

**TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA U FUNKCIJI MJERENJA USPJEŠNOSTI  
ODRŽAVANJA U DD BH TELECOM**

**TECHNICAL DIAGNOSTICS IN FUNCTION OF MEASURING  
SUCCESS OF MAINTENANCE THE DD BH TELECOM**

**Adnan Subašić dipl.inž.maš.**  
**d.d. BH Telecom, Direkcija Zenica**  
**Masarykova 46, 72000 Zenica“**

**Van.prof.dr.Sabahudin Jašarević**  
**Univerzitet u Zenici**  
**Mašinski fakultet**

**Kenan Brdarević**  
**d.d. BH Telecom, Direkcija Zenica**  
**Masarykova 46, 72000 Zenica“**

**REZIME**

*Uvođenjem QMS, te izdvajanjem vremena i sredstava posloводство BH Telecom-a svojim aktivnostima poboljšava rad održavanja da bi ostvarila u jednoj ovako složenoj organizaciji koja se bavi pružanjem telekomunikacijskih usluga, izgradnjom i održavanjem telekomunikacionih kapaciteta, kvalitetnu uslugu te imala zadovoljnog kupca uz niske troškove.*

*Tehnološki razvoj telekomunikacione opreme postavlja imperativ za stalnim nadzorom i pregledom uređaja za energetiku. Otkaz može prouzrokovati mnoge probleme uključujući stavljanje sistema van upotrebe, visoke troškove održavanja, a i rizik po bezbjednost ljudi. Da bi to spriječili, primjenjujemo različite metode koje su u skladu sa postojećim pristupima određivanja uspješnosti funkcije održavanja, indikatorskim metodama, a kao alat je tehnička dijagnostika.*

*Ovaj rad ima za cilj da prikaže način savremenog monitoringa i dijagnostike na praktičnim iskustvima, funkcije mjerenja uspješnosti održavanja u telekomunikacijama, a analizom ekonomskih pokazatelja dobijamo stvarne i konkretne rezultate primjene tehničke dijagnostike.*

**Ključne riječi:** dijagnostika, monitoring, održavanje, energetika, uspješnost održavanja

**ABSTRACT**

*With the introduction of the QMS, and allocating time and resources for the management in BH Telecom and its activities improves maintenance to achieve in one such complex organization that is engaged in providing telecommunications services, construction and maintenance of telecommunication capacities, quality service and have satisfied customers at low cost.*

*The technological development of telecommunications equipment raises imperative for constant supervision and inspection devices for energy. Cancellations can cause many problems including system out of operation, high maintenance costs, and risks to the safety of people. To prevent this, we use a variety of methods that are consistent with existing approaches to determining the performance of maintenance functions, indicator methods and tools as well as the technical diagnostics.*

*This paper aims to show the way modern monitoring and diagnosis on practical experience, the tool for performance measurement of maintenance in telecommunications and analysis of economic indicators get real and concrete results of application of technical diagnostics*

**Keywords:** diagnostics, monitoring, maintenance, energy, performance maintenance

## 1. UVOD

Održavanje energetskih sistema koja opslužuju telekomunikacione uređaje, zauzimaju danas važno mjesto u proizvodnom sistemu svake kompanije. Na razvoj održavanja uticao je brz napredak telekomunikacionih uređaja, kao i stalni porast automatizacije. Održavanje energetskih uređaja se definiše kao stalna kontrola nad njima, kao i vršenje određenih popravki i preventivnih radnji, čiji je cilj, stalno, funkcionalno osposobljavanje i čuvanje uređaja, postrojenja. Tokom vremena i upotrebe dolazi do starenja materijala i sredstava za rad, smanjuje se tehnološka efikasnost, a dolazi i do evidentnog tehnološkog zastarjevanja. Sredstva se tokom vremena troše i smanjuje im se radna sposobnost. Sredstva za rad su podložna kvarovima, lomovima i oštećenjima, pa se pojavljuju prekidi u radu. To uzrokuje pojavu troškova zbog zamjene i popravke djelova, ali i troškove zbog zastoja u procesu proizvodnje. Iz tih razloga tehnička dijagnostika i monitoring predstavljaju važan segment održavanja, jer na vrijeme uočavaju razne promjene u funkcionisanju.[2] Dijagnostikom i monitoringom se omogućava planiranje daljih postupaka u održavanju i trajanje tih postupaka.

