

Primjena TPM-a u opskrbi zrakoplova gorivom

Lulić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:464227>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering
and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Lulić

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Dragutin Lisjak, dipl. ing.

Student:

Ivan Lulić

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Dragutinu Lisjaku na stručnoj pomoći i svim savjetima koje mi je dao tijekom izrade ovog rada.

Posebno se zahvaljujem Saneli i svojoj obitelji na razumijevanju i podršci koju su mi pružali, kako tijekom izrade ovog rada, tako i tijekom cijelog školovanja.

Ivan Lulić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN LULIĆ** Mat. br.: 0035183690

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PRIMJENA TPM-a U OPSKRBI ZRAKOPLOVA GORIVOM**

Naslov rada na engleskom jeziku: **APPLICATION OF TPM IN THE FUEL SUPPLY OF AIRCRAFT**

Opis zadatka:

Cjelovito učinkovito održavanje (eng. *Total Productive Maintenance – TPM*) je način održavanja opreme koji uključuje timski rad operatera koji radi s opremom i osoblja za održavanje kako bi se eliminirali zastoji zbog neispravne opreme ili greške koje nastaju na opremi. Pomoću TPM-a nastoji se eliminirati sve vrste gubitaka kako u proizvodnom procesu tako i u procesu održavanja, a u cilju pravovremenog odgovora na zahtjeve kupca. U skladu s navedenim u radu je potrebno:

1. Opisati strategije održavanja koje su orijentirane na eliminaciju gubitaka zbog suvišnih aktivnosti.
2. Detaljno opisati TPM strategiju održavanja. Prednosti, nedostatke i probleme pri uvođenju.
3. Na primjeru opskrbe zrakoplova gorivom razraditi vlastito rješenje uvođenja TPM-a.
4. Zaključak.

Zadatak zadan:

5. svibnja 2016.

Zadatak zadan:

Prof.dr.sc. Dragutin Lisjak

Rok predaje rada:

7. srpnja 2016.

Predviđeni datum obrane:

13., 14. i 15. srpnja 2016.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Franjo Cajner

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O PROCESU ODRŽAVANJA.....	2
2.1. Strategije održavanja.....	4
2.1.1. Korektivan pristup.....	5
2.1.2. Preventivni pristup	6
2.1.3. Održavanje po stanju (Prediktivno održavanje).....	6
2.1.4. Plansko održavanje	7
2.1.5. Ekspertni sustavi održavanja.....	7
2.1.6. RCM (Pouzdanost usmjereno održavanje)	7
2.1.7. Samoodržavanje	8
2.2. Strategije održavanja orijentirane na eliminaciju gubitaka zbog suvišnih aktivnosti ..	8
2.3. „5S“ metoda	9
2.4. Kaizen	10
2.5. Kanban	10
2.6. CMMS i EAM.....	11
3. CJELOVITO UČINKOVITO ODRŽAVANJE	13
3.1. Povijest TPM-a	14
3.2. Ciljevi TPM-a	15
3.2.1. Šest gubitaka opreme	17
3.2.2. Indikacija zdravlja opreme – OEE	20
3.2.3. Vrste zastoja.....	21
3.3. Faze uvođenja TPM-a u poduzeća [19]	25
3.4. Osam stupova TPM-a.....	26
3.4.1. Stup 1 - Autonomno održavanje	26
3.4.2. Stup 2 - „5S“	29
3.4.3. Stup 3 - Kaizen.....	32
3.4.4. Stup 4 - Plansko održavanje.....	32
3.4.5. Stup 5 - Održavanje kvalitete.....	33
3.4.6. Stup 6 - Obrazovanje i trening	34
3.4.7. Stup 7 - TPM u uredu.....	34
3.4.8. Stup 8 - Sigurnost i organizacija radnog mjesta	35
3.5. Problemi implementacije TPM-a	38
3.6. Budućnost TPM-a	39
4. PRAKTIČNI PRIMJER UVOĐENJA TPM-a.....	41
4.1. Sektor logistike	44
4.2. Opskrba zrakoplova - Terminal 1 Zagreb	48
4.2.1. Prikaz procesa	51
4.2.2. Analiza postojećeg stanja.....	52

