



ISSN 1986-583X

UNIVERZITET U ZENICI / UNIVERSITY OF ZENICA
Mašinski fakultet / Faculty of Mechanical Engineering
Bosna i Hercegovina / Bosnia and Herzegovina

6. KONFERENCIJA / 6TH CONFERENCE

ODRŽAVANJE 2020

MAINTENANCE 2020

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UREDNICI / EDITORS:
Fuad Hadžikadunić
Darko Petković



ENGINEERING
SOURCE

Novembar / November 20-21, 2020
ZENICA, BiH / B&H



ISSN 1986-583X

UNIVERZITET U ZENICI / UNIVERSITY OF ZENICA
Mašinski fakultet / Faculty of Mechanical Engineering
Bosna i Hercegovina / Bosnia and Herzegovina

6. KONFERENCIJA / 6TH CONFERENCE

ODRŽAVANJE 2020

MAINTENANCE 2020

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UREDNICI / EDITORS:
Fuad Hadžikadunić
Darko Petković



ENGINEERING
SOURCE

Novembar / November 20-21, 2020
ZENICA, BiH / B&H

**6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020 – MAINTENANCE 2020“
20 - 21. novembar 2020., Zenica Bosna i Hercegovina**

Urednici/Editors:

v. prof. dr. Fuad Hadžikadunić
r. prof. dr. Darko Petković

Izdavač/Publisher:

University of Zenica
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. Damir Kukić

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:

ŠTAMPARIJA FOJNICA
Fojnica

Za štampariju/For printing shop:

Šehzija Buljina

Izdanje/Issue:

200 primjeraka/copies

Copyright © 2020

ISSN 1986-583X

6. Konferencija „ODRŽAVANJE 2020“
Zenica, B&H, 20 - 21 novembar 2020.

SADRŽAJ / CONTENTS

UVODNI REFERATI / KEYNOTE PAPERS

1. NATO KODIFIKACIONI SISTEM KAO GLOBALNI ALAT ZA NABAVKU REZERVNIH DIJELOVA
NATO CODIFICATION SYSTEM AS A GLOBAL TOOL FOR THE PROCUREMENT OF SPARE PARTS,
Marinko Aleksić (Montenegro)..... 1
2. POUZDANOST I ŽIVOTNI CIKLUS KORISNIČKE MREŽNE OPREME ZA PRUŽANJE TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA
RELIABILITY AND LIFECYCLE OF USER NETWORK EQUIPMENT FOR PROVISION OF TELECOMMUNICATION SERVICES,
Ivan Grgurević, Ivan Jovović, Mateja Jasak, Allen Brodarić (Croatia) 15

SEKCIJE / SESSIONS

3. DETEKCIJA PARAZITNE POTROŠNJE ELEKTRO SUSTAVA OSOBNOG AUTOMOBILA
DETECTION OF PARASITIC CONSUMPTION OF PERSONAL CAR ELECTRIC SYSTEM,
Leonard Balukčić, Hrvoje Glavaš, Držislav Vidaković (Croatia) 25
4. REKONSTRUKCIJA TOVARNOG SANDUKA DAMPERA CAT 777-D U CISTERNU ZA VODE
THE RECONSTRUCTION OF CARGO BOX OF TIPPER TRUCK CAT 777-D INTO WATER TANK,
Kasim Bajramović, Irfan Bajramović, Admir Muslija (Bosnia and Herzegovina) 33
5. PREGLED I ODRŽAVANJE PUMPNOG AGREGATA FLYGT 2125.181
INSPECTION AND MAINTENANCE OF THE PUMP UNIT FLYGT 2125.181,
Kasim Bajramović, Mustafa Hadžalić, Dino Tica (Bosnia and Herzegovina)..... 41
6. MODELIRANJE I OPTIMIZACIJA ODRŽAVANJA
MODELING AND MAINTENANCE OPTMIZATION,
Bogdan Marić, Vlado Medaković (Bosnia and Herzegovina)..... 49
7. UTICAJ UVOĐENJA TEHNOLOGIJE ZATVORENOG LIVENJA NA KVALITET UGLJENIČNOG ČELIKA
THE INFLUENCE OF THE INTRODUCTION OF CLOSED CASTING TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF CARBON STEEL,
Aida Imamović, Fuad Klisura, Mirsada Oruč, Omer Kablar, Almedina Podojak (Bosnia and Herzegovina) 55
8. MONTAŽA U DRVOPRERADI I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA
ASSEMBLLY IN WOODPROCESSING AND FURNITURE PRODUCTION,
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 63
9. PRIMJENA SMED-a U ODRŽAVANJU
APPLICATION OF SMED CONCEPT IN MAINTENANCE,
Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)..... 73

10. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE TOKOM MATERIJALA I PRIMJERI PRIMJENE U INDUSTRIJI MATERIAL MANAGEMENT SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN INDUSTRIAL CONDITIONS, Ismar Alagić (Bosnia and Herzegovina)	81
11. AKTUALIZACIJA ACTUALIZATION, Suad Sućeska (Bosnia and Herzegovina)	91
12. UTICAJ VRSTE GORIVA I REŽIMA RADA NA IZDUVNU EMISIJU GLAVNOG BRODSKOG DIZEL MOTORA INFLUENCE OF FUEL TYPE AND OPERATING MODE ON EXHAUST EMISSIONS OF MAIN MARINE DIESEL ENGINE, Sead Cvrk, Zdravko Božičković, Nikola Manojlović (Montengro, Bosnia and Herzegovina)	97
13. MJERE PRIPREME I ODRŽAVANJA KOD IZGRADNJE I SANACIJA ZGRADA MEASURES OF PREPARATION AND MAINTENANCE IN THE CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF BUILDINGS AND ROADS, Aleksandar Jurić, Držislav Vidaković, Krunoslav Minažek, Ivan Damjanović (Croatia)	105
14. ODRŽAVANJE OPREME U ORGANIZACIJI S LEAN POSLOVANJEM EQUIPMENT MAINTENANCE IN ORGANIZATIONS OPERATING ON THE LEAN PRINCIPLE, Držislav Vidaković, Matej Martić, Hrvoje Glavaš (Croatia)	115
15. WHAT USERS SHOULD KNOW ABOUT ERP SYSTEMS MAINTENANCE?, Dražena Gašpar (Bosnia and Herzegovina)	123
16. REMONT ŠKOLSKOG BRODA „JADRAN“ STUDIJA SLUČAJA OVERHAUL OF TRAINING SHIP „JADRAN“ CASE STUDY Marinko Aleksić, Sead Cvrk, Drako Petković (Montengro, Bosnia and Herzegovina) ..	131
17. SAVREMENA TEHNIKA I LJUDSKA PRAVA MODERN TECHNOLOGY AND HUMAN RIGHTS, Faruk Kozić (Bosnia and Herzegovina)	139
18. FORMIRANJE VIBRACIJSKOG SIGNALA I NJEGOVE OSOBINE KOJE ODREĐUJU NEISPRAVNOST VIBRATION SIGNAL FORMATION AND ITS FAULT DIAGNOSIS ABILITIES, Davorka Šaravanja, Darko Petković (Bosnia and Herzegovina)	147
19. CONTINUOUS ANALOG MONITORING OF HYDRAULIC RETURN-LINE FILTER PRESSURE, Vito Tič, Darko Lovrec (Slovenia)	155
20. DIJAGNOSTIKA STANJA I PRIJEDLOG MJERA SANACIJE DŽAMIJE TABAČICA U MOSTARU CONDITION DIAGNOSTICS AND PROPOSED MEASURES FOR THE REMEDIATION OF THE TABAČICA MOSGUE IN MOSTAR, Faris Trešnjo, Azra Mahinić, Marko Čećez, Amra Šarančić – Logo, Merima Šahinagić – Isović (Bosnia and Herzegovina)	161
21. DETERMINATION OF VALVE WEAR BASED ON CHARACTERISTICS MEASUREMENT, Darko Lovrec, Vito Tič (Slovenia)	169

22. INSTALACIJA I ODRŽAVANJE CLOUD SERVERA ZA BACKUP PODATAKA INSTALLATION AND MAINTENANCE OF CLOUD SERVER FOR DATA BACKUP, Pavelić Krešimir, Kurilj Krunoslav, Vidaković Držislav (Croatia)	175
23. RIZICI, ZAHTJEVI I STANDARDI SA ASPEKTA SIGURNOSTI U ZAVARIVAČKIM PROCESIMA RISKS, REQUIREMENTS AND STANDARDS FROM THE SECURITY ASPECT IN WELDING PROCESSES, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	181
24. OUTSOURCING U ODRŽAVANJU – ISKUSTVA IZ DRVNE INDUSTRIJE BIH OUTSOURCING IN MAINTENANCE-EXPERIENCE FROM THE B&H WOOD INDUSTRY, Sanin Hasanić, Emina Brkić, Amina Pandžo (Bosnia and Herzegovina)	191
25. PRIMJENA PRINTANIH 3D MODELA U PROCESU LIVENJA REZERVNIH DIJELOVA APPLICATION OF 3D PRINTED MODELS IN THE CASTING PROCESS OF SPARE PARTS, Baručija Anel, Kačmarčik Josip, Hadžalić Mustafa Mujagić Derviš (Bosnia and Herzegovina)	197
26. PERIODIČNI PREGLEDI, STATIČKO I DINAMIČKO PROBNO ISPITIVANJE DIZALICA PERIODIC INSPECTIONS, STATIC AND DYNAMIC TRIAL EXAMINATION OF CRANES, Adnan Panjević (Bosnia and Herzegovina)	207
27. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE PROCESNIH VENTILATORA VELIKIH SNAGA PREDICTIVE MAINTENANCE OF HIGH POWER PROCESS FANS, Safet Brdarević, Senad Alić, Sabahudin Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	215
28. POSTUPAK CENTRIRANJA PROCESNIH VENTILATORA PROCEDURE OF CENTERING PROCESS FANS AS A PART OF THEIR PREDICTIVE MAINTENANCE, Safet Brdarević, Senad Alić, Đemil Lušija (Bosnia and Herzegovina)	225
29. PRIMJENA FREKVENTNIH PRETVARAČA U RUKOVANJU I ODRŽAVANJU ISTOVARNIH STANICA – VIPER APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTERS IN HANDLING AND MAINTENANCE OF UNLOADING STATIONS – VIPER, Senad Alić , Senad Džidić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	235
30. UTICAJ METEOROLOŠKIH USLOVA NA KONCENTRACIJE SO ₂ U ZRAKU ZENIČKE KOTLINE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SO ₂ CONCENTRATIONS IN THE AIR OF THE ZENICA VALLEY, Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Šefket Goletić (Bosnia and Herzegovina)	243
31. METODOLOGIJA REALIZACIJE REMONTNIH AKTIVNOSTI PREMA PRINCIPIMA PROJEKTOG MENADŽMENTA METHODOLOGY OF REALIZATION OVERHAUL ACTIVITIES ACCORDING TO THE PRINCIPLES OF PROJECT MANAGEMENT, Emir Đulić, Mustafa Imamović (Bosnia and Herzegovina)	249
32. PRIMJENA SCHUBERTOVE FUNKCIONALNO-INDIKATORSKE METODE ZA ODREĐIVANJE USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA APPLICATION OF SCHUBERT'S FUNCTIONAL-INDICATOR METHOD FOR DETERMINING SUCCESS OF MAINTENANCE IN COAL MINING FACTORY WITH UNDERGROUND EXPLOATATION, Tarik Karalić, Sabahudin Jašarević (Bosnia and Herzegovina)	257
33. ODRŽAVANJE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U INDUSTRIJI MAINTENANCE OF CONSTRUCTION FACILITIES IN INDUSTRY, Mustafa Imamović, Fuad Hadžikadunić, Emir Đulić (Bosnia and Herzegovina)	265

34. ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI ZBRINJAVANJA ISKORIŠTENIH ULJNIH FILTERA NA PODRUČJU ZENIČKO-DOBOJSKOG KANTONA RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF DISPOSAL OF USED OIL FILTERS ON AREA OF ZENICA-DOBOJ CANTON, Muvedet Šišić, Vehid Birdahić, Nusret Imamović, Šefket Goletić (Bosnia and Herzegovina).....	273
35. KONSTRUKCIJA ULAZNE HAUBE FILTERA ZA PREČIŠĆAVANJE PLINOVA DESIGN OF GAS PURIFICATION INLET HOOD, Nedeljko Vukojević, Muamer Terzić, Hasan Halilović, Nedeljko Babić (Bosnia and Herzegovina).....	281
36. TRENDOVI U ORGANIZACIJI SISTEMA ODRŽAVANJA U PREDUZEĆIMA DRVNE INDUSTRIJE U BIH TRENDS IN ORGANIZING MAINTENANCE SYSTEMS IN WOOD INDUSTRY ENTERPRISES IN B&H, Alan Lisica (Bosnia and Herzegovina)	289
37. TEHNIČKA REGULATIVA I ODRŽAVANJE OPREME POD PRITISKOM TECHNICAL REGULATION AND MAINTENANCE OF PRESSURE EQUIPMENT, Zlatan Ištvančić, Tintor Vukašin (Bosnia and Herzegovina).....	295
38. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA DIZALIČNIH SISTEMA U KONTEKSTU ODRŽAVANJA PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA TECHNICAL DIAGNOSIS OF CRANE SYSTEMS IN THE CONTEXT OF MAINTENANCE ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS, Amel Tuka, Fuad Hadžikadunić, Elvir Halilčević, Admir Muslija (Bosnia and Herzegovina).....	305
39. UPRAVLJANJE RIZICIMA KOD AEROZAGAĐENJA U GRADU ZENICA RISK MANAGEMENT FOR AIR POLLUTION IN THE CITY OF ZENICA, Fuad Klisura (Bosnia and Herzegovina).....	313
40. UTICAJ AKTIVNOSTI ODRŽAVANJE NA PROJEKTOVANJE TOKOVA OPERACIJA U DRVOPRERAĐIVAČKOM PROIZVODNOM SISTEMU, Darko Petković, Ajdin Jeleč (Bosnia and Herzegovina)	321
41. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA – ZAKONSKE NORME I PROCEDURE DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM - LEGAL STANDARDS AND PROCEDURES Muamer Terzić (Bosnia and Herzegovina)	331
INDEX AUTORA / AUTHORS INDEX	337

**ODRŽAVANJE OPREME U ORGANIZACIJAMA S LEAN
POSLOVANJEM**

**EQUIPMENT MAINTENANCE IN ORGANIZATIONS OPERATING
ON THE LEAN PRINCIPLE**

**Mr.sc. Držislav Vidaković, dipl.ing.građ.
Matej Martić, bacc. ing. aedif.
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Osijek, Hrvatska**

**Izv.prof. dr.sc. Hrvoje Glavaš, dipl.ing.el.
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek,
Osijek, Hrvatska**

REZIME

Poslovanje u 21. st. zahtjeva nove koncepte organizacije i upravljanja koji podrazumijevaju promjenu pristupa održavanju. U svijetu se sve više proizvodnje organizira po Lean principima, a preduvjet tome je visoka pouzdanost i učinkovitost opreme, koju omogućuje fleksibilno održavanje s minimaliziranim gubicima. To ne može pružiti tradicijsko održavanje, već je Lean najviše povezan s integriranim produktivnim održavanjem. U članku su navedeni osnovni ciljevi i principi Lean poslovanja i pojašnjene su metode koje se za to koriste. Uz to je opisano održavanje koje odgovara funkcioniranju Lean organizacije. Uvijek je naglasak na obuci, informiranju i pridobivanju ljudskih resursa, od menadžmenta do operativaca, kako bi dali ključni doprinos uvođenju i stalnom unaprjeđivanju održavanja i poslovanja.

Ključne riječi: *Lean*, pouzdanost i učinkovitost opreme, integrirano produktivno održavanje

ABSTRACT

Business in the 21st century requires new concepts of organization and management that imply a change of approach to maintenance. In the world, more and more production is organized according to Lean principles. Precondition for this is high reliability and efficiency of the equipment, which allows flexible maintenance with minimized losses. This cannot provide traditional maintenance, but Lean is most associated with Total Productive Maintenance. The article states the basic goals and principles of Lean business and explains the methods used for that. In addition, the appropriate maintenance required for the functioning of the lean organization is described. The emphasis is always on training, informing and gaining human resources, from management to operational workers, to make a key contribution to the success of the implementation and continuous improvement of maintenance and performance.

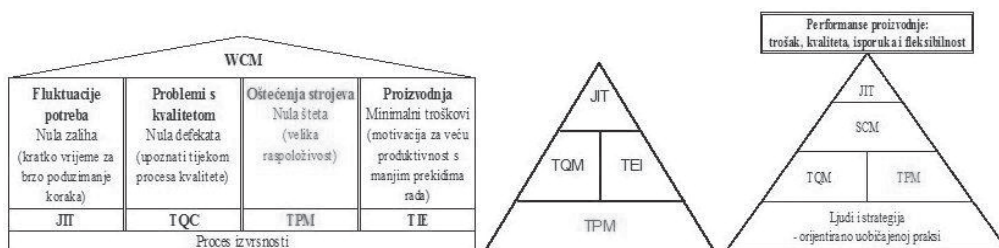
Keywords: Lean, Reliability and Efficiency of Equipment, Total Productive Maintenance

1. UVOD – TEŽNJA K UNAPREĐENJU POSLOVANJA I ODRŽAVANJA

Rast konkurencije na globaliziranom tržištu u 21. st. iziskuje promjene upravljanja i organizacije proizvodnje, pri čemu se mora preispitati mogućnosti prilagodbe i unaprjeđenja sustava održavanja u poslovnim subjektima [1]. Velike kompanije teže tzv. “Svjetskoj klasi proizvodnje” (*World Class Manufacturing - WCM*), koja donosi veliku dobit i ostale koristi. Smatra se da je u Japanu WCM postignut poslovanjem koje je usvojilo programe [2]:

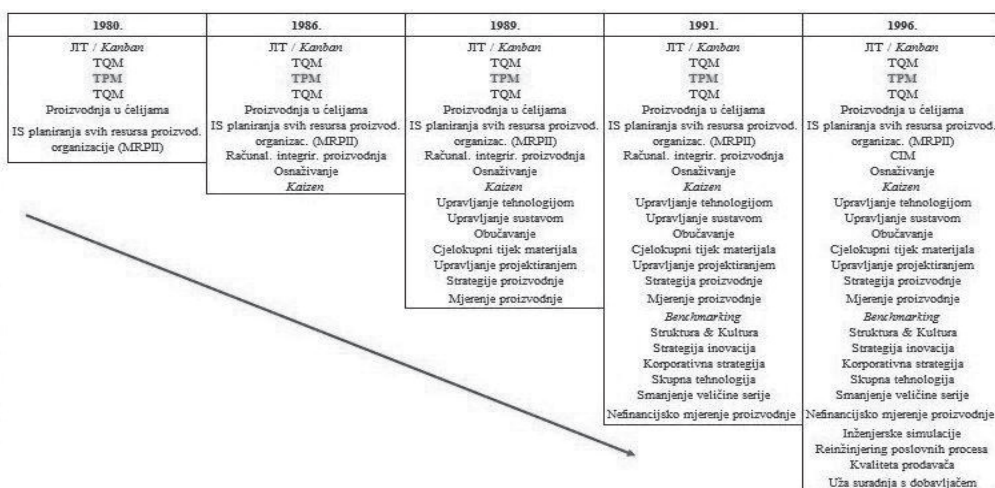
- “Cjelovito upravljanje kvalitetom” (*Total Quality Management - TQM*),
- “Upravo na vrijeme” (*Just in Time - JIT*),
- “Integrirano produktivno održavanje” (*Total Productive Maintenance - TPM*) i
- “Potpuna uključenost zaposlenika” (*Total Employee Involvement - TEI*).

Na slici 1 lijevo je prikazano kako ove četiri metodologije doprinose postizanju najviših performansi proizvodnih procesa. *The Society of Manufacturing Engineers* iz SAD-a gleda na TPM kao na proces osnaživanja na kome se temelji unaprjeđenje proizvodnje [3] (slika 1 u sredini). Neki autori umjesto TEI uz prva tri programa uključuju “Toyotin proizvodni sustav” (*Toyota Production System*) [4] ili “Upravljanje lancem nabave” (*Supply Chain Management - SCM*) [1] (sl. 1 desno) i naglašavaju njihovo sinergijsko djelovanje na proizvodnost [4, 5].



Slika 1. Programi koji vode k boljem poslovanju s naglašenom ulogom TPM - Lijevo: Model kvalitetnog upravljanja WCM-om (prema [6]); Sredina: Piramida produktivnosti [3]; Desno: Okvir integrirane proizvodne prakse (prema [1])

U nastojanju da unaprijeđe performanse organizacije analiziraju svoje proizvodne sustave i detektiraju neučinkovitosti i slabosti. Povećavanje broja različitih tehnika, odnosno metoda, koje su se tijekom posljednja dva desetljeća 20. st. združene koristile za postizanje WCM-a pokazuje slika 2.



Slika 2. Razvoj tehnika koje se združene koriste za postizanje WCM-a (prema [7])

2. POSLOVANJE NA *LEAN* PRINCIPIMA

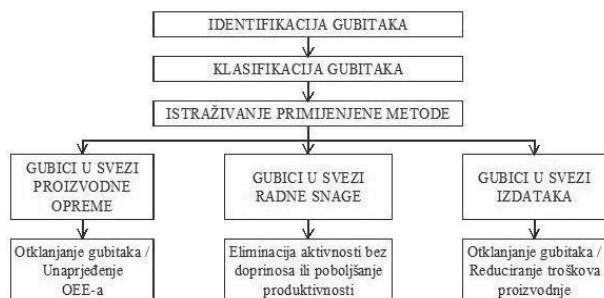
Djelotvorno uspostavljeno *Lean* poslovanje uključuje upravo glavne programe za postizanje WCM-a. *Lean* filozofija i većina tehnika koje se pri tome koriste potječu iz japanskog proizvodnog konteksta. Uz “dejapanizaciju“ i prilagođavanje Zapadu, širi se od 1990-ih godina i danas je u svijetu jedan od najutjecajnijih trendova upravljanja i organizacije [8].

Izvorni model *Lean* proizvodnje počiva na četiri glavna principa [9]:

- Redukcija gubitaka,
- Automatizacija,
- JIT i *Kanban* (sustav upozoravajućih kartica za vizualizaciju i poticanje učinkovitosti) i
- Ujednačavanje proizvodnje (jap. *heijunka*).

Naziva se “lean“ (vitka) jer teži tome da se uradi što više sa što manje ljudskog napora, manje opreme, manje vremena i prostora, a da pri tome proizvod potpuno zadovolji kupca [10]. Kako bi se postigla kvaliteta i vrijednosti proizvoda s najmanjim mogućim troškovima, *Lean* koncept proizvodnje nastoji eliminirati sve aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost na proizvodu. Osim niza gubitaka koji negativno utječu na ljudski rad, za postizanje performansi svjetske klase treba istražiti i na odgovarajući način riješiti gubitke koji negativno utječu na učinkovitost opreme (gubici zbog kvarova, postavljanja/namještanja, smanjenja brzine, praznog hoda/manjih zastoja, proizvoda s greškom, pokretanja i promjene alata), na vrijeme pokretanja stroja i na djelotvorno korištenje proizvodnih resursa (gubici prinosa, trošenje, gubljenje i kvarenje alata i gubici energije) [11]. Općenito, *Lean* kao vrste gubitaka prepoznaje i prekomjernu proizvodnju, nepotrebne pokrete i greške, a neki tome kao gubitak pridodaju i neiskorištenu kreativnost zaposlenika [12].

