
22-00332		1813 CRANE LUBRICATION	Planned	15.7.2022.	331.20.00	DECK CRANE No:2			1813	CRANE LUBRICATION

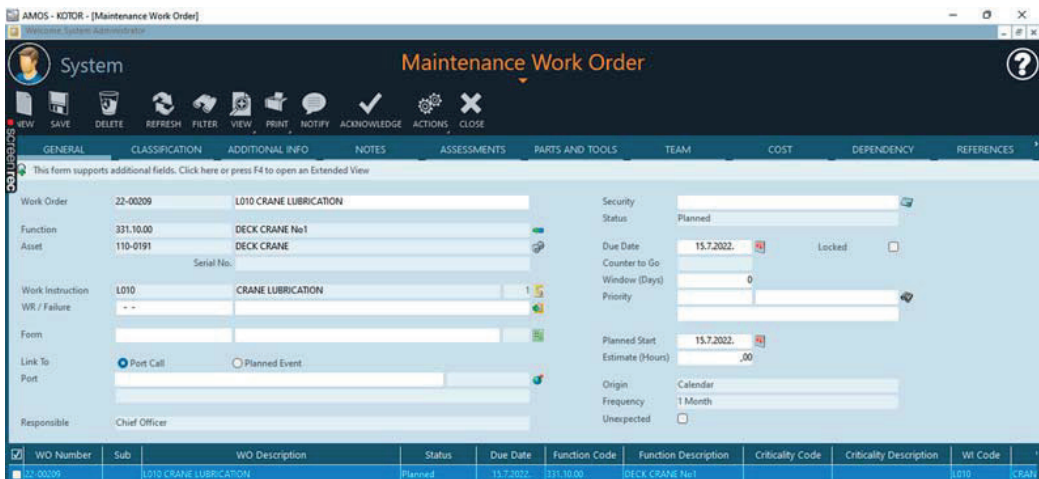
Slika 3. Izgled liste zaostalih radnih naloga

AMOS softver nudi mogućnost pretraživanja pa se do željenog radnog naloga održavanja može jednostavnije doći. U softveru postoji mogućnost kreiranja i dodavanja filtera od strane sistem administratora, u skladu sa konkretnim zahtjevima kompanije, koji omogućavaju lakše pretraživanje. Na primjer, ako se traže zaostali radni nalozi mašinskog dijela, treba označiti polja kako je prikazano na Slici 4, da bi se nalozi po tom zadatom kriterijumu sortirali.



Slika 4. Filter radnog naloga

Izgled, izdavanje i štampanje je za sve radne naloge isti. Na radnom nalogu za održavanje postoji veliki broj podataka i informacija (Slika 5). Kada se završi radni nalog za održavanje, taj radni nalog se mora izdati.



Slika 5. Radni nalog za održavanje

Nakon izdatog radnog naloga za održavanje, članu ili članovima posade koji su određeni da izvrši taj radni nalog dostavlja se isti odštampan i potpisan (Slika 6).

Maintenance Work Order

22-00862		O004 OVERHAUL OF PUMP		Planned	
General			Planning		
Work Instruction	D004	OVERHAUL OF PUMP	Due Date	15/06/2026	
Function	721-10.00	MAIN SW COOLING PUMP N61 (FWD)	Est. Duration	.00	
Asset	110-0927	PUMP	Planned Start	15/06/2026	
Serial Number	1369		CBM Status	Normal	
Form			Port Call		
			Arrival Date		
Work Classification					
Maint. Type	Preventive Maintenance		Uninspected	NO	
Maint. Class	Mechanical		Maint. Criteria	At Sea	
Wkt. Failure	--				
Priority					
Causes					
Planned Maintenance					
Team					
Type	Description	Est. Hours	Estimated Cost	Responsible	
INTERNAL	ENGINE	.00	USD	.00	✓
Work Instruction					
Pump to be dismantled and overhauled according to instruction manual. Worn out parts to be renewed. Pump to be tested after re-assembly. Record all work in History.					
Maintenance Plan Notes					
Work Orders Notes					

Amos EMS 7.3.31.7964, Printed By System Administrator, Printed On: 23/2022 13:22 Page 1 of 1

Slika 6. Izgled odštampanog radnog naloga

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je primjena softverskog paketa AMOS EMS u planiranju i sprovođenju redovnog održavanja tehničkih sistema na brodu. Opisane su mogućnosti primjene AMOS softvera u funkcionisanju i kontroli procesa održavanja na nivou pomorskih kompanija. Dat je kratak prikaz softvera i načina na koji on funkcioniše sa pripadajućim modulima. Posebna pažnja posvećena je primjeni AMOS softvera u održavanju brodskih sistema od procesa planiranja održavanja, preko evidentiranja radnih sati brodskih sistema do kreiranja, izdavanja i zatvaranja radnih naloga. U ovom radu je za prikupljanje i prikaz informacija korišten AMOS EMS licencirani softver Pomorskog fakulteta Kotor te praktična iskustva stečena plovidbom na pomorskim kompanijama na kojima se ovaj programski paket koristi za potrebe održavanja, nabavke i planiranje budžeta. AMOS softverski paket je u praksi

prilagodljiv specifičnim zahtjevima svake kompanije kao krajnjeg korisnika uz mogućnost izmjena na nivou sistem administratora samih kompanija. Iako je veoma praktičan za upotrebu ovaj softverski paket ima i svoje nedostatke. Jedan od njih je to što se za potrebe izvršavanja i izvještavanja sistem oslanja na članove posade i njihovo ručno unošenje podataka, pa se u slučaju neažurnosti pojedinca cijeli sistem tehničkog održavanja može dovesti u stanje nepouzdanosti. Sa druge strane, da bi se ažurno vodili svi moduli AMOS-a i na vrijeme sprovodilo i prijavljivo planirano održavanje broda, potrebno je da odgovorni članovi posade provedu u radu na računaru nezanemarljiv dio svog radnog vremena. U budućem radu planirana je analiza primjene softverskog paketa AMOS EMS u svrhe održavanja različitih tipova brodova kako bi se bolje odredila njegova primjenjivost i efikasnost u različitim sektorima pomorske industrije.

ZAHVALNICA

Zahvalnost dugujemo Erasmus+ projektu DUALMON (Jačanje kapaciteta za implementaciju dualnog visokog obrazovanja u Crnoj Gori), 617392-EPP-1-2020-1-RS-EPPKA2-CBHE-SP koji je omogućio nabavku softvera AMOS koji će se koristiti u realizaciji pilot projekta dualnog obrazovanja na Pomorskom fakultetu Kotor Univerziteta Crne Gore i kompaniji Crnogoraka plovidba.

5. REFERENCE

- [1] S. Šćepanović and I. Mraković, 'Primjena AMOS EMS aplikativnog softvera u procesu upravljanja softverskim zahtjevima', presented at the Informacione Tehnologije- IT 2016, Mar. 2016.
- [2] G. Gašpar, I. Poljak, and J. Orović, 'Computerized Planned Maintenance System Software Models', *Pomorstvo*, vol. 32, pp. 141–145, Jun. 2018, doi: 10.31217/p.32.1.14.
- [3] S. Bauk, T. Dlačić, and R. Džankić, 'O AMOS softveru namijenjenom elektronskom upravljanju resursima na brodu', presented at the Informacione Tehnologije- IT 2014, 2014.
- [4] J. Editor Cowley, *The Running and Maintenance of Marine Machinery*. Marine Management, 1992.
- [5] M. Jurjević and B. Bilić, 'Izračun pouzdanosti brodske pogonske instalacije koristeći se podacima iz programskog paketa AMOS', *NAŠE MORE Znan. Časopis Za More Pomor.*, vol. 56, no. 3–4, pp. 108–117, Oct. 2009.
- [6] J. Ang, C. Goh, A. Flores-Saldivar, and Y. Li, 'Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment', *Energies*, vol. 10, p. 610, Apr. 2017, doi: 10.3390/en10050610.
- [7] *AMOS EMS Version 7.3.3.30 MM&P User Guide*. Revision, 2021.
- [8] B. Vasić, D. Curović, N. Stanojević, J. Todorović, V. Popović, and N. Curović, *Održavanje tehničkih sistema- istraživanja i projektovanja za privredu*. Beograd: Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, 2006.
- [9] I. Šegulja and A. Bukša, 'Održavanje brodske pogonske instalacije', *Pomorstvo*, vol. 20, no. 2, pp. 105–118, Dec. 2006.

ISPITIVANJE VIBRACIJSKIH PARAMETARA ZA PROCJENU STANJA HIDROAGREGATA U RAZLIČITIM REŽIMIMA RADA

EXAMINATION OF VIBRATION PARAMETERS FOR ASSESSING THE CONDITION OF HYDROGENERATORS IN DIFFERENT OPERATION MODES

Davorka Šaravanja, dr.sc.
Fakultet strojarstva, računarstva i elektrotehnike, Sveučilište u Mostaru
Mostar

Marko Grbešić, mag. stroj.
JP EP HZHB, Mostar
Mostar

REZIME

Vibracijska dijagnostika je jedna od nerazornih metoda za praćenje stanja rotacijskih strojeva koja se bazira na mjerenju i analizi vibracijskih parametara. Svi strojevi tijekom rada vibriraju više ili manje, i kod većine njih vibracije su nepoželjne i nastoji ih se smanjiti. U radu je prikazan postupak mjerenja vibracija u svrhu dijagnostike stanja na hidroagregatu HE Peć-Mlini kao primjeru istraživanja rotacijskih strojeva. Provedena su konkretna detaljna mjerenja vibracijskih parametara sa ciljem točne identifikacije uzroka opisanog stanja na hidroagregatu, odnosno, istraživanje nepravilnosti kao razloga zbog kojih dolazi do nepoželjnih pojava u njegovom radu kako bi se izvršio potreban remont. Dakle, svrha mjerenja je bila definiranje postupaka koje treba realizirati kako bi se postiglo trajno rješenje problema i osigurao stabilan rad hidroagregata u svim režimima rada.

Ključne riječi: vibrodijagnostika, mjerenje i analiza vibracija, hidroagregat

ABSTRACT

Vibration diagnostics is one of the non-destructive methods for monitoring the condition of rotary machines, which is based on the measurement and analysis of vibration parameters. All machines vibrate more or less during operation, and in most of them the vibrations are undesirable and there are efforts made to reduce them. This paper presents the procedure for vibration measurement for the purpose of diagnosing the state of the HE Peć-Mlini hydroaggregate as an example of research on rotary machines. Specific detailed measurements of vibration parameters were carried out with the aim of accurately identifying the cause of the described condition on the hydro unit, that is, researching irregularities as the cause of the undesirable phenomena in its operation in order to carry out the necessary overhaul. Therefore, the purpose of the measurement was to define the procedures that should be implemented in order to achieve a permanent solution to the problem and ensure stable operation of the hydroaggregate in all operating modes.

Keywords: vibrodiagnostics, measurement and analysis of vibrations, hydroaggregate

1. UVOD

Kako bi određeni mehanički sustav pravilno radio i eksploatirao se tijekom svog planiranog vijeka trajanja, potrebno ga je i pravilno održavati. Vibracijska dijagnostika bazirana na mjerenju i analizi vibracijskih parametara vrlo je bitna metoda koja se koristi u tu svrhu za velike sustave. Postupci vibracijske dijagnostike temelje se na mehaničkom predstavljanju vibriranja određenih elemenata kao sustava masa-opruga, pretpostavljaju da ubrzanje, koje nastaje uslijed djelovanja međusobno nastalih sila, djeluje trenutno na cijelo tijelo. Zapravo, konstrukcija se ne giba kao jedinstveno tijelo, njegovo deformirano stanje se određuje zakonom rasprostiranja elastičnih valova koji su nastali djelovanjem napadnih sila. Pri tome se prijenos poremećaja vrši brzinom koja ovisi od osobine sredine, oblika i učestalosti, tj. frekvencije poremećaja.

Zahvaljujući brzom razvitku digitalnih metoda obrade informacije, u praksi dijagnosticiranja rotorskih strojeva i mehanizama, sve veću primjenu nalaze metode sinkronog izdvajanja višekratnih harmonika osnovne frekvencije pobude, što omogućava formiranje fizički uvjetovanih i poremećajno-stabilnih sustava dijagnostičkih znakova neispravnosti određenog sklopa.

Vibracijska dijagnostika danas predstavlja jedan od snažnih alata pomoću kojeg inženjeri uz dovoljno znanja i iskustva o vibracijama mogu lako, efikasno i blagovremeno uočiti probleme u radu strojeva i uređaja te ih ukloniti prije nego li oni dovedu do zastoja u radu i proizvodnji.

U ovom radu provedena su detaljna mjerenja vibracijskih parametara sa ciljem točne identifikacije uzroka opisanog stanja na hidroagregatu, odnosno, istraživanje razloga zbog kojih dolazi do nedopuštenih stanja u tijeku njegovog rada. Također svrha mjerenja i analize vibracija je bila definiranje postupaka remontnih radnji koje treba realizirati kako bi se postiglo trajno rješenje problema i osigurao stabilan rad u svim režimima rada.

2. POSTUPAK MJERENJA I ANALIZA VIBRACIJA NA HIDROAGREGATU

HE Peć Mlini je derivacijsko-akumulacijsko postrojenje locirano u ZHŽ u općini Grude. Instalirani hidroagregat u HE Peć Mlini je snage 15 MW i nominalne brzine vrtnje 600 o/min. Sinkroni generator je proizvodnje KONČAR [1], a turbina tipa Francis proizvedena je u tvornici LITOSTROJ [2].

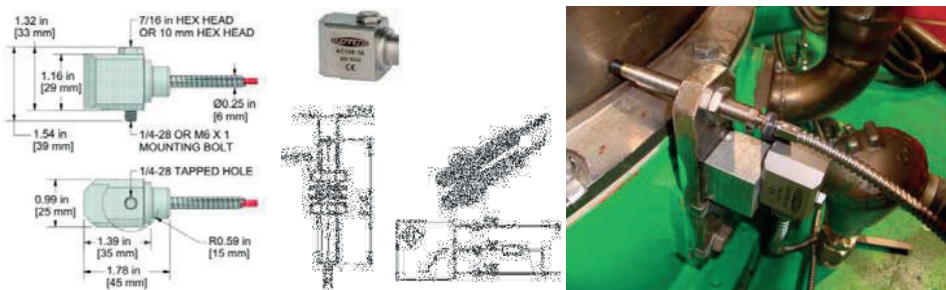
Na hidroagregatu su ustanovljeni veliki problemi s vibracijama, koje eskaliraju u pobjegu nakon ispada sa maksimalne snage od 15MW, što je rezultiralo oštećenjima ležajeva generatora. Oštećenja su značajno povećala intenzitete vibracija i praktički onemogućila daljnji rad.

Za ispitivanje i ocjenu stanja provedena su detaljna mjerenja vibracija sa ciljem točne identifikacije uzroka opisanog stanja, odnosno razloga zbog kojih dolazi do navedenih negativnih stanja u relativno kratkom razdoblju za rad ovako važnog postrojenja. Također, svrha mjerenja je definiranje postupaka koje treba realizirati kako bi se postiglo trajno rješenje problema i osigurao stabilan rad hidroagregata u svim režimima rada, odnosno identificirati uzrok trajne promjene vibracijskog stanja nakon ispada sa maksimalne snage te na temelju analize vibracijskih parametara dati smjernice za zahvate na hidroagregatu koji će vibracijsko stanje poboljšati do razine da može sigurno i bez oštećenja izdržati dinamičke uvjete u pobjegu, nakon ispada sa maksimalne snage.

2.1. Mjerni vibracijski sustav za ispitivanje i korišteni standardi

Za potrebe praćenja i analize vibracija na hidroagregatu korišten je vibracijski sustav CoiDIS-PDS (Computerized Diagnostic System – Portable Data System) tvrtke Veski [3], a od davača akcelerometri, davači vibracijske brzine (instalirani na nosač ležaja ili na paket/kućište statora kojima se mjere vibracije površine na koju su pričvršćeni) i beskontaktni davači pomaka

(instalirani su na nosač ležaja kojima se mjere relativni pomaci vratila prema površini na koju su instalirani) (Sl.1.) [4] [5].



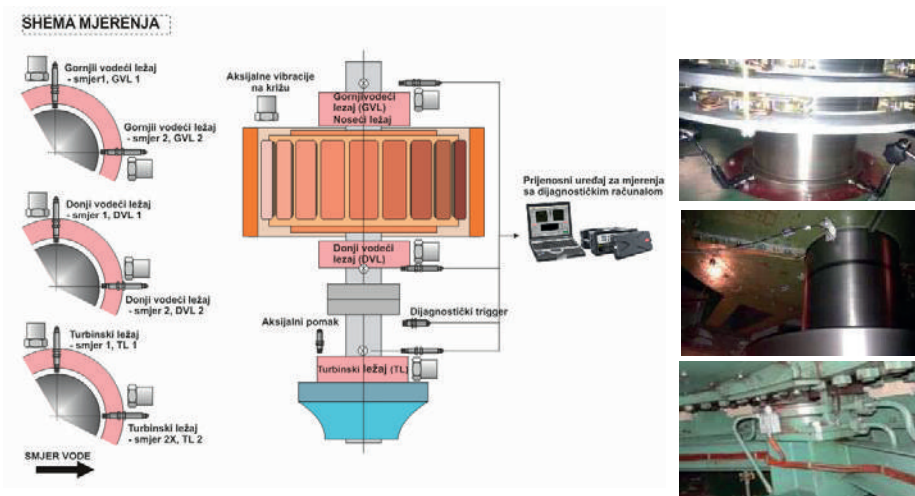
Slika 1. Instalirani davači za mjerenje brzine, ubrzanja i pomaka

Za metodologiju mjerenja i analizu rezultata mjerenja na odabranim mjerenim mjestima korišteni su standardi: [6,7,8]

- ISO 19201-Mehaničke vibracije: Metodologija odabira odgovarajućih standarda vibracija strojeva;
- ISO 7919 serija-Mehaničke vibracije: Procjena vibracija stroja mjerenjem na rotirajućim vratilima: ISO 7919-1 opće smjernice, ISO 7919-5 Strojevi u hidrauličkim i pumpnim postrojenjima;
- ISO 17359-Praćenje stanja i dijagnostika strojeva: Opće smjernice;
- ISO 10816 serija-Mehaničke vibracije: ISO 10816-1 procjena vibracija na strojevima mjerenjem na nerotacijskim dijelovima; ISO 10816-3 Industrijski strojevi s nazivnom snagom iznad 15 kW i nazivnim brzinama između 120 ob/min i 15 000 ob/min kada se mjeri ‘in situ’.

2.2. Opis postupka mjerenja

Raspored mjernih davača na pozicijama za izvođenje dijagnostičkih mjerenja i analize vibracija na hidroagregatu je prikazan na Sl.2. [8,9]



Slika 2. Shematski prikaz mjernih pozicija i davača za mjerenje vibracija; neka od odabranih mjernih mjesta [3]

Mjerenje je provedeno istovremenim snimanjem i analizom svih vibracijskih signala u sljedećim režimima rada:

- Početak rada i rotacija na nominalnoj brzini u čistoj mehaničkoj vrtnji, u trajanju cca. 30 min.;
- Sporo ubrzavanje pri mehaničkoj rotaciji i slobodno zaustavljanje bez kočenja.
- Početak rada do nominalne brzine vrtnje i uključenje uzbude (povećanjem uzbude od 25 % do postizanja nominalne uzbude);
- Sinkronizacija i opterećenja do maksimalne snage kad objekt radi na maksimalnoj snazi do termičke stagnacije;
- Smanjivanje radne snage u postupno po 25% i rad na nižim iznosima radne snage u trajanju cca.15 min.;
- Isključenje hidroagregata i slobodno zaustavljanje u zagrijanom stanju. [3]

Na hidroagregatu nisu provedena mjerenja kod ispada sa snage zbog vrlo velikih vibracija u mehaničkoj rotaciji.

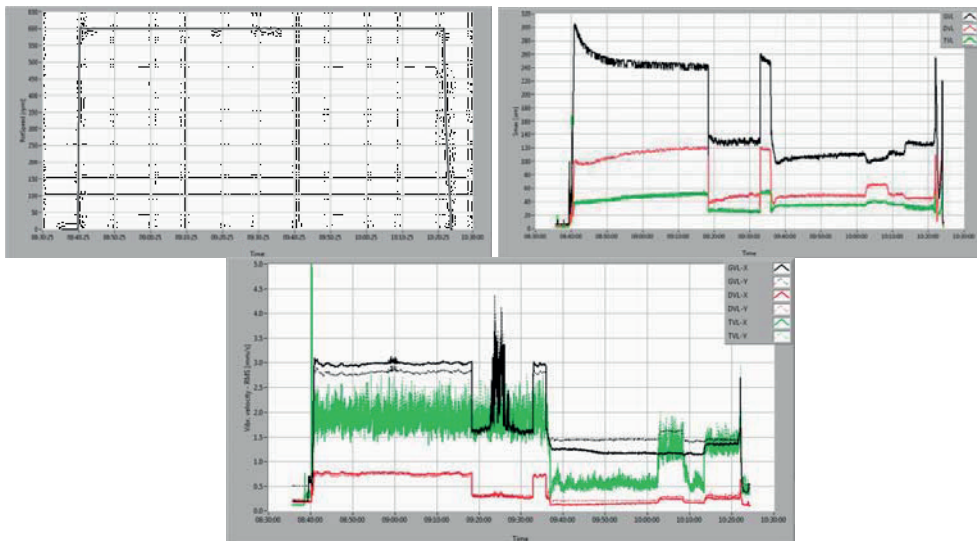
Mjerenja su napravljena sa mjernim davačima relativnih i apsolutnih vibracija postavljenim na sljedeće mjerne pozicije:

- turbinski ležaj (TL) - po dva davača relativnih vibracija i dva davača apsolutnih vibracija u smjerovima X i Y (smjer Y je u liniji spojnice, a smjer X je okomit na smjer Y);
- donji vodeći ležaj (DVL) - četiri davača. Davači relativnih vibracija smješteni su neposredno ispod kućišta DVL, a davači apsolutnih vibracija na samo kućište DVL;
- gornji vodeći ležaj (GVL) – četiri davača. Davači relativnih vibracija postavljeni su na vrh zvona odmah ispod kliznih koluta, a davači apsolutnih vibracija točno u ravnini segmenata GVL;
- aksijalni pomak rotora i davač brzine rotacije.

2.3. Mjerenja na hidroagregatu prije remonta

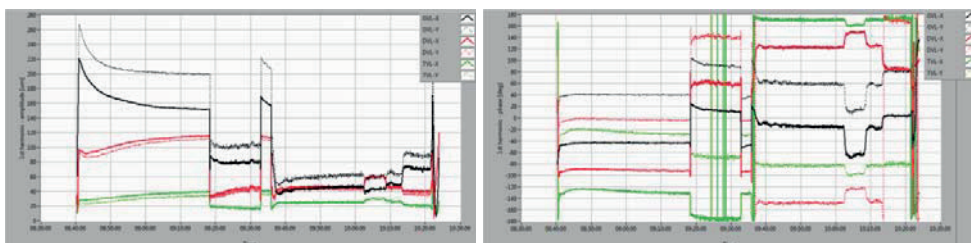
2.3.1. Mjerenja u stacionarnom radu

Mjerenja koja su napravljena dala su rezultate predstavljene na Sl. 3. koja pokazuje trend zapise brzine rotacije, relativnih (S_{max}) i apsolutnih (V_{rms}) vibracija pri različitim režimima: zaletu, mehaničkoj rotaciji, uzbudi i opterećenju do 10 MW. [3]

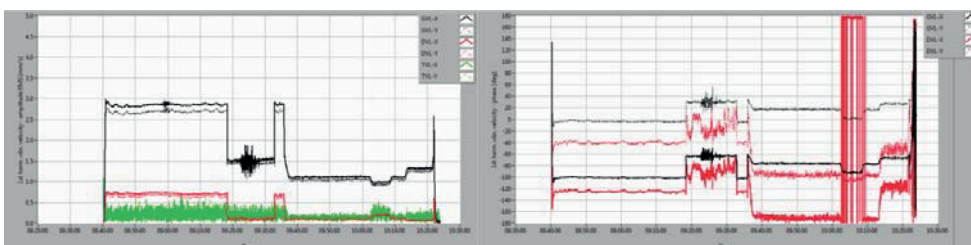


Slika 3. Brzina rotacije; relativne vibracije S_{max} i apsolutne vibracije kućišta ležajeva V_{rms}

Pri ovim režimima djelovanja, stanje hidroagregata bilo je na granici nedopuštenog, jer relativne vibracije na GVL pri startu dostižu iznose i preko 300 μm , što dokazuje da je GVL već oštećen. Početni zazor ležajeva bio je postavljen na 180 μm , a vibracije mogu porasti na 300 μm samo ako su segmenti ležaja toliko razmaknuti, odnosno ako je oštećena mehanička konstrukcija za podešavanje zazora. Apsolutne vibracije kućišta GVL pri mehaničkoj rotaciji su bile oko 3 mm/s. Dakle, prisutna je vrlo velika magnetska neuravnoteženost čiji se intenzitet ocjenjuje na temelju trendova porasta amplituda i faza prvog harmonika (Sl.4. i Sl.5.).



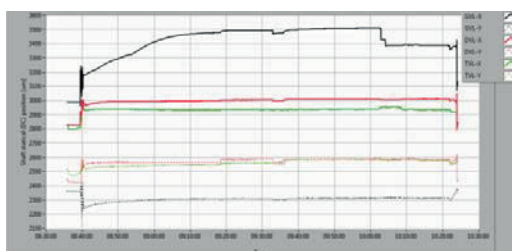
Slika 4. Prvi harmonik relativnih vibracija, amplituda i faza



Slika 5. Prvi harmonik apsolutnih vibracija, amplituda i faza

Sl.4. pokazuje da je amplituda magnetske neuravnoteženosti (vektorska razlika između vektora vibracija u mehaničkoj vrtnji i pod teretom) iznosila gotovo 170 μm , a takav intenzitet amplitude ne omogućuje stabiliziranje vibracijskog stanja hidroagregata.

Sl.5. pokazuje da su amplitude vibracijske brzine iznosile 3 mm/s pri mehaničkoj rotaciji, tj. da bi kod pobjega hidroagregat djelovao pri vrlo nestabilnim, čak i katastrofalnim uvjetima, jer na maksimalnoj brzini rotacije, vibracije kućišta bi premašile intenzitet od 30 mm/s, što niti jedan hidroagregat ne može izdržati.



Slika 6. Statičke pozicije osovine u GVL, DVL i TL u smjerovima X i Y

Sl.6. prikazuje vrlo rijetku pojavu promjena statičke pozicije osovine u tri ležaja. Statička pozicija osovine u GVL u smjeru X osi promijenila se za 300 μm od početka rada do dostizanja nominalne brzine rada pod teretom 10 MW u trajanju cca. 90 min., a to je bilo

moguće zbog zazora unutar ležaja. Dakle, ako se uzmu u obzir, tzv. amplitude opletanja osovine preko 200 μm u mehaničkoj vrtnji, zazor je puno veći od postavljenog. Može se zaključiti da je u ovim režimima dolazilo do oštećenja konstrukcije ležaja.

U smjeru Y osi statički pomaci osovine u GVL su bili višestruko manji, a to ukazuje i na smjer u kojem je nastupilo oštećenje.

Neposredno nakon početka rada, amplitude opletanja pri mehaničkoj vrtnji na GVL iznosile su 300 μm , a statička pozicija osovine u smjeru X osi ukupno 3200 μm .

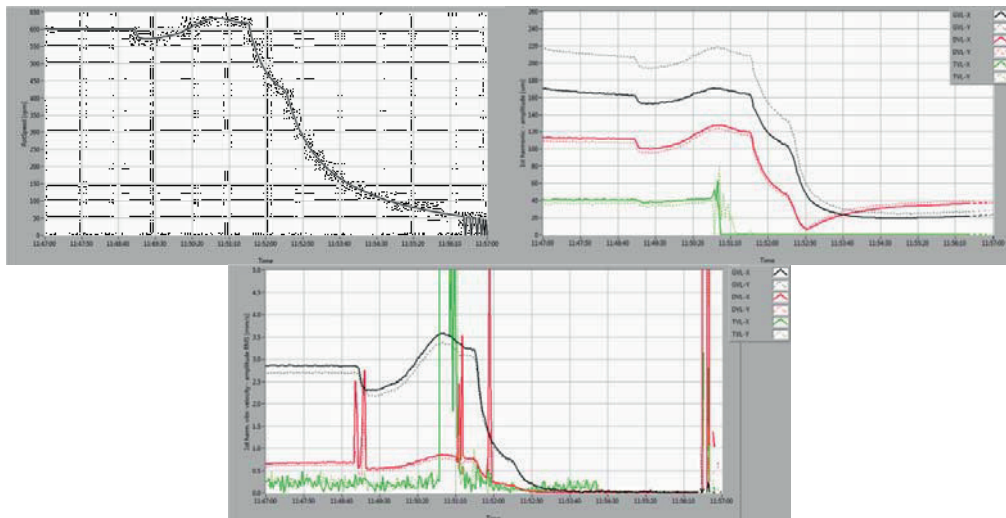
Nakon određenog vremenskog perioda mehaničke vrtnje, amplitude opletanja su se smanjile na 200 μm , a signal statičke pozicije porastao za 300 μm (ukupno 3500 μm).

Dakle, zazor na GVL iznosio je oko 500 μm , tj. kad je osovina najbliže središtu ležaja, a amplitude opletanja su bile najveće, jer je otpor uljnog filma najmanji. Inače, smanjenje amplitude opletanja se događa onda kada se mijenja statički pomak, tj. kada se osovina približava segmentima ležaja, a povećava otporna sila u uljnom filmu.

Za ocjenu stanja hidroagregata potrebno je bilo utvrditi i pomake osovine unutar ležaja. Amplituda opletanja vibracija kućišta ležaja bile su konstantne i iznosile su 3mm/s, što znači da su i sile na rotoru konstantne, a intenziteti amplituda opletanja su se mijenjale ovisno o promjenama krutosti uljnog filma unutar promjenljivog zazora unutar ležaja. Dakle, parametri vibracija ukazivale su na alarmantno stanje hidroagregata, što upućuje na procedure za remont hidroagregata u skladu sa ustanovljenim nepravilnostima.

2.3.2. Mjerenja kod zaustavljanja

Napravljena su i mjerenja kod zaustavljanja, a rezultati mjerenja pokazani su na Sl.7. koja prikazuje promjene brzine rotacije, zatim promjenu prvog harmonika relativnih vibracija i promjenu prvog harmonika apsolutnih vibracija kod vrlo spore promjene brzine rotacije do 630 ob/min i slobodnog zaustavljanja.



Slika 7. Brzine vrtnje, relativne vibracije i apsolutne vibracije pri zaustavljanju

Opletanja koja se događaju oko nominalne brzine rotacije su vrlo velika, prelaze i preko 200 μm . Kod malih brzina vrtnje opletanja su posljedica, tzv. run-out faze rada hidroagregata i iznose cca. 40 μm na DVL i cca. 20 μm na GVL, što znači da nema velikih odstupanja od osi rotora, tj. da se nije oštetio rotor nego samo konstrukcija.

Kad se brzina rotacije mijenjala od 550 do 630 ob/min, amplitude opletanja su se vrlo malo mijenjale, ali su vibracije kućišta rasle. U određenom području brzina rotacije, brzina vibracija na GVL je bila u porastu od 2,3 do 3,5 mm/s, što je navodilo na činjenicu da je režim, tzv. pobjega vrlo nepovoljan, čak i vrlo opasan za hidroagregat, što znači da je potreban remont istoga.

3. ZAKLJUČAK

Praćenje i analiza vibracija i praćenje stanja oštećenja jedna je od najučinkovitijih metoda za ocjenu stanja opreme u industriji. Snimljeni signali vibracija su rezultat superponiranja vibracija iz različitih izvora, odnosno različitih elemenata stroja, zbog čega je teško interpretirati stupanj oštećenja određenog elementa. Međutim, metodom vibrodijagnostike koja koristi izdvajanje frekvencijskih signala pojedinih elemenata postiže se, ne samo lokalizacija kvarova na elementima nego i praćenje procjene oštećenja na svakom elementu. Vibracijska dijagnostika temelji se na mjerenju dinamičkih parametara, koji su rezultat međusobnog djelovanja pojedinih dijelova rotacijskog stroja i koji se mogu predstaviti kao parametri položaja, brzine, ubrzanja.

Vibracijski signal sadrži informaciju o razlogu vibracije i kroz njenu analizu, koristeći različite metode, mogu biti otkrivene greške da bi se otklonile u fazi remonta. Promjene u takvom stanju rotacijskog stroja uvjetovane su brzim promjenama vibracijskog signala, koje ovise o širokom frekvencijskom i dinamičkom području vibracijskog procesa i velikom brzinom rasprostiranja signala po strojnoj konstrukciji, a to je vrlo važno u slučaju kvara kada je brzina postavljanja dijagnoze vrlo bitna za sprječavanje slučajeva potpunog zastoja ili havarije, a što je bio slučaj i u ovom primjeru procjene stanja za ili protiv postupka remonta hidroagregata.

U navedenom primjeru istraživanja hidroagregata preporučuje se napraviti mjerenja na hidroagregatu nakon remonta koji bi uključivao balansiranje rotora generatora i to pri režimu mehaničke rotacije pri smanjenim brzinama, umetanjem limova kako bi se smanjio zračni raspor na nekoliko polova što može utjecati na uravnoteženje rotora i smanjenje sile koja izaziva magnetsku neuravnoteženost.

