

**POVIŠENJE EFIKASNOSTI ODRŽAVANJA PRIMENOM ELEMENATA LEAN STRATEGIJE – TPM I RCM****INCREASING THE EFFICIENCY OF MAINTENANCE BY APPLYING ELEMENTS OF LEAN STRATEGIES – TPM AND RCM**

Timea Joža, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – *LEAN razmišljanje se može iskoristiti svuda gde postoji proces – u aktivnostima koje obavljaju ljudi koristeći određene resurse. Kako je Lean postao sve zastupljeniji u preduzećima i fabrikama, može se primetiti veliki napredak u industriji. Prema tome i primena alata za otkrivanje uzroka nekog problema je sve zastupljenija i doprinosi produktivnost i fleksibilnost proizvodnji, što ima za rezultat bolju organizaciju preduzeća i veći profit. Shodno tome primarni cilj održavanja proizvodne opreme je osiguravanje njenog sigurnog i efikasnog stanja kako bi se proizvodni ciljevi mogli ispuniti u okviru planiranog vremena, troškova i kvaliteta, ali za to je prvenstveni potreban saznanje o osnovnom uzroku problema.*

**Ključne reči:** *Održavanje, Lean, TPM, RCM.*

**Abstract** – *Simply put, the LEAN concept can be used wherever there is a process - in activities performed by people using certain resources. As Lean has become more prevalent in companies and factories, great advances in the industry can be noticed. Therefore, the application of tools which are defined to identify the root cause of some problem is increasingly represented and it contributes to productivity and flexibility of production, which results in better organization of the company and higher profits. Accordingly, the primary goal of maintaining production equipment is to ensure its safe and efficient condition so that production goals can be met within the planned time, cost and quality, but firstly the knowledge of the real cause of the problem is needed.*

**Keywords:** *Maintenance, Lean, TPM, RCM.*

**1. UVOD U LEAN STRATEGIJU**

Karakteristike poslovnog okruženja na globalnom i nacionalnom nivou doživele su značajne promene na kraju 20. i početkom 21. veka.

Danas u korporativnom svetu lean se koristi da označi savremenu i uspešnu poslovnu filozofiju tj. proizvodnju *svetske klase*. Ideja lean filozofije je stavljanje kupca u prvi plan kao i eliminisanje svih formi gubitaka i rasipanja proizvodnih resursa sa ciljem povećanja proizvodnje i zadovoljavanja potreba kupca.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milovan Lazarević, red. prof.**

Lean koncept ima svoje metode i tehnike koje je potrebno implementirati kako bi lean preduzeće moglo efikasno da funkcioniše.

Lean kao termin su definisali dva profesora sa MIT univerziteta (Massachusetts Institute of Technology) James P. Womack i Daniel Jones, 1992. god. u knjizi „Mašina koja je promenila svet“ (The machine that changed the world).

Osnovni principi Lean koncepta su [1]:

1. Definisavanje vrednosti proizvoda
2. Utvrđivanje vrednosnih tokova
3. Kreiranje vrednosnog toka
4. Sistem vučenja
5. Težnja ka savršenstvu

Primarni ciljevi TPS-a su sledeći:

1. sve što tokom proizvodnog procesa ne doprinosi vrednosti gotovog proizvoda potrebno je ukloniti iz procesa,
2. smanjiti što je više moguće vreme ciklusa proizvodnje proizvoda i smanjiti troškove nezavršene proizvodnje, a pri tome povećati fleksibilnost sistema,
3. ne proizvoditi proizvode za koje ne postoji kupac. Napraviti kupcu proizvod kakav on želi u što kraćem mogućem roku.