## 2. USPJEŠNOST ODRŽAVANJA

Uspješnost održavanja je pokazatelj postizanja cilja funkcije održavanja u određenom vremenu, uslovima okoline i uz određene troškove. Pri tome cilj funkcije održavanja predstavlja obezbjeđenje mogućnosti funkcionisanja sredstava za rad u skladu sa njihovom namjenom (funkcijom kriterijuma), zahtjevima osnovnog korisnika sredstava za rad (funkcija proizvodnje) i sa ciljem poslovnog sistema.[1]

Pristupi koji se koriste u određivanju funkcije održavanja su:

- Indikatorske metode,
- Funkcionalno –indikatorske metode,
- Grafičke metode,
- Učinske metode,
- Subjektivne metode,
- Ostale metode.

Analiza u primjeru je kombinovala ekonomski i tehnički parametar uspješnosti održavanja kroz primjenu indikatorske metode.

Indikatorske metode određivanja uspješnosti održavanja su najstarije, najviše obrađivane u literaturi i najviše primjenjivane u praksi. Suština im se sadrži u izboru određenog broja promjenjivih veličina, odnosno indikatora održavanja koji opisuju određene karakteristike održavanja, praćenju i upoređivanju tih indikatora u vremenu, prostoru i u odnosu na normirane vrijednosti (obično planske). Prenesene su iz analize rada i uspješnosti poslovnih sistema gdje je njihova primjena znatno ranije počela. Indikatorske metode određivanja uspješnosti održavanja su za sada jedine metode koje mogu, lako u sekvencama, odnosno parcijalno, obuhvatiti čitav sadržaj funkcije održavanja (FOD).

U zavisnosti od toga koji indikatori održavanja su uzeti u obzir i koliko ih je uzeto u obzir dobiće se „bolja“ ili „lošija“ ocjena uspješnosti. Prilikom izbora broja promjenjivih treba naći pravu mjeru. Ako se izabere veliki broj indikatora dobije se jedna komplikovana slika iz koje je teško izvući jednoznačan zaključak o tome koliko je uspješno održavanje. Treba birati samo najzanačajnije indikatore koji karakterišu sva područja djelatnosti FOD-a.

Na izbor vrste i broja indikatora znatno utiču mogućnosti dobijanja dovoljno tačnih i blagovremenih podataka o njima i način obrade podataka o njima i način obrade podataka. Često će se ispostaviti da nema podataka o izabranim indikatorima, ili da obim obrade podataka za izabrani broj indikatora prevazilazi mogućnosti ručne obrade pa je potrebna mehanografske ili elektronska obrada.[1]

Za analizu se koristi odabrani indikator uspješnosti

$$E_i = \frac{P_i}{P_j} \cdot 100\% \dots\dots\dots [1]$$

gdje je:

$p_i$  i  $p_j$  - parametri uspješnosti, mogu se posmatrati kao tehnički, ekonomski, organizacijski.

### 3. KARAKTERISTIKE BH TELECOM DD SARAJEVO

U BH Telecom d.d. Sarajevo, RD Zenica vodi se računa o održavanju opreme koja napaja i hladi telekomunikacione uređaje. BH Telecom, kao vodeći telekomunikacioni operator na području BiH, je izvršio certifikaciju svojih poslovnih procesa kod eksterne certifikacijske kuće TÜV NORD. Ostvarivanje poboljšanja poslovanja i očuvanja pozicije tržišnog lidera izvršena je certifikacija svih poslovnih procesa pa i održavanja energetske sistema. Procedure regulišu vrstu i redoslijed aktivnosti i ovlaštenja zaposlenika pri održavanju. Ubrzavaju tok rada u održavanju tj. otklanjaju prazan hod tako da svaki učesnik u održavanju tačno zna svoj zadatak. Uspostavom Službi za održavanje počelo se prilaziti problemu održavanja na osnovi operativnih Procedura. Obim rada i djelatnost Službi za redovno održavanje elektroenergetskih i mašinskih postrojenja su propisani upustvima i Procedurama.

Redovno održavanje navedenih elektroenergetskih i mašinskih postrojenja za napajanje telekomunikacionih uređaja obavlja se u određenim vremenskim periodima, koji se definišu posebno za sve vrste uređaja, i to poslovi koji se moraju obavljati:

- svakodnevno,
- periodično,
- svakih godinu dana.