4. REFERENCE

- [1] <https://koncar-gim.hr/proizvodni-program/veliki-generatori/>
- [2] <https://www.litostrojpower.com/we-produce/hydro-power>
- [3] <https://www.veski.hr/products/codis-pmu>
- [4] https://intertechnology.com/CTC/pdfs/AC136_Series.pdf
- [5] <https://www.bkvibro.com/product/in-081/>
- [6] ISO 7919-5:2005, Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 5: Machines sets in hydraulic power generating and pumping plants, ISO, 2005
- [7] ISO 10816-5:2000, Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants, ISO, 2000
- [8] Šaravanja D., Petković D.: Tehnička dijagnostika-metode identifikacije struktura i stanja sustava, Sveučilište u Mostaru, ISBN 978-9958-16-131-5, Mostar, 2019.
- [9] Šaravanja, D., Cigić, A. & Petković, D.: Frequency analysis and diagnostics vibration process on hydro-aggregates, Proceedings of the 3rd International Conference “Business Systems Management UPS 2004, Mostar, 2004.

SISTEMI MONTAŽE JEDNOBRODNE AB HALE

ASSEMBLY SYSTEMS OF RC ONE-BAY HALLS

v. ass. Nermin Redžić
Univerzitet u Zenici
Zenica

v. ass. Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Zenica

v. prof. dr. Vesna Boljević
Univerzitet Donja Gorica
Inpek d.o.o.
Podgorica

REZIME

Jednobrodne hale su najrasprostranjenije zato što su najjednostavnije za izgradnju, a namijenjene su uglavnom za sportske dvorane, industrijske pogone, kao i za privremene objekte. Montažni radovi zahtijevaju detaljnu pripremu i analizu ograničavajućih faktora u projektu. Budući da montažni radovi uključuju upotrebu skupocjenih transportnih sredstava i uređaja cilj tehnološkog projekta montaže je optimizacija svih aktivnosti u izradi i montaži elemenata. U radu je detaljno predstavljene tehnološki projekat montaže jednobrodne AB hale pravilnog oblika, dimenzija 35,60x15,60 m i visine H=9,80 m. Dat je opis svih montažnih elemenata (temeljna konstrukcija, stubovi i nosači), a zatim na bazi parametara elemenata definisan plan transporta elemenata na gradilište te plan montaže elemenata kao i plan mjera zaštite na radu.

Cljučne riječi: hala, montaža, transport, plan montaže

ABSTRACT

One-bay halls are the most widespread because they are the simplest to build, and they are mainly intended for sports halls, industrial facilities, as well as for temporary facilities. Assembly works require detailed preparation and analysis of limiting factors in the project. Since assembly works involve the use of expensive means of transport and equipment, the goal of the technological assembly project is to optimize all activities in the manufacture and assembly of elements. The paper presents in detail the technological projects for the assembly of a single-aisle hall of regular shape, dimensions 35.60x15.60 m and height H=9.80 m. A description of all assembly elements (foundation structure, pillars and supports) is given, and then, based on the parameters of the elements, a plan for transporting the elements to the construction site is defined. A plan for the assembly of elements as well as a plan for occupational safety measures has also been defined.

Key words: hall, assembly, transport, assembly plan

1. OPIS OBJEKTA SA TEHNIČKIM KARAKTERISTIKAMA

Objekat jednobrodne montažne AB hale izvodi se na lokaciji Raspotočje, grad Zenica. Osnova objekta je pravilnog oblika, dimenzija 35,60x15,60 m. Visina konstrukcije objekta je H=9,80 [m] mjereno od kote 0.00 do sljemena objekta. Osnova objekta je pravougaona gdje rasponi glavnih krovnih nosača iznose L=15 [m], dok rasponi sekundarnih krovnih nosača iznose e = 7 [m]. U objektu je također planiran mosni kran koji ima nosivost 20 [t]. Na osnovu tehnoloških zahtjeva odabran je montažni sistem konstrukcije, tj. skeletna konstrukcija koja će se izvoditi od prefabrikovanih betonskih elemenata. Fundiranje objekta je izvršeno na tlu razreda A, dopuštene nosivosti $\sigma = 300$ [kN/m²].

Od montažnih elemenata konstrukcije razlikujemo:

- temeljne čašice,

- temeljne grede,
- stubove sa kratkim konzolama,
- glavne krovne nosače,
- sekundarne krovne nosače i
- ukrutne T grede.

Temeljne grede su dimenzija 40/90 cm i izvode se od kvalitetne klase betona C 25/30. Armiranobetonski montažni stubovi su kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 60x60 cm. Izvode se u metalnoj oplati od betona kvalitetne klase C 30/37 i armature koja je data u proračunu konstrukcije. Glavni krovni nosač je T poprečnog presjeka raspona $L=15$ [m]. Nosač je promjenljivog poprečnog presjeka sa nagibima od 11 %. Visina nosača na osloncu iznosi 90 [cm] dok na sljemenu ona iznosi 170 [cm]. Usvojena kvalitetna klasa betona za ove elemente je C 30/37. Sekundarni krovni nosač je T poprečnog presjeka dimenzija 27/35 cm, raspona $e = 7$ [m]. Izrađuje se od betona C 30/37 u metalnoj oplati i armira se prema rezultatima iz proračunskog dijela. Oslanja se na glavne krovne nosače, a usvojena vrijednost proračunskih razmaka iznosi 229,5 [cm].

2. OPIS MONTAŽNIH ELEMENATA

2.1. Temeljna konstrukcija

Temeljna konstrukcija je projektovana od prefabrikovanog dijela temeljne čašice i monolitnog dijela temeljne stope. Dimenzije temeljne stope su 280x280/70 cm. Iznad temeljne stope se radi temeljna čašica dimenzija 120x120/90 cm. Unutrašnji zidovi čašice se izvode hrapavi kako bi se obezbijedio dovoljan stepen uklještenja stuba u temeljnu čašicu. Projektovani materijali za temeljnu konstrukciju su: beton: C 30/37 i armatura B500B. Po obodu objekta i u unutrašnjosti temeljne stope su povezane temeljnim veznim gredama. Uloga temeljnih veznih greda je uvezivanje svih temelja u cilju postizanja jedne krute cjeline u horizontalnoj ravni. Temeljne grede su statičkog sistema proste grede a materijal od kojeg se izvode je: beton: C 25/30 i armatura B500B.

2.2. Stubovi

Stubovi objekta su projektovani kao prefabrikovani dimenzija 60x60 cm, statičkog sistema konzole. Stubovi se na donjem kraju izvode kao hrapavi (nazubljeni) u dužini od 90 [cm] kako bi se postigao što veći stepen uklještenja u temeljnu čašicu. Na stubu su projektovane kratke konzole za oslanjanje kranskih nosača kao i viljuškasti oslonci za oslanjanje glavnih krovnih nosača. Projektovani materijali za prefabrikovane stubove su: beton C 30/37 i armatura B500B.

2.3. Glavni krovni nosač

Glavni krovni nosač je statičkog sistema proste grede, promjenljivog poprečnog presjeka, raspona $L = 15$ [m]. Prefabrikovani krovni nosač se na krajevima slobodno oslanja na prefabrikovani stub. Oslonac na stubu se projektuje kao viljuškasti oslonac koji osigurava bočnu stabilnost grede, a veza se dodatno osigurava horizontalnim trnovima. Projektovani materijali za prefabrikovane glavne krovne nosače su: beton C 30/37 i armatura B500B.

2.4. Sekundarni krovni nosač

Sekundarni krovni nosači (rožnjače) su projektovane kao prefabrikovane grede T poprečnog presjeka. Statički sistem je prosta greda raspona $L = 7$ [m]. Zadatak im je prijem i prenos opterećenja sa krovnog pokrivača na glavne krovne nosače. Sekundarni nosači se direktno oslanjaju na gornju ivicu glavnog krovnog nosača, a veza sa glavnim krovnim nosačem se

osigurava pomoću vertikalnog trna. Projektovani materijali za prefabrikovane sekundarne krovne nosače su: beton C 30/37 i armatura B500B.

2.5. Prikaz parametara montažnih elemenata

Svi parametri potrebni za vađenje elemenata iz kalupa, transport i montažu elemenata dati su u sljedećoj tablici.

Tabela 1. Parametri potrebni za vađenje elemenata iz kalupa, transport i montažu elemenata

NAZIV ELEMENATA	DIMENZIJE POPR.PRESJEKA	DUŽINA [m]	ZAPREMINA [m ³]	MASA [kg]	KOMADA
Temeljna čašica	1,20 x 1,20	0,90	0,69	1725	12
Temeljna greda 1	0,40 x 0,90	5,80	2,08	5200	10
Temeljna greda 2	0,40 x 0,90	13,80	4,97	12425	4
Stub	0,60 x 0,60	9,56	3,59	8975	12
Glavni krovni nosač	0,50 x 1,70	15,60	5,00	12500	6
Sekundarni krovni nosač	0,27 x 0,35	7,00	0,34	850	40
"T" ukrutna greda	0,50 x 0,40	7,00	0,85	2125	10

3. TEHNOLOGIJA MONTAŽE ELEMENATA

3.1. Plan izrade montažnih elemenata

Zbog potrebne dinamike gradnje i mogućnosti transporta AB elemenata odlučeno je da će sljedeći nosivi elementi biti proizvedeni kao montažni i to sljedećim redoslijedom:

- temeljne čašice,
- temeljne grede,
- stubovi,
- glavni krovni nosači i
- sekundarni krovni nosači

dok će se temeljna ploča zbog nemogućnosti transporta iz pogona izvesti monolitno (in situ).

3.2. Metodologija vađenja iz kalupa i deponovanje elemenata

Proizvodnja prefabrikovanih elemenata će se obavljati u proizvodnom pogonu – fabrici. Fabrika u kojoj će se proizvoditi elementi posjeduje: armirački pogon, tesarski pogon, bravarski pogon za prepravku i održavanje metalne oplata, pogon za proizvodnju betona, pogon za transport betona od fabrike betona do mjesta ugradnje, laboratoriju za ispitivanje betona i agregata, uređaje za ugradnju betona, pogon za proizvodnju pare za zaparavanje elemenata, administrativni dio za osoblje, prostor za obilježavanje i odlaganje gotovih elemenata, mehanizaciju za vađenje iz kalupa, prenos na deponiju i utovar u transportna sredstva gotovih elemenata.

Proces proizvodnje počinje prilagodbom metalnih kalupa na tražene dimenzije. Dok se vrši pripremanje kalupa, u armiračkom pogonu se vrši ispravljanje, sječenje, savijanje i montaža armature prema planovima armature. Armaturu je potrebno dobro očistiti od hrđe. Kod vezivanja armature vrlo je bitno da se armatura veže sa duplim vezom kako bi gotovi sklop armature mogao da se zakači kranom i prenese na mjesto ugradnje.

Kada je kalup napravljen po planu oplata za predmetni element pristupa se čišćenju istog da ne bi ostali dijelovi metala ili prašine na oplati. Na očišćeni kalup se nanosi tanki sloj oplatal ulja koje mora biti otporno na temperaturu.

Prilikom postavljanja armaturnog sklopa vodi se računa o tome da je potrebno postaviti plastične distancere uz oplatu koji su visine željenog zaštitnog sloja betona. Vrlo je bitno da se distanceri postave u dovoljnom broju kako ne bi došlo do ispadanja određenog broja distancera i smanjenja zaštitnog sloja, pa čak i izbijanja armature na površinu betonskog elementa.

Beton kojim će se vršiti betoniranje svih elemenata je kvalitetne klase C 30/37, bez ikakvih aditiva. Beton će se u cijelosti spravljati unutar betonare. Beton za elemente spravljati će se od agregata u cijelosti proizvedenog unutar pogona. Ugradnja betona u kalupe izvodit će se pomoću košara za beton zapremine 1 [m³] i 0,7 [m³]. Beton će se prilikom ugradnje vibrirati pervibratorima i oplatnim vibratorima.

Prije početka proizvodnje svježje betonske mase potrebno je izvršiti različite kontrole kao što su kontrola granulometrijskog sastava agregata, kontrola brzine vezivanja cementa i kontrola vlažnosti agregata.

Nakon betoniranja i kada je beton počeo vezivati izvršice se zaparivanje elemenata. Nakon skidanja oplata elementi će biti deponovani unutar pogona, te će potom biti prevezeni pomoću tegljača s otvorenom poluprikolicom na gradilište. Prije nego se izvrši deponovanje elementa treba provjeriti da li je dostigao 70% čvrstoće od projektovane kvalitetne klase betona.

3.3. Opis transporta i opreme za montažu

Transport prefabrikovanih elemenata koji se ne proizvode u blizini mjesta ugradnje vrši se transportnim sredstvima do mjestima ugradnje, odnosno mjesta montaže u konstrukciju objekta. Gotovi prefabrikovani elementi će biti transportovani iz pogona na gradilište po trasi dužine 80 [km]. Svi elementi će biti transportovani pomoću tegljača sa otvorenom poluprikolicom nosivosti 30 [t]. Prijevoz svih elemenata odvijaće se po normalnom režimu vožnje.

Na kamion će se elementi tovariti sljedećim redoslijedom:

- *1. kamion: 12 temeljnih čašica ukupne težine 20,7 [t] i jedna temeljna greda (1) težine 5,2 [t] → ukupna težina na kamionu 25,9 [t];
- *2. kamion: 5 temeljnih greda (1) ukupne težine 26,0 [t] → ukupna težina na kamionu 26,0 [t];
- *3. kamion: 4 temeljne grede (1) ukupne težine 20,8 [t] i jedan stub težine 8,97 [t] → ukupna težina na kamionu 29,77 [t];
- *4. kamion: 2 temeljne grede (2) ukupne težine 24,85 [t] → ukupna težina na kamionu 24,85 [t];
- *5. kamion: 2 temeljne grede (2) ukupne težine 24,85 [t] → ukupna težina na kamionu 24,85 [t];
- *6. kamion: 3 stuba ukupne težine 26,92 [t] → ukupna težina na kamionu 26,92 [t];
- *7. kamion: 3 stuba ukupne težine 26,92 [t] → ukupna težina na kamionu 26,92 [t];
- *8. kamion: 3 stuba ukupne težine 26,92 [t] i 3 sekundarna krovna nosača ukupne težine 2,55 [t] → ukupna težina na kamionu 29,47 [t];
- *9. kamion: 2 stuba ukupne težine 17,95 [t] i 5 ukrutnih greda ukupne težine 10,62 [t] → ukupna težina na kamionu 28,57 [t];
- *10. kamion: 1 glavni krovni nosač ukupne težine 12,5 [t], 5 ukrutnih greda ukupne težine 10,62 [t] i 7 sekundarnih krovnih nosača ukupne težine 5,95 [t] → ukupna težina na kamionu 29,07 [t];

- *11. kamion: 2 glavna krovna nosača ukupne težine 25,0 [t] i 5 sekundarnih krovnih nosača ukupne težine 4,25 [t] → ukupna težina na kamionu 29,25 [t];
- *12. kamion: 2 glavna krovna nosača ukupne težine 25,0 [t] i 5 sekundarnih krovnih nosača ukupne težine 4,25 [t] → ukupna težina na kamionu 29,25 [t];
- *13. kamion: 1 glavni krovni nosač ukupne težine 12,5 [t] i 20 sekundarnih krovnih nosača ukupne težine 17,0 [t] → ukupna težina na kamionu 29,50 [t];

Prilikom procesa transporta potrebno je poštovati sljedeće:

- prije početka utovara tereta u vozilo, odnosno istovara iz vozila, vozač je dužan preduzeti sve potrebne mjere kojima se sprečava da vozilo samo krene sa mjesta na kome je zaustavljeno;
- nakon završenog utovara tereta u vozilo, vozač je dužan provjeriti je li teret pravilno smješten, a kod vozila na stranama jesu li one sigurno zatvorene;
- teret u komadima mora se na odgovarajući način osigurati od pomicanja za vrijeme vožnje ili pri naglom kočenju vozila;
- ako postoji razmak između tereta, moraju se ubaciti čvrsti drveni umeci i staviti dodatni podmetači;
- prilikom slaganja tereta u komadima različite težine i veličine, moraju se najprije slagati komadi veće težine;
- teret koji se prevozi mora se slagati na podmetače.

Za montažu prefabrikovanih elemenata koristiće se autodizalica sa kutijastom (teleskopskom) strijelom. Konstrukcija autodizalice se sastoji od sljedećih dijelova:

- nosivi dio: šasija kamiona sa hidrauličkim stabilizatorima;
- mobilni dio: obrtna platforma sa kabinom rukovaoca, pogonskim motorom, hidrauličnim sistemom, teleskopskom strijelom, vitlom sa užetom i kukom;
- pogon, transmisija: dizel motor;
- radni organ: vitlo sa kukom.

Elementi će se montirati direktno sa poluprikolice tegljača, tj. bez procesa deponovanja na gradilištu. Za montažu prefabrikovanih elemenata koristiće se Liebherr autodizalica tipa LTM 1030-2.1, nosivosti 35 [t].

Autodizalica Liebherr LTM 1030-2.1:

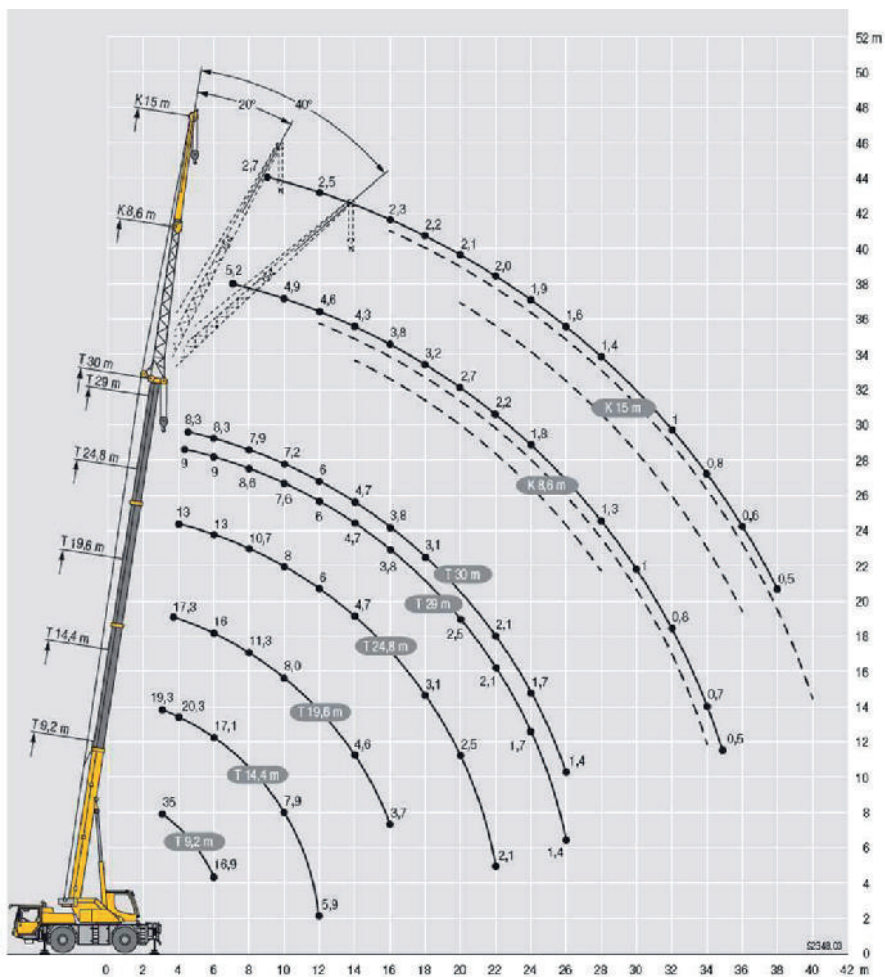
- maksimalna nosivost: 35 [t],
- maksimalna visina dizanja: 45 [m],
- maksimalni radijus: 40 [m],
- broj osovina: 2.

Općeniti redoslijed montiranja elemenata bio bi:

- temeljne čašice,
- temeljne grede,
- stubovi,
- ukrutne "T" grede,
- glavni krovni nosači,
- sekundarni krovni nosači.

Prije postavljanja autodizalice na prostor predviđen za montažu bitno je prije svega obezbijediti čvrst oslonac dizalici, zatim poznavati osnovne karakteristike dizalice, kao i voditi računa o poznavanju težine tereta koji će se dizati za vrijeme operacija sa dizalicom i

dohvat do koga taj teret treba dohvatiti. Kako bi se postigla bezbjedna montaža svi oslonci na tlo moraju biti prošireni, a svi kotači odignuti od tla. Proširenje oslonaca se vrši iz razloga da se opterećenje prenese na što veću površinu kako bi se naponi na kontaktu dizalica-tlo sveli na što manju mjeru. Smanjenjem napona u tlu smanjuje se i slijeganje, a time povećava stabilnost dizalice i tereta. Razlika u visini između bilo koja dva oslonačka nosača mora biti manja od 300 [mm], a tlo ispod svakog podmetača treba izravnati kako bi se izbjegao rizik da dizalica sklizne preko oslonačkog ležišta (podloge). Prilikom rada, oslonačka ležišta moraju se često provjeravati. Ako postoji neki problem u vezi sa stabilnošću oslonačkih ležišta, rad treba odmah prekinuti i omogućiti korekcije koje se moraju hitno napraviti kako ne bi došlo do ozljeda za vrijeme procesa gradnje.



Slika 1. Karakteristika dizalice Autodizalica Liebherr LTM 1030-2.1

3.4. Plan montaže na gradilištu

3.4.1. Plan montaže temeljnih čašica

Plan montaže temeljnih čašica se sastoji u tome da se temeljna čašica donosi u iskapan temelj i postavlja na projektovanu visinu. Na projektovanu visinu temeljne čašice se

postavljaju pomoću čeličnih distancera kako bi omogućili naknadno monolitno betoniranje temeljne stope. Planirano je da se temeljne čašice montiraju za 2 dana. Nakon postavljanja temeljnih čašica slijedi monolitno izvođenje temeljnih stopa. Nakon toga se čeka 3 dana da temeljna ploča postigne projektovanu čvrstoću i onda slijedi montaža stubova.

3.4.2. Plan montaže stubova

Plan montaže stubova se sastoji od tri faze. Proces montaže stupova je složen, prvenstveno iz razloga što se stupovi dovoze na gradilište u horizontalnom položaju, a na gradilištu ih je potrebno montirati u vertikalni položaj. Prilikom prelaska stuba iz jednog položaja u drugi, dolazi do značajnih promjena u opterećenjima koja djeluju na stup. Iz tog razloga je potrebno posvetiti veliku pažnju projektovanju armature stubova, te rasporedu kuka za prihvat.

I FAZA (dizanje stuba u vertikalni položaj) – Dizanje stuba sa poluprikolice tegljača u vertikalni položaj vrši se pomoću balansne grede i trna. Kroz plan armature određen je za svaki stub tačan položaj trna, budući da se kod prelaza stuba iz horizontalnog u vertikalni položaj mogu javiti značajni momenti savijanja. U fazi betoniranja se na mjestu prolaza trna stavlja čelična bešavna cijev. Stubovi težine do 24 [t] dižu se trnom prečnika Ø 120 mm (Ø 140 mm bešavna cijev) od ČN 35 i balansnom gredom nosivosti 24 [t] od ČN 24 – ČN 36. Za svaki stub mora postojati proračun dizanja za trn i čeličnu užad za dizanje vezano za položaj hvatišta čeličnih užadi na trnu (krak opterećenja trna). Lakši stubovi manjih težina obično se dižu putem kuka koje se ostavljaju u glavi stuba prilikom betoniranja s obzirom da je to jednostavniji način.

II FAZA (spuštanje stuba u temeljnu čašicu) – Prije montaže na dnu stupa se ugrađuje čelična pločica u sloju cementnog maltera u debljini 4-5 [cm], a njena osovinu se postavlja u osovinu stuba. Po očvršćavanju maltera pristupa se montaži stuba. Stubovi se privremeno podešavaju pomoću drvenih ili metalnih klinova koji se kasnije vade. Drveni klinovi moraju biti suhi. Dužina klinova mora biti najmanje 25 [cm], tako da poslije zabijanja vire iz ležišta za 12 [cm]. Spojnice od 2-5 [cm] se po montaži zaliju cementnim malterom.

III FAZA (oslobađanje trnova i čeličnih užadi sa stuba) – Po završetku montaže vrši se oslobađanje trnova i čeličnih užadi sa stuba. Za manje visine stupova radnici mogu koristiti ljestve sa leđobranom odgovarajuće dužine ili moraju biti vezani zaštitnim pojasom i užetom koje ima amortizer za ublažavanje dinamičkih udara. Prilikom betoniranja stubova ostavljaju se u stubu kuke od tankog betonskog željeza za kačenje ljestvi. Daleko jednostavniji i sigurniji način rada je sa hidrauličkim platformama ili vozilom sa hidrauličkom rukom i košarom.

Planirano je da se stubovi montiraju 3 dana.

3.4.3. Plan montaže glavnih i sekundarnih krovnih nosača

Sekundarni nosači se podižu i prenose pomoću dvostrukih priveznica, koje na krajevima imaju kuke sa sigurnosnim osiguračima. Povezivanje i zavarivanje sekundaraca za glavne krovne nosače vrše radnici koji su zaštićeni zaštitnom ogradom glavnog nosača. Ograda je postavljena dok je glavni nosač bio na zemlji. Radnici su još vezani zaštitnim pojasom i užetom koje ima amortizer. Nakon pričvršćivanja sklopa na ploču potrebno je zatvoriti dodatne osigurače na sklopu, kako se prilikom prenošenja sklop ne bi mogao slučajno otvoriti. Planirano je da se glavni i sekundarni krovni nosači montiraju zajedno tako što će se krenuti sa jednog kraja objekta i povlačiti prema izlazu. Prikaz položaja dizalice i kamiona

dat je u situacionom rješenju. Planirano je da se glavni i sekundarni krovni nosači montiraju 5 dana.

3.5. Pomoćne skele i zaštitne ograde

Pod skelama podrazumijevaju se pomoćne konstrukcije koje služe za vršenje radova u građevinarstvu na visini većoj od 150 [cm] iznad tla. Skele moraju biti građene i postavljene prema planovima koji sadrže dimenzije skele i svih njenih sastavnih elemenata, sredstva za međusobno spajanje sastavnih elemenata, način pričvršćivanja skele za objekat odnosno tlo, najveće dopušteno opterećenje vrste materijala i njihov kvalitet, statički proračun nosećih elemenata kao i uputstvo za montažu i demontažu skele. Skele mogu postavljati, prepravljati, dopunjavati i demontirati samo stručno obučeni radnici, zdravstveno sposobni za rad na visini i to pod nadzorom određenog stručnog lica na gradilištu. Ako se pri postavljanju skele naiđe na električne vodove ili druge prepreke, mora se obustaviti rad i preduzeti kod nadležne organizacije mjere za isključenje struje odnosno uklanjanje prepreka. Za vezivanje pojedinih elemenata skele smiju se upotrebljavati samo tipska sredstva ili sredstva predviđena jugoslovenskim standardima (ekseri, zavrtnji, klanfe, spojnice i drugo). Vezivanjem pojedinih elemenata skele u konstruktivnu celinu ne smije se umanjivati njihova predviđena nosivost. Elementi poda skele (daske, limene ploče i drugo) moraju se prije upotrebe pažljivo pregledati. Oštećeni odnosno dotrajali elementi ne smiju se ugrađivati u pod skele. Elementi poda moraju u potpunosti ispunjavati prostor između nosećih stubova skele. Odstojanje poda skele od zida objekta ne smije biti veće od 20 [cm]. Čista širina poda skele ne smije biti manja od 80 [cm].

Na svaki sprat skele mora da bude izgrađen siguran pristup odnosno silazak. Skela na građevinskim objektima postavljena neposredno pored ili iznad saobraćajnica mora biti na spoljnoj strani po celoj dužini i visini prekrivena pokrivačima (trska, juta, gusta metalna mreža i sl.) koji sprečavaju padanje materijala u dubinu. Ispravnost skele mora se provjeravati najmanje jedanput mjesečno, a naročito poslije vremenskih nepogoda, prepravki, oštećenja i slično. Provjeravanje ispravnosti skele upisuje se u kontrolnu knjigu skele uz ovjeru određenog lica na gradilištu.

Sva radna mjesta na visini većoj od 100 [cm] iznad terena ili poda, kao i ostala mjesta (prelazi, prolazi i sl.) na gradilištu i na građevinskom objektu sa kojih se može pasti, moraju biti ograđena čvrstom zaštitnom ogradom visine najmanje 100 [cm]. Zaštitna ograda mora biti izrađena od zdravog i neoštećenog drveta ili drugog podesnog materijala. Razmak i dimenzije stubića i ostalih elemenata ograde moraju odgovarati horizontalnom opterećenju na rukohvatu ograde od najmanje 30 kg/m. Visina zaštitne ograde ne smije biti manja od 100 cm mjereno od tla. Razmak elemenata ispune zaštitne ograde ne treba da bude veći od 30 [cm]. Pri dnu zaštitne ograde (na radnom podu, skeli i dr.) mora se postaviti puna ivična zaštita (daska) visine najmanje 20 [cm]. Umjesto uzdužne ispune od dasaka (koljenska zaštita), za popunu zaštitne ograde može se koristiti žičana mreža sa otvorima okaca od najviše 2x2 [cm]. Za zaštitne ograde većih dužina i sa većim opterećenjima i za ograde na velikim visinama moraju se izraditi odgovarajući nacrti i statički proračuni. Ako se zaštitna ograda zbog prirode posla mora u toku rada privremeno ukloniti, radnici na takvim radnim mjestima moraju biti privezani za zaštitne pojaseve i rad se mora vršiti pod nadzorom određenog stručnog lica na gradilištu.

3.6. Mjere sigurnosti i zaštite na radu

Montaža svih elemenata mora se odvijati prema pravilima propisanim zakonima i pravilnicima. Prema tim pravilnicima, prilikom procesa prijevoza potrebno je poštivati sljedeće:

- za rad na montažama ne dozvoljava se rad radnika mlađih od 18 godina. Svi radnici moraju proći specijalni medicinski pregled najmanje jedanput godišnje. Moraju biti upućeni u tehnologiju montažnih radova i propise zaštite na radu.
- montažeri za velike visine moraju biti opremljeni specijalnim odijelom, obucom koja se ne kliže, rukavicama i pomoćnim pojasevima. Pojasevi, lanci i užad za povezivanje moraju biti isprobani i ispitani sa statičkim opterećenjem od 300 [kg] u trajanju od 5 [min], moraju imati podatke o ispitivanju i projektu.
- privezivanje za konstrukciju koja se nalazi na kuki dizalice ili za neučvršćene elemente strogo je zabranjeno.
- operacije povezivanja na visinama dozvoljavaju se samo sa upotrebom specijalnih skela čija izrada mora biti predviđena projektom. Zabranjuje se radnicima boravak na konstrukciji za vrijeme njenog podizanja, kao i spuštanja.
- kuke dizalica iz čijih otvora mogu ispasti omče sajli moraju imati osigurače.
- zabranjeno je ostavljanje podignute konstrukcije da visi.
- odvezivanje konstrukcije poslije dizanja i postavljanja može se vršiti poslije odgovarajućeg učvršćivanja.
- podizanjem konstrukcije upravlja jedna osoba. Naredbu "STOP" u slučaju nužde dizaličaru može dati bilo koji radnik.
- radovi koji su vezani uz penjanje na visinu na otvorenom prostoru prekidaju se kod jačine vjetera od 12-19 [m/s], mraza, većih snježnih padavina, kiše i magle.
- veza između dizaličara i montažera koji rade na visini na velikim građevinama mora se ostvarivati pomoću telefonskog aparata i radio-signalizacije.
- pri montaži se također primjenjuje svjetlosna i optička signalizacija dizanjem ruke, otvaranjem i zatvaranjem šake i pomicanjem prstiju.
- svaki montažni element mora biti obilježen. Pored te oznake na elementu mora biti označen i datum izrade i težina elementa u kilogramima.
- svaki montažni element mora pored metalnih dijelova za ugrađivanje i pričvršćivanje imati pomoćne metalne dijelove koji omogućuju sigurno prenošenje i ugrađivanje elemenata na mjestu montaže.
- pričvršćivanje elementa za kuku i njihovo otpuštanje sa kuke dizalice pri utovaru-istovaru montažnih elemenata u prijevozna sredstva odnosno sa njih, po pravilu treba vršiti bez penjanja radnika na prijevozna sredstva, odnosno element.
- za vrijeme spuštanja i dizanja montažnih elemenata na vozilo, vozač ne smije biti u kabini vozila.
- za vrijeme dizanja, prenošenja i spuštanja montažnog elementa na vozilo, signalist ne smije stajati na vozilu.
- ugrađivanje teških montažnih elemenata može se vršiti samo po prethodnoj pripremi pomoćnih sredstava za prenošenje, postavljanje i učvršćivanje koji se prije upotrebe moraju pregledati, a po potrebi i ispitati (okviri za prijenos, jarmovi).
- pri prenošenju svakog pojedinog montažnog elementa signalist i dizaličar moraju pažljivo pratiti put montažnog elementa do mjesta ugrađivanja, uz pomoć montažera koji vrše sve ostale popratne radnje.
- montažer mora posebnim znakom javiti signalistu da je operacija prenošenja i ugrađivanja elementa završena.
- radnici koji rade na utovaru-istovaru moraju imati odgovarajuća osobna zaštitna sredstva, moraju biti upoznati sa opasnostima koje postoje pri radu, te ne smiju bolovati od nesvjestice, vrtoglavice, padavice, grčeva mišića i sličnih bolesti.
- pri izvođenju radova na objektu gdje postoji mogućnost pada radnika, potrebno je izraditi zaštitne skele (ograde), a po potrebi primijeniti i vezivanje radnika zaštitnim pojasom i

užetom koje ima amortizer za ublažavanje dinamičkog udara od pada i povećava sigurnost užeta na kidanje.