**2. ODRŽAVANJE**

Primarni cilj održavanja proizvodne opreme je osiguravanje njenog sigurnog i efikasnog stanja kako bi se proizvodni ciljevi mogli ispuniti u okviru planiranog vremena, troškova i kvalitete. Sa planiranjem održavanja [2]. Nastojeći se pronaći optimalni odnos rizika i vremena u kojem je radna oprema izvan upotrebe. Izvorom i sprovođenjem optimalne strategije održavanja može se povećati kvalitet poslovanja i pouzdanost, sa maksimalnim iskorišćenjem raspoloživih resursa smanjiti ukupne troškove [3].

Ciljevi procesa održavanja moraju podržavati strategiju proizvodnih planova i ciljeva. Osnovni cilj za sve organizacije je održavanje pouzdanosti i raspoloživosti opreme, odnosno efektivnosti sistema pojedinačno i u celini. Ako oprema nije pouzdana, kada jedna operacija proizvodnje ne zadovoljava naše potrebe ni naredni koraci takođe ne mogu da zadovolje. Kada se to dogodi

održavanje mora što pre intervenirati. Na prvom mestu ne treba dopustiti da dođe do iznenadnih otkaza opreme. Pouzdanost opreme je preduslov za sprovođenje LEAN koncepta proizvodnje [4].

## 2.2. Okolnosti koje su dovele do promene shvatanja održavanja

Posmatrajući situaciju u privredi na globalnom nivou u poslednjih trideset godina, održavanje se promenilo verovatno više i od bilo koje druge discipline u okviru menadžmenta. Promene su izazvane velikim porastom broja i vrsta fabrika, postrojenja, opreme, zgrada, transportnih sredstava i drugih oblika fizičke imovine koji moraju biti održavani, zatim složenosti njihove konstrukcije, novim tehnikama održavanja i promenom pogleda na organizaciju i odgovornosti održavanja. Održavanje takođe mora da odgovara i na promenjena očekivanja.

U poslednjoj polovini dvadesetog veka održavanje se suočava sa izazovima. Neki od ovih izazova su:

- Trendovi u razvoju operativnih strategija
- Sve veća očekivanja društva o zaštiti životne sredine
- Tehnološke promene
- Promena u organizacionim sistemima i stavovima ljudi [5].

U susret ovom velikom broju promena, menadžeri održavanja svuda traže nove pristupe održavanju. Oni traže strateški okvir koji će obuhvatiti i objediniti novonastala unapređenja i usavršavanja u skladnu celinu, kako bi ih na taj način pažljivo razmotrili i primenili one koji bi bili od najveće koristi njima i njihovim kompanijama [6].

## 2.3. Težnja ka novim pristupima održavanja

Više nije dovoljno baviti se problemima koji se povremeno javljaju. Vek trajanja opreme i verovatnoća kvara nisu nužno direktno proporcionalni. Dok smo ranije mislili da je kod većine uređaja veći kvar se može da se desi, što je oprema stariji. Danas tvrdimo da se učestalost prekida rada ne povećava kako oprema stari.

Ovo verovanje ima dve ozbiljne negativne posledice:

- To dovodi do greške da ako nema ubedljivih dokaza o svim postojećim mogućim kvarova zavisnim od starosti, pametno je periodično popravljati jedinice.

Međutim, ne uzimamo u obzir činjenicu da velike popravke ozbiljno narušavaju ranije stabilne sisteme. Vrlo je verovatno da će veliki remont pomeriti opremu u početni pad i izazvati nestabilnost koju su samo želeli da izbegnu.

- Neki su ubeđeni da je sigurnije pretpostaviti da svaka mašina, oprema ima procenjenu vek trajanja, nego da se mašina može bez nekog "najava" može pokvariti. Oni su ubeđeni da između dva remonta ne sme se dogoditi kvar. Ako se to ipak dogodi, ubeđeni su da nije uzrok održavanje [7].