Naročito važan segment u kvalitetnom održavanju je redovan monitoring uređaja raznim vrstama instrumenata koje posjeduje Služba za energetiku a u terminima predviđenim Uputstvima proizvođača i Uputstvima održavanja ovog poslovnog sistema.

Segment održavanja energetske sistema je u skladu sa trenutnim trendovima u upravljanju održavanja tj. filozofiji održavanja, kao što su metode TQM totalnog upravljanja kvalitetom i JIT just-in-time (tačno-na-vrijeme).

### 4. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA I MONITORING

Tehnička dijagnostika je vezana za pojam održavanja svih tehničkih sistema, kako glavnih tako i pratećih industrijskih oblasti. Održavanje, u industrijskim uslovima, podrazumijeva održavanje opreme za proizvodnju u operativnom stanju ili vraćanje iste u operativno stanje. Ipak, tehničku dijagnostiku treba posmatrati na višem nivou – u 21. vijeku će u većoj mjeri biti potrebna određena strategija upravljanja opremom. Biće potrebno da rad svakog odeljenja i pojedinca bude potpuno koordiniran i da podrazumijeva međusobnu podršku kako bi se ostvarila maksimalna pouzdanost i dostigli planirani proizvodni kapaciteti opreme tokom cijelog njenog životnog ciklusa.[4]

Upravljanje opremom obuhvata tri provjerene strategije uz istovremeno mijenjanje "kulture" u okviru održavanja i u pravcu (s ciljem) održavanja:

1. Total Productive Maintenance (TPM – totalno proizvodno ili produktivno održavanje),
2. Reliability Centered Maintenance (RCM – održavanje usmjereno na pouzdanost) i
3. Efektivno korištenje informacija.

Izbjegavanje posljedice kvarova primjenom inteligentnih alata i aplikacija modernih tehnologija, prvenstveno monitoringa stanja i uslova, i efektivno korištenje tačne, blagovremene i kompletne informacije – predstavlja treću pomenutu strategiju. Utvrđivanje stanja sistema je jedan od ključnih problema u procesu njenog održavanja. Potrebno je pratiti

promjenu stanja pojedinih parametara sklopova i elemenata koji vremenom dovode do slabljenja, a ako se ništa ne preduzima i do kvara, odnosno prekida rada. Takođe je urgentno da se u slučaju iznenadnog kvara otkrije šta je uzrok, u čemu je kvar i kako ga otkloniti.

Ciljevi svakog programa održavanja su sljedeći:

1. Eliminacija kvarova. Česta je situacija da havarijski kvar izaziva značajna prateća oštećenja na uređaju, čime se značajno uvećavaju troškovi popravke. Potpuna eliminacija kvarova trenutno nije moguća u praksi, međutim, ovom cilju se može približiti sistematičnim pristupom u održavanju.
2. Ostvarivanje mogućnosti predviđanja i tačnog planiranja potreba za održavanjem. Ovo uključuje minimiziranje rezervnih dijelova i značajno umanjjenje prekovremenog rada. U idealnom slučaju, popravke mašinskih sistema se planiraju za period planskog zastoja postrojenja.
3. Povećanje pogonske spremnosti postrojenja, tako što bi se značajno umanjila mogućnost pojave otkaza tokom rada, kao i održavanje operativnog kapaciteta sistema smanjenjem perioda zastoja mašina ili uređaja. U idealnom slučaju, radno stanje svih mašina bi bilo poznato i dokumentovano.
4. Obezbeđivanje predvidivog i razumnog radnog vremena za osoblje angažovano na održavanju.

Kako bi se dobila predstava o savremenim programima održavanja baziranim na tehničkoj dijagnostici, neophodno je detaljnije sagledati istorijska iskustva.

Najraniji tip održavanja je bio rad do otkaza, što je podrazumijevalo rad mašine do pojave kvara koji bi je zaustavio. Ovakav pristup je očigledno skup, s tim da najveći dio troškova nastaje zbog nepredvidivog stanja mašine. Iznenadujuće je koliko je ovakav pristup u primjeni i danas u našoj industriji.

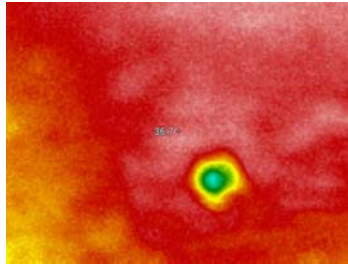
Postupno se došlo do ideje o periodičnom preventivnom održavanju, što je obuhvatalo demontažu i remont mašine u redovnim intervalima. Po ovoj teoriji, mašina će se manje kvariti u radu, ukoliko se remontuje. Preventivno održavanje je egzistiralo dug period vremena, ali je postalo izuzetno zastupljeno početkom osamdesetih godina prošlog vijeka.