- na mjestu na kome se vrši mehanizirani utovar-istovar tereta smiju se zadržavati samo one osobe koje vrše te poslove.
- utovarno-istovarne površine, prilazi takvim površinama, te njihove saobraćajnice koje stalno služe za utovar-istovar tereta, moraju biti izgrađeni od tvrde podloge i održavani u ispravnom stanju.
- ako su prilazi i prometnice pod nagibom, oni moraju u zimskom razdoblju biti očišćeni od leda i snijega, te posuti pijeskom ili šljunkom.
- širina prilaza i saobraćajnica iz prethodne tačke ovih uputa ne smije biti manja od 5 [m] pri dvosmjernom kretanju vozila, odnosno 3 [m] pri jednosmjernom kretanju vozila. Prilazi utovarno-istovarnim površinama moraju imati sa obje strane pješačke staze širine najmanje 0,5 [m] sa odgovarajućim proširenjima na zavojima.
- prilikom postavljanja vozila na utovarno-istovarnim površinama, razmak između vozila koja stoje u koloni ne smije biti manji od 1 [m], a razmak između vozila koje stoje jedno kraj drugog ne smije biti manji od 1,5 [m].
- na utovarno-istovarnim površinama, prilazima takvim površinama i saobraćajnicama, moraju biti postavljeni saobraćajni znakovi i oznake koje su propisane za javne puteve.
- kretanje vozila na utovarno-istovarnim površinama, prilazima takvim površinama i saobraćajnicama vrši se u pravilu jednosmjerno.
- ako se na utovarno-istovarnim površinama, prilazima takvim površinama i saobraćajnicama vozilo kreće unazad, manevar se vrši uz pomoć druge osobe koja se nalazi izvan vozila i koja vozaču daje određene ugovorene znakove.
- brzina kretanja vozila na utovarno-istovarnim površinama, prilazima takvim površinama i saobraćajnicama, ne smije biti veća od 10 [km/h], a u zatvorenim skladištima ne smije biti veća od 5 [km/h].
- utovarno-istovarne površine moraju biti noću osvijetljene svjetlošću jačine 10 luksa.
- za vrijeme utovara u vozilo i istovara iz vozila u manevarskom se prostoru ne smiju zadržavati ili kretati druge osobe, osim onih koje rade na utovaru, odnosno istovaru.
- prije otvaranja strana sanduka radi istovara mora se provjeriti položaj tereta.
- otvaranje strana sanduka moraju vršiti istovremeno najmanje dva radnika.

4. REFERENCE

- [1] Gušić I., Šljivić A.: Prefabrikacija i tehnologija montaže, OFF-SET, Tuzla, 2015.
- [2] Meštrović D.: Montažne armiranobetonske konstrukcije, Zagreb, 2016.
- [3] Elliot Kim S.: Precast concrete structures – 2nd edition, CRC Press, 2016.
- [4] Gušić I.: Organizacija građenja, PAPIR-KARTON, Tuzla, 2012.
- [5] Arditi, D., Ergin, U., Günhan, S.: Factors affecting the use of precast concrete systems, Journal of architectural engineering, 6(3), pp.79-86., 2000.
- [6] Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, EN 1992-1-1:2004.

PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA MJERENJE POMAKA I RASTOJANJA
DESIGNING SYSTEMS FOR MEASURING DISPLACEMENT AND
DISTANCE

v. ass. Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Zenica

v. ass. Damir Špago
Univerzitet Džemal Bijedić
Mostar

prof. dr. Safet Isić
Univerzitet Džemal Bijedić
Mostar

REZIME

U ovom radu je prikazan postupak projektovanja sistema za mjerenje pomjeranja i rastojanja/udaljenosti pomoću Arduino tehnologije. U radu je objašnjen sistem za mjerenje datih veličina kao i pojedine komponente koje su potrebne za realizaciju istog. Mjerenje datih veličina će se vršiti pomoću ultrazvučnog senzora HC-SR04, a obradu podataka će vršiti mikroprocesor Arduino-Uno, te ispisivati na spojeni (16,2) LCD-displej. Eksperiment za dati problem se proveo tako da su se na određenim rastojanjima od senzora koja su bila unaprijed definisana mjerili pomaci za tri unaprijed definisane vrijednosti od 50 mm, 90 mm, 120 mm koje su se provjeravale graničnim mjerkama klase I. Rastojanja na kojima su se mjerili pomaci su bili na 10 cm od senzora, 50 cm, 100 cm, 150 cm i 200 cm kao granični slučaj.

Ključne riječi: pomak, rastojanje, Arduino tehnologija

ABSTRACT

This paper presents the process of designing a system for measuring displacement and distance using Arduino technology. The paper explains the system for measuring the given quantities as well as the individual components that are necessary for its implementation. The measurement of the given quantities will be done using the ultrasonic sensor HC-SR04, and the data processing will be done by the Arduino-Uno microprocessor, and printed on the connected (16,2) LCD-display. The experiment for the given problem was carried out in such a way that at certain distances from the sensors that were defined in advance, displacements were measured for three predefined values of 50 mm, 90 mm, 120 mm, which were checked with class I limit gauges. The distances at which the displacements were measured were 10 cm from the sensor, 50 cm, 100 cm, 150 cm and 200 cm as a limiting case.

Keywords: pomak, rastojanje, Arduino tehnologija

1. UVOD

Dužina spada u red osnovnih fizičkih veličina čija mjerenja imaju fundamentalni značaj za tehničke djelatnosti. Osnovna jedinica za dužinu je metar koji se definiše kao dužina koju pređe svjetlost u vakuumu za $1/299792458$ s. Linearni pomak se može definisati kao promjena dužine između 2 tačke koje leže na istom pravcu. Ugaoni pomak je promjena ugaonog položaja nekog tijela koje rotira oko neke ose. U tehničkoj praksi se mjeri u iznosu od 0,000" do 360°. Mjerenje ukupne dužine nekog tijela bilo bi apsolutno mjerenje dužine što se u tehnici ne primjenjuje često,

već se mjeri promjena dužine – pomak (relativno mjerenje). Ovo ima suštinski značaj jer bi za mjerenje ukupne dužine bili potrebni senzori velikog opsega, dok se za relativno mjerenje koriste senzori sa manjim opsegom. Metode mjerenja pomaka i rastojanja možemo podijeliti na: mehaničke, električne i radijacione [1].

Mehaničke metode se primjenjuju za mjerenje veličina reda od 10^{-6} do 10^2 m. Mjerni uređaji za donji dio opsega su mikrometri, a za gornji dio opsega su mjerne metalne trake ili žice. Njihova tačnost zavisi od kvaliteta izrade, a tačnost se može povećati dodavanjem elektroničkih optičkih pretvarača.

Električne metode mjerenja pomaka baziraju se na neposrednoj konverziji pomaka u neku električnu veličinu. U lancu pretvaranja pomak se može prvo pretvoriti u neku drugu fizikalnu veličinu, koja u daljem lancu pretvaranja se konvertuje u električnu veličinu. Senzori koji se upotrebljavaju su: kontaktni, potencimetarski, tenzootpornički, induktivni, kapacitivni, pijezelektrični i dr.

Radijacione metode mjerenja pomaka su metode koje se zasnivaju na promjeni elektromagnetnog ili akustičnog zračenja koje se javlja na granici između prenosnog medija i mjenog tijela. Promjena zračenja nastaje zbog fizikalnih osobina prenosnog medija i materijala od kojeg je napravljeno tijelo. Prema talasnoj dužini zračenja industrijski senzori se dijele na akustične (zvučne i ultrazvučne), optičke (laserske) i nuklearne (radioaktivne i rendgenske).

2. SENZORI ZA MJERENJE POMJERANJA

2.1. Otpornički potencimetarski senzor

Ovaj tip senzora za mjerenje linearnog pomjeranja zbog svoje jednostavnosti i dobrih karakteristika nalazi čestu primjenu u tehničkoj praksi. Senzor se sastoji od otpornika i pokretnog kontakta, a njihov rad se zasniva na linearnoj zavisnosti koja je data relacijom:

$$\frac{l}{L} = \frac{r}{R} = \frac{U_i}{U}$$

L i R – dužina i otpor potencimetra,

l i r – dužina i otpor od mjesta kontakta klizača do referentnog kraja potencimetra,

U – napon na krajevima potencimetra,

U_i – izlazni napon između tačke kontakta klizača i referentnog kraja potencimetra.

Potencimetri se prave od izolatora na kojeg se namota žica ili se nanese sloj ugljika ili polimera. Kretanje klizača izaziva promjenu izlaznog napona što se ostvaruje kod žičanog potencimetra prelaženjem sa navoja na navoj i daje skokovitu promjenu napona. Veličina skoka predstavlja rezoluciju potencimetra i zavisi od broja navoja n po jedinici dužine.

2.2. Kapacitivni senzor

Kapacitivni senzori se sastoje od dvije metalne ploče između kojih se nalazi dielektrik (izolator). Izraz za kapacitet senzora je:

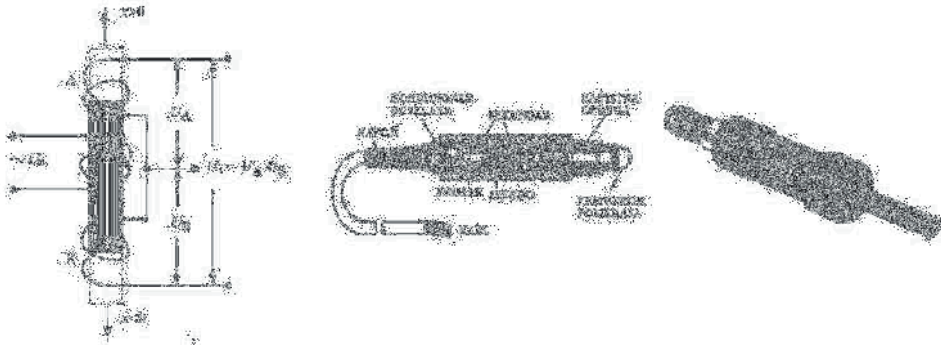
$$C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

ϵ_r – relativna dielektrička konstanta,
 ϵ_0 – dielektrička konstanta vakuuma,
 S – površina ploča [m²],
 d – rastojanje [m].

Ukoliko se utiče na bilo koju od ovih veličina neelektričnom veličinom, tada kapacitet C zavisi od te veličine i na taj način se dobija kapacitivni senzor. Samim tim na koju se od tri veličine utiče dobijaju se različite izvedbe kapacitivnih senzora, a zajedničko je to što su svi pasivni senzori. Ovi senzori omogućavaju mjerenje linearnog pomaka sa tačnošću od $\pm 0,01\%$ i rezolucijom do $1\mu\text{m}$.

2.3. Elektromagnetni senzori

Elektromagnetni senzori za mjerenje pomaka prave se u vidu pasivnih induktivnih, međuinduktivnih (transformatorskih) ili aktivnih indukcionih senzora. Elektromagnetni induktivni senzori se sastoje od kabela čija se induktivnost mijenja sa promjenom rastojanja između jezgre i kotve čiju ulogu najčešće imaju feromagnetni. Tipični opseg je reda $0 - 10\text{ mm}$, a osjetljivost 80 mV po 1 V napona napajanja. Tačnost im je $\pm 0,5\%$ opsega. Međuinduktivni senzori pomaka grade se kao diferencijalni transformatori. Mnoge su izvedbe ovih senzora, a u tehničkoj primjeni posebno mjesto zauzima LVDT (linearni varijabilni diferencijalni transformator). Primjenjuje se za detekciju malih pomaka reda nanometra a mjerni opseg je $\pm 250\text{ mm}$. Tačnost iznosi $\pm 0,5\%$ opsega. Objekat čiji se pomak mjeri povezan je sa pomičnim feromagnetnim jezgrom.



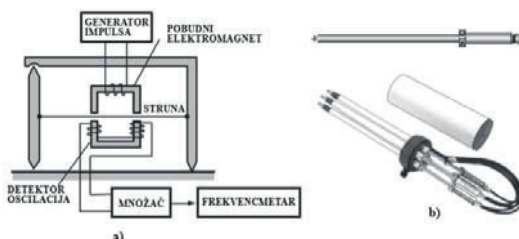
Slika 1. Princip rada LVDT senzora, konstrukcija i tipični izgled LVDT senzora

2.4. Senzori pomaka na bazi tenzoelementa

Princip rada se zasniva na promjeni otpora zbog deformacije. Primjenjuju se za mjerenje malih pomjeranja ($0-50\mu\text{m}$). Koriste se za mjerenje nivoa, pritiska, sile, momenta, itd. Tačnost je $\pm 0,15\%$ opsega, a životni vijek oko 30 mil. reverzibilnih ciklusa iz mehanički nenapregnutog u napregnuto stanje.

2.5. Senzori za dinamička pomjeranja

Struna – senzor se sastoji od zategnute žice kao mehaničkog vibrirajućeg elementa čija se prirodna frekvencija oscilovanja mijenja u zavisnosti od deformacije žice koja nastaje zbog pomjeranja tijela. Princip rada se sastoji u tome što se iz generatora dovede impuls na elektromagnet koji privuče žicu a potom je pusti vlastitoj frekvenciji oscilovanja. Promjena frekvencije se prati pomoću indukcionog senzora u kojem se zbog kretanja strune između navoja i stalnog magneta mijenja otpor te se na taj način indukuje odgovarajući izmjenični napon. Osnovna namjena ovih senzora je mjerenje distancionih pomjeranja, sile, momenta itd. Zbog visoke pouzdanosti i zanemarljivog drifta koristi se u mjerenjima geomehaničkih i strukturnih deformacija. Tačnost je $\pm 0,025\%$ na opsegu 60 – 100 mm [2].

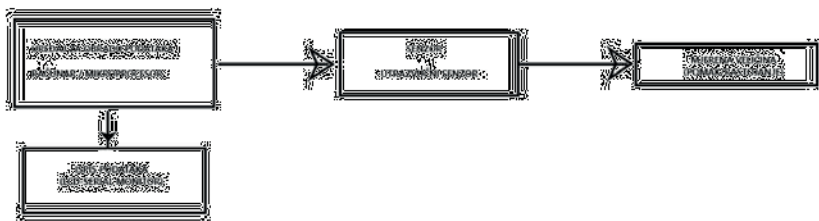


Slika 2. a) konstrukcija senzora b) sonda sa jednim ili više senzora

3. MJERNI LANAC ZA MJERENJE POMJERANJA I RASTOJANJA

Mjerni lanac za mjerenje pomaka i rastojanja sastojao bi se od nekoliko komponenti kao što su:

1. Senzor pomaka/udaljenosti
2. Uređaj za obradu izmjerenih podataka (računar, mikroprocesor)
3. Uređaj za ispis izmjerenih podataka



Slika 3. Mjerni lanac za mjerenje pomaka/rastojanja

Kao što se može vidjeti sa slike 3. za mjerenje pomaka odnosno rastojanja pored odgovarajućeg senzora, potrebni su uređaj za obradu podataka (računar ili mikroprocesor), te uređaj za ispisivanje dobijenih rezultata mjerenja što može biti ponovo računar ili u slučaju da se koristi mikroprocesor što će biti slučaj u ovom radu, može se koristiti led-displej [3].

4. PROJEKTOVANJE MJERNOG SISTEMA NA BAZI ARDUINO TEHNOLOGIJE

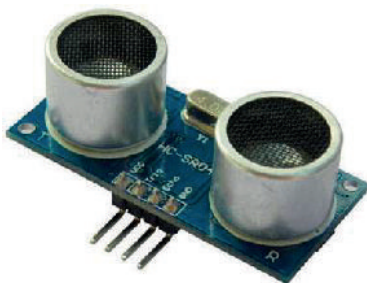
U narednim koracima biće objašnjen sistem za mjerenje datih veličina kao i pojedine komponente koje su potrebne za realizaciju istog. Mjerenje datih veličina će se vršiti pomoću ultrazvučnog senzora HC-SR04, a obradu podataka će vršiti mikroprocesor Arduino-Uno, te ispisivati na spojeni (16,2) LCD-displej.

4.1. Ultrazvučni senzor HC – SR04

Prije nego što se navedu osobine datog senzora, biće objašnjen princip na kojem rade ultrazvučni senzori. Ultrazvuk je po definiciji zvuk koji ima frekvenciju veću od gornje granične frekvencije koju može registrirati ljudski sluh (20 kHz). Po fizikalnim svojstvima zvuk na datim frekvencijama se ne razlikuje od zvuka koje može registrirati ljudsko uho. Princip rada datih senzora leži u tome što dati uređaji proizvode ultrazvuk pomoću kvarcnih generatora koji rade na principu pjezoelektričnog efekta (pojava da se na nekim kristalima: kvarc, turmalin i dr. stvara električna polarizacija kada se silom izvrši elastična deformacija). Nakon što dati senzori proizvode kratki ultrazvučni talas (impuls), *mjere vrijeme* potrebno da se isti odbije od objekta čija se udaljenost mjeri i vrati na prijemnik ultrazvučnog senzora. Najpoznatija primjena ovog uređaja je u podmornicama tzv. SONAR (eng. Sound Navigation and Ranging). Kako bi se izračunala udaljenost kojom zvuk putuje do mjenog objekta tj. njegovo rastojanje može se koristiti formula:

$$s[m] = \frac{v \left[\frac{m}{s} \right] \cdot t[s]}{2}$$

Bitno je naglasiti da brzina zvuka ima različite vrijednosti za različite medije. U zraku ona iznosi 340 m/s, a zavisi od faktora kao što su: temperatura vazduha, pritisak, čestice nečistoća (prašina), itd. Razlog zašto se cijeli izraz dijeli sa 2 jeste u tome što vrijeme koje mjeri ultrazvučni senzor je put koji talas pređe do objekta i nazad do prijemnika.



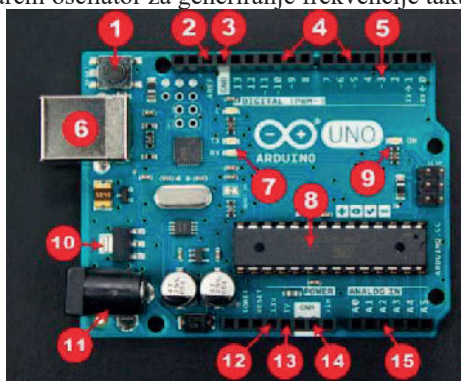
Radni napon: 5 V (DC)
Radna jačina el. struje: 15 mA
Frekvencija: 40 kHz
Maksimalni domet: 4 m
Minimalna udaljenost: 2 cm
Ugao mjerenja: 15°
Dimenzije: 45*20*15 mm
Osjetljivost: 3 mm

Slika 4. HC-SR04 senzor [5]

4.2. Arduino – Uno

Arduino je otvorena i besplatna platforma za kreiranje sklopova pomoću raznih komponenti i programiranja. Arduino platforma je skup elektroničkih i softverskih komponenti koje se mogu jednostavno povezivati u složenije cjeline (elektroničke sklopove). Osnovni dio Arduina su mikrokontroleri. Mikrokontroler je malo računalo sadržano na jednom integriranom sklopu. Arduino okruženje najčešće koristi 8 bitne mikrokontrolere. Najrasprostranjeniji model je ATMEGA328P koji se koristi na osnovnoj Arduino prototipnoj pločici. U osnovi, sve Arduino kompatibilne pločice sastoje se od mikrokontrolera, integriranog sklopa za komunikaciju s

računarom, te perifernih elektroničkih dijelova za osiguravanje mogućnosti rada mikrokontrolera – stabilizatori napona, kvarcni oscilator za generiranje frekvencije takta i slično [4].

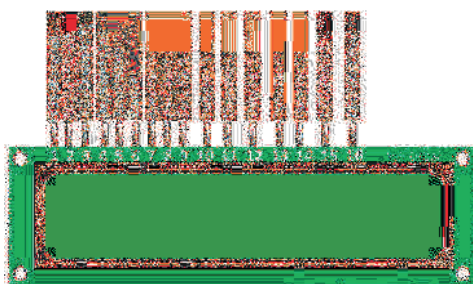


Slika 5. Osnovni dijelovi Arduino-Uno

Tabela 1. Osnovni dijelovi Arduino-Uno pločice

1. Reset Button – Dugme za reset	9.LED indikator napajanja
2. AREF – “Analog Reference” Postavljanje referentne vanjske voltaže	10. Regulator voltaže
3. Ground Pin – Uzemljenje/napajanje	11. DC Jack za napajanje Arduina
4. Digital Input/Output – Digitalni pinovi za ulaz/izlaz	12. 3.3V Pin – Za napajanje daljih elemenata sa voltažom od 3,3 V
5. PWM – PWM pinovi sa oznakom	13. 5V Pin – napajanje od 5 V
6. USB Konekcija	14. Ground Pins – Uzemljenje/napajanje
7. TX/RX – Indikativni LED-ovi	15. Analogni pinovi koji čitaju analogni signal i mogu ga pretvoriti u digitalni
8. ATmega Čip	

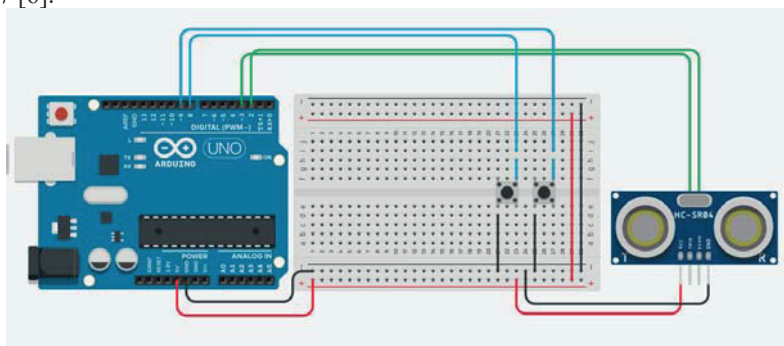
Kao što se vidi sa slike 5. Arduino – UNO ima 14 digitalnih pinova i 5 analognih, pinove za priključenje napona, usb konekciju, uzemljenje, reset itd. Elektroničke komponente koje se mogu priključivati na Arduino su razne od različitih dioda, led dioda, senzora, dugmadi, lcd displeja, motora, itd. Programiranje se vrši u Arduino softveru koji se može besplatno skinuti sa interneta. Pored osnovne dvije komponente koje su navedene za realizaciju mjerenja pomaka, potrebna je još komponenta na kojoj će se ispisivati rezultati mjerenja. U ovom slučaju uzet je standardni LCD displej koji ima mogućnost ispisivanja 16 karaktera u jednom redu, i ima ukupno 2 reda (LCD 16,2).



Slika 6. LCD displej 16,2

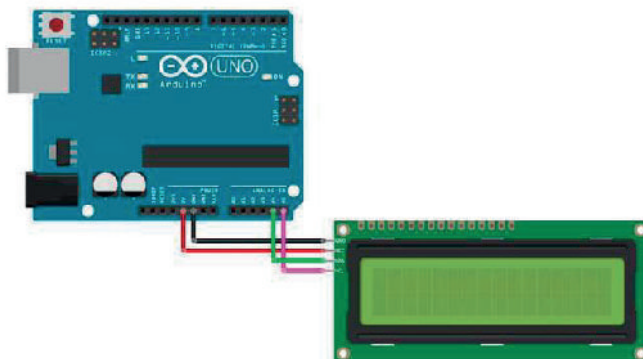
4.3. Logika mjernog sistema na bazi Arduino tehnologije za mjerenje pomaka i rastojanja

Projektovani mjerni sistem za mjerenje pomaka ili raastojanja kako je i prethodno rečeno sastoji se od ultrazvučnog senzora, Arduino-UNO pločice i displeja za ispis podataka. Pored navedenih komponenti u realizaciju mjernog lanca ubačena su dva dugmeta koja imaju ulogu izbora mjerenja koje želimo izvršiti (pomak ili rastojanje). Šema spajanja komponenti bez LCD displeja prikazana je na slici 7 [6].



Slika 7. Šema spajanja komponenti mjernog lanca

Kao što se može vidjeti sa slike 8., pinovi senzora koji služe za napajanje i uzemljenje spojeni su na odgovarajuća mjesta na razvodnoj tabli (pin 1, pin 4), dok su preostala 2 spojeni da digitalne izvođe Arduino pločice (TrigPin na izvod D3, EchoPin na izvod D2). Dugme 1 i dugme 2 spojeni su na digitalne izvođe D8 i D9 Arduina. Logika se sastoji u tome ukoliko se pritisne dugme 1, mjeriće se pomak od određene referentne tačke, dok pritiskom na dugme 2, mjeri se ukupna udaljenost.



Slika 8. Šema spajanja I2C - LCD displeja sa Arduino-om [7]

Spajanje LCD displeja je urađeno pomoću I2C konekcije zbog lakšeg kopčanja na pločicu i uštede pinova na pločici. Pomoću ove konekcije ušteda prostora i pinova je očigledna. Konekcija se vrši tako što prva dva izlaza sa I2C-LCD-a se spajaju na odgovarajuće ulaze na Arduino pločici (5V napon i uzemljenje) dok ostala 2 pina (SDA i SCL pinovi) se spajaju na analogne ulaze (A0 i A1) Arduino pločice.

5. EKSPERIMENT – MJERENJE POMJERANJA I RASTOJANJA

Eksperiment za dati problem se proveo tako da su se na određenim rastojanjima od senzora koja su bila unaprijed definisana mjerili pomaci za tri unaprijed definisane vrijednosti od 50 mm, 90 mm, 120 mm koje su se provjeravale graničnim mjerkama klase I. Rastojanja na kojima su se mjerili pomaci su bili na 10 cm od senzora, 50 cm, 100 cm, 150 cm i 200 cm kao granični slučaj. Rezultati mjerenja se mogu vidjeti u narednim koracima [8].

5.1. Rezultati mjerenja pomaka na određenim udaljenostima

Pri mjerenju pomaka uzeto je 5 očitavanja za svaku vrijednost pomaka od 5, 9 i 12 cm od referentne udaljenosti (slučaj I - 10 cm od senzora). Vrijednosti koje su izračunate pri mjerenju su prosječna vrijednost pomaka, standardna devijacija te odstupanje od stvarnog pomaka. Isti postupak je urađen za mjerenja na svim prethodno navedenim rastojanjima (50, 100, 150 i 200 cm od senzora). Oznake:

U0 – pomak na nultoj udaljenosti od referente udaljenosti (slučaj I – 10 cm)

U4 – očitani pomaci na distanci od 4 cm (određena pomoću graničnih mjerki) od ref. udaljenosti

U9 – očitani pomaci na distanci od 9 cm (određena pomoću graničnih mjerki) od ref. udaljenosti

U12 – očitani pomaci na distanci od 12 cm (određena pomoću graničnih mjerki) od ref. udaljenosti

Prosjeck – prosječna vrijednost očitanih pomaka

$$\overline{U_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i;$$

gdje je $n = 5$ – mjerenja za svaki pomak

St.dev. – standardna devijacija

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i - \overline{U_0})^2}$$

ΔU – Odstupanje prosječne izmjerene vrijednosti pomaka od stvarne vrijednosti pomaka određene graničnim mjerkama

Rezultati mjerenja pomaka na udaljenosti 10 cm

U narednoj tabeli biće prikazani rezultati mjerenja pomaka na određenoj udaljenosti od senzora.

Tabela 2. Mjerenje pomaka na udaljenosti 10 cm

U0[cm]	U4[cm]	U9[cm]	U12[cm]
0	4.519	9.4158	12.2669
-0.1	4.499	9.4158	12.1349
0.02	4.519	9.4258	12.2669
0	4.519	9.4258	12.2469
-0.1	4.499	9.4458	12.2669
$\overline{U_0} = -0.036$	4.511	9.4258	12.2365
$\sigma = 0.05899$	0.010954451	0.012247449	0.057452589
$\Delta U = -0.036$	0.511	0.4258	0.2365

Tabela 3. Mjerenje pomaka na udaljenosti 50 cm

U0[cm]	U4[cm]	U9[cm]	U12[cm]
0.056	3.4727	8.471	11.343
-0.0416	3.5427	8.401	11.843
-0.0446	3.5927	8.501	11.823
-0.0416	3.6127	8.391	11.873
-0.0426	3.5427	8.521	11.463
$\bar{U}_0 = -0.02288$	3.5527	8.457	11.669
$\sigma = 0.044112266$	0.054313902	0.058566202	0.0247143683
$\Delta U = -0.02288$	-0.4473	-0.543	-0.331

Tabela 4. Mjerenje pomaka na udaljenosti 100 cm

U0[cm]	U4[cm]	U9[cm]	U12[cm]
-0.106	4.158	9.079	12.072
-0.054	4.1581	9.079	11.972
-0.036	4.2043	9.019	12.042
0.036	4.1543	9.088	11.392
-0.036	4.174	9.039	11.872
$\bar{U}_0 = -0.0392$	4.16974	9.0608	11.87
$\sigma = 0.05088418$	0.020762057	0.030103156	0.278064741
$\Delta U = -0.0392$	0.16974	0.0608	-0.13

Tabela 5. Mjerenje pomaka na udaljenosti 150 cm

U0[cm]	U4[cm]	U9[cm]	U12[cm]
0.0258	4.137	8.956	11.87
0.0273	4.079	8.79	11.798
-0.0538	4.127	9.09	11.948
-0.0238	4.077	8.96	11.898
-0.1038	4.057	8.94	11.338
$\bar{U}_0 = -0.02566$	4.0954	8.9472	11.7704
$\sigma = 0.05557444$	0.034681407	0.106532624	0.247727269
$\Delta U = -0.02566$	0.0954	-0.0528	-0.2296

Pri mjerenju pomaka na udaljenosti 200 cm od senzora očitavanja nisu imala smisla pošto senzor nije mogao da registruje dati objekt (ploča dimenzija: 395 x 100 x 19 mm), što nas dovodi do zaključka da pri većim udaljenostima koja se približavaju maksimalnom opsegu senzora potrebno je imati dovoljno velike objekte koje bi senzor mogao očitavati.

5.2. Intervali povjerenja za prosječne vrijednosti pomaka

Tabela 6. Vrijednosti parametra t za Studentovu i normalnu standardnu raspodjelu pri vjerovatnoćama od 95% i 90 %

t.S.R.	t.N.R.	Vjerovatnoća [P]
2.776	1.959	95%
2.132	1.645	90%

Tabela 7. Intervali povjerenja za date pomake na udaljenosti 10 cm

Pomak	0 [cm]	4 [cm]	9 [cm]	12 [cm]
\bar{U}_0	-0.036	4.511	9.4258	12.2365
σ	0.05899	0.010954451	0.012247449	0.057452589
$P = 95\%; t=2.776$	-0.036 ± 0.1637	4.511 ± 0.0304	9.4258 ± 0.3399	12.2365 ± 0.159
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=2.132$	-0.036 ± 0.1257	4.511 ± 0.0233	9.4258 ± 0.0261	12.2365 ± 0.122
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 95\%; t=1.959$	-0.036 ± 0.1156	4.511 ± 0.0214	9.4258 ± 0.0239	12.2365 ± 0.112
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=1.645$	-0.036 ± 0.0970	4.511 ± 0.0180	9.4258 ± 0.0201	12.2365 ± 0.094
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				

Tabela 8. Intervali povjerenja za date pomake na udaljenosti 50 cm

Pomak	0 [cm]	4 [cm]	9 [cm]	12 [cm]
\bar{U}_0	-0.02288	3.5527	8.457	11.669
σ	0.044112266	0.054313902	0.058566202	0.0247143683
$P = 95\%; t=2.776$	-0.0228 ± 0.122	3.5527 ± 0.1507	8.457 ± 0.1626	11.669 ± 0.0686
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=2.132$	-0.0228 ± 0.094	3.5527 ± 0.1158	8.457 ± 0.1248	11.669 ± 0.0526
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 95\%; t=1.959$	-0.0228 ± 0.0864	3.5527 ± 0.1064	8.457 ± 0.1147	11.669 ± 0.0484
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=1.645$	-0.0228 ± 0.0725	3.5527 ± 0.0893	8.457 ± 0.0963	11.669 ± 0.0406
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				

Tabela 9. Intervali povjerenja za date pomake na udaljenosti 100 cm

Pomak	0 [cm]	4 [cm]	9 [cm]	12 [cm]
\bar{U}_0	-0.0392	4.1697	9.0608	11.87
σ	0.05088418	0.020762057	0.030103156	0.278064741
$P = 95\%; t=2.776$	-0.0392 ± 0.1412	4.1697 ± 0.0576	9.0608 ± 0.0835	11.87 ± 0.7718
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=2.132$	-0.0392 ± 0.1085	4.1697 ± 0.0443	9.0608 ± 0.0642	11.87 ± 0.5928
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 95\%; t=1.959$	-0.0392 ± 0.0997	4.1697 ± 0.0407	9.0608 ± 0.0589	11.87 ± 0.5447
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				
$P = 90\%; t=1.645$	-0.0392 ± 0.0837	4.1697 ± 0.0341	9.0608 ± 0.0495	11.87 ± 0.4574
$\bar{U}_0 \pm \sigma$				

Tabela 10. Intervali povjerenja za date pomake na udaljenosti 150 cm

Pomak	0 [cm]	4 [cm]	9 [cm]	12 [cm]
\bar{U}_o	-0.0256	4.0954	8.9472	11.7704
σ	0.05557444	0.034681407	0.106532624	0.247727269
P = 95%; t=2.776	-0.0256 ± 0.1547	4.0954 ± 0.0963	8.9472 ± 0.2956	11.7704 ± 0.685
$\bar{U}_o \pm \sigma$				
P = 90%; t=2.132	-0.0256 ± 0.1184	4.0954 ± 0.0739	8.9472 ± 0.2271	11.7704 ± 0.528
$\bar{U}_o \pm \sigma$				
P = 95%; t=1.959	-0.0256 ± 0.1088	4.0954 ± 0.0679	8.9472 ± 0.2087	11.7704 ± 0.485
$\bar{U}_o \pm \sigma$				
P = 90%; t=1.645	-0.0256 ± 0.0914	4.0954 ± 0.0570	8.9472 ± 0.1752	11.7704 ± 0.407
$\bar{U}_o \pm \sigma$				

Kao što je i prethodno navedeno na maksimalnoj udaljenosti od 200 cm mjerenja se nisu vršila jer senzor nije mogao registrovati objekat (ploču) zbog malih dimenzija iste.