4.2.3. Koraci implementacije TPM projekta.....	56
4.2.4. Financijska analiza.....	78
5. ZAKLJUČAK.....	83
LITERATURA.....	86
PRILOZI.....	88

POPIS SLIKA

Slika 1.	Djelatnosti održavanja [1]	2
Slika 2.	Blok dijagram tijeka održavanja [1]	3
Slika 3.	Vremenska struktura održavanja [1]	4
Slika 4.	Razvoj pristupa i koncepcija održavanja [1]	5
Slika 5.	Elementi Kanban-a [10]	11
Slika 6.	Unapređenje pouzdanosti opreme primjenom TPM [3].....	16
Slika 7.	Šest gubitaka opreme [16]	17
Slika 8.	Dvije vrste zastoja opreme [16].....	21
Slika 9.	Dijagram perioda kvara opreme tijekom životnog ciklusa [16].....	22
Slika 10.	Metode za uspostavljanje osnovnih funkcija opreme [16].....	24
Slika 11.	8 stupova TPM-a [20].....	26
Slika 12.	„5S“ metoda [8].....	30
Slika 13.	Tri najveća zla na radnom mjestu [20]	36
Slika 14.	Sedam prepreka uspješnoj implementaciji TPM-a [18]	39
Slika 15.	Organizacijska struktura INA-e.....	43
Slika 16.	Put do tržišta i uloga sektora logistike.....	44
Slika 17.	Ukupni troškovi prema vrsti transporta.....	45
Slika 18.	Resursi i infrastruktura - Derivati.....	47
Slika 19.	Resursi i infrastruktura - Ukapljeni naftni plin.....	47
Slika 20.	Terminal opskrbe zrakoplova Zagreb u sklopu prostora zračne luke Zagreb	48
Slika 21.	Garažni objekt na lokaciji OZ Zagreb	49
Slika 22.	Vanjsko istakalište i punilište na lokaciji OZ Zagreb	50
Slika 23.	Pumpaonica na lokaciji OZ Zagreb	50
Slika 24.	Proces opskrbe zrakoplova	51
Slika 25.	Tijek procesa upravljanja održavanjem.....	53
Slika 26.	Analiza podataka iz 2015. godine o održavanju na lokaciji OZ Zagreb	53
Slika 27.	Trajanje radova po mjesecima u 2015. godini	54
Slika 28.	Troškovi održavanja po mjesecima na lokaciji OZ Zagreb.....	54
Slika 29.	Dio radova iz 2015. godine	55
Slika 30.	Koraci implementacije TPM-a na lokaciji za opskrbu gorivom	56
Slika 31.	Prikaz papirnato g obrasca na lokaciji Opskrbe zrakoplova gorivom Zagreb.....	68
Slika 32.	Prikaz uređaja za praćenje stanja opreme SKF-Pro CMDM 5700.....	69
Slika 33.	Jedinstveni bar kodovi za svaku opremu.....	69
Slika 34.	Postavljanje bar kodova na opremu.....	70
Slika 35.	Provedba mjerenja/praćenja stanja na opremi	70
Slika 36.	Pregled opreme u softveru SKF @ptitude.....	71
Slika 37.	Pregled opreme u softveru SKF @ptitude koja je u alarmnom području	71
Slika 38.	Inspeksijski dijagram za očitavanje statusa opreme	72
Slika 39.	Greške koje nastaju prilikom vibracija.....	73
Slika 40.	SKF uređaj za mjerenje vibracija	74
Slika 41.	Mjerenje vibracija te unošenje izmjerenih vrijednosti u „Microlog Inspector“	74
Slika 42.	ISO 10816 norma [25].....	75
Slika 43.	Prikaz pregledanih pumpi u softverskom alatu	76
Slika 44.	Prikaz rezultata mjerenja vibracija u pdf formatu	77
Slika 45.	Promjena NPV-a.....	80