## 3. POTPUNO EFIKASNO ODRŽAVANJE

Potpuno efikasno održavanje (Total Productive Maintenance - TPM) je sistem održavanja i proizvodnje dizajniran da kontinuirano povećava produktivnost i proizvodnju bez zastoja i kvarova. Za postizanje ovih ciljeva, kompanija podstiče sve zaposlene da aktivno učestvuju u malim grupama. Usko je povezan sa upravljanjem totalnim kvalitetom (Total Quality Maintenance - TQM) i oslanja se na tehnike ispitivanja uslova. Jedan od najvažnijih principa je podrška kontinuiranom unutrašnjem razvoju.

TPM svoje korene nalazi u japanskoj automobilskoj industriji sedamdesetih godina prošlog veka. Nastala je u Nippon Denso-u najvećem snabdevaču automobilske kompanije Toyota. Tek 1988. godine, sa publikacijom na engleskom od strane Seiichi Nakajime, zapadni svet prepoznaje i počinje da razume važnost TPM-a.

TPM je metodologija kontinuiranog razvoja postrojenja koja omogućava brzo i kontinuirano unapređenje procesa proizvodnje uključivanjem zaposlenih, njihovim osnaživanjem i merenjem rezultata na privatni način. TPM je sistem koji koristi opšte tehničke i upravljačke elemente za kontinuirano povećanje produktivnosti uz smanjenje gubitaka u proizvodnji [8].

## 4. ODRŽAVANJE USREDSREĐENO NA POUZDANOST

Najveća prednost održavanja usredsređeno na pouzdanost (Reliability centered maintenance - RCM) jeste to što omogućava tehnički ispravan, sledljiv i dokumentovan, sistemski dizajn sistema umesto prethodnog sistema. Ovo nam omogućava da bolje razumemo rad opreme, neuspehe i njihovih uzroka. Pored toga poboljša timski rada, i osigura veću bezbednost i efikasniju zaštitu životnu sredinu. Zatim, poboljša sveukupne rezultate poslovanje i dobijemo pouzdanu podataka održavanja.

Prednost RCM-a je da je najzahtevniji metod za analizu nekog događaja u okviru održavanja, koja daje konačan odgovor o događaju, učestalosti i redizajna. Mana je da se koristi samo kada su veliki novci u pitanju, ili kada je u pitanju bezbednost ili ekološka katastrofa.

RCM je jedan od najmoćnijih načina poboljšanja održavanja, jer se bavi problemima kupca, odnosno potrebama kupca [8].

## 5. ALATI LEAN STRATEGIJE U ODRŽAVANJU

Pored opštih strategijskih doktrina koji su proizašli iz LEAN strategije kao što je već pomenuti TPM i RCM, u povišenju efikasnosti održavanja može se koristiti i konkretni alati.

Različiti autori različito grupišu alate koje su od pomoći za uspostavljanje uspešnih aktivnosti održavanja. Ali, analizirajući različite literature na temu, možemo definisati metode i alate koje su od značaja, kao što je 5S, vizuelni menadžment, alati analize osnovnog uzroka, ako što je Is/Is not dijagram, dijagram 5 zašto, Ishikawa dijagram [9].

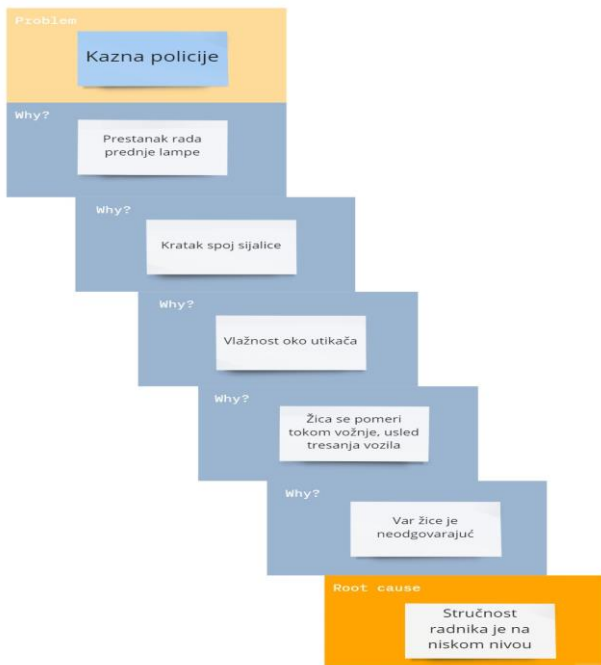
Pored spomenutih alata, nove generacije potpuno digitalizovanih fabrika omogućuju detaljnu analizu svakog dešavanja tokom proizvodnje, koji daju priliku zaposlenima u sektoru održavanja da bolje razumeju načine kvara i njihovih uzroka. Ovakav vid digitalizacije omogućava da pravilan odabir strategiju održavanja.