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan prototip sistema za mjerenje pomaka i rastojanja baziran na Arduino tehnologiji. Za dati mjerni sistem korišten je ultrazvučni senzor udaljenosti čije su osobine prethodno opisane. Nakon izvršenih mjerenja i provedene obrade dobijenih rezultata eksperimenta vidi se da dati sistem nije pogodan za preciznija industrijska mjerenja zbog većih odstupanja dobijenih rezultata od stvarnih. Može se zaključiti da iako lako primjenjiva tehnologija, nije prihvatljiva za mjerenje veoma malih pomaka npr. ugiba konstrukcija uslijed djelovanja opterećenja. Dati sistem može se primijeniti za izradu jednostavnijih mjernih sistema gdje preciznost mjerenja nije toliko bitna ili u izradi jednostavnijih robota ili autonomnih automobila gdje bi sistem radio kao senzor udaljenosti, odnosno štitio robota od udara o prepreku.

7. REFERENCE

- [1] Popović M., „Senzori i mjerenja“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Istočno Sarajevo, 2004,
- [2] Zaimović-Uzunović N., „Mjerna tehnika“, Univerzitet u Zenici, Zenica 2004 godine,
- [3] Soni A., Aman A., „Distance Measurement of an Object by using Ultrasonic Sensors with Arduino and GSM Module“, IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Vol 4 (11), May 2018,
- [4] Latha A. N., Murthy R. B., Kumar B. K., „Distance Sensing with Ultrasonic Sensor and Arduino“, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Vol 2 (5), 2016,
- [5] <https://www.electroschematics.com/hc-sr04-datasheet/>,
- [6] <https://www.arduino.cc/en/tutorial/ping>,
- [7] <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystalDisplay>.
- [8] Karabegović I., Brežočanin M., „Planiranje eksperimenta i eksperimentalne metode“ Univerzitet u Bijaču, Bijač,

**ISPITIVANJE UDARNE ŽILAVOSTI OVJESNIH POLUGA
IZVOZNOG POSTROJENJA U RUDNIKU**

**TESTING OF IMPACT TOUGHNESS OF THE SUSPENSIONS LEVER
OF THE EXPORT PLANT IN THE MINE**

doc. dr.sc. Mustafa Hadžalić,
Mašinski fakultet,
Univerzitet u Zenici
Zenica, BiH

prof. dr. sc. Raza Sunulahpašić,
Metalurško-tehnološki fakultet,
Univerzitet u Zenici
Zenica, BiH

prof. emeritus dr.sc. Mirsada Oruč,
Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet u Zenici
Zenica, BiH

REZIME

Ovjesna poluga je važan dio spojnog pribora izvoznih posuda rudarskih postrojenja. Pošto su ovjesne poluge u eksploataciji najviše izložene promjenljivim i udarnim opterećenjima to je jedno od važnijih ispitivanja određivanje njihove dinamičke čvrstoće i udarne žilavosti. Ovjesne poluge koriste se uvijek u eksploataciji duži vremenski period. Radi toga se, osim kod izbora materijala za izradu ovjesnih poluga, na njima provode redovna ispitivanja, kao i određivanje naprezanja u materijalu koja se pojavljuju u toku rada, ispitivanja bez razaranja itd.

U ovom radu dat je prikaz određivanja udarne žilavosti jedne nove ovjesne poluge i ovjesne poluge koja je u eksploataciji više godina. Na osnovu tih parametara uz poznavanje mehaničkih svojstava može se utvrditi dalja upotreba ovjesnih poluga za određeni vremenski period, a u cilju povećanja sigurnosti cjelokupnog postrojenja.

Ključne riječi: ovjesna poluga, konstrukcioni čelik, udarna žilavost

ABSTRACT

The suspension lever is an important part of the connecting accessories of the export vessels of mining plants. Since the suspension lever in operation are exposed to the most variable and impact loads, one of the most important tests is to determine their dynamic strength and impact toughness as important mechanical tests. Suspension levers are always in use for a longer period of time. Therefore, in addition to the choice of material for the manufacture of suspension levers, they are subjected to regular mechanical tests, then stress tests in the material that occur during operation, non-destructive tests, etc.

This paper presents the determination of the impact toughness of a new suspension lever and a suspension lever that has been in use for several years. On the basis of these parameters, with the knowledge of strength properties, it is possible to determine the further use of suspension levers for a certain period of time in order to increase the safety of the entire plant.

Keywords: suspension lever, structural steel, impact toughness

1. UVOD

Mehanička ispitivanja imaju za cilj dobijanje potpunije slike stanja materijala od kojeg su izrađeni dijelovi uređaja ili postrojenja, a na osnovu zateznih karakteristika, ispitivanja udarom ili dinamičkim ispitivanjima materijala kako novog tako i onog koji se nalazi u eksploataciji dugi niz godina. Ispitivanja koja su provedena uzela su u obzir definisana zatezna svojstva, odnosno napona tečenja i zatezne čvrstoće, koji predstavljaju najvažnije uporedne parametre kod ocjene sigurnosti i integriteta bilo kojeg materijala, a zatim su provedena ispitivanja udarnim opterećenjima.

Da bi se ispunio cilj eksperimentalnih istraživanja u ovom radu je prikazano ispitivanje novog i eksploatisanog osnovnog materijala, od koga je napravljena ovjesna poluga spojnog pribora izvoznog postrojenja.

Spojni pribor izvoznih posuda, koji je predmet ove analize, nalazi se u eksploataciji već duži niz godina (preko 8 godina) i prema grubim pokazateljima eksploatacionih uslova pretrpio je više od $1,8 \cdot 10^6$ promjena opterećenja, [2].

Na osnovu provedenih ispitivanja može se procijeniti sigurnost i dalja upotreba nekog dijela, kao što je spojni pribor izvoznih posuda, a time i predviđanje nabavke novih ovjesnih poluga od adekvatnog materijala.

2. MATERIJAL I EKSPERIMENTALNI USLOVI

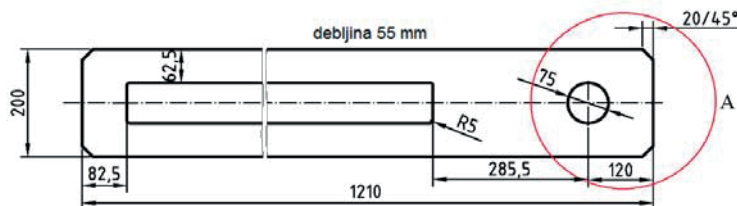
Nova ovjesna poluga je izrađena od konstrukcionog čelika S355JR od kojeg su napravljeni elementi spojnog pribora. Isporučilac materijala za nove ovjesne poluge je Željezara "Smederevo" - Smederevo, a materijal je isporučen u vidu vruće valjanih limova od čelika S355JR debljine 55 mm. Prema dostupnoj tehničkoj dokumentaciji u rudniku [2], materijal od koga su napravljene stare ovjesne poluge je ugljični konstrukcioni čelik oznake Č 0563 prema JUS C.B0.501 (S355J2G3), takođe debljine 55 mm.

U Hemijskom laboratoriju Instituta "Kemal Kapetanović" Univerziteta u Zenici ispitivan je hemijski sastav eksploatisanog (E) i novog (N) materijala ovjesnih poluga spojnog pribora. Utvrđivanje hemijskog sastava izvršeno je na strugotini i RFA-pločici prema ASTM standardima: E-1019 i E-1085. Sadržaj hemijskih elemenata C, Si, Mn, P, S, Cr, Cu nalazi se u granicama propisanim standardima navedenih čelika, tabela 1.

Tabela 1. Hemijski sastav materijala ovjesnih poluga [2]

Oznaka uzorka	Hemijski elementi, %							
	C	S	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
Eksploatisani mat.	0,12	1,1	1,55	0,018	0,033	0,05	0,05	0,07
Novi materijal	0,11	0,98	1,59	0,017	0,021	0,08	0,05	0,07
Standard	< 0,12	0,9-1,2	1,3-1,65	max 0,35	max 0,40	< 0,3	< 0,3	< 0,3

Uzorci za mehanička ispitivanja su također uzeti iz eksploatisanog (E) i novog (N) materijala ovjesnih poluga spojnog pribora. Shematski izgled ovjesne poluge spojnog pribora i mjesto s kojih su uzorci isječeni - A, prikazuje slika 1.



Slika 1. Šematski prikaz ovjesne poluge s detaljem mjesta uzimanja uzoraka za ispitivanje [2, 3]

Na njoj su provedena mehanička ispitivanja u cilju utvrđivanja svojstava, tj. ispitivanja da se utvrde statička, zamorna i udarna svojstva materijala na osnovu kojih se utvrđuju radna opterećenja. [1].

Dobijene zatezne karakteristike su date u tabeli 2. za novu (N) i eksploatisanu (E) ovjesnu polugu.

Tabela 2. Srednje vrijednosti zateznih karakteristika ovjesnih poluga [2,3]

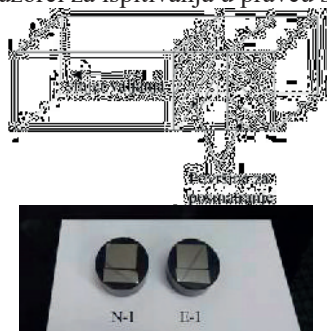
Oznaka uzorka	Temperatura ispitivanja, °C	R _{p0,2} , MPa	R _m , MPa	A, %
N	20	404,0	550,6	30,5
E		363,7	537,7	29,2

Iz tabele 2. se vidi da se vrijednosti zateznih karakteristika novog i eksploatisanog materijala razlikuju, što je logično s obzirom da je eksploatisana ovjesna poluga bila više godina u upotrebi, ali za obje ovjesne poluge dobijene vrijednosti se nalaze u okvirima propisanim standardom. Prema literaturi [1] zatezna čvrstoća, R_m za čelik S355JR i čelik Č0563 kreće se u rasponu od 500 MPa do 700 MPa.

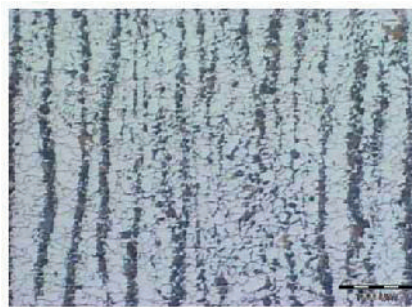
3. ISPITIVANJE UDARNE ŽILAVOSTI

U sklopu eksperimentalnih istraživanja u ovom radu je izvršeno ispitivanje udarne energije loma a time i udarne žilavosti nove i eksploatisane ovjesne poluge kao jednog od najvažnijih dijelova spojnog pribora izvoznih posuda rudarskih postrojenja.

Prema standardu, a u cilju ocjene dobijenih vrijednosti pri ispitivanju, bilo je potrebno odrediti smjer valjanja materijala radi određivanja pravca uzimanja epruveta za ispitivanje. Smjer orijentacije valjanja lima prilikom njegove proizvodnje ima značajan uticaj (anizotropija) u operacijama izrade strukturnih elemenata spojnog pribora. Na slici 2. shematski je prikazan smjer valjanja kao i površine koje su to potvrdile poslije ispitivanja na optičkom mikroskopu, slika 3. Nakon što je metalografskim putem utvrđen smjer valjanja uzeti su uzorci za ispitivanja u pravcu smjera valjanja limova.



Slika 2. Određivanje smjera valjanja [2, 3]

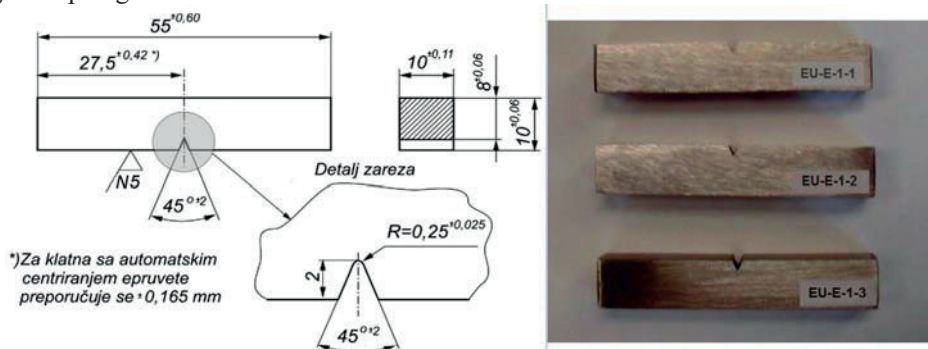


Slika 3. Mikrostruktura uzorka

Određivanje energije potrebne za lom pod utvrđenim uslovima ispitivanja najčešće služi za tekuću kontrolu kvaliteta i homogenosti materijala, kao i njegove obrade. Ovim postupkom ispitivanja može se utvrditi sklonost ka krtom lomu, odnosno sklonost ka povećanju krtosti u toku eksploatacije (starenje). Energija utrošena za lom ispitnog uzorka (u J) je mjera žilavosti materijala [4].

Udarne ispitivanja epruveta sa zarezom na novom i eksploatisanom materijalu, su rađena u cilju određivanja ukupne energije udara kao i njenih komponenti, tj. energije stvaranja pukotine i energije širenja pukotine. Postupak ispitivanja je definisan standardom BAS EN ISO 148-1:2017, [5].

Zarez se po pravilu izrađuje glodanjem tako da pri obradi ne dolazi do promjene stanja materijala. U podnožju zareza ne smije da bude vidljivih tragova mašinske obrade. Izgled i oznake epruveta za ispitivanje udarne energije loma dat je na slici 4. za epruvete eksploatisane ovjesne poluge. Isti tip epruveta s istim redoslijedom oznaka je i za epruvete od novih ovjesnih poluga.



Slika 4. Epruvete za ispitivanje udarnog rada loma

Pri ispitivanju savojnim udarnim opterećenjem energija loma određuje se kao integralna veličina. Tako određena energija loma ne daje mogućnost razdvajanja otpornosti materijala prema stvaranju, odnosno širenju pukotine. Da bi se to postiglo, udarna sila i vrijeme treba da budu kontinuirano zapisivani tokom ispitivanja, što je moguće izvesti instrumentiranjem klatna [2, 4]. Instrumentiranje klatna obuhvata povezivanje mjeraca sile, koji je instalisan u čekić klatna, detektora vremena loma i mjeraca deformacije preko pojačivača sa osciloskopom. Kako je lom epruvete izazvan udarom kratkotrajna pojava (0,5 - 8 ms), to je uloga osciloskopa da registrovane signale učini vidljivim. Osciloskop se zatim povezuje sa računarom radi obrade dobijenih signala pri mjerenju.

Praćenje promjene sile sa vremenom omogućava da se sazna više o tome da li je utrošena energija za lom uzorka posljedica djelovanja niske vrijednosti sile na duže vrijeme, ili kratkotrajnog djelovanja visoke vrijednosti sile, što je bitno za ocjenu ponašanja materijala. Ispitivanjem epruvete sa zarezom na instrumentiranom klatnu omogućeno je praćenje promjene sile sa vremenom, odnosno dobijanje dijagrama sila - vrijeme.

Udarne ispitivanja epruveta provedena su u Vojno tehničkom institutu (VTI - Beograd) na sobnoj temperaturi od 20 °C, kao i na 0 °C, -20 °C. Ispitivanje je izvedeno na instrumentiranom Sharpy klatnu SCHENCK TREBELL 150/300 J. Rezultati ispitivanja epruveta urađenih od novog i eksploatisanog materijala, su dati u tabeli 3. i tabeli 4.

Tabela 3. Rezultati ispitivanja udarom epruveta sa zarezom od eksploatisanog materijala [2]

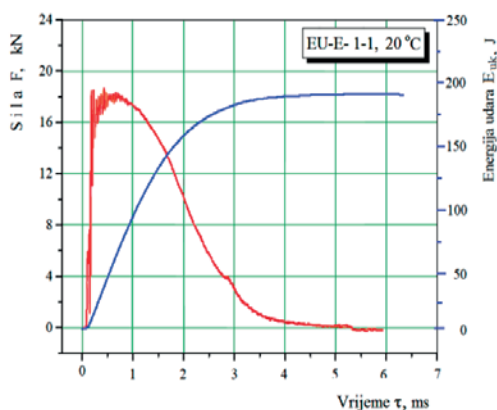
Oznaka uzorka	Temperatura ispitivanja, [°C]	Ukupna energija udara E_{uk} , [J]	Srednja vrijednost	Udarne žilavost J/cm^2	Energija stvaranja pukotine E_I , [J]	Energija širenja pukotine E_P , [J]
EU-E -1-1	20	185	181	226	48	137
EU-E -1-2		180			46	134
EU-E -1-3		178			45	133
EU-E -2-1	0	142	143	178	43	99
EU-E -2-2		151			45	106
EU-E -2-3		136			41	95
EU-E -3-1	-20	73	73	216	31	42
EU-E -3-2		77			32	45
EU-E -3-3		69			30	39

Tabela 4. Rezultati ispitivanja udarom epruveta sa zarezom od novog materijala [2]

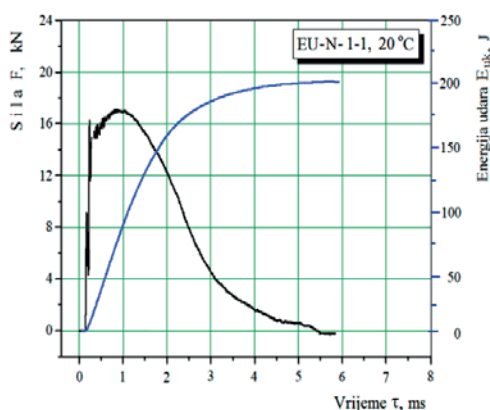
Oznaka uzorka	Temperatura ispitivanja, [°C]	Ukupna energija udara E_{uk} , [J]	Srednja vrijednost	Udarna žilavost J/cm^2	Energija stvaranja pukotine E_I , [J]	Energija širenja pukotine E_P , [J]
EU-N -1-1	20	201	205	256	56	145
EU-N -1-2		210			58	152
EU-N -1-3		204			57	147
EU-N -2-1	0	172	177	221	52	120
EU-N -2-2		181			54	127
EU-N -2-3		178			53	125
EU-N -3-1	-20	98	101	126	46	52
EU-N -3-2		105			48	57
EU-N -3-3		100			46	54

Udarnim ispitivanjem na instrumentiranom klatnu s osciloskopom, takođe su dobijeni dijagrami sila-vrijeme i energija-vrijeme, koji su omogućili analizu uticaja radnih parametara (temperature i vremena eksploatacije) na ukupnu eneriju udara E_{uk} , i njene komponente, tj. energiju stvaranja pukotine E_I i energiju širenja pukotine E_P .

Karakteristični dijagrami sila-vrijeme i energija-vrijeme, dobijeni udarnim ispitivanjem na sobnoj temperaturi epruvete oznake EU-E-1-1 sa zarezom u eksploatisanom materijalu su dati na slici 5. Karakteristični dijagrami sila-vrijeme i energija-vrijeme, epruvete oznake EU-N-1-1 sa zarezom u novom materijalu su dati na slici 6.



Slika 5. Dijagram dobijen udarnim ispitivanjem epruvete od eksploatisanog materijala [2]

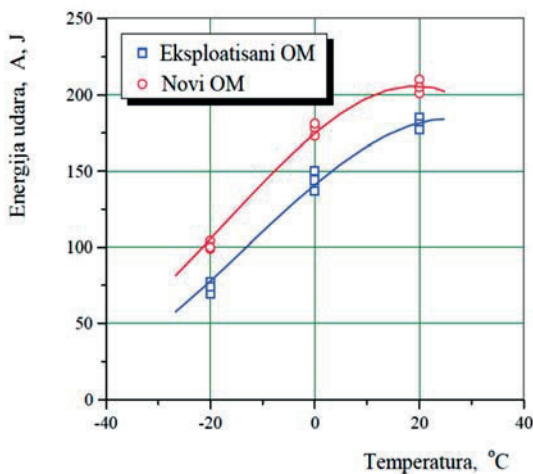


Slika 6. Dijagram dobijen udarnim ispitivanjem epruvete od novog materijala [2]

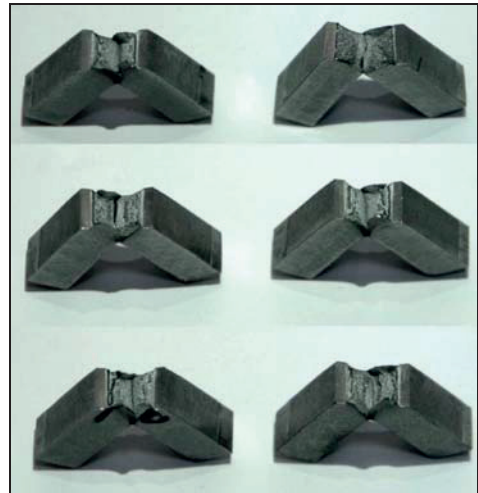
3.1. Analiza ispitivanja udarne energije loma

Analiza dijagrama ukazuje na veliku sličnost oblika krivih pri istoj temperaturi ispitivanja kod oba materijala. Razlike se javljaju u veličinama izmjerene maksimalne sile F_{max} , maksimalnog ugiba i ukupne energije udara E_{uk} .

Promjena energije udara u zavisnosti od temperature data je na slici 7, a izgled preloma ispitivanih epruveta poslije ispitivanja udarom na sobnoj temperaturi prikazan je na slici 8.



Slika 7. Promjena energije udara u zavisnosti od temperature



Slika 8. Izgled prelomljenih epruveta [2]

Izgled površina po kojima je nastao lom prilikom ispitivanja ukazuje na mješovit karakter loma sa velikim procentom, tj. udjelom žilavog loma i malim procentom krto g loma.

4. ZAKLJUČCI

U sklopu eksperimentalnih istraživanja u ovom radu je izvršeno ispitivanje udarne energije loma i time udarne žilavosti nove i eksploatisane ovjesne poluge kao jednog od najvažnijih dijelova spojnog pribora izvoznih posuda rudarskih postrojenja.

Na osnovu eksperimentalno određenih vrijednosti energije loma odnosno udarnog rada loma nove i eksploatisane epruvete uzetih od ovjesnih poluga, može se zaključiti da ispitivani čelik od kojeg su napravljene obje ovjesne poluge u potpunosti zadovoljava vrijednosti propisane standardom (minimalne žilavosti od 27 J na +20°C) pri ispitivanju na sobnoj temperaturi.

Eksperimentalno dobijene vrijednosti energije loma i time udarnog rada loma su veće od odgovarajućih vrijednosti koje navodi proizvođač čime je i veća otpornost prema krto m lomu.

Rezultati udarnim ispitivanja epruveta od nove i eksploatisane ovjesne poluge se razlikuju pri različitim temperaturama ispitivanja i očekivano su vrijednosti veće za nove u odnosu na stare ovjesne poluge, ali u prihvatljivim okvirima za obje ispitivane epruvete.

5. REFERENCE

- [1] S. Marković: Standardi za čelik, "Grafipan" Export-Import, Beograd, 1999.
- [2] M. Hadžalić: Razvoj algoritma za određivanje integriteta i vijeka trajanja strukturnih elemenata izvoznih postrojenja, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici, 2018.
- [3] M. Hadžalić, R. Sunulahpašić, M. Oruč: Testing the dynamic strength of suspension lever of mine hoisting equipment, 13th Scientific/Research Symposium with International Participation „MNM“ B&H, 28-29th May, 2020.
- [4] I. Vitez, M. Oruč, R. Sunulahpašić: Ispitivanje metalnih materijala, mehanička i tehnološka ispitivanja, Fakultet za metalurgiju i materijale, Univerzitet u Zenici, 2006.
- [5] BAS EN ISO 148-1:2017.

ANALIZA REZULTATA MJERENJA LEBDEĆIH ČESTICA NA POZADINSKOJ STANICI VRANDUK

ANALYSIS OF THE RESULTS OF MEASURING FLOATING PARTICLES AT THE BACKGROUND STATION VRANDUK

M. Šišić⁽¹⁾, F. Bikić⁽²⁾, V. Birdahić⁽¹⁾, H. Prčanović⁽³⁾, M. Duraković⁽³⁾

⁽¹⁾Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet

⁽²⁾Univerzitet u Zenici, Metalurško tehnološki fakultet

⁽³⁾Univerzitet u Zenici, Institut „Kemal Kapetanović“
Zenica

REZIME

Rad sadrži analizu rezultata mjerenja čvrstih lebdećih čestica, PM₁₀, PM_{2,5} i PM₁, na pozadinskoj stanici za mjerenje kvaliteta zraka Vranduk za period 2019-2021. godina. Za obradu rezultata mjerenja registriranih na ovoj stanici zadužen je Institut „Kemal Kapetanović“. Svrha ove analize je usporedba registriranih koncentracija lebdećih čestica u zimskom i ljetnom periodu te usporedba sa koncentracijama iste zagađujuće materije na mjernoj stanici Tetovo. Rezultati analize će dati okvirne pokazatelje uticaja atmosferskih prilika na kvalitet zraka na području izvan industrijske zone i pretpostavke za buduće detaljnije analize disperzije lebdećih čvrstih čestica izvan zeničke kotline.

Ključne riječi: lebdeće čestice, kvalitet zraka, mjerenje

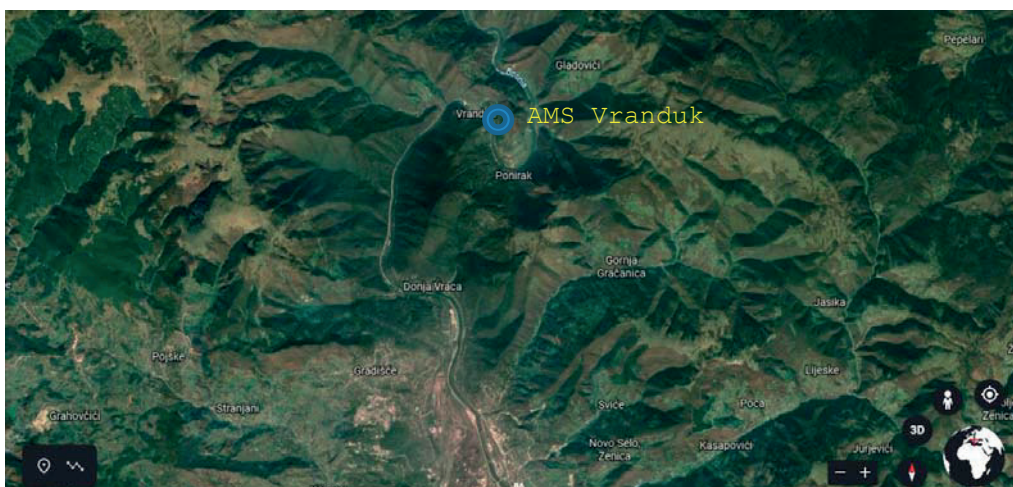
1. UVOD

Među zagađujućim materijama koje najviše utiču na kvalitetu zraka u gradu Zenici su lebdeće čestice (PM₁₀, PM_{2,5} i PM₁) koje nastaju sagorijevanjem fosilnih goriva i nekvalitetnog uglja u raznim industrijskim postrojenjima, malim kućnim ložištima i motorima sa unutrašnjim sagorjevanjem. Ovi zagađivači uglavnom uzrokuju respiratorne zdravstvene probleme kod stanovništva. Pregled emisione bilance na području Grada Zenice, prema registru postrojenja za zagađivanje zraka Zeničko-dobojskog kantona, pokazuje da emisije PM₁₀ pretežno potiču iz industrijskih i energetske postrojenja i čine 62% ukupnih emisija iz svi izvori u Zenici. Stoga industrijska i energetska postrojenja na području Zenice pretežno zagađuju zrak PM₁₀ česticama. Prema podacima Instituta za zdravlje i sigurnost hrane Zenica od bolesti respiratornog sistema, godišnje oboli oko 14.500 stanovnika. Čvrste lebdeće materije se mogu unositi kroz pluća ili se mogu prenijeti iz ruku u hranu i tako dospjeti u probavni sistem. Najizloženiji i ujedno najosjetljiviji organ su pluća, u kojima se razmjena materije vrši na preko 15 m² alveolarne membrane između krvi i vazduha. Posebno su opasne čestice promjera manjeg od 2,5 μm (PM_{2,5}), koje mogu proći sve barijere gornjih disajnih puteva i ući duboko u pluća. Čestice manje od 1 μm (PM₁) mogu direktno ući u krvotok. Niz studija koje su do danas provedene pokazuju da je izloženost česticama koje su povezane sa sagorjevanjem, čiji je promjer generalno ispod 2,5 μm, veoma značajan faktor u

nastanku raka pluća. Zagađujuće materije koje se u zrak ispuštaju na jednoj lokaciji mogu kroz atmosferu dospjeti na drugu lokaciju, gdje mogu uzrokovati pogoršanje kvaliteta zraka. U ovom radu je analiziran uticaj zagađivača zeničke kotline na kvalitet zraka na širem području, tačnije analizirani su rezultati mjerenja lebdećih čestica, PM10, PM2,5 i PM1, na pozadinskoj stanici za mjerenje kvaliteta zraka Vranduk za period 2019-2021. godina.

2. METODOLOGIJA MJERENJA KONCENTRACIJE LEBDEĆIH ČESTICA

Stanica za mjerenje AMS-5 Vranduk smještena je jugoistočno od lokacije tvrđave Vranduk geografskih koordinata E 17°54'26'', N 44°17'22'' na 357 metara nadmorske visine i to u naselju Zabrce (Slika 1). Ova stacionarna automatska mjerna stanica je počela s radom 01.01.2019. godine i namjenjena je za monitoring kvaliteta zraka u ruralnoj zoni. Ona je postavljena na lokaciji koja je dovoljno udaljena od dominantnih industrijskih i drugih antropogenih izvora emisija (8 km od metalurških postrojenja) u svrhu ocjene pozadinskih koncentracija zagađujućih materija i utvrđivanja transporta zagađujućih materija iz zeničke kotline prema sjeveru.



Slika 1. Lokacija stacionarne automatske mjerne stanice AMS-5 Vranduk

Stanica AMS-5 Vranduk (slika 2) je opremljena analizatorima za mjerenje koncentracija sedam polutanata u ambijentalnom zraku (SO₂, O₃, PM_{tot}, PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} i PM₁), te sistemom za uzorkovanje ambijentalnog zraka u svrhu njegove kemijske analize i uređajima za mjerenje meteoroloških parametara (brzina i smjer vjetrova, temperatura, relativna vlažnost i atmosferski pritisak). Rezultati monitoringa sa ove stanice su dostupni na web stranici Centra za monitoring okoliša (<http://www.ceok-zdk.ba>) u sastavu Instituta „Kemal Kapetanović“ u Zenici i Federalnog hidrometeorološkog zavoda Sarajevo (<http://www.fhmzbih.gov.ba>).

Zakonske pretpostavke za mjerenja koncentracije zagađujućih materija u zraku pa tako i lebdećih čestica su propisane Pravilnikom o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 01/12) te Pravilnikom o monitoringu kvaliteta zraka („Službene novine Federacije BiH“, broj 12/05 i 9/16)



Slika 2. Mjerna stanica Vranduk

Monitoring koncentracija lebdećih čestica PM10 i PM2.5 u ambijentalnom zraku se vrši metodom BAS EN 1234 odnosno metodom vaganja uzorka lebdećih čestica na filter papiru i kontrolisanim laboratorijskim uslovima. Obzirom da ova metoda zahtjeva specifične uslove i omogućava rezultate najmanje 24 sata nakon uzorkovanja, u primjeni su ekvivalentne metode: metoda apsorpcije beta zračenja (standard: BAS EN 12341-1) i metoda raspršenja svjetlosti EN 14907. Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka propisuje granične i tolerantne vrijednosti za ocjenu kvaliteta zraka, pragove upozorenja i uzbune za različite vremenske periode kao i njihovu promjenjivost u narednim godinama s ciljem izjednačavanja tolerantnih i graničnih vrijednosti za pojedine zagađujuće materije, kako je navedeno u tabeli 1.

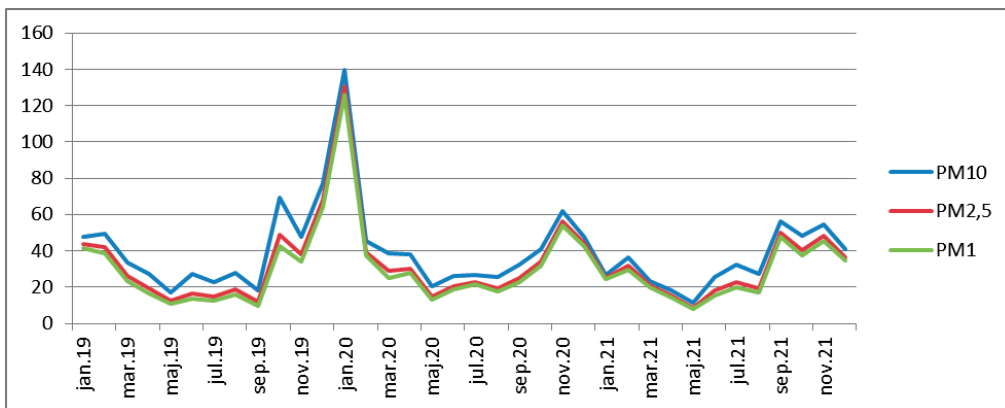
Tabela 1. Granične vrijednosti za PM 10 I PM 2,5

Polutant	Vrijeme prosječenja	Granična vrijednost	Gornja granica oscenjivanja	Donja granica oscenjivanja	Granica tolerancije	Tolerantna vrijednost
PM10	Jedan dan	50 ⁵⁾ µg/m ³	35 ⁵⁾ µg/m ³	25 ⁵⁾ µg/m ³	18 µg/m ³	56 µg/m ³
PM10	Godina	40 µg/m ³	28 µg/m ³	20 µg/m ³	6 µg/m ³	41,5 µg/m ³
PM2,5	Godina	25 µg/m ³	-	-	-	26 µg/m ³

5) Vrijednosti propisane za dnevne srednje vrijednosti, i ne smije se prekoračiti više od 35 puta u toku godine za PM10

3. REZULTATI MJERENJA LEBDEĆIH ČESTICA I DISKUSIJA

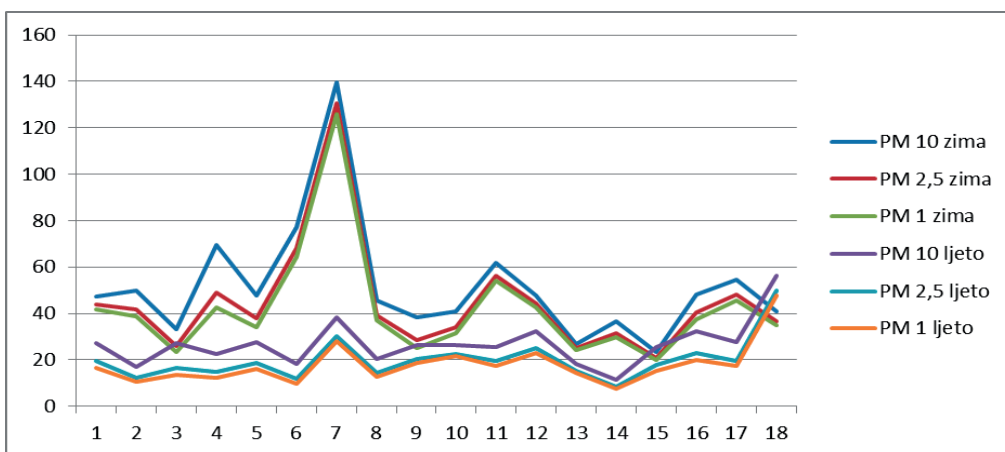
Za analizu kvaliteta zraka u naselju Vranduk korišteni su podaci koji su registrovani na pozadinskoj stanici Vranduk u periodu 2019-2021. godina. U analiziranom periodu nije bilo značajnijih prekida rada mjerne stanice te se dobiveni rezultati mjerenja mogu u kontinuitetu posmatrati za sva tri karakteristična promjera. Na mjernoj stanici se registruju polusatne i satne vrijednosti koje su za potrebe ovog istraživanja preračunate u dnevne i mjesečne prosječne vrijednosti. Podaci sa mjerne stanice Vranduk potvrđuju rezultate ranijih istraživanja Instituta “Kemal Kapetanović” koji pokazuju da čestice PM10 sadrže oko 80% PM2,5 i 75% PM1. Na slici 3 prikazane su prosječne mjesečne koncentracije lebdećih čestica (PM10, PM2,5 i PM1).