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ciljevi za smanjivanje nepotrebnih gubitaka [16].....	19
Tablica 2. Sedam koraka autonomnog održavanja [20]	27
Tablica 3. Sigurnost na radu i autonomno održavanje [20].....	37
Tablica 4. Nadzemni spremnici.....	48
Tablica 5. Podzemni spremnici	49
Tablica 6. Lista dnevnih provjera u skladištu goriva	57
Tablica 7. Lista dnevnih provjera aviocisterni	59
Tablica 8. Lista aktivnosti održavanja.....	62
Tablica 9. Procijenjeni godišnji troškovi.....	78
Tablica 10. Isplativost projekta procijenjena kroz tri najčešće korištena pokazatelja	82

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
TPM	Total Productive Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
TQM	Total Quality Management
QM	Quality Management
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OPE	Overall Performance Efficiency
CMMS	Computerized Maintenance Management System
EAM	Enterprise Asset Management
BOE	Barrel of oil
OZ	Opskrba zrakoplova
LOC	Logistički operativni centar
RN	Radni nalog
NPV	Neto presented value
PI	Profitability index
PT	Payback time

SAŽETAK

Kako oprema postaje sve skuplja i sve složenija nužno je pronaći način da se ona učini što učinkovitijom. Razvojem tehnologije počele su se razvijati nove strategije održavanja koje su orijentirane na smanjenje gubitaka uzrokovanih zastojsima i neispravnom opremom. Jedna od najbitnijih strategija koja služi za povećanje učinkovitosti opreme je cjelovito učinkovito održavanje. Cjelovito učinkovito održavanje je inovativan pristup održavanja opreme koji uključuje timski rad operatera i osoblja za održavanje kako bi se eliminirali zastoji zbog neispravne opreme i greške koje nastaju na opremi.

U prvom poglavlju predstavljen je pojam održavanja, njegova osnovna zadaća te ciljevi koji se nastoje ostvariti održavanjem. Zatim je predstavljen blok dijagram tijeka održavanja te sama struktura intervencije održavanja. Nakon toga prikazan je razvoj različitih strategija održavanja kroz povijest te dan kratak opis šest glavnih strategija održavanja.

U drugom poglavlju opisane su četiri strategije održavanja orijentirane na eliminaciju gubitaka zbog suvišnih aktivnosti.

U trećem poglavlju predstavljen je pojam cjelovitog učinkovitog održavanja. Ukratko je prikazana povijest nastanka te razvoja TPM-a. Nakon toga opisani su ciljevi implementacije TPM-a te faze uvođenja TPM-a u poduzeće. Prikazano je osam stupova TPM-a te je detaljno objašnjen svaki od njih. Na kraju poglavlja prikazani su problemi koji se javljaju prilikom provođenja TPM metode te smjerovi u kojima će se TPM razvijati u budućnosti.

U četvrtom poglavlju prikazane su osnovne informacije tvrtke INA d.d. te je opisan Sektor logistike u čijem se odjelu nalazi terminal za opskrbu zrakoplova gorivom na kojem je prikazan primjer uvođenja TPM-a. Detaljno je razrađen plan uvođenja TPM-a na terminal za opskrbu zrakoplova gorivom. Prvo je prikazan sadašnji proces te je napravljena analiza postojećeg stanja. Nakon toga prikazani su koraci implementacije TPM-a. Na samom kraju rada napravljena je financijska analiza u kojoj su uspoređeni troškovi prije i nakon uvođenja TPM-a na terminal za opskrbu zrakoplova gorivom.

Ključne riječi: održavanje, strategije održavanje, eliminacija gubitaka zbog suvišnih aktivnosti, Cjelovito učinkovito održavanje, TPM, Autonomno održavanje, opskrba zrakoplova gorivom

SUMMARY

As equipment becomes more expensive and more complex it is necessary to find a way to make it more efficient. With the development of technology, new maintenance strategies began to develop to reduce losses caused by delays and faulty equipment. One of the most important strategies used to increase the efficiency of the equipment is total productive maintenance. Total productive maintenance is an innovative approach to equipment maintenance that involves teamwork of operator and maintenance personnel to eliminate delays due to faulty equipment and errors that occur on the equipment.