Najnovija saznanja u oblasti održavanja su nazvana "pro-aktivna", i obuhvataju tehniku takozvane "analize osnovnog uzroka otkaza" po kojoj je neophodno otkriti i otkloniti osnovni uzrok otkaza mašine.[2]

Tehnička dijagnostika kao funkcija mjerenja uspješnosti održavanja se nameće sama po sebi jer vršeći funkciju preventivnih dijagnostičkih postupaka raspoloživost sistema je veća. Može se reći da mjerenje uspješnosti održavanja je direktno vezano i za raspoloživost sistema.

## **5. PRIMJER DIJAGNOSTIČKOG POSTUPKA**

Služba za energetiku BH TELECOM-a posjeduje razne instrumente i alate za dijagnostiku i monitoring. Jedan veoma korišten i kvalitetan dijagnostički instrument je termovizijska kamera. Metoda kojom se vrši dijagnostika kvarova ili stanja u sistemima je sopstveno zračenje tijela zajedno sa reflektovanim zračenjem drugih prirodnih izvora zračenja čini tzv. IC-signaturu scene. Izračena IC-energija se prostire kroz atmosferu i sadrži informaciju o osobinama scene izraženu kroz tzv. „toplotni kontrast“. Termovizijski uređaj omogućava vizuelizaciju „toplotnog kontrasta“ zahvaljujući mogućnosti detektora da razlike u snazi (fluksu) primljenog zračenja pretvori u električni signal koji se na odgovarajući način može prikazati tako da se srazmjerno „toplotnom kontrastu“ generiše kontrast vidljive slike (termovizijska slika) Slika 1.



*Slika 1. Termovizijska slika*

Kao bezkontaktna temperaturna mjerna metoda, infracrvena termografija omogućuje otkrivanje raznolikih potencijalnih grešaka i to bez potrebe prekida procesa proizvodnje i troškova koji su povezani tim prekidom. Infracrveno slikanje ili termografija je prvenstveno poznata za noćno gledanje. Elektromagnetski spektar podjeljen je na više područja talasnih dužina koji se nazivaju pojasevi. Nema temeljne razlike između radijacije u različitim pojasevima, budući da su svi upravljani istim zakonitostima. Jedina razlika je talasna dužina; infracrveni spektralni pojas deli se na kratke talasne dužine i duge talasne dužine. Za pojaseve kratkih talasnih dužina, granica je na granici ljudske percepcije – u području crvenog. Na kraju dugih talasnih dužina infracrveni pojas spektra se spaja s talasnim dužinama radio mikrotalasa u milimetarskom rasponu.[3]

Termovizijska kamera koja se koristi u službi za energetiku je Fluke Ti10 (Slika 2) koja posjeduje i softver za analizu slike.



Slika 2. Termovizijska kamera FLUKE Ti10 [3]

### **5.1. Opis problema**

Stalnim praćenjem uređaja energetike gdje su prema Upustvu za održavanje uređaja definisane granice rada uređaja, dolazi do otkrivanja slabih mjesta najčešće na elektro sistemima i razvodnim mjestima (razvodni ormari). Ovakvi problemi svakodnevno se prate jer iskustvo u održavanju je dokazalo da starenjem slaba mjesta u sistemima se multipliciraju.

### **5.2. Formulisanje problema**

Prilikom redovnog obilaska uređaja energetike ustanovljeno da je na glavnom razvodnom ormaru došlo do povećanja struje za oko 12% koja napaja određeni dio telekomunikacione opreme. Pošto u prethodnom periodu nije bilo instalacije nove opreme koja bi bila odgovorna za povećanje ove struje, zadatak je da se istraži uzrok ove pojave jer se daljim povećanjem mogu očekivati i moguće havarije na elektroinstalacionoj mreži kao i na samim uređajima.