Slika 3. Prosječne mjesečne koncentracije PM10, PM2,5 i PM1 registrovane na stanici Vranduk u periodu 2019-2021. godina

Na osnovu podataka registrovanih na mjerneoj stanici Vranduk, uočava se da prosječne mjesečne vrijednosti premašuju godišnje granične vrijednosti u periodima oktobar 2019 – februar 2020. godine, i oktobar 2020. - decembar 2021. godine. Najveće koncentracije lebdećih čestica zabilježene su u januaru 2020. godine kada je koncentracija PM10 bila 139,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, odnosno 3,5 puta veća od godišnje granične vrijednosti a PM2,5 130,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, odnosno 5,2 puta veća od godišnje granične vrijednosti. Koncentracija PM1 je iznosila 125,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Najveće koncentracije lebdećih čestica su registrovane dana 11.01.2020. godine kada je koncentracija PM10 iznosila 320,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2,5-299,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te PM1-286,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analizom dnevnih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica zaključujemo da su dnevne granične vrijednosti za PM10 (za ostale promjere čestica nisu date dnevne granične vrijednosti) u 2019. godini prekoračene 82 puta, u 2020 godini 98 puta i u 2021. godini 76 puta. Prosječne godišnje vrijednosti za PM10 su veće od godišnje granične vrijednosti u 2020. godini, a prosječne godišnje vrijednosti za PM2,5 su veće od godišnje granične vrijednosti u sve tri godine analiziranog perioda.

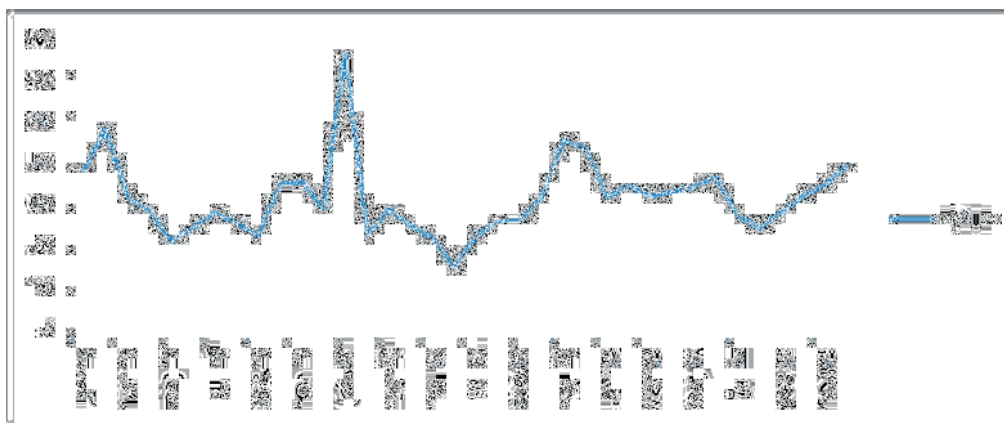
Koncentracije lebdećih čestica su različite u zavisnosti od godišnjih doba kako je prikazano na slici 4. gdje je data usporedba zimskog (oktobar-mart) i ljetnog (april-septembar) perioda.



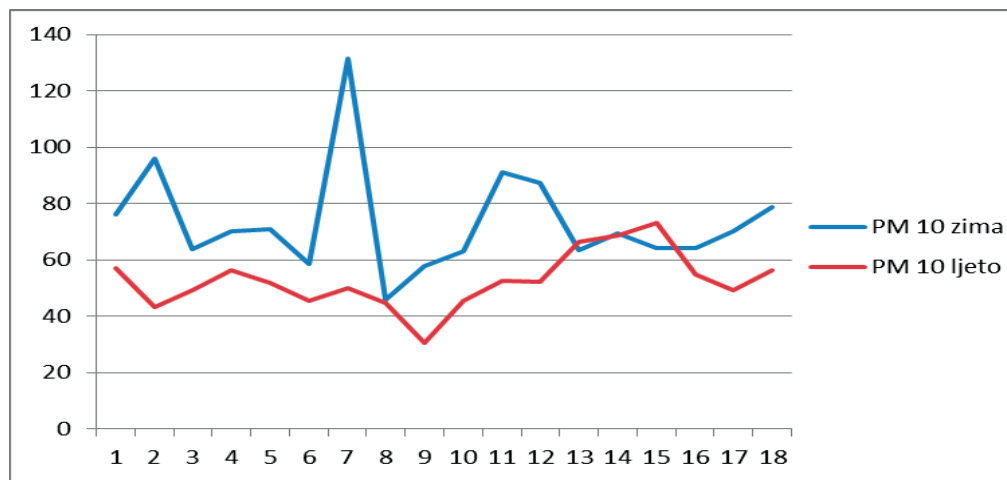
Slika 4. Prosječne mjesečne koncentracije PM 10, PM 2,5 i PM 1 registrovane na stanici Vranduk u periodu 2019-2021. godina za zimski i ljetni period

Poređenje koncentracija lebdećih čestica u zimskom i ljetnom periodu jasno ukazuje na značajno veće koncentracije lebdećih čestica u zimskom nego u ljetnom periodu. Prekoračenja godišnjih graničnih vrijednosti su česta u zimskom periodu dok su u ljetnom periodu prekoračenja graničnih vrijednosti registrovana u septembru 2021. godine.

Za svrhu poređenja registrovanih vrijednosti lebdećih čestica na pozadinskoj mjernoj stanici i koncentracije lebdećih čestica u zeničkoj kotlini, analizirane su vrijednosti lebdećih čestica registrirane na mjernoj stanici Tetovo. Na slici 5 su prikazane prosječne mjesečne vrijednosti PM10 registrirane na stanici Tetovo. U 2019. godini i prvoj polovini 2020. godine na ovoj mjernoj stanici nisu mjerene koncentracije PM 2,5 i PM 1. Na slici 6 je data usporedba vrijednosti PM10 na mjernoj stanici Tetovo za zimski i ljetni period.



Slika 5. Prosječne mjesečne koncentracije PM 10 registrovane na stanici Tetovo u periodu 2019-2021. godina

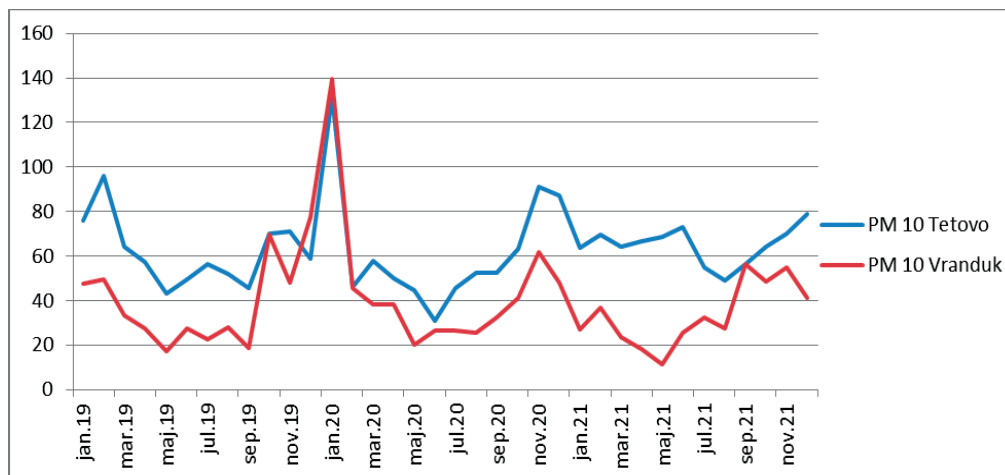


Slika 6. Prosječne mjesečne koncentracije PM 10 registrovane na stanici Vranduk u periodu 2019-2021. godina za zimski i ljetni period

Na osnovu podataka o vrijednostima koncentracije PM10 registrovanim na mjernoj stanici Tetovo, utvrđeno je konstantno prekoračenje godišnje dozvoljene koncentracije. Maksimalna koncentracija PM10 na stanici Tetovo kao mjesečna prosječna koncentracija registrovana je

u januaru 2020. godine sa vrijednošću od 133,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Slika 6 pokazuje značajno veće koncentracije PM10 u zimskom nego u ljetnom periodu mada na ovoj mjernoj stanici i u ljetnom periodu prekoračenje godišnje granične vrijednosti nije registrovano samo u junu 2020. godine.

Poređenje koncentracija PM10 na mjernim stanicama Tetovo i Vranduk za period 2019-2021. godina predstavljena je slikom 7.



Slika 7. Prosječne mjesečne koncentracije PM 10 registrovane na stanicama Tetovo i Vranduk u periodu 2019-2021. godina

Poređenje vrijednosti PM10 predstavljeno na slici 7 jasno pokazuje razliku koja je rezultat položaja u odnosu na industrijske pogone Grada Zenica. Dijagrami takođe pokazuju i preklapanje ovih vrijednosti a u pojedinim periodima i veće vrijednosti registrirane na pozadinskoj stanici Vranduk. Narocito izraženo preklapanje, odnosno, veće vrijednosti registrirane su u zimskom periodu, posebno u januaru 2020.godine. Poređenja pa i analiza vezana za njih su bazirana na prosječnim mjesečnim vrijednostima preračunatim za potrebe ovog istraživanja. Analiza prosječnih dnevnih vrijednosti može dati precizniju sliku disperzije lebdećih čestica od lokalnih zagađivača uzimajući u obzir atmosferske prilike te količinu emisija od pojedinih zagađivača kao dominantne uticajne faktore.

4. ZAKLJUČAK

Koncentracija lebdećih čestica kao zagađujućih materija u periodu 2019 - 2021. godina, mjerena na pozadinskoj mjernoj stanici Vranduk, u zimskom periodu često premašuje godišnje granične vrijednosti. Dnevne granične vrijednosti koje su opredjeljujućim pravilnikom propisane za PM10 su prekoračene u više od dozvoljenog broja dana u godini za sve tri analizirane godine. Kao i na ostalim mjernim stanicama, značajno veće koncentracije lebdećih čestice se registruju u zimskom u odnosu na ljetni period. Uzroke lošeg kvaliteta zraka u Gradu Zenici koji zahtijeva provođenje planiranih mjera za smanjenje emisija i poboljšanje kvaliteta zraka u cilju zaštite zdravlja ljudi i obezbjeđenja uslova za dalji razvoj svakako je potrebno tražiti i na lokacijama na kojima se uslovno ne očekuje uticaj industrijskih postrojenja. To znači da je za poboljšanje kvaliteta zraka u područjima njegovog prekomjernog zagađenja na području Grada Zenice i cijelog Zeničko-dobojskog kantona potrebno uspostaviti sistem upravljanja kvalitetom zraka. U tom smislu potrebno je sprovesti

sve mjere koje se odnose na smanjenje emisije zagađujućih materija iz industrijskih postrojenja i malih kućnih ložišta kao glavnih izvora lebdećih čestica. S obzirom na činjenicu da koncentracija lebdećih čestica značajno utiče na kvalitet zraka, kontinuirana mjerenja i analiza rezultata mjerenja lebdećih čestica je stalni zadatak institucija i organa koji su zaduženi za upravljanje kvalitetom zraka u gradu Zenici i Zeničko-dobojskom kantonu.

5. REFERENCE

- [1] Akcioni plan zaštite kvaliteta zraka za područje Zeničko-dobojskog kantona, UNZE OJ Institut "Kemal Kapetanović" u Zenici, 2020. godina;
- [2] Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka ("Sl. novine FBiH", br. 1/12), 2012,
- [3] Izvještaji o mjerenju kvaliteta zraka u Gradu Zenica za 2019, 2020 i 2021. godinu, Institut Kemal Kapetanović u Zenici;
- [4] WHO, WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulphur dioxide, Global update, 2005;
- [5] Informacija o zdravstvenom stanju stanovništva i organizaciji zdravstva na području Zeničko-dobojskog kantona u 2018.i 2019. godini; J.U. Institut za zdravlje i sigurnost hrane Zenica.
- [6] Duraković M., Husika A., Prcanović H., Beganović S., Šišić M. : Analysys of the Results of Air Quality Monitoring in the Area of the city of Zenica, International Journal of Advanced Research (IJAR), ISSN 2320-5407, decembar 2021.

DIJAGNOSTIKA STANJA I ODRŽAVANJE KABINSKE ŽIČARE – GONDOLE NA RAVNOJ PLANINI

DIAGNOSTICS OF THE CONDITION AND MAINTENANCE OF THE CABIN CAR – GONDOLA ON THE MOUNTAIN „RAVNA PLANINA“

Faris Hazić, dipl. inž.
BoWiDo
Doboj

v. ass. Emir Đulić
Univerzitet u Zenici
Zenici

REZIME

Glavni cilj rada jeste da na tehničkom sistemu kabinske žičare proizvođača LEITNER AG koja je instalirana na lokaciji "Ski centra Ravna planina" propiše strategiju održavanja i to po konceptu preventivnog održavanja po stanju uz korištenje savremenih metoda, postupaka i alata tehničke dijagnostike. U rada su dati su osnovni podaci o tehničkom sistemu koji je predmet istraživanja, kao i rezultati mjerenja koja su izvršena: mjerenje vibracija, buke, snimanje termovizijskom kamerom i procjena stanja užadi. Također, date su sugestije i prijedlozi za tehničko održavanje sistema u budućnosti s ciljem pravilnog i sigurnog funkcionisanja.

Ključne riječi: gondola, žičara, tehnička dijagnostika, održavanje

ABSTRACT

The main goal of the paper is to prescribe a maintenance strategy for the technical system of the LEITNER AG cabin lift installed at the location of the "Ski Center Ravna planina", which is based on the concept of preventive maintenance according to the condition with the use of modern methods, procedures and tools of technical diagnostics. The paper provides basic information about the technical system that is the subject of research, as well as the results of the measurements that were performed: vibration measurement, recording with a thermal imaging camera, and assessment of the condition of the ropes. Also, suggestions and proposals were given for the technical maintenance of the system in the future with the aim of proper and safe functioning.

Key words: gondola, cable car, technical diagnostics, maintenance

1. SKI CENTAR RAVNA PLANINA – OSNOVNE KARAKTERISTIKE GONDOLE

Ski centar "Ravna planina" nalazi se u naselju Gornje Pale, na 20 kilometara od Sarajeva i na dva kilometra od centra Pala. Od sezone 2014/15 ovo skijalište otvoreno je za sve posjetioce i ljubitelje zimskih radosti. Kabinske žičare (gondole) su relativno složeni dinamički sistemi koji se u novije vrijeme sve više eksploatišu u različitim vremenskim uslovima. Najvažniju skupinu čine žičare s voznim užetom i s visećim vagonetima ili kabinama koje se kreću po napetome nosivom užetu. Drugu skupinu čine žičare različitih oblika s krutim ili prirodnim voznim stazama. Žičare se primjenjuje u turizmu, sportu i javnom saobraćaju za prijevoz osoba (putničke žičare), te u industriji, šumarstvu, rudarstvu i građevinarstvu za prijevoz materijala (teretne žičare), posebno na mjestima gdje treba pojednostavniti transport, svladati velike terenske prepreke i visinske razlike. Između čeličnih, betonskih ili drvenih stubova, koji nadvisuju prepreke i savladavaju uzbrdice, razapeto je jedno čelično uže ili više užadi. Ovi tehnički sistemi služe za prijevoz (vertikalni) ljudi, pa se zbog toga posebna pažnja usmjerava na tehničku ispravnost svih dijelova. Ispravno i sigurno funkcionisanje ovog

sistema je imperativ koji se stavlja prije bilo kakvog planiranja poslovanja i ostvarenja ekonomskih ciljeva. Kabinska žičara instalirana 2018. godine na kompleksu „Ski centar Ravna Planina“ je proizvođača LEITNER AG. Kabinska gondola za transport skijaša/posjetilaca sastoji se od 19 kabina, od čega je 18 kabina za prevoz putnika i jedna servisna, gdje svaka od njih 18 je kapaciteta 10 skijaša što iznosi 2200 skijaša na sat. Početna visina, tj. nivo na kojem se nalazi zakretna stanica je na cca 900 mnv, a gondola se penje na visinu od cca 1300 mnv. Gondolu pokreće elektromotor snage 500 kW, što indikativno znači da je potrebna velika opreznost prilikom rada i periodičnih pregleda na pogonskom dijelu. Trofazni asinhroni motor je produkt proizvođača SIEMENS. Bilo kakav zastoj ili kvar na žičari može imati velike posljedice po sigurnost ljudi i njihovo zdravlje kao i ogromne novčane troškove, stoga održavanje, a posebno primjenom različitih vidova tehničke dijagnostike, uzima primarnu poziciju u funkcionisanju i inspekciji ovih sistema, od pregleda ležajeva, elektromotora, ventilatora, reduktora, čeličnih užadi, provjere saosnosti, mjerenja buke i kontinuiranog monitoringa nad radom cijelog sistema. Radi se o novom i savremenom postrojenju koje zahtjeva studioznu analizu i kontinuirano praćenje kako bi se uspostavila kvalitetna strategija održavanja u budućnosti, što će predstavljati okosnicu plana o tehničkoj ispravnosti i nivou sigurnosti u radu ovog tehničkog sistema.

2. DIJAGNOSTIKA POGONSKOG ELEKTROMOTORA

Pregledom dokumentacije cijele gondole, uočene su sljedeće karakteristike elektromotora:

- Proizvođač – SIEMENS
- Tip – trofazni asinhroni motor – 1PQ8
- Broj okretaja: $n=1480$ o/min
- Snaga elektromotora: 500 kW
- Masa: 2,3 t

Raspon vanjske temperature na kojoj je moguć rad elektromotora: -30 do $+40^{\circ}\text{C}$ Ispitivanjima je bilo potrebno dati ocjenu elektromotornog sistema sa aspekta održavanja po stanju saglasno preporukama VDI 2056 a nakon izvršenog kompletnog remonta i sanacije postrojenja. Prije nego se pristupilo mjerenju izvršena je detaljna provjera dostupne dokumentacije kao i pregled tehničkog sistema čije je ispitivanje traženo sa ciljem definisanja optimalnih mjernih mjesta. Tehnički instrument koji se koristio pri mjerenju vibracija na elektromotoru je Analizator vibracija Leonova Infinity SPM.



Slika 1. Elektromotor SIEMENS



Slika 2. Analizator vibracija

Prije nego što se pristupilo mjerenju vibracija i brojeva okretaja prema preporukama VDI 2056 definisana je mašinska grupa kojoj pripada i posmatrani tehnički sistem. S obzirom na instaliranu snagu elektromotora, način temeljenja, prečnike i dr. svi dinamički tehnički sistemi mogu se svrstati u grupe mašina označene slovima K, M, G, T, D, S.

Inače za svaku tehničku grupu date su vrijednosti brzine, amplituda i ubrzanja vibracija koje definišu sljedeća stanja konkretnog tehničkog sistema:

- **DOBRO,**
- **UPOTREBLJIVO,**
- **JOŠ UVIJEK DOZVOLJENO i**
- **NEDOZVOLJENO.**

Prije početka mjerenja potrebno je bilo definisati:

- Provjeriti položaj tehničkog sistema na temelju i eventualno izvršiti dotezanje olabavljenih vijaka,
- Mjerna mjesta za ocjenu stanja definisati na mjestima ležaja,
- Utvrditi i tačno definisati vrstu i položaj sistema veze unutar tehničkog sistema (položaj i vrstu spojki, ležaja, i sl.),
- Provjeriti mogući uticaj na veličinu vibracija drugih (okolnih) tehničkih sistema konkretno uticaj vibracija i njihovog prenošenja preko temelja sa drugih sistema.
- Utvrditi sa odgovornim izvršiocima iz Ski centra uslove mjerenja (opterećenja, brojevi okretaja, zagrijavanje i dr.). Pri tome je utvrđeno da je ovaj uticaj beznačajan na sopstveno vibraciono ponašanje ovih sistema.

Karakter ocjene stanja tehničkih sistema definišu:

- preporuke VDI 2056,
- DIN norme 45665 i 45666,
- ISO standardi 2372, 2373 i 2954,
- ISO 3945.

Ovi standardi propisuju frekventno područje i dozvoljene nivoe vibracija za svaku klasu rotacionih mašina ovisno o brzini vrtnje, opterećenju, načinu ovješena itd. Kao mjerno osjetilo koristi se piezoelektrični tip davača koji karakteriše: mala masa, neposjedovanje pokretnih mehaničkih dijelova, veliko dinamičko područje rada, široko frekventno područje upotrebe, kompaktnost, visoka stabilnost karakteristika mjerenja neovisna o orijentaciji mjerenja, mali uticaj magnetskih polja, vlage i radijacije.

Elektromotorni sistem snage 500 kW svrstan je u pogonsku klasu G.

Mjerenja su vršena u:

- radijalnom horizontalnom pravcu (R_H)
- radijalnom vertikalnom pravcu (R_v)
- aksijalnom pravcu (AKS) - podužno po osi rotirajućih elementa

U sljedećim tabelama su prikazani rezultati mjerenja vibracijama na ležajnim blokovima:

Tabela 1. Uskopojasno mjerenje na ležaju (6218) elektromotora pod opterećenjem od 75% (mjerno mjesto 1)

Mjerno mjesto	Pravac mjerenja	Frekvencija (Hz)	Brzina vibracija V_{ef} (mm/s)	Ampl. vibracija A
1	R_v	50	0,40	2,30
		75	0,34	1,14
		100	0,20	0,60

Tabela 2. Uskopojasno mjerenje na ležaju (6218) elektromotora pod opterećenjem od 75% (mjerno mjesto 1)

Mjerno mjesto	Pravac mjerenja	Frekvencija (Hz)	Brzina vibracija V_{ef} (mm/s)	Ampl. vibracija A
1	AKS	50	0,48	2,60
		75	0,60	1,85
		100	0,76	2,30

Tabela 3. Uskopojasno mjerenje na ležaju (6218) elektromotora pod opterećenjem od 75% (mjerno mjesto 1)

Mjerno mjesto	Pravac mjerenja	Frekvencija (Hz)	Brzina vibracija V_{ef} (mm/s)	Ampl. vibracija A
1	R _H	50	0,70	3,20
		75	0,45	1,90
		100	0,50	1,90

Tabela 4. Uskopojasno mjerenje na ležaju (6218) elektromotora pod opterećenjem od 75% (mjerno mjesto 2)

Mjerno mjesto	Pravac mjerenja	Frekvencija (Hz)	Brzina vibracija V_{ef} (mm/s)	Ampl. vibracija A
2	AKS	50	0,68	2,00
		75	0,47	1,85
		100	0,45	1,50

Tabela 5. Uskopojasno mjerenje na ležaju (6218) elektromotora pod opterećenjem od 75% (mjerno mjesto 2)

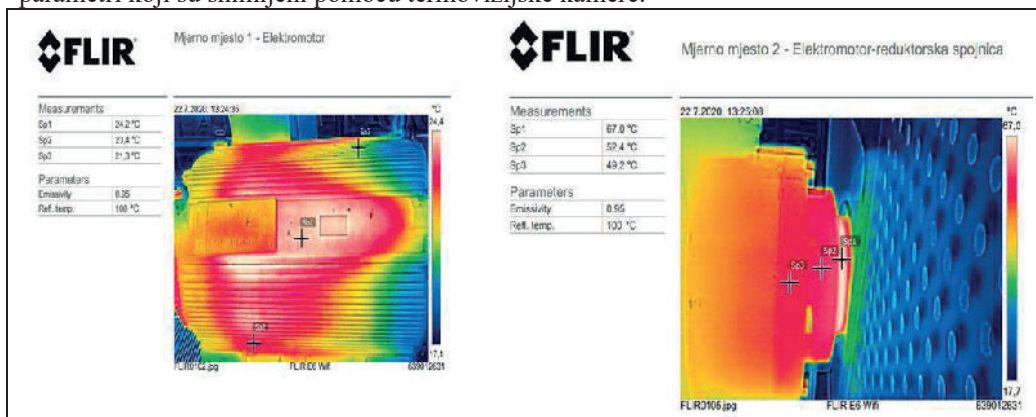
Mjerno mjesto	Pravac mjerenja	Frekvencija (Hz)	Brzina vibracija V_{ef} (mm/s)	Ampl. vibracija A
2	R _H	50	0,14	1,44
		75	0,41	1,28
		100	0,35	1,15

Analizirani elektromotor nakon provedenog mjerenja, na osnovu VDI 2056 nalazi se u dobrom stanju i može se pustiti u radne – pogonske uslove. Treba se imati na umu da se radi o poprilično novom sistemu koji nije bio podložan dužoj vremenskoj eksploataciji (vrijeme rada – 2 godine). Redovnu kontrolu radnih parametara potrebno je provoditi saglasno tehnološkim procedurama za održavanje ovakvih sistema.

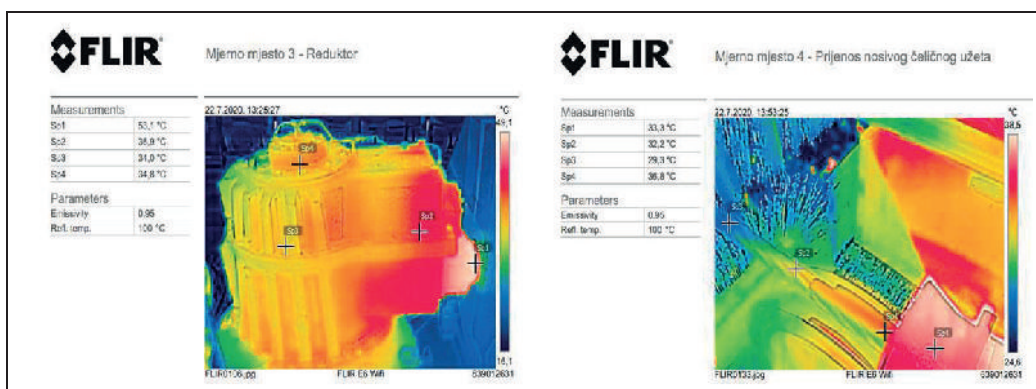
3. TERMOVIZIJSKI SNIMCI

Termovizijsko ispitivanje je metoda bez kontaktnog mjerenja površinskih temperatura. Ispitivanje se temelji na činjenici da svako tijelo s temperaturom iznad apsolutne nule (0K ili – 273°C) emitira elektromagnetska zračenja (toplinska zračenja) infracrvenog spektralnog pojasa koja leže na granici vidljivog crvenog spektra u valnom području $>0,7 \mu\text{m}$. Zračenje je posljedica vibracija uzrokovanih haotičnim termičkim gibanjem molekula u tijelu materije. Zadatak termovizijskog ispitivanja jest utvrditi temperaturnu raspodjelu vidljivog dijela površine ispitivanog elementa. Da bi rezultati ispitivanja bili kvalitetni opterećenje postrojenja mora biti minimalno 40% nazivne struje. Na osnovu iskustvene procjene i detaljnog vizuelnog pregleda cijelog tehničkog sistema, određena su kritična mjesta za

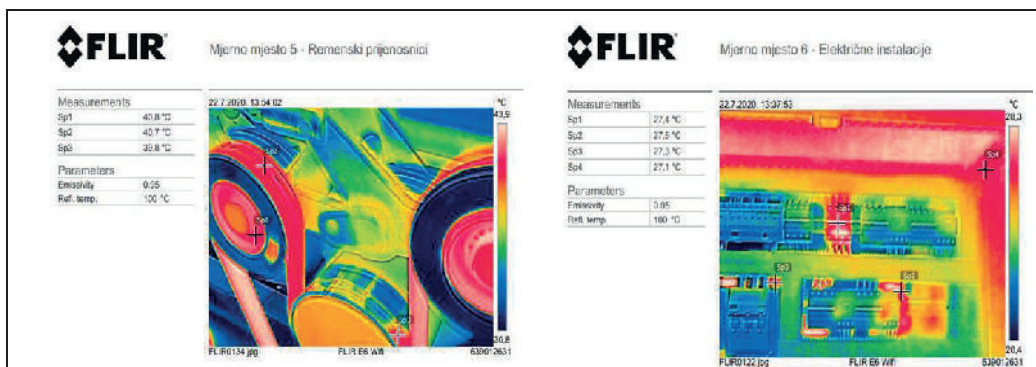
mjerenja termovizijskom kamerom. Ta mjerna mjesta su: ležajni blokovi elektromotora, elektromotor-reduktorska spojnica, reduktor, čelično nosivo uže, remenski prijenosnici i električni sklopovi. Na sljedećim dijagnostičkim listama su detaljno prikazani izmjereni parametri koji su snimljeni pomoću termovizijske kamere.



Slika 3. Termovizijska mjerenja na elektromotoru i Termovizijska mjerenja na spojnici



Slika 4. Termovizijska mjerenja na reduktoru i Termovizijska mjerenja čeličnog užeta



Slika 5. Termovizijska mjerenja remenskih prijenosnika i Termovizijska mjerenja električnih instalacija

4. ISPITIVANJE UŽADI

Čelične užadi uvelike se koriste u mašinstvu, građevini, automobilskoj industriji te općenito u primjerima kao što su dizalice, podzemna rudarstva, sječa drveća. Široka primjena čeličnih užadi je kod tramvaja, dizala, raznih žičara, mostova. Važnu ulogu u primjeni ima i odabir samog užeta zbog toga što trajnost užeta uvelike ovisi o vanjskim i unutarnjim čimbenicima. Prilikom korištenja užadi važno je posvetiti pažnju zaštiti prema djelovanju abrazije, umoru materijala, otpornosti na drobljenje, otpornosti na gubitak i deformaciju metala, otpornosti na rotaciju i same radne uvjete kojima su čelična užad izložena. Za neuobičajene radne uvjete potreban je poseban dizajn. Najčešće korišten materijal je visokougljični čelik (neprevučeni). Da bi se poboljšala otpornost na koroziju, u onim primjenama gdje je potrebna velika otpornost na koroziju, koristi se pocinčana žica ili žica od nehrđajućeg čelika. U nekim primjenama, gdje je čišće djelovanje ili je potreban duži vijek trajanja, koristi se plastično impregnirano čelično uže. Radni vijek čeličnih užadi je ograničen zbog promjene njihovih svojstava tijekom eksploatacije pod djelovanjem raznih sila i opterećenja. Stalni nadzor tijekom eksploatacije omogućava kontrolu razvoja oštećenja te kontrolu procesa starenja užadi. Na taj način se može smanjiti česta zamjena užadi.

Čelične užadi su najčešće izložene slijedećim opterećenjima i oštećenjima:

Mehaničko trošenje: Mehaničko trošenje čeličnih užadi nastaje zbog skidanja površinskog sloja materijala pri abraziji. Slika 6. a) prikazuje mehaničko trošenje čeličnih žica bez pojave unutrašnjih pukotina. Trošenje može biti smanjeno odgovarajućim podmazivanjem.



Slika 6. a) Savojni lom umora materijala užeta s spojnim nitima Slika 6. b) Korozijski oštećeno čelično uže

Korozijska oštećenja: Korodirana čelična užad tokom rada gube čvrstoću i savitljivost. Na korodiranoj površini žice dolazi do lakšeg stvaranja zamornih mjesta u odnosu na zaštićenu površinu. Pri visokim lokalnim naprezanjima nastaju pukotine od napetostne korozije. Sklonost prema koroziji se može umanjiti smanjenjem izloženosti površine zraku, što se može postići galvanskom zaštitom. Plastične prevlake se koriste za zaštitu jezgri užeta. Istovremeno, i unutrašnje i vanjsko prodmazivanje čeličnog užeta mogu smanjiti ili spriječiti koroziju. Na slici 6. b) prikazano je korozijski oštećeno čelično uže.

Otkazivanje zbog zateznog preopterećenja, Do otkazivanja užeta dolazi kada pri zatezanju zbog preopterećenja dođe do prekoračenja zatezne čvrstoće materijala žice. Lom je tada duktilan, sa izraženim suženjem i karakterističnim konusom klizanja završnog lom. Do otkazivanja zbog preopterećenja će doći samo ako je ukupni poprečni presjek materijala, izložen kombiniranom zatezanju i smicanju, veći od 50% ukupnog poprečnog presjeka materijala užeta.