The first chapter presents the concept of maintenance, its main purpose and objectives. Next, a maintenance flow chart and the structure of maintenance interventions are presented. After that, the development of different maintenance strategies through history and brief description of the six major maintenance strategies are given.

The second chapter describes four maintenance strategies oriented to the elimination of losses due to redundant activities.

The third chapter presents the concept of total productive maintenance. History overview and development of TPM are presented. After that, objectives of the TPM implementation and implementation stages are described. Eight TPM pillars are shown and each of them is explained in details. The chapter ends presenting the problems that occurs during the implementation of TPM methods and directions in which the TPM will develop in the future.

The fourth chapter presents some basic information of INA d.d. company and describes the Logistics sector where terminal for the supply of aircraft fuel is located. Detailed plan of TPM implementation at a Terminal for the supply of aircraft fuel is presented. First, the current process and an analysis of the existing situation are shown. After that the steps of TPM implementation are presented. At the end, a financial analysis is made in which costs before and after the implementation of TPM at the Terminal were compared.

Key words: maintenance, maintenance strategies, loss elimination due to redundant activities, Total productive maintenance, TPM, Autonomous maintenance, supply of aircraft fuel

1. UVOD

Cjelovito učinkovito održavanje (eng. *Total Productive Maintenance – TPM*) je inovativan pristup održavanja opreme koji uključuje timski rad operatera i osoblja za održavanje kako bi se eliminirali zastoji zbog neispravne opreme i greške koje nastaju na opremi. TPM nastoji povećati produktivnost ulaganjem u odgovarajuće održavanje kako bi se smanjili gubici. Pomoću TPM-a nastoje se eliminirati sve vrste gubitaka u proizvodnom procesu uključujući i gubitke u procesu održavanja kako bi se pravovremeno odgovorilo na zahtjeve kupca. To se postiže na sustavan i logičan način prepoznavanja gubitaka koristeći kontinuirane provjere i poboljšanja za postizanje višeg stupnja učinkovitosti. Implementacija TPM-a moguća je uz uključenje svih zaposlenika u procesu održavanja. Ključ uspjeha TPM-a je cjelovita podrška svih zaposlenika i menadžmenta.

Cilj ovog rada je detaljno opisati metodu cjelovitog učinkovitog održavanja i prikazati primjer uspješnog uvođenja cjelovitog učinkovitog održavanja na terminal za opskrbu zrakoplova gorivom u Zagrebu.

U radu će se dati odgovor na sljedeća pitanja:

1. Koja je razlika između tradicionalnih strategija održavanja i strategija održavanja koju su orijentirane na eliminaciju gubitaka zbog suvišnih aktivnosti?
2. Koji su ciljevi uvođenja cjelovitog učinkovitog održavanja, koje su faze njegovog uvođenja te problemi koji se pritom javljaju?
3. Na koji način je implementirana metoda cjelovitog učinkovitog održavanja na terminal za opskrbu zrakoplova gorivom te kolika je ušteda održavanja u odnosu na prijašnje stanje?

Rad se sastoji od četiri poglavlja u kojima će se općenito opisati proces održavanja te pobliže opisati metoda cjelovitog učinkovitog održavanja. Nakon toga opisat će se uvođenje metode cjelovitog učinkovitog održavanja na lokaciji za opskrbu zrakoplova gorivom u Zagrebu.