Proces eliminacije gubitaka pokazan je na slici 3.



Slika 3. Djelovanja kod proizvodnje i održavanja fokusiranih na unaprjeđenja (prema [2])

Za uvođenje *Leana* u organizaciju ne postoji neka strogo definirana, jedinstvena formula [13], ali je uvijek bitno kritički pratiti i korigirati rad u radnom procesu koji se izvodi protivno *Lean* pravilima. Uz pomoć odgovarajućih alata, tj. tehnika treba uočiti gubitke i otkloniti ih, a onda takvo djelovanje usvojiti kao dugotrajan proces u radnoj organizaciji.

Pouzdanost opreme je preduvjet za provođenje *Lean* koncepta proizvodnje [14], pa se za postizanje sveukupne proizvodne i organizacijske sposobnosti svakako preporuča strateško usvajanje TQM i JIT programa s TPM programom. Uz to, *Lean* poslovanje često uključuje “6-sigma“ i *Poka Yoke* za izbjegavanje grešaka, “5 S“ za sređivanje radnog mjesta te *benchmarking*, a za još veće poboljšanje performansi i uspostavljanje ujednačene proizvodnja (bez obzira na promjenjivu potražnju, tako da se povećava iskorištenost kapaciteta pogona) i obrnuti inženjering [2] (proces otkrivanja tehnoloških principa sustava i svega drugog što je napravljeno kroz analizu strukture, funkcije i djelovanja).

Za maksimaliziranje učinkovitosti u organizaciji se moraju usvojiti inicijative fokusirane na unaprjeđenja, odnosno *Kobetsu Kaizen* (individualna poboljšanja za daljnju učinkovitost).

Provedene studije potvrđuju da su troškovi uvođenja *Leana* u organizacije u pravilu manji od ušteda koje se s ovakvim poslovanjem postižu [15].

3. UPRAVLJANJE I RAZVOJ PRISTUPA ODRŽAVANJU

Najčešće prihvaćena definicija održavanja kaže da je to djelovanje nužno za normalnu funkciju ili ponovno uspostavljanje cjelovitosti i funkcije tehničkog sustava [16]. Primarni cilj održavanja proizvodne opreme je osiguravanje njezinog sigurnog i učinkovitog radnog stanja kako bi se proizvodni ciljevi mogli ispuniti u okviru planiranog vremena, troškova i kvalitete [17]. Planiranjem održavanja nastoji se iznaći optimalni omjer rizika i vremena u kojem je radna oprema izvan uporabe. Izborom i provođenjem optimalne strategije održavanja može se povećati kvalitet poslovanja i pouzdanost, te kroz maksimalno iskorištenje raspoloživih resursa smanjiti ukupne troškove [18]. Program održavanja se može različito postaviti (prema koncepciji, organizaciji i tehnologiji) obzirom na različite mogućnosti onoga tko obavlja održavanje i različite objekte održavanja. Na složenost problematike utječe i ograničenost raspoloživih resursa te mogućnost promjena objekta održavanja tijekom uporabe. Odabir učinkovitog programa održavanja uključuje jasno definiranje programskih ciljeva, razvoj dobrog komunikacijskog sustava, odgovarajuće opremanje organizacije za održavanje, davanje preciznog pojašnjenja postupaka održavanja, potpunu kontrolu performansi održavanja, aktivnu procjenu rezultata održavanja i snažnu podršku top menadžmenta [19].

Upravljanje održavanjem je vrlo složeno jer se sastoji od raznolikih zadataka koje treba povezati i izbalansirati. U tablici 1. navedeni su elementi važni za razumijevanje upravljanja.

Tablica 1. Zadaće upravljanja održavanjem (prema [20])

Zadaće upravljanja	Pojašnjenje
1. Organizacija održavanja	- Na početku, uz razumijevanje poslovnih funkcija organizacije
2. Osposobljavanje za održavanje	- Ovu potrebu naglašava visokotehnoška oprema, bitna za rad i održavanje
3. Radni nalozi	- Pokreću, prate, i bilježe sve aktivnosti održavanja
4. Planiranje i vremenski raspored	- Za doseganje maksimalne efikasnosti i efektivnosti
5. Preventivno održavanje (PM)	- Ključno je za svaki pokušaj unaprjeđenja procesa održavanja
6. Osiguranje potrebnog inventara	- Treba se usredotočiti na pružanje pravih dijelova u pravo vrijeme, upravo koliko treba
7. Upravljanje održavanjem i imovinom poduzeća s računalnim sistemom	- Olakšava prikupljanje, obradu i analizu podataka te pruža automatsko izvješćivanje o kritičnim događajima
8. Uključivanje odjela proizvodnje	- Trebaju biti spremni da daju potporu nastojanjima odjela održavanja
9. Izvješćivanje	- Podaci iz radnih naloga koriste se za izvješća za kontrolu i upravljanje održavanjem
10. Prediktivno održavanje (PdM)	- Istražiti i nabaviti tehnologiju koja rješava ili ublažava kronične probleme rad. opreme
11. Postizanje zadovoljavajuće pouzdanosti	- Primjenjuju se tehnike i analize za optimalizaciju programa održavanja
12. Opći postupci	- Pustiti da inicijative održivog unaprjeđenja postanu dio kulture tvrtke
13. Financijska optimalizacija	- Za donošenje odluka kombiniraju se svi relevantni podaci o imovini
14. Kontinuirano unaprjeđenje	- Traži se unaprjeđenje kroz trajnu evaluaciju programa
15. Ugovaranje	- Može se ugovarati <i>outsourcing</i> za dopunski rad i usko specijalizirane poslove
16. Upravljanje dokumentacijom	- Treba voditi brojne dokumente tijekom cijelog vijeka opreme

Tržišno natjecanje i promjene potreba proizvodnje nameću potrebu za preispitivanjem upravljanja održavanjem s ciljem unaprjeđenja poslovanja organizacije. To je potaknulo vodeće organizacija širom svijeta da prihvate djelotvorne i učinkovite strategije (nazvane 4. generacijom) kao što su održavanje temeljeno na stanju, održavanje usmjereno na pouzdanost i TPM, umjesto tradicionalnih, reaktivnih pristupa, koji problem rješavaju tek kada se pojavi. To nisu radikalno nove ideje, već su nastale, kao sljedeći korak u evoluciji održavanja, na osnovu prethodnih, ali se od njih bitno razlikuju odnosom prema ukupnim troškovima, pouzdanosti i riziku, pretpostavljaju veću povezanost između projektiranja i funkcioniranja opreme te puno više koriste informatičke tehnologije. Podrazumijevaju sveobuhvatan pristup, dugoročno predviđanje, planiranje i definiranje potrebnih aktivnosti održavanja, kako bi se otklonili uzroci kvarova.