Kod projektovanja žičara za prevoz turista (gondole) uzima se koeficijent sigurnosti užeta najmanje 10. Brzina ovih žičara obično je 0,5 m/s iako se proizvode žičare i do 4 m/s. Poželjno je da sjedište bude široko 0,4 m, od tla podignuto najmanje 0,9 m, na međusobnom rastojanju od zida ili predmeta od 0,3 do 0,75m. Zavisno od brzine kretanja užeta, određuje se rastojanje sjedišta sa ljudima. Uobičajeno ovo rastojanje od 10 m za brzinu do 1,8 m/s.

Održavanje i inspekcija čeličnih užadi odvija se po pravilima uređenim od strane državnih organa. Osnovna zakonska regulativa koja se bavi aspektom održavanja i obaveznih inspekcija čeličnih užadi u BiH predstavlja **Pravilnik o tehničkim normativima za dizalice**.

U nastavku su taksativno navedeni dijelovi ovog pravilnika koji se odnose na obavezne radnje koje se odnose na inspekciju i održavanje užadi:

- 1) **Član 128, stav 3 kaže: Dnevnim pregledom i ispitivanjem ispravnosti dizalice, njenih dijelova i opreme utvrđuje se, po pravilu, da li su nosiva sredstva ispravna (vizuelni pregled kuke i užeta)**
- 2) **Član 129, stav 4 kaže: Sedmični pregled i ispitivanje ispravnosti dizalice, njenih dijelova i opreme pored pregleda i ispitivanja propisanih članom 128. ovog pravilnika, sastoji se, po pravilu od, između ostalog, pregleda i podešavanja svih nosećih elemenata (kuke, užad, koturače i sl.) i uređaja za kočenje**
- 3) **Član 130, stav 5 kaže: Mjesečni pregled i ispitivanje ispravnosti dizalice, njenih dijelova i opreme, osim pregleda i ispitivanja propisanih u članu 129. ovog pravilnika, sastoji se, po pravilu, između ostalog, vizuelnog pregleda dijelova dizalice koji su sastvani dio dizalice (traverze, kuke, užeta i njegovog namotavanja na bubanj, učvršćivanja užeta na bubanj, kotura i njihovih ležišta i osovina)**
- 4) **Član 131 kaže: Godišnji pregledi i ispitivanje dizalice, njenih dijelova i opreme sastoji se, po pravilu, od detaljnog pregleda mašinskih uređaja, dijelova opreme, noseće konstrukcije, električnih uređaja i dizalične staze i ispitivanja pojedinih dijelova konstrukcije, uređaja, izolacije električne instalacije, elektromotora, elektroopreme i dizalice u cjelini. Na osnovu nalaza o istrošenosti, dijelovi i oprema dizalice zamjenjuju se ili se dizalica rekonstruiše.**
- 5) **Član 132 kaže: Generalni pregled dizalice koja radi pod teškim i vrlo teškim uslovima, njenih dijelova i opreme obavlja se, po pravilu, svake treće godine. Mjerenje brzine, snage i ugiba i kontrola osnovnih mjera dizalice obavlja se prema odgovarajućim jugoslovenskim standardima. Naprezanje, po potrebi, provjerava se elektrootpornim trakama (tenziometrima). Na osnovu pregleda i ispitivanja daje se nalaz o istrošenosti dijelova, na osnovu čega se oni zamjenjuju ili rekonstruišu.**

U posljednjih 20 godina sve više se teži da se užadi provjeravaju nedestruktivnim metodama tehničke dijagnostike (NDT metode). Postoje različite vrste instrumenata za procjenu stanja užeta: elektromagnetski instrumenti, instrumenti sa jednosmjernom strujom i stalnim magnetom i instrumenti za istjecanje magnetskog fluksa. Zakonskim aktima je regulisana obaveza provjere užadi svakih 3 do 5 godina, a pri održavanju i pregledima svakodnevno se vodi briga o stanju užadi. NDT metode sve više koriste pri inspekciji užadi, jer daju potpunu sliku o stanju užadi bez uzimanja uzorka, brze su i efikasne metode i rezultati koje daju su objektivni sa visokim nivoom tačnosti i preciznosti.

4.1. Elektromagnetski instrumenti

Djeluje na principu transformatora s primarnom i sekundarnom zavojnicom namotanom oko užadi gdje uže djeluje kao jezgra transformatora. Primarni svitak (koji je uzbuđivač) napaja se niskofrekventnim izmjeničnim naponom u opsegu od 10 do 30 Hz, a sekundarna zavojnica koja je zavojnica „tragač“ mjeri magnetske karakteristike užeta, tj. žičani konop će uzrokovati promjenu napona (u amplitudi i fazi) u sekundarnoj zavojnici. Ova vrsta instrumenata djeluje pri relativno niskoj jačini magnetskog polja, pa je tako dizajnirana da otkriva promjene u području metalnog presjeka, te je prije ispitivanja potrebno u potpunosti magnetizirati uže.

4.2. Instrumenti za jednosmjernu struju i stalni magnet

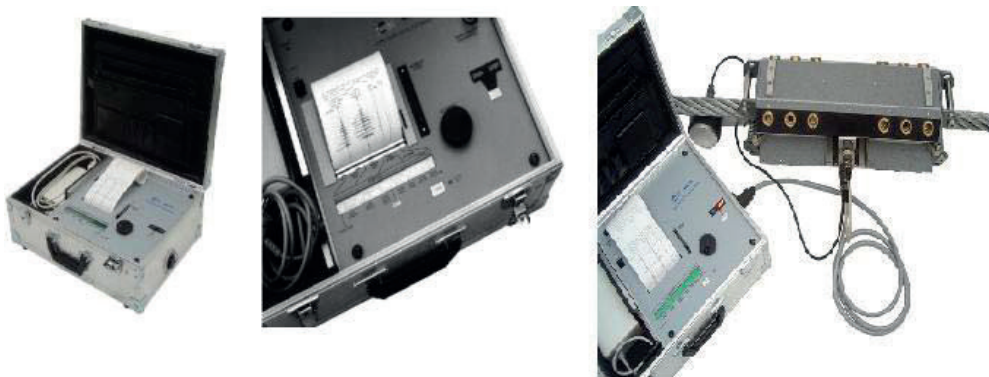
Ova vrsta instrumenata daje konstantan protok koji magnetizira dužinu užeta koja prolazi kroz magnetsku glavu. Ukupni aksijalni magnetski fluks u užetu može se mjeriti ili Hall Effect senzorom, okružujućom zavojnicom ili bilo kojim drugim prikladnim uređajem koji može mjeriti apsolutno magnetsko polje ili varijacije u stabilnom magnetskom polju. Ovaj signal dobiven putem senzora ili opkoljujuće zavojnice elektronički se obrađuje, a izlazni napon proporcionalan je volumenu čelika ili promjeni metalnog poprečnog presjeka unutar područja utjecaja struje magnetiziranja. Ova vrsta instrumenata mjeri promjenu metalnog područja.

4.3. Instrumenti za istjecanje magnetskog fluksa

Direktna struja ili instrumenti sa stalnim magnetom koriste se za napajanje konstantnog toka koji magnetizira dužinu užeta koja prolazi kroz magnetsku glavu. Istjecanje magnetskog fluksa nastalo diskontinuitetom u užetu poput prekinute žice može se mjeriti s različitim senzorom poput Hall Effect-a, senzorskih (induktivnih) zavojnica ili bilo kojim prikladnim uređajem. Ovaj signal od senzora se elektronički obrađuje i bilježi. Elektronički integrirani krug integrira osjetljive zavojne signale izravno kako bi odredio magnetski tok u užetu, a potom područje presjeka užeta.

4.4. Dostupni instrumenti na tržištu za NDT provjeru užadi

U praktičnoj aplikaciji procjene stanja užadi korišten je instrument **MD120 B DEFEKTOGRAF ČELIČNIH UŽADI** čiji je proizvođač poljska kompanija **Zawanda NDT**. Jedinstvene karakteristike instrumenta: Otkrivanje položaja nedostataka po cijeloj dužini i dubini užeta, Korištenjem matematičke integralne metode za lakše očitavanje nedostataka velike gustoće, Zumiranje ponovljene slike, Dijagram memorije u čvrstom stanju, Računarski interfejs, Memorija "Postavke s kodom užeta"



Slika 7. MD120 B Defektograf

Nažalost u Bosni i Hercegovini ne postoji još nijedna akreditirana laboratorija ili kompanija koja se bavi provjerom užadi NDT metodama. Posebno je izražena potreba, koja je Pravilnikom o tehničkim normativom za dizalice regulisana, a koji je zakonska obaveza, da se svake tri godine čelična užad ispituju na naprezanje i istrošenost dijelova. Laboratorije iz BiH koje rade ispitivanja užadi, rade to na principu uzorkovanja iz užeta i ispitivanja uzorka naizmjeničnim savijanjem, jednostavnim uvijanjem i zatezanjem. Kompanija koja je na prostoru Balkana provodila ispitivanja čeličnih užadi NDT metodom magnetne defektoskopije, a koja je pronađena u toku dijagnostike na primjeru gondola u Ski centru Ravna planina, je Eurolab kompanija iz Turske.

5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE ODRŽAVANJA

Ski – žičara na Ravnoj Planini je novi sistem koji predstavlja izazov sa aspekta održavanja jer je potrebno uspostaviti nove planove i metode inspekcije svih važnih dijelova ovog tehničkog sistema kao što su: elektromotor, reduktor, rezervna postrojenja, čelična užad i prijenosnici užadi. U tom smislu mjerenje vibracija na ležajnim bokovima elektromotora i reduktora, na ležajevima prijenosnika užeta je iznimno važno jer su to sve dijelovi sistema bez čijeg ispravnog rada je nemoguć rad sistema. Prilikom mjerenja i analize vibracija moguće je otkriti uzroke pojave neispravnog rada sistema koje može dovesti do zastoja, a neki od uzroka koji se mogu pojaviti na ovom tehničkom sistemu su: debalans obrtnih dijelova, vrtloženje ulja u rukavcu, odvajanje ležaja rukavca od kućišta, deformacije osovina i vratila i oštećenje zupčanika. Termovizijska mjerenja mogu značajno doprinijeti ranom otkrivanju anomalija u radu gore navedenih dijelova, a prednost im je što se ispitivanja vrše tokom normalnog pogona, neispravnost opreme se locira u ranoj fazi, izbjegavaju se nepotrebna servisiranja, skraćuje se vrijeme remonata, unapređuje se održavanje i smanjuje se broj većih kvarova. Uspostavljanje kvalitetne i dobro planirane strategije održavanja uz primjenu metoda tehničke dijagnostike, koje su ranije navedene u ovom radu, je jako važan aspekt budućeg planiranja rada ove ski-žičare, a kontinuirani monitoring svih neophodnih dijagnostičkih parametara je imperativ koji se postavlja u cilju pouzdanog i sigurnog rada ovog tehničkog sistema.

Detaljnijom analizom parametara koji su bitni za ispravan i siguran rad tehničkog sistema ski žičare uočeno je pozitivno tehničko stanje i ispravnost svih pojedinačnih dijelova. Jedan od najznačajnijih aspekata koji je uočen prilikom rada na ovom sistemu jeste maksimalna sigurnost opreme i radnika koji su u direktnom kontaktu sa sistemom. Konstrukciona izvedba pokretne i zakretne stanice je vrlo dobra projektovana u smislu mogućnosti prilaza svim dijelovima koje je potrebno svakodnevno, bez zastoja provjeriti i izmjeriti određene parametre.

Plan mjera za buduće aktivnosti održavanja

Postoji nekoliko aspekata na koje treba posebno obratiti pažnju u budućnosti, a koji se tiču poslova održavanja:

- 1) Kontinuirana obuka radnika za poslove dnevnih, sedmičnih i mjesečnih pregleda kritičnih dijelova sistema, s posebnim osvrtom na provjeru čeličnih užadi, funkcionalnosti elektromotora i reduktora, vizualnu kontrolu kabine za prijevoz ljudi i dijagnostiku elektroničkih instalacija. Zbog sve ubrzanijeg razvoja novih dijagnostičkih metoda i alata veoma je važno usavršavanje svih zaposlenih koje rade na poslovima održavanja kako bi se mogli služiti modernim tehničkim vještinama i tehnikama.

- 2) Potrebno je napraviti generalne planove zastoja, vremena remonata, inspekcije i drugih aktivnosti održavanja u cilju maksimalizacije poslovnog uspjeha i operativne gotovosti sistema.
- 3) Izuzetnu važnost treba predavati inspekciji čeličnih užadi, što je obuhvaćeno i zakonskom regulativom.
- 4) Analizirati moguće eksterne izvođače, koji bi mogli zadovoljiti potrebe održavanja i remonata na sistemu žičare.
- 5) Zbog specifičnosti rada pokretnih dijelova na pokretnoj i zakretnoj stanici, bilo bi poželjno ugraditi opremu za kontinuirano mjerenje buke koja se javlja u radu sistema, posebno zbog planova urbanizacije i turističke izgradnje hotelskih smještaja oko samog sistema.

6. REFERENCE

- [1] www.ski-rp.com [pristupljeno 20.10.2020.]
- [2] Lj. Papić, Z. Milovanović – Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema, Istraživački centar DQM, Prijedor, 2007.
- [3] Ž. Janković – Održavanje tehničkih sistema, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2017.
- [4] T. Nowakowski, A. Tubis, S. Werbinska-Wojciechowska – Evolution of Technical System Maintenance Approaches – Review and a Case Study, Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland, 2019.
- [5] D. Šaravanja, D. Petković – VIBRACIJSKA DIJAGNOSTIKA – Teorija i praksa: O vibracijama na drugi način, Fakultet strojarstva i računarstva u Mostaru i Mašinski fakultet u Zenici, 2010.
- [6] Ž. Ademović – TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA, Privredni pregled, Beograd, 2006.
- [7] <https://www.pce-instruments.com>
- [8] Krešimir Petrović, Ing.el.teh., Level 2 termografist: Infracrvena termografija (termovizija) pravi izbor za redovno održavanje

METODOLOGIJA ISPITIVANJA KONSTRUKCIJE NA KONKRETNOM PRIMJERU ZGRADE MAŠINSKOG FAKULTETA U ZENICI

STRUCTURE TESTING METHODOLOGY ON THE CONCRETE EXAMPLE OF THE BUILDING OF THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING IN ZENICA

v. ass. Vahid Redžić, dipl. inž.
Univerzitet u Zenici
Zenici

v. ass. Emir Đulić, dipl. inž.
Univerzitet u Zenici
Zenici

REZIME

U ovom radu izvršeno je ispitivanje faze II zgrade Mašinskog fakulteta u Zenici. Prikazano je ispitivanje materijala (betona) nerazornim metodama, na pojedinim mjestima konstrukcije, da bi se na osnovu numeričkog modela moglo izvršiti ispitivanje konstrukcije uzimajući u obzir stvarne čvrstoće betona na pritisak. Dakle, cilj rada je utvrditi ponašanje objekta u realnim uslovima uz pomoć numeričkog modela, kao i odrediti napone i deformacije u konstrukciji i donijeti eksplicitne zaključke o zadovoljavanju propisanih kriterija za ovu vrstu objekata.

Ključne riječi: ispitivanje konstrukcija, ispitivanje betona, napon, deformacija

ABSTRACT

In this paper, the testing of phase II of the Faculty of Mechanical Engineering building in Zenica was performed. The testing of materials (concrete) by non-destructive methods was presented, at certain points of the structure, so that, on the basis of a numerical model, the structure could be tested taking into account the actual compressive strength of concrete. Therefore, the goal of the work is to determine the behavior of the object in real conditions with the help of a numerical model, as well as to determine stresses and deformations in the construction and to make explicit conclusions about meeting the prescribed criteria for this type of objects.

Key words: structural testing, concrete testing, stress, deformation

1. UVOD

Objekat (faza II) se nalazi u ulici Fakultetska 1, u sklopu četiri povezana objekta Mašinskog fakulteta u Zenici. Faza II je okrenuta ka dvorištu fakulteta i sadrži glavni ulaz u objekat. Sastoji se iz suterena i prizemlja, i ima djelimično kosi i ravni krov. U suterenu se nalaze mašinske radionice, skladište i kabineti. Na prizemlju su smješteni sljedeći sadržaji: biblioteka, čitaonica, vjetrobran, hodnik, studentska služba, računarski kabineti, itd. Svrha ispitivanja faze II zgrade Mašinskog fakulteta u Zenici (kao i kompletnog objekta) jeste utvrđivanje ocjene o tome da li je moguće istu zgradu i dalje koristiti za predviđene namjene. Ukoliko se statičkim proračunom utvrdi da konstrukcija više ne zadovoljava zahtijevane uslove nosivosti i upotrebljivosti, biće potrebno poduzeti odgovarajuće mjere sanacije objekta. U radu je izvršeno ispitivanje materijala (betona) nerazornim metodama, na pojedinim mjestima konstrukcije, da bi se na osnovu numeričkog modela moglo izvršiti ispitivanje konstrukcije uzimajući u obzir stvarne čvrstoće betona na pritisak. Dakle, cilj je utvrditi ponašanje objekta u realnim uslovima uz pomoć numeričkog modela, kao i odrediti napone i deformacije u konstrukciji i donijeti eksplicitne zaključke o zadovoljavanju propisanih kriterija za ovu vrstu objekata. U radu su primjenjeni sljedeći propisi i standardi:

PBAB 1987 "Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton", JUS U.M1.041 "Beton – određivanje indeksa sklerometra i kalibracione krive" i JUS U.M1.042 "Beton – određivanje brzine ultrazvuka i izrada kalibracione krive". Objekat faze II sastoji se od postojećeg i dograđenog dijela koji je izgrađen u svrhu adaptacije zgrade Tehničke škole u zgradu Mašinskog fakulteta. Dva dijela objekta su dilatirana i skeletnog su konstruktivnog sistema. U starijem dijelu objekta za zidanje je korištena puna opeka. Temeljnu konstrukciju čine temeljne trake od nermiranog betona. Tavanica iznad suterena je monolitna armirano-betonska dok konstrukciju iznad prizemlja čine drvene grede (tavanjače). Krovna konstrukcija je drvena, krov je kosi, dok je za krovni pokrivač korišten salonit. Uz ovaj stariji objekat dograđen je hodnik sa ulaznom partijom i stepeništem suterena. Novi dio je skeletnog konstruktivnog sistema sa armirano-betonskim nosivim stubovima, šljako-betonskim zidovima i armirano-betonskim tavanicama iznad suterena i prizemlja. Temeljnu konstrukciju čine armirano-betonske temeljne trake i stope. Krov na novijem dijelu objekta je ravni neprohodni.

2. ANALIZA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Uvidom u projektnu dokumentaciju zapaženo je da postoji statički proračun sa nacrtima samo za novi (dograđeni) dio objekta. Pošto je projekat rađen 1980.godine sav statički proračun je izvršen ručno, te je tako proračunata i dimenzionirana karakteristična ploča, greda, stub i temelj. Dimenzioniranje ovih betonskih elemenata izvršeno je prema PBAB-87 (Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton). Može se konstatovati da objekat nije proračunat na seizmiku a također ne postoji ni dinamički proračun konstrukcije. U glavnom projektu nije vršena provjera graničnog stanja ugiba i prslina za betonske elemente. Osim statičkog proračuna, u projektu konstrukcije su dati i planovi konstrukcije, detalji armature i specifikacije armature za novi (dograđeni) dio objekta. Arhitektonski projekat je mnogo obimniji te su dati grafički prilozi postojećeg stanja kao i plan adaptacije sa svim priložima i tekstualnim dijelom (tehnički opis, termički proračun i predmjer radova). Na osnovu toga su izrađene osnove i presjeci kompletne faze II (stari i novi dio), i na njima su jasno označena mjerna mjesta za stubove, grede i ploču.

3. OPIS KORIŠTENIH METODA ZA ISPITIVANJE MATERIJALA

Za ispitivanje pojedinih svojstava betona, pored uobičajenih – klasičnih postupaka, vrlo široko se koriste i različite metode ispitivanja bez razaranja (nedestruktivne metode). Ove metode su vrlo pogodne iz razloga što omogućavaju i neposredna ispitivanja materijala ugrađenih u objekte, što znači da pri njihovoj primjeni u opštem slučaju ne postoji potreba klasičnog ispitivanja uzoraka "izvađenih" iz samih objekata. Kod nedestruktivnih metoda ispitivanja traženo svojstvo betona u najvećem broju slučajeva ne mjeri se direktno, već se postupak svodi na mjerenje neke druge fizičke veličine koja je u funkcionalnoj vezi sa datim svojstvom. Logično, u praktičnoj primjeni ovakav posredan način definisanja karakteristika materijala podrazumijeva i poznavanje funkcionalnih zavisnosti između fizičkih veličina koje se mjere i svojstava betona koja se ispituju. [1] Nedestruktivne metode ispitivanja omogućavaju pouzdano utvrđivanje pojedinih svojstava betona u gotovim konstrukcijama i u situacijama kada nisu unaprijed poznate zavisnosti između fizičkih veličina koja se mjere i svojstava koja se ispituju.

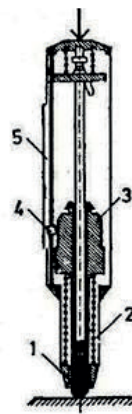
3.1. Metoda mjerenja površinske tvrdoće betona pomoću sklerometra

Mjerenje površinske tvrdoće omogućava da se na vrlo jednostavan način odredi orijentaciona vrijednost čvrstoće betona pri pritisku. Metode koje se zasnivaju na korelaciji između čvrstoće i površinske tvrdoće betona imaju niz nedostataka, međutim, i pored ovoga, one se u praksi, baš zbog izuzetne jednostavnosti, vrlo široko primjenjuju. Glavni nedostaci kod ovih

metoda vezani su za činjenicu da se mjerenja vrše na površinama elemenata, gdje beton u opštem slučaju nema iste karakteristike kao masa u unutrašnjosti. Jedan od ozbiljnih nedostataka ovih metoda je i velika disperzija rezultata ispitivanja do koje dolazi zbog varijacije tvrdoće betona od jednog do drugog mjesta na površini istog elementa. Do ovoga dolazi zato što tvrdoća kod ovakvih ispitivanja vrlo mnogo zavisi od prisustva i udaljenosti krupnih zrna agregata od površine. Međutim, ovaj nedostatak se uklanja tako što se ispitivanja sprovode na većem broju mjesta na bliskim udaljenostima. Tako se dolazi do većeg broja podataka u okviru koga se može izvršiti selekcija, tj. odbacivanje ekstremnih veličina i izračunavanje prosječne vrijednosti koja će biti prihvaćena kao praktičan rezultat. Metoda Šmitovog čekića (sklerometra) omogućava određivanje čvrstoće betona pri pritisku na bazi mjerenja površinske tvrdoće, što se postiže uspostavljanjem zavisnosti između elastičnog odskoka udarne mase koja ulazi u sastav aparature i čvrstoće.



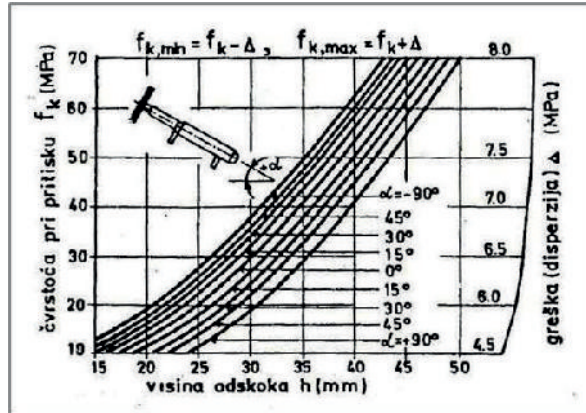
Slika 1. a) Šmitov čekić - sklerometar



Slika 1. b) Struktura sklerometra

Aparatura prikazana na slici 1. b) aplicira se na površinu elementa koji se ispituje tako što se na aparaturu djeluje pritiskom ruke na strani suprotnoj od udarnog valjka (1). Na ovaj način valjak se ulači u aparaturu, pri čemu njegovo uvlačenje ide "do kraja". Kada valjak potpuno uđe u unutrašnjost aparature, oslobađa se udarna masa (3) koja pod dejstvom udarne opruge (2) udara u udarni valjak i odskače na suprotnu stranu. Ovaj odskok se fiksira pomoću strelice (4) na skali (5) koja se nalazi na spoljnoj strani aparature. Pojedini tipovi ovakvih aparatura snabdjeveni su i pisačem, tako da se veličine odskoka dobijaju u vidu grafičkog zapisa. [1]

Pri primjeni Šmitovog čekića potrebno je raspolagati funkcijama koje povezuju elastični odskok h [mm] i čvrstoću betona. Do ovih funkcija oblika $f_k = f_k(h)$ (f_k – čvrstoća betona pri pritisku dobijena ispitivanjem betonskih kocki sa ivicama dužine 20 cm) može se doći samo putem paralelnih ispitivanja u okviru kojih će se na istim uzorcima prvo vršiti mjerenje odskoka h , a zatim izvršiti ispitivanje na pritisak primjenom standardnog postupka. Funkcionalne zavisnosti o kojima je ovdje riječ uvijek se rade za određeni tip aparature, pošto postoji nekoliko tipova Šmitovog čekića koji se međusobno razlikuju po veličinama udarnih energija. Rezultati ispitivanja čvrstoće koji se dobijaju primjenom sklerometra zavise i od položaja čekića prilikom ispitivanja, odnosno od ugla koji posmatrana betonska površina zaklapa sa horizontalom. Na slici 2. dat je prikaz funkcionalnih zavisnosti između elatičnog odskoka h i čvrstoće betona pri pritisku f_k , na osnovu koga se, između ostalog, mogu izvesti i zaključci o uticaju ugla nagiba aparature α u odnosu na horizontalu.

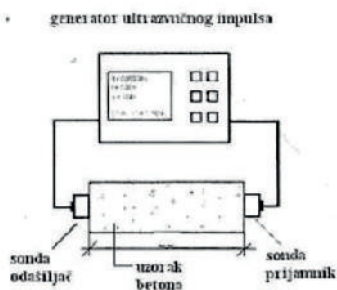


Slika 2. Zavisnosti $h - f_k$

Ispitivanja putem Šmitovog čekića (sklerometra) kod nas se sprovode saglasno standardu JUS U.M1.041. Ovaj standard precizno definiše postupak ispitivanja, odnosno način dobijanja veličine h koja odgovara jednom mjernom mjestu. Ovako dobijena veličina elastičnog odskoka naziva se indeksom sklerometra. Pored ovoga, pomenuti standard utvrđuje i proceduru određivanja zavisnosti $f_k = f_k(h)$. Za ovako dobijenu zavisnost standard uvodi naziv "kalibraciona kriva".

3.2. Metoda ultrazvuka

Metoda ultrazvuka podrazumijeva korištenje naročitih aparatura koje emituju ultrazvučne impulse i putem kojih se može registrovati vrijeme kretanja ultrazvučnih talasa duž određene putanje – baze mjerenja. U najvećem broju slučajeva ove aparature su koncipirane na principu prenosa podužnih (longitudinalnih) ultrazvučnih talasa, pošto se putem njih obezbjeđuje najveća moguća tačnost mjerenja. Većina ultrazvučnih uređaja radi na frekvencijama od 0,1 do 25 [MHz]. Ljudsko uho registruje zvuk od 20 [Hz] do 20 000 [Hz]. Uprošćena blok – šema uređaja za ispitivanje putem rasprostiranja longitudinalnih ultrazvučnih talasa prikazana je na slici 3. a).



Slika 3. a). Blok šema uređaja za ispitivanje putem ultrazvuka



Slika 3. b) Ultrazvučna aparatura

Statički modul elastičnosti definiše se kao omjer naprezanja i deformacije za nivo naprezanja koji je nizak u odnosu na čvrstoću materijala i za područje u kojem se smatra da se materijal

ponaša linearno i elastično. Za razliku od toga, veličina dinamičkog modula E_D zavisi od brzine nanošenja sile i trenutku očitavanja deformacije. Dinamički modul elastičnosti može se izmjeriti ultrazvučnom metodom. Metoda se temelji na mjerenju vremena prolaska longitudinalnih ultrazvučnih talasa kroz uzorak betona od sonde odašiljača do sonde prijemnika. Vremenski interval od trenutka kada impuls napušta prvu sondu pa do trenutka prijema impulsa u drugu sondu jeste vrijeme prolaska impulsa (t) kroz uzorak betona dužine (l).

Prema tome, brzina ultrazvuka data je izrazom:

$$v = \frac{l}{t} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (1)$$

Brzina prolaska longitudinalnih ultrazvučnih talasa kroz beton je funkcija nekih njegovih fizičko – mehaničkih karakteristika. To se najbolje vidi iz sljedećih teorijskih zavisnosti:

- Za slučaj prolaska ultrazvuka kroz linijske elemente, tj. kroz elemente prizmatičnog ili cilindričnog oblika kod kojih je $h/a > 5$, a $\lambda > 3a$ (h – visina, a – maksimalna poprečna dimenzija, λ – talasna dužina):

$$v = \sqrt{\frac{E_D}{\rho}} \quad (2)$$

- Za slučaj prolaza ultrazvuka kroz površinske (pločaste) elemente debljine d , a pod uslovom da je $d < 2\lambda$:

$$v = \sqrt{\frac{E_D}{(1 - \nu_D)^2 \cdot \rho}} \quad (3)$$

- Za slučaj prolaza ultrazvuka kroz tijela neograničenih dimenzija, a pri $d \geq 2\lambda$ (d – najmanja dimenzija tijela):

$$v = \sqrt{\frac{E_D \cdot (1 - \nu_D)}{(1 + \nu_D) \cdot (1 - 2\nu_D) \cdot \rho}} \quad (4)$$

U ispisanim relacijama, kao što se vidi, figurišu tri fizičke konstante materijala – betona:

ρ - gustoća betona,

E_D - dinamički modul elastičnosti,

ν_D - dinamički Poissonov koeficijent.

Ako je unaprijed poznata gustoća betona, a ona se uvijek može dobiti primjenom sasvim elementarnih postupaka, na bazi izmjerene brzine v , a primjenom izraza (4), može se na jednostavan način odrediti dinamički modul elastičnosti betona:

$$E_D = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot (1 + \nu_D) \cdot (1 - 2\nu_D)}{(1 - \nu_D)} \quad [Pa] \quad (5)$$

Kao i kod drugih građevinskih materijala, i kod betona veličine ρ , E_D i ν_D stoje u određenoj međuzavisnosti, pri čemu su sve one u određenoj funkcionalnoj vezi sa strukturnim karakteristikama, poroznošću, čvrstoćom i nizom drugih svojstava betona. S obzirom da brzina ultrazvuka v zavisi od veličine ρ , može se zaključiti da je metodu ultrazvuka načelno moguće primjenjivati za određivanje svih onih svojstava betona koja su u funkcionalnoj vezi sa gustoćom. Dakle, ova okolnost omogućava da se metoda ultrazvuka u praksi koristi za

određivanje niza svojstava betona kao što su: gustoća, modul elastičnosti, Poissonov koeficijent, poroznost, čvrstoća, otpornost na dejstvo mraza i drugo. [1]

Vrijednost dinamičkog modula elastičnosti je u pojedinim slučajevima veća i do 20 do 30 % u odnosu na statički modul elastičnosti. Ako se srednja vrijednost dinamičkog modula elastičnosti betona E_D izrazi preko srednje vrijednosti statičkog modula elastičnosti betona E , tada se, sa dovoljnom tačnošću, za praktične proračune, može uzeti da je:

$$E_D = \frac{E + 19000}{1,25} \text{ [MPa]} \quad (6)$$

Srednje vrijednosti dinamičkog modula elastičnosti betona koje odgovaraju izrazu (6) navedene su u tabeli 1 za pojedine kvalitetne klase betona. [2]

Tabela 1. Marke betona u zavisnosti od veličine dinamičkog modula elastičnosti (PBAB-87)

klasa betona	MB 15	MB 20	MB 25	MB 30	MB 35	MB 40	MB 45	MB 50	MB 55	MB 60
E_D [MPa]	36800	38000	39200	40400	41600	42400	43200	44000	44800	45600

Prilikom ispitivanja gotovih konstrukcija, na brzinu prolaza ultrazvuka vrlo mnogo može da utiče armatura prisutna u masi betona. Iz tih razloga se uvijek teži da mjerna mjesta za mjerenje brzine v budu dovoljno udaljena od armature. Primjena metode ultrazvuka kod nas je utvrđena standardom JUS U.M1.042 koji obrađuje problematiku mjerenja brzina v i definisanja zavisnosti $f_p = f_p(v)$ – tzv. kalibracionih krivih.

4. OBRADA REZULTATA MJERENJA

Zbog nemogućnosti ispitivanja svih naznačenih mjernih mjesta, u ovom poglavlju biće obrađeni rezultati ispitivanja betona na mjernim mjestima "P2" (podna ploča), "S5" (stub suterena) i "G3" (greda iznad suterena). Armirano – betonska podna ploča je ispitana sklerometrom dok je ispitivanje stuba i grede izvršeno metodom ultrazvuka. Na osnovu ovih rezultata mjerenja dobijene su odgovarajuće marke betona koje će biti ulazni podaci za statički proračun konstrukcije.