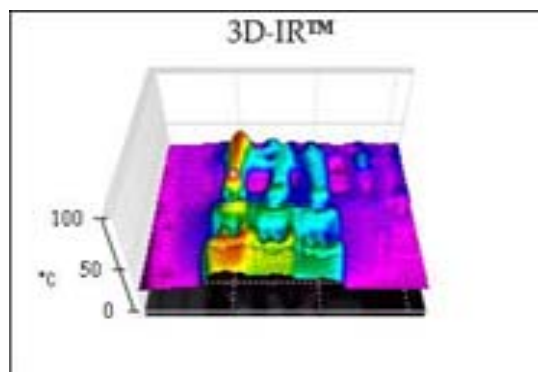
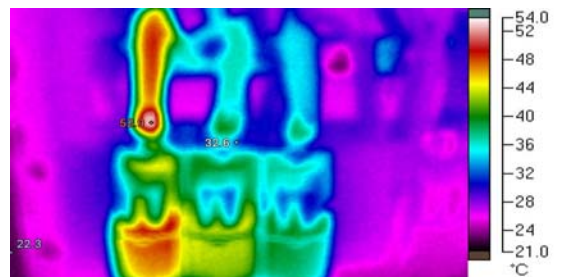
Struje po fazama prije povećanja	Struje po fazama nakon povećanja
R= 215 A	R = 262 A
S= 198 A	S = 193 A
T= 207 A	T = 205 A

### 5.3. Rješavanje problema

Prvi korak kod rješavanja problema je bio da se pregledaju svi spojevi unutar ormara vizuelno bez upotrebe instrumenata. Pošto se zbog velikog broja spojeva i kablova nije uspio detektovati problem pristupilo se korištenju termovizijske kamere proizvođača "FLUKE" Ti10. Izvršeno je snimanje svih elemenata glavnog razvodnog ormara.

#### Prvi korak dijagnostike:

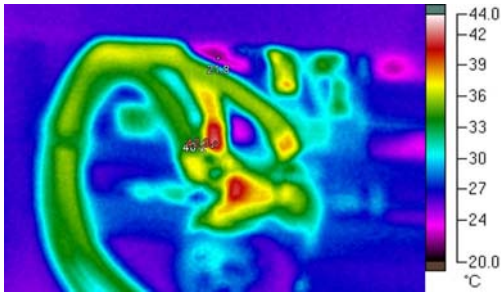
Inspection Date:	6/27/2015 1:57:00 PM	Location	
Equipment		Equipment Name:	
Ambient Air Temp:		Wind Speed	
Load (%)		Max Rated Load:	
Exception Temperature:		Potential Problem	
Recommended Action		Repair Priority:	
Emissivity:	0.95	Reflected Temperature:	22.0 °C
Camera Manufacturer	Fluke	Camera:	Ti10-11050077



Name	Temperature	Emissivity	Background
Centerpoint	32.6°C	0.95	22.0°C
Hot	52.9°C	0.95	22.0°C
Cold	22.3°C	0.95	22.0°C

**Drugi korak dijagnostike:**

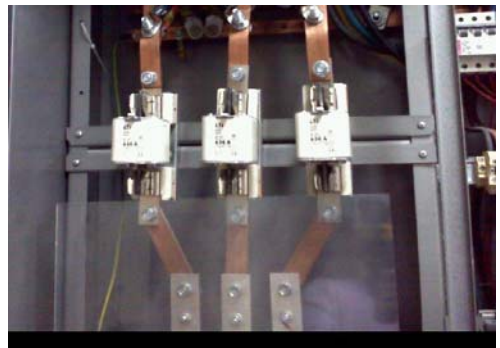
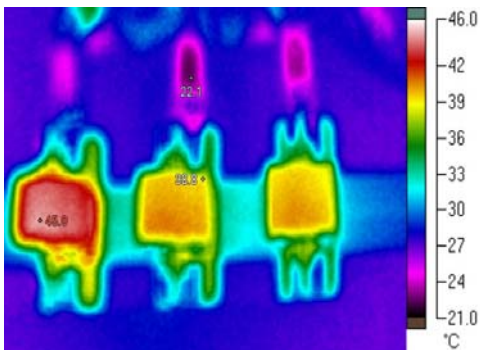
Inspection Date:	6/27/2015 1:58:11 PM	Location	
Equipment		Equipment Name:	
Ambient Air Temp:		Wind Speed	
Load (%)		Max Rated Load:	
Exception Temperature:		Potential Problem	
Recommended Action		Repair Priority:	
Emissivity:	0.95	Reflected Temperature:	22.0 °C
Camera Manufacturer	Fluke	Camera:	Ti10-11050077