2. OPĆENITO O PROCESU ODRŽAVANJA

Termin održavanje rabi se za opisivanje raznih zahvata koji podupiru osnovnu funkciju tehničkih i drugih sustava. To je skup akcija s ciljem da se sustav zadrži, ili vrati, u stanje u kojem izvršava zadanu funkciju. Održavanje se odnosi na mnogobrojne i raznovrsne tehničke, biološke i druge sustave. Njegova osnovna zadaća je podržavanje radne sposobnosti tih sustava kako bi isti obavljali svoju funkciju. Termin održavanje koristi se u različitim situacijama. Tako se može govoriti o održavanju industrijskih postrojenja (strojeva i uređaja), servisiranju vlastitih proizvoda (proizvodi organizacije), održavanju radne sredine, infrastrukture, javne higijene, zdravlja, o održavanju javnih objekata itd. [1,2].

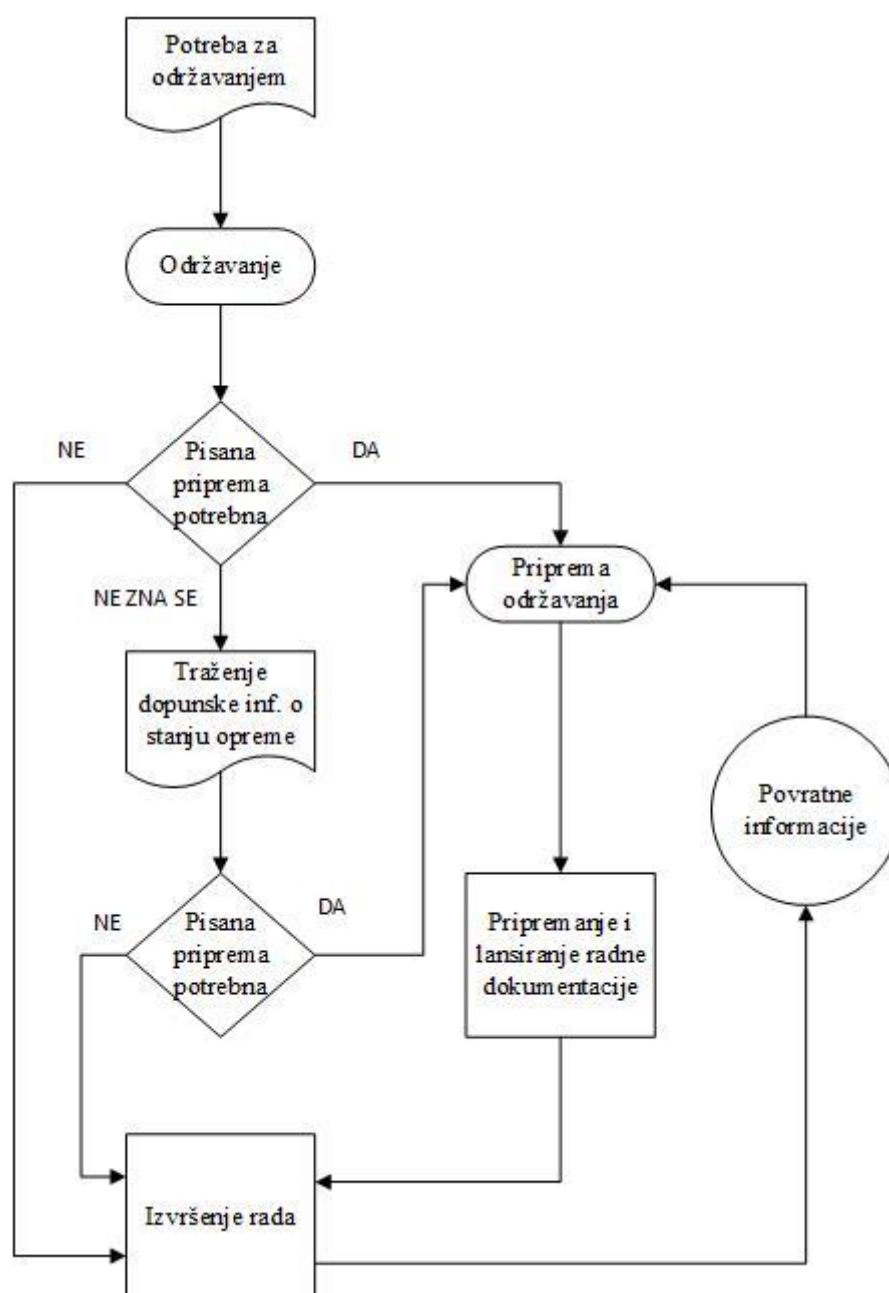
Osnovni cilj održavanja je spriječiti kvarove te ih znati brzo otkloniti. Samo održavanje u običnome svakodnevnome životu prisutno je na svakom koraku oko nas [1]. Na slici 1. prikazane su neke od uobičajenih djelatnosti održavanja.