MJERNO MJESTO "P2" (sklerometar)

Tabela 2. Obrada rezultata mjerenja čvrstoće na pritisak uz pomoć sklerometra na mjernom mjestu "P2"

red.br.	visina odskoka [mm]	kriva	čvrstoća na pritisak [MPa]
1	42	"B"	52
2	43	"B"	48
3	36	"B"	33
4	40	"B"	46
5	38	"B"	38
6	42	"B"	48
7	42	"B"	48
srednja vrijednost			44,72

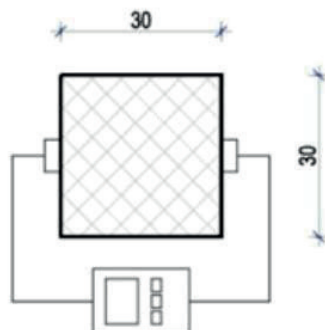
MJERNO MJESTO "S5" (ultrazvuk)

Vremena prolaska impulsa:

$$t_1 = 75,6 \text{ } [\mu\text{s}]$$

$$t_2 = 75,1 \text{ } [\mu\text{s}]$$

$$t_3 = 74,8 \text{ } [\mu\text{s}]$$



Slika 4. Šematski prikaz ispitivanja stuba

$$v = \frac{l}{t} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] ; E_D = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot (1 + \nu_D) \cdot (1 - 2\nu_D)}{(1 - \nu_D)} \text{ [Pa]}$$

$$l = 0,3 \text{ [m]} ; \rho = 2650 \text{ [kg/m}^3\text{]} ; \nu = 0,20$$

Tabela 3. Obrada rezultata mjerenja ultrazvukom na mjernom mjestu "S5"

red.br.	vrijeme prolaska ultrazvuka $t \cdot 10^{-6}$ [s]	brzina ultrazvuka v [m/s]	din. modul elastičnosti E_D [MPa]
1	75,6	3 968,25	37 556,62
2	75,1	3 994,67	38 058,44
3	74,8	4 010,69	38 364,34
srednja vrijednost			37 993,14

$$E_D = 37 993,14 \text{ [MPa]}$$

Na osnovu tabele 1 usvajamo marku betona: **MB 20**

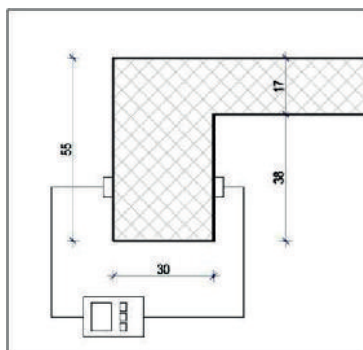
MJERNO MJESTO "G3" (ultrazvuk)

Vremena prolaska impulsa:

$$t_1 = 74,9 \text{ } [\mu\text{s}]$$

$$t_2 = 74,5 \text{ } [\mu\text{s}]$$

$$t_3 = 75,2 \text{ } [\mu\text{s}]$$



Slika 5. Šematski prikaz ispitivanja grede

$$v = \frac{1}{t} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] ; E_D = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot (1 + v_D) \cdot (1 - 2v_D)}{(1 - v_D)} \text{ [Pa]}$$

l = 0,3 [m] ; ρ = 2650 [kg/m³] ; v = 0,20

Tabela 4. Obrada rezultata mjerenja ultrazvukom na mjernom mjestu "G3"

red.br.	vrijeme prolaska ultrazvuka t*10 ⁻⁶ [s]	brzina ultrazvuka v [m/s]	din. modul elastičnosti E _D [MPa]
1	74,9	4 005,34	38 261,96
2	74,5	4 026,84	38 673,83
3	75,2	3 989,36	37 957,26
srednja vrijednost			38 297,68

$$E_D = 38 297,68 \text{ [MPa]}$$

Na osnovu tabele 1 usvajamo marku betona: **MB 20**

5. ANALIZA OPTEREĆENJA

1. RAVNI NEPROHODNI KROV (NOVI DIO)

STALNO :

šljunak 6 cm 0,06 x 19,0

1,14 [kN

hidroizolacija 1 cm 0,01 x 16,0

0,16 [kN/m²]

troslojne kombi ploče 5 cm 0,05 x 3,5

0,175 [kN/m²]

parna brana

0,02 [kN/m²]

nagibni beton MB 10 ; 8 cm 0,08 x 24

1,92 [kN/m²]

AB ploča d=15 cm 0,15 x 25,0 (uzima računar)

3,75 [kN/m²]

g = 3,42 [kN/m²]

s = 0,75 [kN/m²]

SNIJEG :

2. KOSI KROV (STARI DIO)

STALNO :

salonit 0,14/cosα (α = 14 °)

0,15 [kN/m²]

letva 5/8 cm λ = 60 cm 0,05x0,08x8,0x100/60/cosα

0,05 [kN/m²]

terhartija

0,01 [kN/m²]

daščana oplata 2,4 cm 0,024 x 8,0

0,19 [kN/m²]

rog 10/14 cm ; λ = 80 cm 0,10 x 0,14 x 100 / 80 x 8,0

0,14 [kN/m²]

podrožnica, stubovi, makaze, kosnici

0,15 [kN/m²]

g = 0,69 [kN/m²]

s = 0,75 [kN/m²]

SNIJEG :

3. POD NA ZEMLJI – ULAZ (NOVI DIO)

STALNO :

vinaz ploče 0,2 cm 0,002 x 6,25

0,0125 [kN/m²]

ljepilo 0,1 cm 0,001 x 12,0

0,012 [kN/m²]

cementni estrih 6,0 cm 0,06 x 21,0

1,26 [kN/m²]

PVC folija

0,01 [kN/m²]

stiropor 4,0 cm 0,04 x 2,0

0,08 [kN/m²]

hidroizolacija 1,0 cm 0,01 x 16,0

0,16 [kN/m²]

pregradni zidovi

1,0 [kN/m²]

AB podna ploča d = 15 cm 0,15 x 25,0 (uzima računar)

3,75 [kN/m²]

g = 2,54 [kN/m²]

p = 3,00 [kN/m²]

KORISNO :

4. POD HODNIKA U PRIZEMLJU (NOVI DIO)

STALNO :

vinaz ploče 0,2 cm 0,002 x 6,25

0,0125 [kN/m²]

ljepilo 0,1 cm 0,001 x 12,0	0,012 [kN/m ²]
cem.estrih 6,0 cm 0,06 x 21,0	1,26 [kN/m ²]
PVC folija	0,01 [kN/m ²]
stiropor 4,0 cm 0,04 x 2,0	0,08 [kN/m ²]
pregradni zidovi	1,0 [kN/m ²]
AB ploča d = 15 cm 0,15 x 25,0 (uzima računar)	3,75 [kN/m ²]
KORISNO :	g = 2,37 [kN/m ²] p = 3,00 [kN/m ²]

5.POD PROLAZA U PRIZEMLJU (NOVI DIO)

STALNO :	
vinaz ploče 0,2 cm 0,002 x 6,25	0,0125 [kN/m ²]
ljepilo 0,1 cm 0,001 x 12,0	0,012 [kN/m ²]
zaglađeni beton 4,2 cm 0,042 x 24,0	1,008 [kN/m ²]
PVC folija	0,01 [kN/m ²]
AB ploča 8,0 cm 0,08 x 25,0 cm	2,0 [kN/m ²]
postojeća AB ploča ravnog krova d _{pi} = 15 cm 0,15 x 25 (uzima računar)	3,75 [kN/m ²]
KORISNO :	g = 3,09 [kN/m ²] p = 3,00 [kN/m ²]

6.POD PRIZEMLJA (STARI DIO)

STALNO :	
vinaz ploče 0,2 cm 0,002 x 6,25	0,0125 [kN/m ²]
ljepilo 0,1 cm 0,001 x 12,0	0,012 [kN/m ²]
cem.estrih 4,0 cm 0,04 x 21,0	0,84 [kN/m ²]
PVC folija	0,01 [kN/m ²]
stiropor 3,0 cm 0,03 x 2,0	0,06 [kN/m ²]
pregradni zidovi	1,00 [kN/m ²]
AB ploče d = 20 cm 0,2 x 25 (uzima računar)	5,00 [kN/m ²]
produžni malter 2,5 cm 0,025 x 19,0	0,48 [kN/m ²]
KORISNO :	g = 2,42 [kN/m ²]
KORISNO (kabineti, čitaonica)	p = 1,50 [kN/m ²]
KORISNO (biblioteka)	p = 2,00 [kN/m ²] p = 5,00 [kN/m ²]

7.POD SUTERENA (STARI i NOVI DIO)

STALNO :	
vinaz ploče 0,2 cm 0,002 x 6,25	0,0125 [kN/m ²]
ljepilo 0,1 cm 0,001 x 12,0	0,012 [kN/m ²]
cem.estrih 3,2 cm 0,032 x 21,0	0,672 [kN/m ²]
PVC folija	0,01 [kN/m ²]
stiropor 4 cm 0,04 x 2,0	0,08 [kN/m ²]
hidroizolacija 1,0 cm 0,01 x 16	0,16 [kN/m ²]
pregradni zidovi	1,00 [kN/m ²]
AB podna ploča d = 10 cm 0,1 x 25,0 (uzima računar)	2,50 [kN/m ²]
KORISNO :	g = 1,95 [kN/m ²]
KORISNO (kabineti, mašinske radionice)	p = 1,50 [kN/m ²]
KORISNO (hodnik)	p = 2,00 [kN/m ²] p = 3,00 [kN/m ²]

Za zid od pune opeke u produžnom malteru uzeta je zapreminska težina $\gamma=16,5$ [kN/m³], a za zid od šljako-betonskih blokova uzeta je zapreminska težina $\gamma=16,0$ [kN/m³]. Linijsko opterećenje od težine ograde stepeništa iznosi $g=0,60$ [kN/m¹] i $p=1,0$ [kN/m¹] – pritisak na ogradu usljed ljudske navale .

Aktivni pritisak tla: $p_a = \gamma \cdot H \cdot \text{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) = 19,0 \cdot 3,05 \cdot \text{tg}^2 (45^\circ - 25^\circ/2) = 23,52$ [kN/m²]

Konstrukcija objekta je sračunata za VII zonu seizmičkog inteziteta MCS skale, koeficijent seizmičnosti iznosi $k_s = 0,05$.

6. STATIČKI PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Statički proračun konstrukcije objekta je izvršen pomoću software-a Tower 6 – Radimpex Beograd. Osim statičkog proračuna, u softwer-u je urađen i dinamički proračun kao i određivanje seizmičkih sila prema metodi ekvivalentnog statičkog opterećenja. S obzirom da u postojećoj projektnoj dokumentaciji nema seizmičkog proračuna, smatralo se neophodnim obavljanje istog radi utvrđivanja ponašanja ove konstrukcije i na ovakvo incidentno djelovanje. Nakon modeliranja konstrukcije i unosa odgovarajućih opterećenja, izvršeno je generisanje konstrukcije i formiranje mreže konačnih elemenata. Tako je obavljena modalna analiza a nakon toga i seizmički proračun. Poslije toga su formirane kombinacije opterećenja i anvelope za presječne sile i naponu u tlu. Kombinacije opterećenja su obuhvatile stalno i korisno djelovanje, kao i seizmiku u x i y pravcu, s tim da se slučaj opterećenja sa seizmičkim djelovanjem u dva pravca istovremeno isključuje. Osim presječnih sila provjereno je i granično stanje upotrebljivosti tako da su za kombinaciju opterećenja stalno+korisno kontrolisani ugibi na karakterističnim mjestima

7. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Pomoću software-a koji je korišten, izvršeno je ispitivanje predmetne konstrukcije numeričkim modelom. Pri tome se nije mijenjao intenzitet opterećenja već je praktično izvršeno ispitivanje materijala, tj. betona u našem slučaju. Nakon obrade rezultata mjerenja dobijene su marke betona koje su ulazni parametri za proračun. Već na samom početku proračuna mogu se vidjeti visoke vrijednosti momenata savijanja u temeljnoj konstrukciji, a to implicira potrebu za velikom količinom armature koju ponekad nije moguće smjestiti u presjek pa je potrebno povećavati dimenzije elementa. Osim toga, može se lako uočiti da je stari – postojeći dio objekta neadekvatno projektovan sa velikim rasponima a uz to dolazi izuzetno opterećenje od zidova od pune opeke. Maksimalni naponi pritiska ispod temeljnih traka iznose $\sigma_{tla,max} = 243,90$ [kN/m²] što je vrlo blizu vrijednosti dopuštenog naprezanja u tlu koje iznosi $\sigma_{tla,dop} = 250,00$ [kN/m²] (uzeta je ova preporučena vrijednost jer ne postoji geomehanički elaborat). Razlog tome je izuzetno teška konstrukcija sa materijalom čija su nosiva svojstva u opadanju, a što je i potvrđeno ispitivanjem na mjernim mjestima sklerometrom i ultrazvukom. U okvirima H-10 i H-12 uočene su kritične vrijednosti ugiba koje su vrlo blizu dopuštenih ugiba, $v_{dop} = L/250$. S obzirom na sve navedeno, preporuka je da se postojeći-stari dio objekta ojača tako što bi se vršilo dobetoniranje novih stubova, ili formiranje betonskog plašta oko postojećih stubova. Na taj način bi se omogućilo sigurno i ugodno obavljanje aktivnosti u datoj ustanovi jer postoje realne mogućnosti da u budućnosti dođe do eventualne pojave neravnomjernih slijeganja ili pojave prekomjernih ugiba i prslina u betonskim elementima.

8. REFERENCE

- [1] Hasanović, V.: Proračun armiranobetonskih konstrukcija prema EC 2 i DIN 1045-1, Građevinski fakultet Univerziteta "Džemal Bijedić" u Mostaru, Mostar, 2010.
- [2] Hasanović, V.: Betonske konstrukcije, "Mušanović" d.o.o. Brčko Distrikt, Sarajevo, 2007.
- [3] Đuranović, N.: Uvod u ispitivanje konstrukcija, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica, 2009.
- [4] EVROPSKE NORME:
Eurocode 0 – Osnove proračuna konstrukcija
Eurocode 1 – Dejstva na konstrukcije

ODRŽAVANJE POLITIČKIH SISTEMA
MAINTENANCE OF POLITICAL SYSTEMS

Prof. dr. Faruk Kozić
Filozofski fakultet Univerziteta u Zenici
Zenica

REZIME

U radu je obrađeno funkcionisanje demokratskih i nedemokratskih sistema i njihovo održavanje. Nedemokratski sistemi imaju neograničenu vlast i slabo ograničenu moć. U takvim sistemima građani često pate, jer su njihove slobode ograničene. Nedemokratski sistemi još postoje, ali nisu više popularni. Stanovništvo bi ih najradije zamijenilo boljim sistemom. Procesi demokratizacije tih sistema vode ka demokratiji. Nedemokratski sistemi kontrolišu i discipliniraju svoje građane. Prava građana, etničkih, ranjivih grupa i drugih manjina se diskriminiraju. Autokratski sistemi sputavaju kreativnost i inovativnost svojih građana. Koriste silu, vojsku, policiju, gardu, graničnu službu i tajnu policiju kako bi sačuvali vlast, bogatstvo, moć i privilegije. Demokratska društva su transparentnija, otvorenija, odgovornija i djelotvornija. Moderna društva otvorenija su za inovacije, modernizacije i promjene. Demokratski rješavaju društvene konflikte i upravljaju njima. Na krize i izazove brže, efikasnije, fleksibilnije i organizovanije reaguju. Pandemija korona virusa i agresija na Ukrajinu dodatno su oslabili demokratije u svijetu i povećali broj autokrata i autokratskih sistema i država

Ključne riječi: sistemi, održavanje sistema, demokratski, nedemokratski, autokratski sistemi

ABSTRACT

The paper deals with the functioning of democratic and non-democratic systems and their maintenance. Non-democratic systems have unlimited power. And the power in them is weakly limited. In such systems, citizens often suffer because their freedoms are limited. Non-democratic systems still exist and are no longer popular. The population would prefer to replace them with a better system. The processes of democratization of these systems lead to democracy. Non-democratic systems control and discipline their citizens. The rights of citizens, ethnic, vulnerable groups and other minorities are discriminated against. Autocratic systems hinder the creativity of their citizens. They use force, army, police, guard, border service and secret police to preserve power, authority and privileges. Democratic societies are more transparent, open, accountable and effective. Modern societies are more open to innovation, modernization and change. They resolve and manage social conflicts democratically. They respond to crises and challenges faster, more efficiently, more flexibly and in a more organized way.

Keywords: systems, system maintenance, democratic, non-democratic, autocratic systems

1. UVOD

Postoje različite vrste političkih sistema. Vlast u nedemokratskom sistemu obično pripada pojedincu ili jednoj grupi, a u demokratskim sistemima građani imaju konačnu vlast. Demokratska društva zavise od informisanih i aktivnih građana koji zajednički rade na postizanju zajedničkog dobra. U takvim državama, vlast i vođe države imaju ograničenu moć i poštuju vladavinu zakona. Sredinom sedamdesetih godina 20. vijeka više od dvije trećine društava u svijetu mnogi su smatrali autokratskim. Od tada se stanje mnogo promijenilo pa je sad manje od jedne trećine autoritarnih sistema u svijetu. U autokratskim društvima vođe su često iznad zakona i mogu biti ljubazni, grubi, pravedni ili nepravedni, zabrinuti ili nezabrinuti – u svakom slučaju ponašaju se kao da su iznad volje naroda. U nedemokratskim sistemima moć je često neograničena. Građani u takvim sistemima pate kad su njihove slobode ograničene ili mogu biti potpuno oduzete. Teško podnose mjere kažnjavanja i često im je oduzeto pravo na pravedno saslušanje ili pravedne zakonske procedure. U autoritarnim režimima učešće naroda u javnom životu i u upravljanju svedeno je na najmanju moguću mjeru. U tim društvima potrebe i interesi države stavljaju se iznad potreba i interesa prosječnih građana. Ne postoje pravni mehanizmi koji bi omogućili svrgavanje vlade ili vođe sa vlasti. Autoritarne vlade postoje u mnogim državama, a neke se pritom izjašnjavaju i kao demokratske. Takvi su bili Irak u vrijeme Sadama Huseina, gdje se gušilo drugačije mišljenje; moćne monarhije Saudiska Arabija, ranije Kuvajt, Sjeverna Koreja, te rukovodstvo i sadašnja vojna vlast Mijanmara (bivša Burma) – koji svi strogo ograničavaju građanske slobode stanovništva i odriču mu pravo učešća u državnim poslovima. (1)

2. DEMOKRATSKI SISTEMI

Stari grci su koristili riječ demokratija za vlast mnogih u odnosu na vlast nekoliko osoba. Demokratija je sistem vlasti u kojem konačna politička moć, ili suverenitet, pripada narodu, bilo direktno ili putem izabranih predstavnika. Demokratski sistemi su zasnovani na principu da je vlast postavljena kako bi služila narodu. U demokratskom sistemu građani su slobodni pojedinci koji imaju zaštićena prava i koji su lojalni vlasti, dok god vlast štiti njihova prava. Ukoliko vlast prestane štiti građane, oni imaju pravo da naprave promjene u vlasti prema unaprijed utvrđenim principima i procedurama. Među brojnim karakteristikama koje se navode prilikom opisivanja demokratskog društva, najčešće se ističu sljedeće: suverenitet naroda; pristanak onih nad kojim se vlada da izabrani predstavnici upravljaju u ime svih; podjednake slobode i prava za sve građane demokratskog društva; vladavina prava; vladavina većine i garancija prava manjinama; podjeljena (zakonodavna, izvršna i sudska) i ograničena vlast; slobodni, pravedni i periodični izbori; sloboda izražavanja, slobodni mediji; garancija ljudskih prava za sve; sloboda izbora i sloboda da se bude izabran/a; politički, socijalni, ekonomski i kulturni pluralizam, sloboda govora u javnosti, pravo na protestovanje, pisanje peticija, molbi, žalbi prijedloga; pravedne zakonske procedure; vrijednosti poput dijaloga, tolerancije, kooperativnosti i kompromisa; transparentnost rada vlade i državnih institucija. Demokratska društva se oslanjaju na određene kategorije grupa i institucija koje pomažu uspostavi i razvoju civilnog društva koje stabilizuje demokratiju. To su: nevladine organizacije (NVO), naravno, osim onih destruktivnih (npr. terorističkih, šovinističkih i nacionalističkih); slobodni mediji; i društvene organizacije – interesne grupe građana koje rade nezavisno od kontrole vlasti. Demokratija nije više koncentrisana samo u zemljama Zapada, već se proširila u mnoge države i na druge kontinente. Smatra se poželjnim oblikom vladavine u većini država svijeta. Kao što kaže Dejvid Held „demokratija je postala opšti standard političke legitimnosti“ u naše vrijeme.

Demokratija se povezuje sa tržišnom ekonomijom, koja se praktično pokazala daleko uspješnijom od nekonkurentnog i nefikasnog načina planiranja i upravljanja ekonomijom,

kakav su praktikovala autokratska društva. Kako je društvena aktivnost postala globalizovana – to je sve više ljudi shvatalo da njihov svakodnevni život zavisi od događaja koji se odvijaju daleko od njih. Zato su počeli da traže više informacija kako se vlada njima, odnosno traže više demokratije. Globalizacija je ubrzala širenje demokratije van granica nacionalnih država i dovela do aktivnog učešća građanstva u političkim događajima u raznim dijelovima svijeta.

Uticaj masovnih komunikacija, televizije, interneta i društvenih mreža sve je veći. Na širenje demokratije utiče i to što su slike o raznim događajima u svijetu dostupne svuda i u svako vrijeme. Pojavom novih televizijskih tehnologija, satelitske i kablovske televizije, države više nisu u stanju kontrolisati sve šta njihovi građani gledaju i slušaju. U socijalističkim sistemima, komunističke partije su imale potpunu kontrolu nad televizijskim mrežama, jer su sve bile u državnom vlasništvu. Internet i najmoderniji sistemi telekomunikacija omogućavaju trenutni prenos materijala, prijem slike i tona. Mi živimo u „otvorenom svijetu informacija“, u kojem su autoritarne vlade sve manje u stanju da kontrolišu protok informacija. To onemogućava države da se oslanjaju na stare oblike moći i podriiva legitimnost vlada čija se vlast zasniva na tradicionalnoj vlasti ili na безусловnoj pokornosti. U novim uslovima, autoritarne vlade gube sposobnost za ispoljavanje nekih drugih oblika, kao što su fleksibilnost, dinamizam, modernizacija, inovativnost i kreativnost, koji su neophodni da bi država bila konkurentna u globalnoj ekonomiji, informatizaciji i automatizaciji.

3. KARAKTERISTIKE NEDEMOKRATSKIH SISTEMA

Autokratija je sistem vlasti u kojem je apsolutna vlast nad državom koncentrisana u rukama jedne osobe, čije odluke ne podliježu ni vanjskim zakonskim ograničenjima niti regularnim mehanizmima narodne kontrole – osim prijetnje državnim udarom ili drugim oblicima pobune. Autokratija je oblik vladavine u kojem jedan vladar ima apsolutnu kontrolu i moć odlučivanja u svim državnim pitanjima i nad svim ljudima u zemlji. (3) U ranijim vremenima, izraz autokrata je skovan kao povoljan opis vladara, koji ima neku vezu s konceptom „nedostatka sukoba interesa“, kao i indikaciju veličine i moći. Ova upotreba termina nastavila se i u modernim vremenima, budući da je ruski car nazivan „autokratom svih Rusija“ još početkom 20. vijeka. U 19. vijeku, istočna i srednja Evropa bile su pod autokratskim monarhijama na čijim su teritorijama živjeli različiti narodi.

Proučavanje nedemokratskih društava pokazuje da imaju sljedeće osnovne karakteristike: ograničenja slobode govora, medija i prava na sastajanje; nejednak status ljudi i diskriminacija u školi, na poslu i životu (najdiskriminisani narod u svijetu su Rohinje u Mijanmaru, negiraju im jezik i ime naroda); ograničena prava i mogućnosti na izbore i na to da se bude izabran/a; ograničenja slobode kretanja; centralizovani autoritet gdje samo nekoliko ljudi ili jedan pojedinac imaju moć; rasna, religiozna, etnička, spolna ili starosna diskriminacija, koja može biti višestruka; zaštita manjina i ranjivih grupa nije garantovana; narušavanje prava na privatnost; nepravda preovladava; moć nije podijeljena, međusobno uticajno preplitanje i balansiranje između različitih dijelova vlasti (zakonodavne, izvršne i sudske); ne postoji vladavina prava; pravedne zakonske procedure nisu garantovane ni poštovane; ne postoji senzibilnost i razumijevanje za manjine, izbjeglice, migrante, ranjive grupe i one koji su diskriminisani; nema adekvatne kontrole vlasti.

Primjeri nedemokratskih politički sistema uključuju totalitarne sisteme, diktature, fašističke vlasti, monarhije i komunističke države. Mnogo je nepotpunih demokratskih ili poludemokratskih sistema. Grupe ili institucije koje štete, odnosno onemogućavaju uspostavu demokratskog društva su: mediji koji nisu slobodni ili su pod snažnim uticajem ili kontrolom vlasti; pojedinci koji nisu demokratski orijentisani ili su pod snažnim uticajem retrogradnih snaga; pasivno građanstvo i apstinencija na izborima. Nezainteresovanost građana je prisutna

u razvijenim demokratskim državama, a u zemljama tranzicije birači apstiniraju jer misle da ne mogu promijeniti stanje.

U nekim državama postoje ograničenja na količinu vlasništva koju osobe mogu imati (nekretnine, zemlja, privatnu imovinu ili privatni obrt...). Mnogim građanima nije dozvoljeno da idu u inostranstvo, njihovi telefoni su prisluškivani i njihova pošta se provjerava.

U mnogim državama širom demokratskog svijeta ne postoje ograničenja na nivo privatnog vlasništva, zabranjeno je prisluškivanje telefona i ljudima je dozvoljeno da slobodno putuju, širom svijeta, da putuju u druge države i na druge kontinente. Demokratija je postala najpoželjniji oblik vladavine u savremenom svijetu. (5) I pored širenja i popularnosti demokratije pojavljuje se „paradoks demokratije“. U novim demokratskim državama očekivalo se više od nastalih promjena, a u razvijenim državama pojavila se zasićenost i indiferentnost.

Nedemokratski sistemi kontrolišu i discipliniraju svoje građane. U vrijeme demonstracija isključuju im internet, zabranjuju ili kontrolišu društvene mreže. Karakteriše ih cenzura štampe, autocenzura i nemaju transparentnost rada vlade i državnih institucija. Korupcija i nepotizam u njima cvjetaju. Prava građana, etničkih, ranjivih grupa i drugih manjina se diskriminiraju. Autokratski sistemi sputavaju kreativnost svojih građana. Koriste silu, vojsku, policiju, gardu, graničnu službu i tajnu policiju kako bi sačuvali vlast, bogatstvo, moć, privilegije i prestiž koji imaju.

Postoji li neka suštinska razlika između demokratskog i nedemokratskog? Naravno: demokratsku vladu biraju ljudi, odnosno građani i građanke sa pravom glasa, a šef države se bira na određeno vrijeme. Različite vrste demokratija su: direktna, predstavnička, ustavna demokratija...

Šef države u nedemokratskoj vladi nije predstavnik naroda (jer ga narod ne bira) i može da ostane na vlasti neodređeno vrijeme. Tri vrste nedemokratske vlasti su: autoritarizam, totalitarizam i diktatura. Poludemokratije i nepotpune demokretije u kriznim vremenima mogu da odu u nedemokratski sistem. U zemlje u kojim nema dovoljno demokratije stranke su zabranjene: Kuvajt, Oman, Katar i Saudijska Arabija, a kandidati bi trebali biti nezavisni.

4. KAKO SE ODRŽAJU SISTEMI

Nedemokratski sistemi održavaju se represijom, silom i manipulacijama javnim mnijenjem. Teško se transformišu i mijenjaju. U njima elite čuvaju svoj stečeni status, prestiž i moć i naročito položaj u vlasti (vlast). Društvene promjene su male, kratke, i ne zadiru u privilegije, moć i status. Za tu vrstu promjena kaže se da su „kozmetičke promjene“. Dometi promjena su mali i kratkog su daha. Čuvari tih sistema su vojska, policija, garda, granična služba... Vlada daje cenzurisane i frizirane informacije izmanipulisanim građanima koji ne dobijaju potpune, blagovremene i istinite informacije. Vrší se manipulacija javnim mnijenjem. Neprijatelji se proizvode a stanovništvo drži u stalnoj napetosti, neizvjesnosti i opasnosti. Demokratska društva su transparentnija i otvorenija. Za one na vlasti važna je odgovornost rada i djelovanja. Demokratska društva su otvorena, fleksibilna i transparentna. Oslanjaju se na demokratske vrijednosti, principe i procedure, njeguju demokratsku tradiciju i razvijaju demokratski ambijent. Moderna demokratska društva otvorena su za inovacije, modernizacije i društvene promjene. Demokratski rješavaju društvene konflikte i upravljaju njima. Na krize i izazove, brže, efikasnije, fleksibilnije i organizovanije reaguju.

Postojali su i još uvijek postoje politički sistemi i nosioci političke vlasti koji od običnog čovjeka isključivo zahtijevaju poslušnost i bespogovorno pokoravanje zahtjevima i odlukama vlasti. U nedemokratskim političkim sistemima politički ishodi su izvan domašaja običnog čovjeka. Pripadnike takvih političkih sistema odnosno one koji svoj odnos prema političkoj vlasti iskazuju samo poslušnošću i bespogovornim pokoravanjem nazivamo podanicima. Podanik je pasivan u javnom životu zajednice, politički nezreo i nesproman za

kritičko promišljanje, lakovjeran i pogodan za političke manipulacije. Međutim, politika i vlast su nužnost društvenog života.

Politika utiče na svakoga na ovaj ili onaj način, bez obzira da li se neko zanima ili ne zanima za politički život i zato se kaže: „Ako se ti ne baviš politikom, politika će se baviti tobom“. U demokratijama pojedinac može slobodno izabrati hoće li se zanimati za politiku ili neće. Međutim, budući da je prvi princip demokratije suverenitet naroda u takvom političkom poretku građani moraju biti svjesni da oni kolektivno posjeduju vlast i da su odgovorni za njeno sprovođenje. Građani imaju mogućnost da uspostavljaju svoju vlast sami i za vlastitu korist i imaju priliku da je promijene putem izbora, ako ona ne zadovoljava njihove potrebe i očekivanja. Zato se demokratsko građanstvo može smatrati svojevrsnom javnom funkcijom. Pripadnici različitih političkih sistema mogu imati pravni status građanina – međutim ono po čemu se demokratski građanin bitno razlikuje od ostalih je aktivno učestvovanje u političkom životu zajednice zasnovano na kritičkom promišljanju i rasuđivanju. Demokratski građani su svjesni da sistem utiče na njihove živote i vjeruju da mogu doprinijeti razvoju sistema. Jedno od karakterističnih obilježja demokratije je sloboda pojedinca da teži ostvarenju svojih prioriteta odnosno ličnih interesa. Pitanje kako uskladiti pojedinačne interese i opće dobro od presudne je važnosti za razvoj demokratije. Težnja za ostvarenjem pojedinačnih interesa mora biti kombinovana sa brigom za opće dobro – od čega ustvari zavisi ostvarenje ličnih interesa svih članova zajednice. Prepoznavanjem općeg dobra i pristajanjem na ograničenje privatnog interesa za dobrobit zajednice pojedinac služi kao primjer demokratskog građanstva u službi općeg dobra, a to predstavlja primjer građanske vrline.

Svaki politički sistem, s ciljem održavanja stabilnosti i vlastite održivosti, nastoji odgoj novih generacija uskladiti sa vlastitim principima. Autoritarni, diktatorski i totalitarni režimi, između ostalih načina, i putem javnog školovanja nastojali su odgajati poslušnog podanika koji je spreman bez pogovora izvršavati zahtjeve vlasti. S obzirom na to da su nedemokratske tradicije mnogo starije od demokratskih tradicija, pogotovo u zemljama u tranziciji, uticaji političkog odgoja u skladu sa podaničkom političkom kulturom još uvijek su znatno prisutni i u društvima ovoga tipa.

Velika promjena u svijetu je online povezanost svijeta. U toku je digitalna transformacija država i svijeta. Internet je moćno sredstvo demokratizacije, a uticaj prelazi nacionalne i kulturne granice. Nastaju novi autoriteti. Nedemokratske države i autokratski režimi spriječavaju pristup internetu, Sjeverna Koreja, Kina, Iran, Indija, Bjelorusija, Mijanmar, Ruska Federacija, Bjelorusija...

Autokratske vođe i vlade internet i društvene mreže smatraju potencijalnom prijetnjom svojoj vlasti. Savremeni sistemi trebalo bi da su demokratski i da ih je lakše održavati, modernizovati i razvijati. U demokratskim sistemima su građani dobili svoja prava i slobode. Pojavljuju se deformacije (nepotpuna demokratija, poludemokratija, demokatura, fasadna demokratija, stabilokratija, hibridna demokratija...). Pojavljuju se i ostatci starog sistema u formi autokratskog ponašanja, bolesnih ambicija za vlašću.

Postoje tri tipa legitimne vlasti koju je naveo Maks Veber (Max Weber), a to su: Tradicionalna vlast. Legitimnost tradicionalne vlasti zasniva se na svetosti prastarih običaja i nepisanih pravila. Ljudi se pokoravaju vlasti jer je „oduvijek bilo tako“. Upravni aparat takve vlasti najčešće čine vladarevi rođaci. Poslušnost je osigurana djelimično tradicijom i odanošću podanika vladaru. Tradicionalna vlast je ugrožena, jer je podrivaju savremena komunikacijska sredstva, pa se ne može mnogo oslanjati na tradicionalne simbole, tradicionalne načine vladanja i bezuslovnu pokornost. Autoritarne vlade gube sposobnost za

ispoljavanje fleksibilnosti i dinamizma, koji su potrebni da bi država bila konkurentnija u globalnoj elektronskoj utakmici na svjetskom tržištu. (2)

Legalno-racionalna vlast. Legitimnost ovog tipa vlasti zasniva se na eksplicitnim pravilima i racionalnim procedurama koja definišu prava i obaveze. Ne pokorava se osobi već zakonima. Veber je upravni aparat takvog tipa vlasti, opisao kao birokratiju. Većina savremenih političkih sistema pripada ovom tipu vlasti.