Suvremeni pristupi održavanju usmjereni su na pouzdanost i unaprjeđenje funkcioniranja sustava, pa *Lean* u njihovim procesima prepoznaje gubitke koje treba otkloniti. Oni su kategorizirani kao gubici tijekom obrade (prekomjerna ili nepotrebna), prekomjerne i

zastarjele zalihe materijala za održavanje, loše planiranje i organizacija održavanja, ponavljanje proizvodnje zbog slabog održavanja, čekanje na intervenciju održavanja, prekomjerno trajanje aktivnosti održavanja te nepotrebni pokreti i transportne operacije [14].

4. UNAPRJEĐENJE PROIZVODNJE TPM-om

4.1 Koncept i koristi od TPM-a

Integrirano (potpuno, cjelovito ili totalno) produktivno održavanje je poslovna filozofija, razvijena kao proširenje preventivnog održavanja da bi ono postalo više produktivno. Kao i *Lean*, ima ishodište u japanskoj automobilske industriji. Zbog razlika u radnoj kulturi i prihvaćanja i provođenja zadataka na poslu, TPM je dobio svoju zapadnjačku inačicu u knjizi Petera Willmotta "TPM: Western Way". To je kombinacija američkog preventivnog održavanja i japanskog koncepta cjelovitog upravljanja visokom kvalitetom i potpune uključenosti zaposlenika. Ovaj pristup održavanju postrojenja komplementaran je s TQM, JIT, TEI, kontinuiranim unaprjeđenjem performansi (*Continuous Performance Improvement - CPI*) i drugim strategijama svjetske klase [21]. Zapravo, TPM je neophodan za obavljanje JIT operacija [2] i *Lean* poslovanja.

Glavne karakteristike TPM-a naglašene su u njegovom nazivu, kako je pokazano u tablici 2. U tablici 3 su pojašnjeni temeljni principi ("stupovi") TPM-a.

Tablica 2. Opisne karakteristike iz naziva TPM-a

T - Integrirano	P - Produktivno	M - Održavanje
- uzimaju se u obzir svi aspekti i uključuju u održavanje svi zaposleni, od vrha do dna organizacije	- naglasak je na nastojanju da se održavanje učiniti za vrijeme proizvodnje i s minimalnim problemima za proizvodnju	- samostalno održavanje dobrog stanja opreme od strane onih koji rade s njom u proizvodnji (popravci, čišćenja, podmazivanja i sl.) te prihvaćanje utroška neophodnog vremena kako bi se te radnje obavile

Tablica 3. Temeljni principi TPM-a (prema [2],[22])

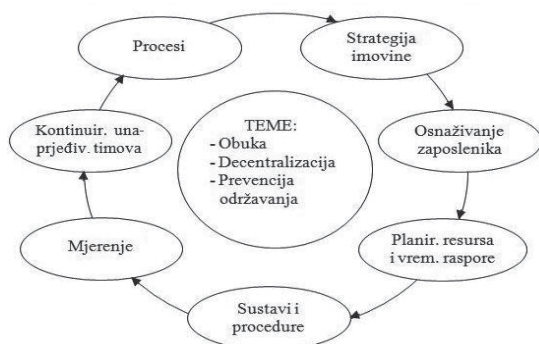
Samostal. održavanje	Fokusiran. na unaprjeđenje (individualno)	Održavanje kvalitete	Planirano održavanje	Edukacija i osposobljavanje	Sigurnost zdravlje i okoliš	Ured (služba) TPM-a	Razvojni menadžm.
<ul style="list-style-type: none"> - Razvijanje vještina operatera - Gatenje osjećaja vlasništva operatera - Čišćenje, podmazivanje, zatezanje, podešavanje, pregledi, ponovno nadešavanje na proizvodnoj omotari 	<ul style="list-style-type: none"> - Sustavna identifik. i eliminac. gubitaka - Rad bez gubitaka i ublažavanje gubitka kroz "zašto - zašto" i FMEA analize - Postići unaprjeđenje učinkov. sustava - Unaprjeđenje OEE proizvod. sustava 	<ul style="list-style-type: none"> - Postizanje nula proizvoda s greškom - Praćenje i bilježenje problema s opremom i njihovih početnih uzroka - Postavljanje 3M (stroj/čovjek/materijal) uvjeta 	<ul style="list-style-type: none"> - Planiranje učinkovitog i djelotvornog sustava PM, Pd.M i periodič. održavanje za cijeli životni ciklus opreme - Uspostavljanje kontrolnih lista PM-a - Pobošljanje srednjeg vremena između kvarova i srednj. vremena za popravak 	<ul style="list-style-type: none"> - Prenošenje tehnoloških vještina, vještina kontrole kvalitete i međuljudsk. vještina - Obučavanje zaposlenih za više vještina - Usmjeravanje zaposlenika na ciljeve organizacije - Periodično evaluacija vještina i njihovo obnavljanje 	<ul style="list-style-type: none"> - Briga o odgovarajućoj radnoj okolini - Osiguranje sigurne rad. okoline i eliminiranje incidenata s ozljed. i nesrećama - Osiguranje standard. radnih procedura - Povećanje sinergije između različitih poslovnih funkcija - Uključivanje proceduralnih smetnji - Fokusiranje na bilježenje problema u svezi troškova - Primjena "5S" u uredu i rad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalni problemi i vrijeme pokretanja nove opreme - Korištenje znanja od postojećeg sustava za nove sustave - Inicijative unaprjeđivanja održavanja 	

Kod Steinbacherovog i Steinbacherovog modela TPM-a "nosivi stupovi" su prevencija održavanja (projektiranje opreme tako da je jednostavna za rukovati i brinuti se o njoj) te preventivno, prediktivno i samostalno održavanje, a svi se temelje na osposobljavanju i edukaciji [23].