Slika 1. Djelatnosti održavanja [1]

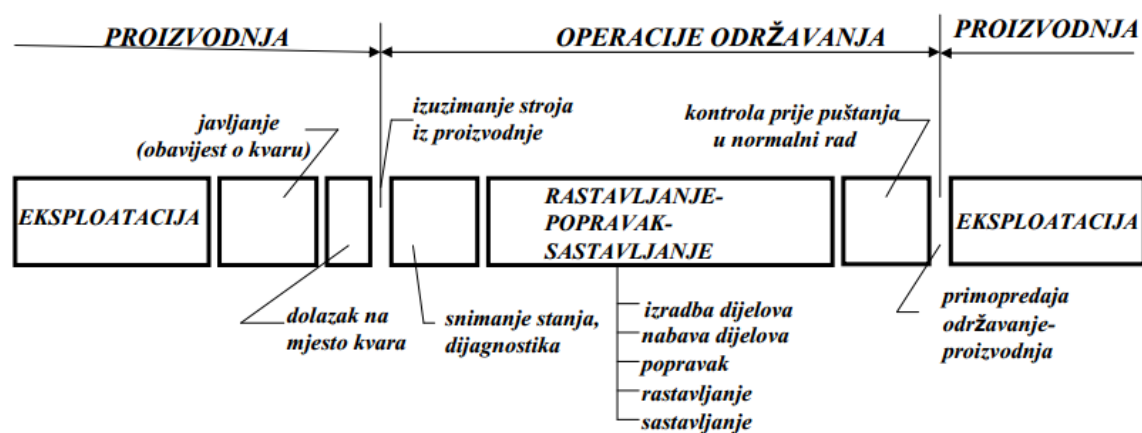
Na prvome mjestu održavanja je održavanje opreme kao najkompleksnija djelatnost, koja je, kada se radi o procesnoj industriji, jedna od najznačajnijih funkcija.

Usko gledano za djelatnost održavanja postoji niz definicija, a jedna od jednostavnijih kaže da je održavanje opreme interdisciplinarna djelatnost, koja okuplja stručnjake iz područja strojarstva, elektrotehnike, elektronike, radi optimalnog održavanja, kao i unaprjeđenja održavanja te opreme [3]. Na slici 2. prikazan je blok dijagram tijeka iz kojeg se vide moguće inačice pristupa održavatelja.



Slika 2. Blok dijagram tijeka održavanja [1]

Najprije se odlučuje je li potrebna priprema (tehnička, radna dokumentacija) zahvata ili nije. Ako nije potrebna, djelatnik održavanja otklanja kvar te o tome što je učinio izvještava pripremu održavanja. Kada je potrebna priprema, obavljaju se svi radovi na izradbi dokumentacije, te se nakon toga pristupa izvršenju radova održavanja, a o učinjenom se izvještava priprema održavanja. Kada informacija o kvaru iz proizvodnog pogona nisu dovoljne za donošenje odluke, na mjesto kvara odlazi stručna ekipa i donosi konačnu odluku. Na kraju, sama struktura operativne intervencije održavanja može se vidjeti na vremenskoj ljestvici, kao što prikazuje slika 3.