Harizmatička vlast. Vlast je legitimirana posebnim i nadnaravnim osobinama koje ljudi pripisuju svom vođi. Proroci, heroji, ratni pobjednici i političke vođe izvode legitimnost svoje vlasti iz harizme (karizme). Riječ harizma znači – „božiji dar“. Podanici slijede vođu ali im on svoju iznimnost mora povremeno dokazivati. I ova vlast je nestabilna, naročito nakon smrti harizmatičkog vođe. Maks Veber je ove tipove vlasti smatrao idealnim tipovima. To znači da svaka konkretna vlast posjeduje (u različitim omjerima) elemente pojedinog tipa. Model koji je uspješno primijenjen za izlazak iz autoritarnih režima jeste mediteranski model ili, tranzicijska strategija koja je primijenjena u Portugalu i Španiji sedamdesetih godina dvadesetog vijeka. Između tih država postoje razlike, ali je najvažnija konstanta da su obje države počele od autoritarnih režima s ograničenim pluralizmom i da su ostvarile uspješnu i brzu demokratsku tranziciju i konsolidaciju. Ove dvije države postojeću institucionalnu infrastrukturu nisu uništile već su je iskoristile i nadogradile. (4)

5. ZAKLJUČAK

Održavanje sistema nije lako. Vlasti se trude da očuvaju i održavaju svoje sisteme. Krize nastaju u dijelovima sistema ekonomskom, socijalnom, kulturnom, političkom, institucionalnom i ugrožavaju kompletan politički sistem. Ako se konflikti i krize ne kontrolišu i na vrijeme ne nađu rješenja, mogu ozbiljno ugroziti države i njihovo dalje funkcionisanje. Sistemi i društvo se modernizuju i razvijaju. Trebaju biti u trendu savremenih društvenih promjena. Svako zaostajanje odražava se na kvalitet života, standard i perspektivu građana. Nije dobro nametati svoje modele i sisteme, drugim narodima i državama. Postaju odbojni oni koji ih nameću. Nametanjem u oblasti organizacije, ekonomije, politike, kulture ili jezika, guši se raznovrsnost kao bogatstvo svijeta. U svakoj vlasti isprepliću se Veberovi idealni tipovi vlasti, ali u različitim historijskim periodima i okolnostima pojedini tipovi izbijali su u prvi plan i potiskivali druge. Savremeni sistemi trebalo bi da su demokratski i da ih je lakše održavati, modernizovati i razvijati. U demokratskim sistemima su građani dobili svoja prava i slobode. Demokratija zavisi od svojih aktivnih građana. Umjesto podaničke političke kulture potrebno je razvijati građansku demokratsku kulturu. Potrebni su sistemi i demokratija koji će biti u službi građana, bolji od postojećih ili dosadašnjih.

6. REFERENCE

- [1] Entoni Gidens, *Sociologija*, Ekonomski fakultet, Bograd, 2005., str. **428-429**, 432-436.
- [2] Kozić Faruk, *Demokratija i ljudska prava i bosanskohercegovački ambijent*, „Meligrafprint“, Zenica, 2011., str.18, 20, 23, **35-36**, 57-58.
- [3] Kozić Faruk, *Priručni leksikon demokratije i ljudskih prava*, „Meligrafprint“, Zenica, 2018, str.20-21, 146.
- [4] Pusić Vesna, *Mediteranski model na zalasku autoritarnih režima*, ERASMVS, Zagreb, br.20, 1997., str.2-15.
- [5] Radivojević Radoš, *Sociologija tehnike*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015., str.**133-135**

INDEX AUTORA / AUTHORS INDEX

- A**
Ajanović, Mesud 379, 385, 395
Alagić, Ismar 51, 61
Aleksić, Marinko 239
Alibašić, Zijad 43
Antić, Boris 379
Avdušinović, Hasan 429
- B**
Babić, Nedeljko 343
Bajramović, Irfan 141
Bajramović, Kasim 141
Bajtarević - Jeleč, Amna 219
Baltić-Jašarević, Fatima 299
Beganović, Omer 225
Bešlagić, Ernad 405
Bijedić, Nina 283
Bikić, Farzet 485
Birdahić, Vehid 327, 337, 485
Bojanić Šejat, Mirjana 17
Boljević, Vesna 456
Bošnjaković, Kemal 337
Botić, Dragan 343
Božović, Dražen 239
Brodarić, Allen 97
BULUT, Hüsamettin 9, 190
- C, Č, Ć**
Crnogorac, Bernarda 105
Crnogorac, Krešimir 105
Cvrk, Sead 239
Čavić, Vladimir 181
Ćirović, Dragana 413
Ćurguz, Zoran 379, 385, 395
- D, Đ**
Dautbegović, Džafer 307
Delhusa, Ines 133
Dervišić, Šehzudin 429
Dlabač, Tatijana 421
Duraković, Mirnes 327, 485
DUSAČ, Abdurrahim 211
Đelović, Deda 351
Đidelija, Mensud 81
Đokić, Njegoslav 371
Đulić, Emir 307, 456, 467, 493, 503
Đuračić, Ivan 105
- G**
Gačić, Almedin 343
Gačo, Amina 75
Gašpar, Dražena 283
Gojković, Ranka 371
Grbešić, Marko 449
- Gredelj, Sanel 173
Grgić, Ivan 133
Grgurević, Ivan 97
GÜLTEKİN, Yusuf 190
- H**
Hadžalić, Mustafa 479
Hadžikadunić, Fuad 307
Hadžistević, Miodrag 327
Havrlišan, Sara 25
Hazić, Faris 493
Hilali, İsmail 9, 190
Hochrinner, Hagen H. 233
Hodžić, Emir 69
- I, J**
Ilić, Ostoja 361
Imamović, Aida 43
Imamović, Mustafa 253, 261
Imamović, Nusret 327, 337
Isić, Safet 467
IŞIKER, Yusuf 190
Ištvančić, Zlatan 181
Ivošević, Špiro 1
Jašarević, Sabahudin 291
Jež, Martin 75
Jovović, Ivan 97
- K**
Kačmarčik, Josip 405
Kadušić, Emina 337
Kahrimanović, Alena 253, 433
Karaçizmeli, İzzettin Hakan 123, 127
Karaškić, Mirko 133
Kaya, Serkan 205
KİSA, Murat 161, 197
Kladarić, Ivica 25
Kladarić, Slavica 25
Klarić, Štefanija 25
Klisura, Fuad 275
Knežević, Ilija 421, 441
Knežević, Ivan 17
Kokotović, Radomir 361
Kopčić, Omar 299
Kovač, Draško 421, 441
Koznić, Faruk 513
Krstić, Božidar 379, 385, 395
Krstić, Ivan 379, 385, 395
Krstić, Nikola 395
Krstić, Stefan 395
Krstić, Vojislav 379, 385
KULLORAJ, Arben 33

L, M, N

Lovrić, Mario	149
Lujčić, Roberto	25
Marijić, Jure	133
Marvučić, Nikola	421, 441
Melović, Boban	413
Mešić, Suljo	43
Miškić, Miroslav	343, 361
Mizdrak, Vedran	167, 219
Moljević, Slaviša	371
Mraković, Ivan	113
Mulaosmanović, Ensar	43
Nedeljkov, Đorđe	441
Nezirić, Emir	81

O, P, R

Oruč, Mirsada	479
ÖZEN, Mustafa	161, 197
Petković, Darko	275 307
Petrović, Igor	317
Prcanović, Halim	485
Rackov, Milan	17
Rašković, Matija	1
Redžibašić, Muharem	291
Redžić, Nermin	456
Redžić, Vahid	503

S

SEVAL, Tunahan	9
Sharko, Anni Dasho	33
Sharko, Genci	33
SHERMATOVA, Saime	211
Softić, Amela	69

Stanovčić, Igor	89
Stojkov, Marinko	105, 149
Sultić, Elda	283
Sunulahpašić, Raza	479
Sušić, Lamija	225
Svalina, Ilija	25

Š

Šabić, Muharem	275
Šaravanja, Davorka	449
Šarić, Tomislav	25, 105, 149
Šiljegović, Zoran	361
Šimunović, Goran	25, 133, 149
Šimunović, Katica	25
Šišić, Muvedet	337, 485
Špago, Damir	81, 467

T, U, V

Tanasijević, Namanja	361
Tarabar, Aida	269
Tintor, Vukašin	181
Turinski, Dražen	25
UYGUN, Serkan Emre	161, 197
Uzunović, Faik	225
Varda, Kenan	405
Vilić, Marko	133
Vukčević, Milica	413
Vukojević, Nedeljko	167, 219, 343

Z, Ž

Zaimović Uzunović, Nermina	405
Živković, Aleksandar	17
Žuna, Šaban	43

SPONZORI
SPONSORS



TERMO KONTROL



ArcelorMittal



natron-hayat
MAGLAJ



KAKANJ CEMENT
HEIDELBERGCEMENT Group



ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



VINARIJA MATIJAŠ VELIMIROVIĆ
DONJI ZAGARAČ (DANILOVGRAD)
CRNA GORA



TERMOELEKTRO



PROFIL PREDUZEĆA

„Termoelektro“ je specijalizovano preduzeće za: izgradnju, remont, rekonstrukciju, revitalizaciju i održavanje termoenergetskih, industrijskih i drugih postrojenja, kao i izradu i montažu ne-standardne opreme i konstrukcija.

„Termoelektro“ pruža kompletnu i kvalitetnu uslugu od inženjeringa i izrade projekata do organizacije na samom gradilištu po principu „ključ u ruke“.

PRIMARNA DJELATNOST

Demontažno - montažni radovi u termoelektanama, hemijskim i drugim industrijskim postrojenjima:

- » Inženjering, izgradnja, održavanje, remont i revitalizacija, uključujući posude pod pritiskom svih kategorija
- » Nabavka, ugradnja i montaža:
- » Cijevnih sistema izrađenih od svih vrsta materijala
- » Čelične konstrukcije za sve tipove kotlova
- » Sistemi grijanja za industrijska postrojenja
- » Inženjerske aktivnosti u investicionim projektima:
- » Pružamo sveobuhvatne usluge, uključujući nabavku i ugradnju materijala, skele, mašine,
- » pregled zavarenih spojeva i izolaciju

MISIJA

Naša misija je da razvijamo i održavamo poslovne odnose s domaćim i stranim partnerima pružajući visoki profesionalizam i vrhunski kvalitet uz poštovanje rokova i interesa naših klijenata.

VIZIJA

Naša vizija je da zadržimo vodeću poziciju na domaćem tržištu; Da ojačamo svoju ulogu na strateškim tržištima u inostranstvu.

Želimo da izrastemo u preduzeće koje je sposobno projektovati i izvesti čak i najkompleksnije projekte, te svojim kvalitetom nadmašiti očekivanja svojih klijenata.

NUDIMO

- » Iznajmljivanje dizalica
- » Termička obrada materijala
- » Ispitivanje materijala i zavarenih spojeva metodama bez razaranja

Posjedujemo kompletan specijalizovani alat za izvođenje svih vrsta mašinske montaže i svih postupaka zavarivanja.

Takođe, posjedujemo potrebnu cijevnu i ramovsku skelu, dvije autodizalice LIEBHERR nosivosti 40t i 100t, viljuškare, kamione, mašine za termičku obradu zavarenih spojeva.

Termoelektro zapošljava sertifikovane Inženjere za zavarivanje sa međunarodno priznatim sertifikatima, visoko obučene zavarivače, bravare i druge kvalitetne radnike.

Certifikati koje posjedujemo: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, EN 1090-2:2008+A1:2011; SCC 2011;



TERMO KONTROL



TERMO KONTROL D.O.O. BIJELJINA

Specijalizovano preduzeće TERMO KONTROL d.o.o. Bijeljina osnovano je 2013. godine kao laboratorija za ispitivanje materijala metodom bez razaranja (NDT). U početku svog rada preduzeće i zaposleni radnici stiču kompetencije, licence i certifikate za izvođenje visokokvalitetnih radova kontrole metalnih i nemetalnih proizvoda na:

- » termoenergetskim,
- » hidroenergetskim,
- » naftnim i
- » gasnim postrojenjima

U toku 2015. godine izrasta u jedno od vodećih preduzeća u BiH koja se bave kontrolom materijala i zavarenih spojeva metodama bez razaranja.

Do 2019. godine preduzeće TERMO KONTROL d.o.o. Bijeljina nastavlja sa izuzetno uspješnom poslovnom politikom stalno razvijajući kadrovski i tehnički potencijal.

U 2020. i 2021. godini preduzeće proširuje djelatnost i akredituje se prema BAS EN ISO/IEC 17020 kao Inspekcijsko tijelo za razvrstavanje i preglede i ocjenu usaglašenosti opreme pod pritiskom.

Termo Kontrol d.o.o. je preduzeće koje se bavi ispitivanjem i kontrolom zavarenih spojeva i materijala na termoenergetskim i hidro-

nergetskim objektima, naftnim i gasnim postrojenjima, opremi za površinske kopove, razvrstavanjem i pregledima opreme pod pritiskom, ocjenom usaglašenosti opreme pod pritiskom, kontrolom čeličnih konstrukcija, cjevovoda i rezervoara i rezervoarskih prostora svih vrsta.

Preduzeće Termo Kontrol d.o.o. je podijeljeno u dvije radne jedinice:

- » Ispitna laboratorija
- » Inspekcijsko tijelo

ISPITNA LABORATORIJA

Ispitivanje materijala bez razaranja (IBR) (engl. Non-destructive testing – NDT) predstavlja skup metoda za utvrđivanja osobina kvaliteta i usaglašenosti metalnih proizvoda, poluproizvoda, osnovnog materijala i zavarenih spojeva sa zahtjevima tehničkih specifikacija i standarda, a da pri tome ispitivani proizvod i materijal budu neoštećeni.

Prednost naše Laboratorije je mogućnost ispitivanja u prostorijama Termo Kontrol-a kao i na licu mesta, kod klijenta. Za rad na terenu posjedujemo mobilnu laboratoriju sa svom potrebnom opremom za rad.

Nudimo savjetodavne usluge kod izrade plana kontrola, odabira odgovarajućih metoda ispitivanja kao i kriterijuma prihvatljivosti.

Osposobljeni smo za usluge ispitivanja materijala i zavarenih spojeva sljedećim NDT metodama:

- » Vizuelno Ispitivanje VT
- » Penetrantsko Ispitivanje PT
- » Ispitivanje magnetnim česticama MT
- » Radiografsko Ispitivanje RT
- » Ultrazvučno Ispitivanje UT
- » Mjerenje debljine stjenke ultrazvukom UTM
- » Mjerenje površinske tvrdoće
- » Ispitivanje nepropusnosti vakum pumpom
- » Ispitivanje elektroprobojnosti izolacije
- » Ispitivanje pritiskom, hladnim vodenim pritiskom
- » Mjerenje debljine premaza farbe

INSPEKCIJSKO TIJELO

Inspeksijsko tijelo je akreditovano prema BAS EN ISO 17020 i ovlašteno od strane Ministarstva energetike i rudarstva Republike Srpske za:

Razvrstavanje opreme pod pritiskom

Razvrstavanje opreme pod pritiskom podrazumijeva određivanje kategorije opreme (I – IV kategorija), koje se vrši prema vrsti opreme pod pritiskom, grupi fluida, radnim i projektnim karakteristikama opreme u skladu sa zahtjevima a Pravilnika o pregledima opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe

Preglede opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe

Pregledi opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe provjerava se da li su ispunjeni zahtjevi za njen bezbjedan rad u skladu sa zahtjevima Pravilnika o pregledima opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe. Vrste ispitivanja koje sprovodi TERMO KONTROL D.O.O. Bijeljina su:

- » Prvi pregled prije stavljanja opreme pod pritiskom u upotrebu;
- » Periodični pregled;
- » Vanredni pregled;
- » Pregled opreme pod pritiskom prije ponovnog puštanja u rad.

Inspekciju novih proizvoda – ocjena usaglašenosti nove opreme pod pritiskom

Ocjena usaglašenosti nove opreme pod pritiskom podrazumijeva:

- » Modul A1 – unutrašnja provjera proizvodnje sa nadzorom završnog ispitivanja;
- » Modul B – pregled tipa;

- » Modul B1- pregled projekta;
- » Modul C1 – usaglašenost sa tipom;
- » Modul F – Verifikacija proizvoda;
- » Modul G – pojedinačna verifikacija.

Ocjena usaglašenosti radnih postupaka za nerastavljive spojeve na opremi pod pritiskom

Ocjena usaglašenosti radnih postupaka za nerastavljive spojeve na opremi pod pritiskom podrazumijeva definisanje aktivnosti i odgovornosti prilikom sprovođenja postupaka inspeksijskog nadzora na zavarivačkim radovima. Cilj ovoga postupka je osigurati da sve primjenjene metode i postupci inspeksijskog nadzora budu u skladu s zakonskim propisanim pravilnicima za nerastavljive spojeve, odnosno u skladu sa referentnim dokumentima.

Inspekcija novih proizvoda – ocjena usaglašenosti jednostavnih posuda pod pritiskom

Ocjena usaglašenosti jednostavnih posuda pod pritiskom podrazumijeva pregled prototipa posude pod pritiskom, a zatim odobravanje serije jednostavnih posuda pod pritiskom i izdavanje certifikata usaglašenosti.

Licence i certifikati Termo Kontrol-a:

- » Certifikat o akreditaciji inspeksijskog tijela prema BAS EN ISO/IEC 17020;
- » Certifikat o implementaciji sistema kvaliteta ISO 9001;
- » Licenca za posjedovanje i korištenje radioaktivnog izvora;
- » Licenca za prevoz i transport radioaktivnog izvora;
- » Licenca za uvoz i izvoz radioaktivnog izvora;
- » Licenca za projektovanje u KGH tehnicima od Federalnog ministarstva za prostorno uređenje;
- » Licenca za izradu tehničke dokumentacije za građevinske objekte iz oblasti termotehnike instalacijagrijanja, gasa, ventilacije i klimatizacije izdata od Ministarstva prostornog uređenja, građevinarstva i ekologije Republike Srpske;
- » Imenovanje Ministarstva energetike i rudarstva za razvrstavanje opreme pod pritiskom, preglede opreme pod pritiskom tokom vijeka upotrebe, ocjenu usaglašenosti nove opreme pod pritiskom, ocjenu usaglašenosti radnih postupaka za nerastavljive spojeve na opremi pod pritiskom, ocjenu usaglašenosti jednostavnih posuda pod pritiskom.



ArcelorMittal



ArcelorMittal Zenica je najveći proizvođač dugih proizvoda na Balkanu sa proizvodnim kapacitetom od skoro milion tona godišnje, kao i najveći strani investitor u zemlji.

Jedan je od ključnih pokretača privrede u Bosni i Hercegovini i doprinosi BDP-u Bosne i Hercegovine sa 2,5%.

U fabrici je integralna proizvodnja čelika, korištenjem željezne rude i proces se odvija na koksari, visokoj peći, čeličani, dok se gotova roba proizvodi u valjaonicama.

U samoj Zenici, Kompanija direktno zapošljava više od 2.300 ljudi, ali broj indirektnih zaposlenika iznosi oko 12.000 zbog velikog broja domaćih kompanija koje svoje poslovanje zasnivaju na saradnji sa nama.

Postoji više od 600 ovakvih lokalnih dobavljača kojima ArcelorMittal Zenica godišnje za usluge plaća više od 250 miliona KM. Neki od njih, poput Željeznica RS imaju 50% godišnjeg prometa zahvaljujući poslovanju sa ArcelorMittalom Zenica, dok Željeznice Federacije ostvaruju 30% svog prometa kroz saradnju sa Kompanijom.

ArcelorMittal Zenica uložio je 100 miliona KM u Toplanu Zenica, potpuno novu energetiku koja radi isključivo na interne gasove (visoke peći i koksni gas), proizvodeći toplotnu energiju za ArcelorMittal Zenica i gradsko grijanje u Zenici. Toplana Zenica je zajednički poduhvat, u 50% vlasništvu ArcelorMittala Zenica, 30% finskih partnera i 20% Grada Zenice.

ArcelorMittal Zenica IZVOZNIK #1 U BIH

17
GODINA
POSLUJEMO U BIH

+12,000
INDIREKTNO ZAPOSLENIH



OKO
2,300
DIREKTNO ZAPOSLENIH



OKO
900
DIREKTNO ZAPOSLENIH
U ArcelorMittal Prijedor

2,5% BDP BIH



UKUPNA INVESTICIJA

465
MILIONA KM
OD 2004. GODINE



INVESTICIJE
U ZAŠTITU OKOLIŠA

200
MILIONA KM
OD 2004. GODINA

TOPLANA ZENICA

100
MILIONA KM



UKUPNA UPLATA ZA
PLATE I POREZE

60
MILIONA KM
GODIŠNJE

UKUPNO PLAĆENO
DOBAVLJAČIMA I
PARTNERIMA

5,5
MILIJARDI KM
OD 2004. GODINE



30% ŽFBiH
50% ŽRS

PROMETA
ŽELJEZNICA
FBiH I RS
GODIŠNJE



600
LOKALNIH DOBAVLJAČA



UKUPNA UPLATA
LOKALNIM DOBAVLJAČIMA

400 MILIONA KM
GODIŠNJE



450

PROJEKATA IZ PROGRAMA
INVESTICIJA U LOKALNU
ZAJEDNICU
OD 2004. GODINE

+ 2,5 MILIONA KM

UKUPNA INVESTICIJA U LOKALNU ZAJEDNICU
OD 2004. GODINE





**U srcu Bosne i Hercegovine,
ušuškana u zelena brda, iznad
velike rijeke, u savršenoj harmoniji
sa prirodom leži fabrika papira i
celuloze Natron-Hayat d.o.o.**

Natron-Hayat je u potpunosti integrisana fabrika za proizvodnju celuloze i papira, koja ima visoku reputaciju na polju proizvodnje različitih vrsta papira i papirne ambalaže. Natron-Hayat je osnovan 2005. godine spajanjem dvije kompanije, Natron Maglaj i turske kompanije Kastamonu Entegre, koja je članica Hayat Holding grupacije.

Ova novoosnovana kompanija je naslijedila 50-godišnju tradiciju i iskustvo u papirnoj industriji od kompanije Natron Maglaj. Na-

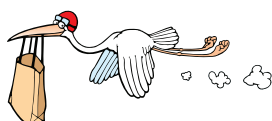
kon ovog spajanja, bilo je potrebno započeti program investiranja i proces revitalizacije pogona koji su nekada davali život ovoj kompaniji. Od tada smo uložili mnogo u razvoj i razna poboljšanja svih naših proizvoda i tehnologije generalno. S obzirom na našu lokaciju i činjenicu da smo okruženi prirodom, naše šume su nam izvor drveta sa visokokvalitetnim dugim vlaknima koja su nam potrebna da bi postigli dobar kvalitet celuloze i papira.

Naša odgovornost prema prirodi i okolini se ogleda u tome da Natron-Hayat crpi drvo samo iz obnovljivih izvora, na taj način osiguravajući da naše aktivnosti ne narušavaju prirodni balans šuma. Našu kompaniju vode jaki timovi ljudi sa mnogo iskustva, posvećenosti, kreativnosti i želje za konstantnim inovacijama.

Veliki broj mladih i visokokvalifikovanih zaposlenika, zajedno sa starijim stručnjacima različitih profila, rade i ulažu svaki trud da bi ispunili očekivanja svakog našeg kupca. Svi oni zajedno predstavljaju kompaniju kojoj možete da vjerujete.



natron-hayat
M A G L A J



www.natron-hayat.ba



Ukratko o nama

Društvo „PRIM CO COMPANY“ osnovano je 1999. godine u Donjoj Orahovici, koja se nalazi između Gračanice i Lukavca. Naši su zaposlenici stručno osposobljeni i imaju dugogodišnje iskustvo na poslovima koje obavljaju. Kvalitet naših proizvoda je osnov našim klijentima za povjerenje koje nam ukazuju, a što potvrđuju sve brojnije narudžbe, rangirajući „PRIM CO COMPANY“ na sve značajniju poziciju. Ova kompanija jeste simbol iskustva, stručnosti, fleksibilnosti organizacije, te kontinuirane modernizacije strukture i personala.

Spremi smo i sposobni da efikasno, brzo i stručno radimo projekte različitog značaja.

Zahvaljujući personalnim, logističkim i drugim kapacitetima, sposobni smo poduzeti operacije svih dimenzija, od sasvim jednostavnih do najkompleksnijih.

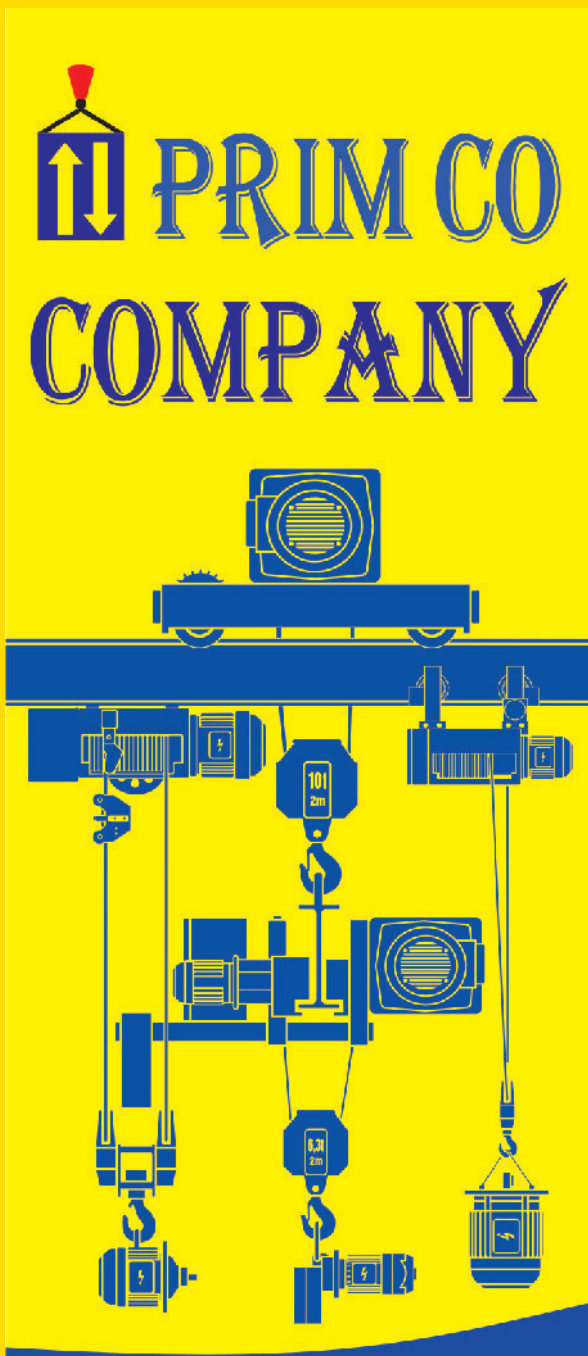
Svi proizvodi zadovoljavaju sigurnosne standarde EU-a, Rusije, Ukrajine, Bjelorusije, Kanade, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Srbije, Crne Gore, Makedonije, Kosova, Albanije i označeni su predznakom i znakovima usklađenosti za navedene zemlje. Također, svi proizvodi zadovoljavaju kriterije primjene u različitim klimatskim zonama, kao i u eksplozivnim sredinama "Ex".

Naši partneri su firme iz više od 40 zemalja, uključujući kompanije u Italiji, Španiji, Njemačkoj, Velikoj Britaniji, Švedskoj, Kanadi, Rusiji, Ukrajini, Australiji i na Srednjem Istoku.

PRIM CO COMPANY se oslanja na visokokvalificirano osoblje i opremu, teži kontinuiranom razvoju, primjenjuje najsavremenije tehnologije, stalno uvodi nove modele proizvoda i vrši racionalizaciju u savremenoj proizvodnji.

Sistem upravljanja, koji primjenjujemo, ispunjava zahtjeve certifikatâ ISO 9001, ISO 14001 i OHSAS 18001 od organizacije Lloyd Assurance Register Quality.

Naša osnovna djelatnost je proizvodnja mosnih dizalica, portalnih dizalica, konzolnih dizalica, monorej dizalica, stacionarnih dizalica, toranjskih dizalica, kablovskih dizalica, električnih vitala, motor-reduktora, teretnih platformi, teretnih i putničkih liftova te kosih liftova-uspinjača:



Vrsta dizalice:	Tip:	Raspon :	Visina dizanja:
MOSNE DIZALICE	jednogredne; dvogredne; viseće	od 3 do 50 m	do 60 m
KONZOLNE - STUBNE ; ZIDNE	jednogredne; stacionarne i pokretne	do 12 m	do 60 m
PORTALNE DIZALICE	jednogredne; dvogredne; poluportalne	do 50 m	do 30 m
DAVIT DIZALICE	stojeći i zračno montirajući	na zahtjev	na zahtjev
TORANJSKE DIZALICE	samomontirajuće ; toranjske	od 40 do 80 m	od 25 do 80 m
MONOREJ DIZALICE	HVAT i VHVAT-Ex; CVAT i VCVAT-Ex		od 3 do 60 m
LIFTOVI	teretni; teretno-putnički; putnički; kosi-uspinjače		do 200 m
STACIONARNA VITLA	prizemna višeslojna; prizemna podesiva		do 300 m
TERETNE PLATFORME	prizemne stacionarne; pokretne; mobilne, viseće		do 300 m

Nazivna nosivost:	Izvedba:
do 32 t	Konvencionalne
od 32 do 150 t	Specijalne
od 150 do 2500 t	Teške



ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



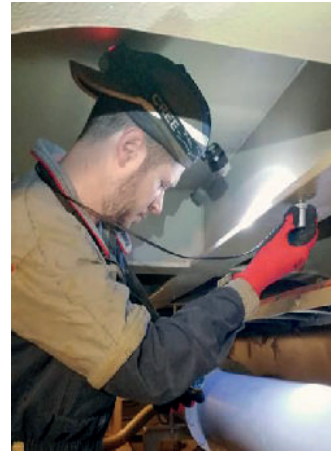
Invar-Ivošević doo

INVAR-IVOŠEVIĆ Ltd. is specialized for marine inspections and underwater surveys based on the ultrasonic thickness measurement. Its core competences are related to marine metal constructions' inspections, mainly inspections of ship constructions, pipelines and platforms survey with non-destructive methods like ultrasonic thickness measurement.

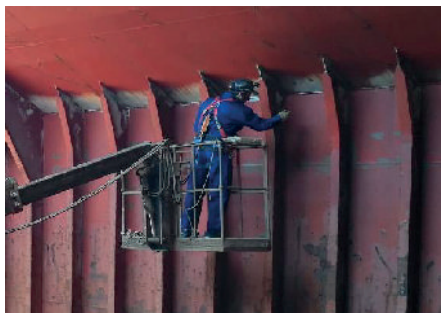
During the 30 years of operation in the maritime industry with more than 450 various types of ships, rigs and platforms inspected it has become recognized as a trusted and reliable partner for marine engineering and consulting.

Invar-Ivošević provides Class approved Ultrasonic Thickness Measurement (UTM) to clients at a global level. With modern and effectively measuring equipment it performs thickness measurements and visual inspections according to current DS/EN-standards, and other standards where required.

Invar-Ivošević is ISO 9001:2015 certified and approved service supplier for ultrasonic thickness measurement by: Bureau Veritas, ClassNK, DNV, Lloyd's Register, RINA, Korean Register and Uprava Pomorske Sigurnosti Crne Gore.



Company's main Marine Services are related to following ultrasonic thickness measurements (UTM):



- UTM of marine metal constructions, pipelines and vessels,
- Underwater ultrasonic thickness measurement,
- Visual coating and crack inspections,
- Steel renewal and repair calculations and drafts,
- Surveys with final report preparation according to class requirements for Thickness and Close-up,
- Measurements per owner's request,
- Corrosion inspections,
- Condition assessment programs (CAP/CAS),
- Hull condition program assessment,
- Pre-purchase inspections,
- Dry dock repair supervision,
- Vessel pre-docking inspections,
- Cathodic protection inspections and
- Ultrasonic Leak Detection.



In 2022 company has introduced [Underwater inspection with ROVs \(Remotely Operated Vehicles\)](#). For the In water surveys it is approved by Croatian Register of Shipping.

Company's team is composed of experienced mechanical and naval engineers, technicians and certified divers for underwater inspections and UTM services. The team is oriented towards constant improvements and increasing knowledge according to the latest market trends.

The company is well known as the competent one and open for collaboration and knowledge transfer with academic and other types of institutions. As a project partner or as a consultant, it was a part of different EU financed projects on international or domestic level. Invar-Ivošević -Ivošević is open for collaboration in all projects related to blue growth and blue economy, especially those that are related to sustainable development, ship construction, corrosion wastage, dual education models and digitalization in maritime industry.

Phones: +382 – 69-028-985 Fax: +382 – 32-674-910 E-mail: invar-ivosevic@t-com.me, invar@invar.me

LinkedIn: [Invar-Ivošević Ltd.](#)

RM-LH d.o.o. Zenica



Osnovne informacije

RM-LH d.o.o. Zenica, društvo za proizvodnju, promet i usluge, osnovano je 1998. godine u Zenici, Bosna i Hercegovina.

Iste godine osnovano je i predstavništvo u SR Njemačka - RM-LH d.o.o. Zweigstelle Wiebaden.

RM-LH d.o.o. Zenica je internacionalna kompanija koja saraduje sa vodećim proizvođačima industrijskih postrojenja u oblastima: hemije, petrohemije, farmaceutske, prehrambene industrije i energetike.

Ključne vrijednosti:

Zadovoljni kupci

Društvena odgovornost

Kvalitetni proizvodi i usluge

Zdravlje i sigurnost radnog okruženja

Kontinuiran rast i razvoj kompanije

Osnovna djelatnost preduzeća:

- Proizvodnja, izrada i montaža tlačne opreme i cijevnih sistema u procesnoj industriji.
- Planiranje, predfabrikacija, isporuka i montaža cjevovoda, postrojenja i opreme.
- Zavarivački poslovi
- Poslovi mašinske obrade na CNC mašinama za obradu metala
- Rezanje limova na MusterCut X CNC mašini za rezanje
- Savijanje limova na apkant presi DURMA AD-S

RM-LH