Analiza osnovnog uzroka je strukturirani proces kojim se dolazi do korena šta god da uzrokuje problem. Pronalaženje uzroka je osnova za dobre prakse održavanja i deo je svakog „dobrog“ tehničara.

### 5.1. Analiza pomoću alata za otkrivanje osnovnog uzroka

U radu je dat opšti primer iz svakodnevnog života, na kojoj su prikazani alati totalno produktivnog održavanja. Kratak opis problem je da se u toku jedne nedelje policijski oficiri tri put zaustavio vozilo zbog lampe koji nije svetleo. Do otkrivanje stvarnog uzroka korišćeni su različiti alati i metode.

Prvi korak u rešavanja problema je upravo da se tačno i jasno identifikuje problem koju posle analiziramo. Tokom diskusije sa timom, moguće je doći do različitih prividnih korena problema, koje se posle tokom testiranja zadržavaju ili se odbacuju. Na primer, na peto „zašto“, mogli bismo da imamo odgovor da se vozilo tresse, zbog neodgovarajućeg stanja puteva kojom se vozi i tako bismo došli do zaključka da je problem u stvari stanje na putevima, za koji je odgovorna država. Za te svrhe najbolje je koristiti „Pet zašto“ (Five why) dijagram (Slika 1.).



Slika 1. Primer 5 zašto analize

Upravo zbog gore navedenog, uvek se savetuje da se koristi više alata i metoda za otkrivanja grešaka, pre nego što se tim baci u ozbiljan rad. Najpre je najvažnije da se precizno odredi problem o kome će se govoriti.

Kada se smatra da je tačno i jasno utvrđen problem, može se potom prebaciti na analizu mogućih uzročnika tih problema, odnosno da odredimo koji su ti faktori koje utiču na naš problem.

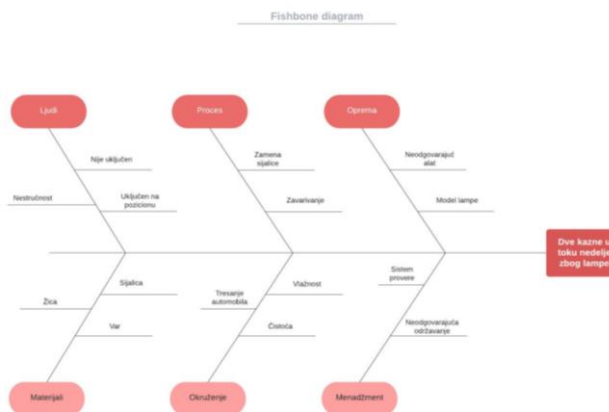
Za određivanje problema je moguće koristiti metodu Is/Is not (Tabela 1.), Ono predstavlja bazu za rešavanja problema, i ono se može stalno ažurirati kada se dođe do novih saznanja.