Slika 3. Vremenska struktura održavanja [1]

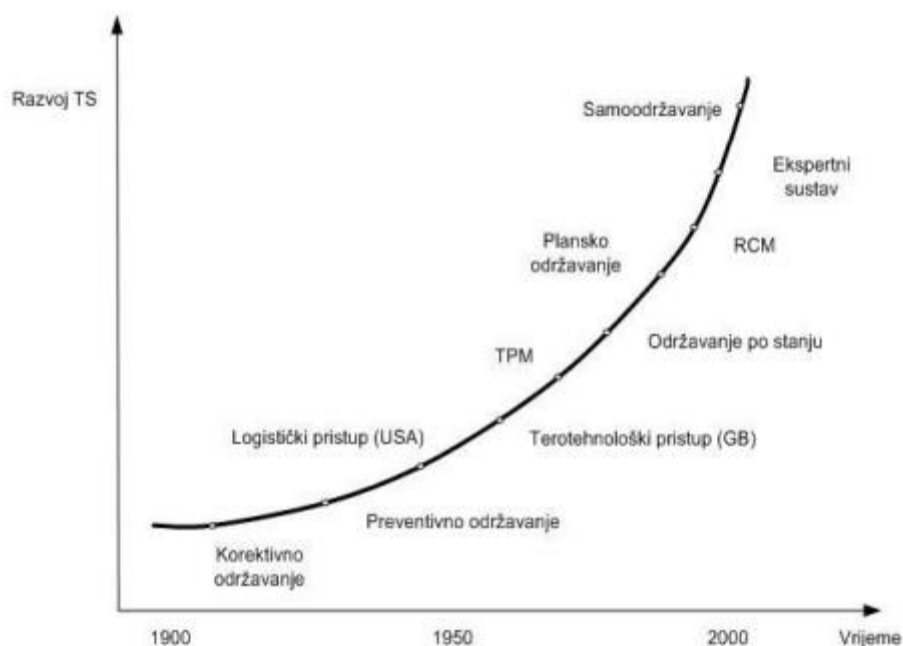
2.1. Strategije održavanja

Osnovni zadatak održavanja u suvremenom poduzeću je smanjenje zastoja instalirane opreme. Težnja je da taj zastoj na modernim tehnološkim linijama bude nula [1].

Od 30-tih godina tehnička oprema postaje sve složenija, primjenjuju se elementi mjerne i regulacijske tehnike, pojavljuju se novi materijali i konstrukcijska rješenja, razvijaju se tehnologije održavanja te instrumenti za utvrđivanje i mjerenje parametara važnih za ocjenu stanja ispitivane opreme. Sve je to pogodovalo da se razvije niz pristupa, koncepcija, i modela održavanja. Tijekom uporabe tehničkih sustava, njihovog održavanja i znanstvenim pristupom razvili su se sljedeći modeli održavanja [4]:

- Korektivno
- Preventivno
- Održavanje po stanju

- Plansko
- RCM
- Ekspertni sustavi održavanja
- Samoodržavanje



Slika 4. Razvoj pristupa i koncepcija održavanja [1]

2.1.1. Korektivan pristup

Korektivno održavanje (eng. *Corrective Maintenance*) je najstariji pristup održavanju, a svodi se na niz zahvata održavanja, koji se izvode nakon što je došlo do kvara. Korektivno održavanje podrazumijeva popravak sustava nakon što je sustav pretrpio kvar, odnosno ne obavlja predviđenu funkciju. Danas se ovaj pristup koristi samo za nevažnu, tj. pomoćnu opremu, kod koje zastoje ne utječe izravno na odvijanje proizvodnog procesa. Prednosti ovakvog pristupa su najniža cijena i najveće iskorištenje resursa sustava (koristimo resurse dok god funkcioniraju). Što se nedostataka tiče, potrebno je istaknuti da je time otežano planiranje, jer osim eventualno statističkih podataka, nije moguće znati kada će pojedini dijelovi sustava odnosno sustav u cjelini prestati s radom [1,5].