Za razliku od prijašnjih programa PM-a koji su koncentrirani u odjelima održavanja, u nastojanju optimaliziranja učinkovitosti opreme TPM uključuje radnike svih odijela i razina organizacije na neki način povezanih s radnom opremom (što obuhvaća i razvoj, planiranje i administraciju), a naročito radnike koji neposredno rukuju s opremom (operatore) koju treba održavati. U TPM-u je specifično prakticiranje samostalnog održavanja (*autonomous maintenance - AM*) kroz svakodnevne aktivnosti na poslu od strane sveukupne radne snage. Tako se sposobnije, kvalificiranije održavatelje oslobađa za zahtjevnije zadatke održavanja.

Za uspješnost TPM-a treba poticati na stjecanje vještina održavanja i održavatelje i proizvodne radnike (da budu osposobljeni za više zadaća). Potrebna je njihova dobra suradnja (međusobna komunikacija i uvažavanje) jer TPM ih angažira na održavanju opreme kroz unakrsno djelujuće timove. Kod radnika koji rade s opremom treba razviti osjećaj da se prema njoj ponašaju kao da je njihovo vlasništvo (da se potrudu i u dijagnosticiranju i u mogućem poboljšanju, uključujući i suradnju s prodavačem opreme). Za menadžere, od onih koji upravljaju proizvodnjom, pa sve do najviše razine, važno je da shvaćaju i podržavaju funkcioniranje i interakciju različitih inicijativa TPM-a [2, 20]. Ovakvo održavanje očito zahtjeva promjenu načina razmišljanja u organizaciji jer se na održavanje više ne gleda kao na neprofitabilne aktivnosti, nego TPM uspostavlja partnerski odnos između održavanja i proizvodne funkcije.

TPM se može primijeniti u različitim tvrtkama i u svakom odjelu tvrtke, ali ga treba uvoditi u fazama i sustavno, prilagođeno vlastitoj organizaciji i ciljevima. Tijekom uvođenja TPM-a može se uspostaviti različite proaktivne *Lean* programe, ali treba imati u vidu da istovremeno korištenje previše njih u ranoj fazi može dovesti do zbunjenosti i slabljenja zapažanja učinka pojedinog programa [2]. Na slici 4 je Pirsigov model provedbe TPM-a.



Slika 4. Pirsigov model provedbe TPM-a u organizaciji (prema [24])

Krajnji cilj TPM-a je postizanje nula defekata (bez proizvoda s nedostacima), nula kvarova opreme i nula nezgoda. Pri tome oprema treba raditi 100%-tnim kapacitetom 100% vremena (radikalno smanjenje neiskorištenosti opreme zbog manje zastoja). U skladu s tim, opći ciljevi su kontinuirano smanjenje utroška vremena (za postavljanje, zastoje i dr.), degradacije opreme (kroz prevenciju) i troškova održavanja (za 20%) te povećanje sigurnosti radnika, kvalitete proizvoda, operativne učinkovitosti (za 50%) i raspoloživosti radne opreme, bez dodatnih ulaganja u novu opremu i nove zaposlenike [2, 25]. Kod uspješno uspostavljenog TPM-a investicije u njega vraćaju se za najmanje tri puta [26]. U velikom broju tvrtki, u Japanu i diljem svijeta, pravilna provedba TPM-a donijela je niz pozitivnih rezultata za njihovo poslovanje. Među njima su poznate kompanije, kao što su *Toyota*, *Ford*, *Harley Davidson*, *Kodak* i *Texas Instruments*, i sve su s TPM-om postigle 50% ili više umanjeње vremena zastoja, manje zalihe rezervnih dijelova i kraće vrijeme isporuke [25].

4.2 Mjerenje sveukupne učinkovitosti opreme

Uvođenje i unaprjeđenje strategije održavanja temelji se na praćenju troškova i ostvarenih performansi proizvodne opreme, odnosno mjerenju, na temelju prethodne analize dobro izabраних pokazatelja. Sveukupna učinkovitost opreme (*Overall Efficiency Equipment* - OEE) je široko prihvaćena kao temeljno, kvantitativno mjerilo za pouzdanost proizvodnog sustava i njegovu izvedbu [2, 27]. Koristi se kao objektivni dnevni snimak stanja opreme i predstavlja mjeru doprinosa trenutne opreme na dodanu vrijednost u vremenu proizvodnje. Veličina OEE se izračunava množenjem raspoloživosti (tj. dostupnosti) opreme, učinkovitosti proizvodnog

procesa i stope kvalitetnih proizvoda [28]. Na slici 4. prikazan je izračun koji uzima u obzir šest glavnih gubitaka na čije iskorijenjivanje su usredotočene TPM inicijative. Kao takav, OEE je ključni indikator za uspješnost TPM-a i ukazuje na opravdanost daljnjeg razvoja njegovih inicijativa u organizaciji.



Slika 4. Izračun OEE temeljen na šest glavnih gubitaka (prema [2])

U dobro postavljenom sustavu izvješćivanja izmjereni OEE pomoći će organizaciji da se usredotoči na parametre kritične za uspjeh. Usporedba između očekivanih i postignutih veličina OEE-a daje potrebni poticaj za unaprjeđenje politike održavanja i pokazuje efekt kontinuiranog unaprjeđenja u proizvodnim sustavima. Za TPM standard je 90% raspoloživosti, 95% učinkovitosti izvedbe i 99% stope kvalitetnih proizvedenih elemenata. Podizanje OEE-a bitno doprinosi unaprjeđenju proizvodnje, a kada je postignuta razina od 85% ($0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,85$) smatra se svjetskom klasom i reperom za druge.