Tabela 1. Primer Is/ Is not analize

Preciziranje problema	Is	Is Not	Očigledna zapažanja
ŠTA	Utikač	Sijalica	Lampa ne svetli
	Prestala sa radom	Trepće	
GDE	Desna strana	Leva strana	Na desnoj, prednjoj strani
	Prednja strana	Zadnja strana	
KADA	Tokom vožnje	U garaži	
	Posle kišovitog dana	Posle sunčanih dana	
KAKO	Policijska inspekcija	Samoprovera	
OBIM	Dvaput	Jednom	Pokušaj korišćenja različitih sijalica, neuspela
	2-3 sijalica	Jedna	

Kada se smatra da je tačno i jasno utvrđen problem, može se potom prebaciti na analizu mogućih uzročnika tih problema, odnosno da odredimo koji su ti faktori koje utiču na naš problem.

Za te svrhe koristimo dijagram riblje kosti (Slika 2.), koja preko 6 grupe uzročnika opisuje kako pojedini faktori i u kojoj meri utiču na problem.



Slika 2. Primer Ishikawa dijagrama

Na kraju kad smo sve uzročnike identifikovali, možemo početi sa odbacivanjem pojedinih, da bismo odredili tačan uzročnik problem.

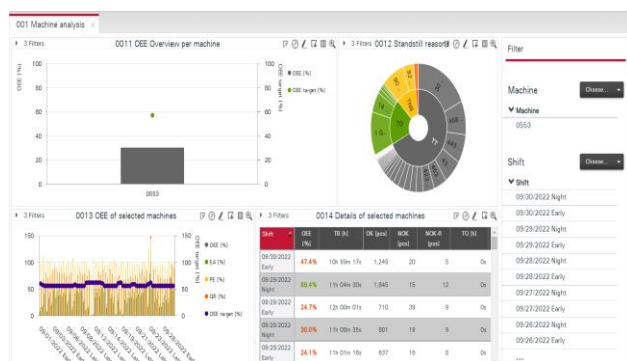
To se vrši na način što prvenstveno testiramo naše hipoteze, zatim uvodimo kontradiktorne mere, i na osnovu daljih rezultata dobijemo podatak da li smo na dobrom putu. Ovaj proces u zavisnosti od veličine i važnosti problema može da traje i nedeljama.

Kada se uradi analiza problema uzročnika, rad nije završen. Potrebno je još doneti odluku na osnovu dobijenih rezultata koji vid strategije održavanje je najsvrsishodniji.

## 5.2. Analiza pomoću sistema za upravljanje i izvršenje proizvodnje

Tehnološke promene u svetu pa samim time i u proizvodnji, su nam donele nove alate koje možemo da koristimo za pronalazjenje osnovnog uzroka nekog problema. Sistem za upravljanje i izvršenje proizvodnje (Manufacturing Executional System – MES) omogućava da se vrši detaljna analiza nad proizvodnim linijama i sa time se želi postići celokupan poboljšanje efektivnosti opreme. MES shodno tome kako je implementirano i integrisano, šalje podatak o svim mogućim dešavanjima tokom proizvodnje. Tako postoji podatak o tipu proizvoda, o proizvedenim komadima, o različitim zastojima i kad se šta desilo.

Analiza se vrši od opšteg zapažanja do specifičnih. Sledeća analiza je izvršena u softveru Analysis-CI, koji omogućava jednostavnost i fleksibilnost izveštavanja. Na primeru koji je prikazan (Slika 3.) cilj je bio pronaći glavne indikatore performansi za određenu liniju u zadatom vremenskom periodu. Reč je o liniji 553 i potrebni su bili podaci za septembar 2022. godine.



Slika 3. Analiza linije u Analysis-CI-u

Na slici (Slika 3.) u levom gornjem uglu se jasno može videti da ciljani OEE kao glavni indikator performansi nije dostignut. Na gornjem desnom uglu na dijagramu se može videti glavne razloge zastoja. Dok donji deo izveštaja nam prikazuje glavne indikatore kao što je dostupnost, performansa i mera kvaliteta.

Sledeći korak je bio da se izaberu one smene gde je smatrano da je bio sve dato da imamo odgovarajući output mašine tj. odgovarajuće OK komade, ali zbog nama nepoznatog razloga se to nije desilo. Kao prvobitan filter su izabrani smene gde su OK komadi bili više od 100 komada, ali manje od 500.