Inspection Date:	6/27/2013 1:58:32 PM	Location	
Equipment		Equipment Name:	
Ambient Air Temp:		Wind Speed	
Load (%)		Max Rated Load:	
Exception Temperature:		Potential Problem	
Recommended Action		Repair Priority:	
Emissivity:	0.95	Reflected	22.0 °C
Camera Manufacturer	Fluke	Camera:	Ti10-11050077

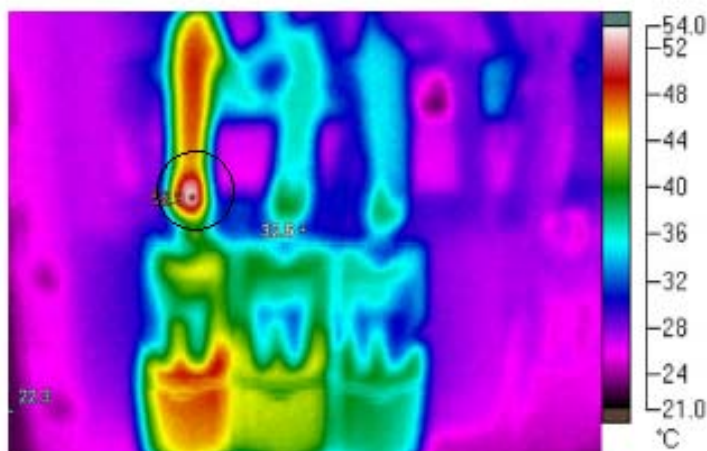
Name	Temperature	Emissivit	Background
Centerpoin	40.2°	0.95	22.0°C
Hot	42.3°	0.95	22.0°C
Col	21.8°	0.95	22.0°C

**Treći korak dijagnostike :**

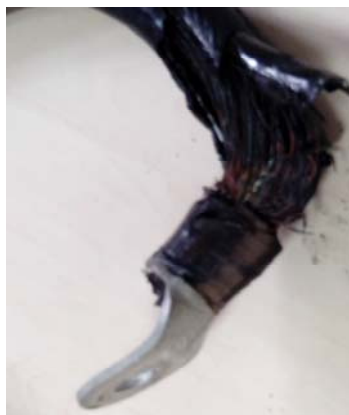


Name	Temperature	Emissivit	Background
Centerpoin	38.8°	0.95	22.0°C
Hot	45.0°	0.95	22.0°C
Col	22.1°	0.95	22.0°C

Termovizijskom kamerom su snimljeni svi elementi razvodnog ormara GRO-TKC. Analizom snimaka primjetno je povećanje temperature (Slika 3.) na pojedinim kablovima, osiguračima kao i spojnim kontaktima. Detaljnim vizuelnim pregledom se ustanovilo da kod prvog snimljenog elemenata postoji loš kontaktni spoj kabl stopice sa spojem na glavnoj dovodnoj sabirnici te se kabl koji je napajao dio razvodnog ormara ošteti (Slika 4). Izolacija se od grijanja oštetila, a žičani dio je promjenio boju i nagorio. Ovaj dio zahtjeva HITNU sanaciju, tj. zamjenu oštećenog kabla.



Slika 3. Povećanje temperature na kablu



Slika 4. Oštećeni kabal



## Nakon sanacije

Name	Avg	Min	Max	Emissivity	Background	St. Dev.
Centerbox	36.4°C	25.5° C	41.2° C	0.95	22.0°C	4.11
Name	Temperature			Emissivity	Background	
Centerpoint	40.3°C			0.95	22.0°C	
Hot	41.5°C			0.95	22.0°C	
Cold	22.2°C			0.95	22.0°C	

## Prije sanacije

Nam	Temperature	Emissivity	Background
Centerpoint	32.6°	0.95	22.0°C
Ho	52.9°	0.95	22.0°C
Col	22.3°	0.95	22.0°C

### 5.4. Analiza sa aspektom na mjerenje uspješnosti održavanja

Analizirajući slučaj sa aspekta mjerenja uspješnosti održavanja, a koristeći ekonomski pokazatelj prihoda za jednu godinu da bude cca 75.000.000,00 KM, te obzirom na poziciju slabog mjesta koje napaja kompletan TK sistem možemo izračunati i štetu odnosno raspoloživost sistema. Pa tako prihod po danu:

$$I_i = \frac{X_k}{X_d} = \frac{75.000.000,00}{365} = 205479 [KM / dan]$$

gdje je:

$I_i$ .....dnevni prihod za dvadestčetiri sata

Ovaj kvar kad se desi iz iskustva se može pretpostaviti da će se potupno ili djelimično oštetiti kućište osigurača i grebenasta sklopka 630 A, a kvar će trajati najmanje 12 sati dok se izvrši nabavka i druge pripreme oko zamjene, tako da šteta se uvećava za iznos nabavke (neka nabavke i zamjena dijelova bude 1000 KM).