5. ZAKLJUČAK

Tržište mnogim organizacijama uvjetuje da implementiraju proaktivne *Lean* programe i organizacijske strukture kako bi poboljšale svoju konkurentnost. Iz perspektive proizvodnje, poboljšanje učinkovitosti i profitabilnosti može se tražiti kroz povećanje vrijednosti unutar organizacije, eliminiranjem postojećih, nepotrebnih gubitaka. Da bi se vidio efekt unaprjeđenja potrebno je konstantno pratiti pokazatelje ostvarenih performansi.

Za uspješnu proizvodnju moderna organizacija mora imati podršku djelatovnih i učinkovitih procedura i postupaka održavanja. Bolje je da je planski fokusirana na rješavanje uzroka problema funkcioniranja sustava i održavanja opreme, nego da se brine samo o popravljanju. Kroz holistički pristup TPM nastoji optimalizirati učinkovitost proizvodne opreme kroz cijeli njen životni ciklus, sustavnim identificiranjem i suzbijanjem gubitaka (vremena, materijala i energije), neučinkovitih radnih ciklusa i grešaka proizvoda. To se postiže pomoću svih zaposlenika i njihovog timskog djelovanja, a ne investiranjem u neku novu tehnologiju. Sinergija između odjela održavanja i rukovatelja opreme rezultira povećanjem OEE-a.

U praksi se dokazalo da je sveobuhvatna implementacija TPM-a vrlo isplativa strateška inicijativa, koja može poboljšati organizacijske sposobnosti u različitim dimenzijama i doprinijeti postizanju WCM-a. No, ovakvo održavanje nužno treba promjenu stava prema održavanju unutar organizacije i novu radnu kulturu, a što iziskuje vrijeme i napore.

6. REFERENCE

- [1] Wakchaure V. D., Nandurkar K. N., Kallurkar S. P.: Relationship between Implementation of TQM, JIT, TPM and SCM and Manufacturing Performance: Empirical Evidences from Indian Context, International Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2014, Detroit, Michigan, 2014.,

- [2] Ahuja P. S.: Total Productive Maintenance, Poglavlje 17. u Handbook of Maintenance, Management and Engineering, Springer-Verlag, London, 2009.,
- [3] Society of Manufacturing Engineers: TPM in America, Dearborn, Michigan, 1995.,
- [4] Hailu H., Mengstu S., Hailu T.: An integrated continuous improvement model of TPM, TPS and TQM for boosting profitability of manufacturing industries: An innovative model & guideline, Management Science Letters, 8 (2018), str. 33-50.,
- [5] Schonberger R. J.: Japanese production management: an evolution – with mixed success, Journal of Operations Management, 25 (2007) 2, str. 403-419.,
- [6] Szewiecz D., Roszak M. T., Helizanowicz D.: Methodology of the quality management in the productive process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 30 (2008) 1, str. 87-94.,
- [7] De Felice F., Petrillo A., Monfreda S.: Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry, Poglavlje 1. u Operation Management, InTech, 2013.,
- [8] Oudhuis M., Tengblad S.: Experiences from Implementation of Lean Production: Standardization versus Self-management: A Swedish Case Study, Nordic journal of working life studies, 3 (2013), str. 31-47.,
- [9] Ohno T.: Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity, Inc, Portland, 1998.,
- [10] Womack P. J., Jones D. T.: Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation, Simon & Schuster, New York, 1996.,
- [11] Shirose K.: Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, Japan Institute of Plant Maintenance, Tokio, 1996.,
- [12] Liker K.: The Toyota Way Fieldbook, McGraw-Hill Professional, 2006.,
- [13] Piškor M., Kondić V.: Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu, Tehnički glasnik, 4, (2010) 1-2, str. 37-41.,
- [14] Bulatović M., Đurović D.: "5 S" kao alat lean koncepta u održavanju, The 3rd Conference Održavanje - Maintenance 2014, Zenica, 2014. str. 9-18.,
- [15] Nowotarski P., Paslawski J., Matyja, J.: Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study, World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, Procedia Engineering, Vol. 161, str. 1037-1042.,
- [16] Knezevic J.: Increasing Profitability and Reliability through Failure Management, Održavanje i eksploatacija, 4 (2016), str. 5-9.,
- [17] Higgins, L. R., Mobley R. K., Smith, R.: Maintenance Engineering Handbook, 6. izdanje, McGraw-Hill, New York, 2002.,
- [18] Milosavljević P., Rall K.: Six Sigma Concept in the Maintenance Process of Technical Systems, Facta Universitatis - Series: Mechanical Engineering, 3 (2005) 1, 2005, str. 93-108.,
- [19] Taylor and Francis Group: Construction equipment maintenance, LLC, 2006.,
- [20] Wireman T.: TPM – An American Approach, Industrial Press Inc., New York, 1990.
- [21] Cua K. O., McKone K. E., Schroeder R. G.: Improving Performance through an Integrated Manufacturing Program, The Quality Management Journal, 13 (2006) 3, str. 45-60.,
- [22] Rodrigues M., Hatakeyama K.: Analysis of the fall of TPM in companies, Journal of Material Processing Technology, 179 (2006) 1-3, str. 276-279.,
- [23] Steinbacher H. R., Steinbacher N. L.: TPM for America, Productivity Press, Portland, Oregon, 1993.,
- [24] Pirsig R. M.: Total productive maintenance, Managing Factory Maintenance, Industrial Press Inc., New York, 1998.
- [25] Čekerevac S.: Totalno produktivno održavanje, Tehnička dijagnostika, 2 (2004), str. 62-67.,
- [26] Kennedy R.: Re-inventing the maintenance process, Queensland Maintenance Conference, 1998.,
- [27] Muchiri P., Pintelon L., Gelders L., Martin, H.: Development of maintenance function performance measurement framework and indicators, International Journal of Production Economics, 131 (2011) 1, str. 295-392.
- [28] Gregory A.: Number cruncher – overall equipment effectiveness and total productive Maintenance, Works Management, 59 (2006) 7, str. 18-20