Zatim se vršio analiza zastoja i alarm poruka, kao zaključak je izveden da je da je najveći problem bio senzor koji je stopirao nosače motora. Kao drugi najkritičniji problem je bio greška povratnog signala koji služi da šalje poruku stanici kada je poklopac i motor na odgovarajućem mestu da bi se sklopilo. Sa tim novim saznanjima je započet novi ciklus kontinuiranog unapređenja.

## 6. ZAKLJUČAK

Lean pristup u proizvodnji evoluirao je tokom decenija u bogat i složen sistem različitih naprednih koncepata, filozofija i alata.

TPM se sastoji od nekoliko korisnih koncepata kao što je autonomno održavanje, kontinuirani razvoj, motivacija i trening zaposlenih, zatim planirano, preventivno održavanje i kontinuirani praćenje proizvodnje kroz OEE izveštaja, koji imaju za cilj da podižu efikasnost održavanja.

RCM koncept se zasniva na shvatanju da održavanje mora da gleda dalje od pojmova kao što su starost i očekivani životni vek pojedinačnih delova – da bi sprečile kvar sredstava, firme moraju aktivno da prate stanje pojedinačnih sistema i delova i procenjuju njihovu pouzdanost. Ali, kao ograničenje RCM je izuzetno efikasan, ali nefleksibilan sistem. Zahteva temeljnu analizu i ogromnu količinu resursa, zbog čega bi ga bilo veoma teško primeniti na proizvodne kompanije koje se dinamično menjaju.

Analiza pomoću MES-a zahteva rad stručnjaka za MES sistem i industrijskog inženjera linije, jer podaci za osobu koji se ne bavi svakodnevno ili sa sistemom ili sa linijom mogu vrlo brzo da vode osobu u pogrešnom smeru i samim tim se povećava šansa da će se doneti pogrešna odluka. Pored toga, mana MES-a i ovakvog vida analize je da se vrši retroaktivno, znači vrlo je moguće da je kvar već otklonjen, osnovni uzrok problema pronađen.

## 7. LITERATURA

- [1] M. L. George, "Lean six sigma pocket toolbox". McGraw-Hill Professional Publishing, 2004.
- [2] CMRP, R. K. Mobley MBB., "Maintenance engineering handbook", McGraw-Hill Education, 2014.
- [3] Milosavljević, P, Rall K., "Six Sigma concept in the maintenance process of technical systems." *Facta universitatis-series: Mechanical Engineering* 3.1 (2005): 93-108.
- [4] M. Bulatović, D. Đurović, „5S “kao alat Lean koncepta u održavanju”. Zbornik radova, 3, 2014.
- [5] T.C. Kister, B. Hawkins, "Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment", Elsevier, 2006.
- [6] B. Vasić, B., "Osnove za novi sistem održavanja vozni sredstava na J. P. „Železnice Srbije“, Projekat: iipp 05-06, Beograd, 2006.
- [7] A. Horváth, "Karbantartási menedzsment autóiparban", Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, 2012.
- [8] [http://www.aastadium.hu/Feltoltes/szakcikk/Integralt\\_gyartorendszer.pdf](http://www.aastadium.hu/Feltoltes/szakcikk/Integralt_gyartorendszer.pdf) (pristupljeno u septembru 2022.)
- [9] R. Smith, B. Hawkins, "Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share", Elsevier, 2004.

## Kratka biografija



**Tímea Jožsa** rođena je u Novom Sadu, 1995. god. Započela je karijeru kao praktikant procesni inženjer u timu održavanja, u kompaniji AUDI Hungária. Zatim je od 2021 godine zaposlena u kompaniji Brose na poziciji MES Specijalista.  
Kontakt: [timea.jozsa95@gmail.com](mailto:timea.jozsa95@gmail.com)