Pošto je Procedurama propisan način održavanja monitoring uređaja se vrši često tako da se u praksi eliminišu ovakvi i slični kvarovi i oštećenja. Da se napomene da su ova pretpostavljena oštećenja minimalna odnosno da su mogući i teži kvarovi kao što je izbacivanje iz pogona glavnog dovodnog i odvodnog kabla gdje bi kvar trajao najmanje 24 sata.

Raspoloživost sistema u uslovima bez tehničke dijagnostike bi uveliko bila smanjena pa ako sistem nije radio minimalno 12 sati tada imamo raspoloživost sistema:

$$E = \frac{P_i}{P_j} \cdot 100\%$$

$$P_i = 12 \text{ sati}$$

$$P_j = 24 \cdot 30 = 720 \text{ sati}$$

gdje je:

$P_i$ ...- broj sati zastoja

$P_j$  - mjesečni fond sati

$$E = \frac{P_i}{P_j} \cdot 100\% = \frac{12}{720} \cdot 100\% = 1,66\%$$

$E_u = 100\% - 1,66\% = 98,33\%$  ..... ukupna raspoloživost sistema u 30 dana.

Ako pretpostavimo da je za raspoloživost 100% za jedan mjesec od 6.250.000,00 KM onda je za raspoloživost od 98,33% umanjenje prihoda iznosi:

$$P_z = U_{mp} \cdot 1,66\% = 103.750,00\text{KM} \dots\dots\dots \text{gubitak prihoda kod zastoja od 12 sati.}$$

Ovo podrazumjeva prekid TK usluga u periodu od 12 sati zbog zamjene neispravnih dijelova.

## 6. ZAKLJUČAK

Mjerenje uspješnosti održavanja je instrument kojim se poslovni sistem usklađuje i koriguje. Usklađivanje i korigovanje se vrši da bi se poboljšala uspješnost sistema. Jedan od elemenata pomoću kojih se usklađuje i koriguje poslovni sistem je tehnička dijagnostika. Na konkretnom primjeru je pokazano da je monitoring i dijagnosticiranje slabih mjesta od velikog značaja za uspješnost održavanja. Ovim postupcima držimo raspoloživost sistema u zadanim granicama i interventnim postupcima djelujemo prije pojave kvara i zastoja te tako omogućavamo da održavanje ispuni svoju funkciju gdje će poslovni sistem ostvariti najveći prihod.

U uslovima kad se ne primjenjuje preventivni tehnički monitoring i dijagnostika dolazimo da saznanja da se za minimalan realan kvar raspoloživost sa 100 % pada na 98,33 posto što predstavlja direktnu štetu poslovnom sistemu, ali još veća šteta je gubljenje povjerenja korisnika i slabljenje imidža firme koji se pokazuje tek nakon određenog vremena u poslovanju. Naravno, ovakav scenario ispada sistema je pretpostavljen i analiza je izvršena u slučaju da se ne radi u skladu sa usvojenim QMS Procedurama, a nemoguće i zbog činjenice da DD BH Telecom ulaže u održavanje te time otklanja mogućnosti prekida rada tj. smanjenja raspoloživosti uređaja, a uspješnost održavanja podiže na viši nivo.

## 7. LITERATURA

- [1] Brdarević, Safet: Uspješnost održavanja, OMO, Beograd, 1988.
- [2] Brdarević, Safet: Održavanje sredstava za rad, Mašinski fakultet, Zenica, 1993.
- [3] Brdarević, S., Halep A.: Održavanje, Mašinski fakultet, Zenica, 2015.
- [4] Petković, D., Šaravanja, D.: Vibracijska dijagnostika, Fakultet strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru i Mašinski fakultet u Zenici, 2010.
- [5] Novinc, Ž., Halep, A.: Tehnička dijagnostika i monitoring u industriji, Kigen, Zagreb, 2010.
- [6] Dokumentacija DD BH TELECOM.