2.1.2. Preventivni pristup

Pod preventivnim održavanjem (eng. *Preventive Maintenance*) podrazumijeva se održavanje koje se provodi uz propisana pravila s ciljem smanjenja vjerojatnosti pojave zastoja ili povišenja učinka sustava. Osnova ovog pristupa je obavljanje radova održavanja prema zacrtanome planu, prije nego nastane kvar, odnosno zastoj. Cilj je imati sustave koji se nikada neće pokvariti, a njih osiguravamo tako da periodički provjeravamo svojstva i funkcije sustava. Stručnjaci održavanja obavljaju niz periodičnih zahvata koji trebaju bit dogovoreni s pripremom proizvodnje kako bi određeni stroj ili linija mogla biti zaustavljena zbog obavljanja prijeko potrebne preventive. Ovim se pristupom angažiraju velika sredstva i potrebno je često plansko zaustavljanje opreme, što je na visokoproduktivnim strojevima i procesnim postrojenjima nepovoljno [1,6]. Preventivno održavanje se izvodi periodički, na sljedeće načine [5]:

- **Vremenski orijentirano**

Nakon isteka određenog vremena sustav se pregledava i servisira. To može biti nakon 100 sati, nakon tjedan dana, svakih 10 dana, jednom mjesečno i slično.

- **Radno orijentirano**

Sustav se pregledava i servisira nakon što je radio određen vremenski period.

2.1.3. Održavanje po stanju (*Prediktivno održavanje*)

Održavanje po stanju (eng. *Condition based Maintenance*) nastaje 70-ih godina XX stoljeća, kao određeni sustavni pristup zahvaljujući razvoju elektrotehnike i potrebnih instrumenata, koji omogućuju mjerenje niza parametara važnih za ocjenjivanje stanja sustava, te temeljem toga donošenje odluke o potrebnim zahvatima održavanja. Održavanje po stanju je preventivno održavanje koje se sastoji od praćenja rada i parametara i naknadnih radnji. Praćenje rada i parametara može se planirati prema zahtjevu ili kontinuirano [6].

Kako se stvarno stanje mijenja tijekom vremena to znači da izmjereno stanje odgovara samo tom trenutku, te je potrebno periodično ili kontinuirano praćenje stanja sustava kako bi smo utvrdili da li se promatrani parametri sustava nalaze u željenim granicama i kakvi su trendovi njihovih promjena. Na temelju toga se procjenjuje kolika je vjerojatnost i duljina očekivanog ispravnog rada te donosi odluka o daljnjem radu ili se sprovodi neka od aktivnosti održavanja (zamjena, popravak i sl.) [6].

2.1.4. Plansko održavanje

Plansko održavanje (eng. *Scheduled Maintenance*) je koncepcija koja se često pojavljuje u praksi, a to je kombinacija korektivnog i preventivnog održavanja u omjeru koji najbolje odgovara određenom poduzeću. Stručnjacima održavanja ostaje da osim korektivnog održavanja izaberu neki od modula preventive, kao što su: planski popravci, preventivni pregledi, plansko podmazivanje, traženje i otklanjanje slabih mjesta, održavanje po stanju itd. [4].

2.1.5. Ekspertni sustavi održavanja

Ekspertni model (eng. *Expert Systems*) je program koji se ponaša slično kao stručnjak, ekspert, za određeno obično usko područje. Osim mogućnosti rješavanja problema, ekspertni model treba korisniku pružiti objašnjenje svojih odluka, tj. zaključaka koji su doveli do tih odluka. Ovaj model zasniva se na [6]:

- objašnjenju odgovora na pitanja kako i zašto
- primjeni nepotpunih podataka
- upotrebi nepouzdatih podataka
- jasnoći.

Ekspertni sustav sastavljen je od modula, i to [6]:

- Modul za pripremu podataka
- Modul referentnih podataka sustava
- Programski modul

Ekspertni sustav će raditi prema postavljenim pravilima, koristeći se tehnikom postavljanja pitanja i odgovora koji se baziraju na dijagnostičkim mjerenjima. Eksperti tijekom vremena proširuju spoznaje i nadopunjuju bazu podataka ekspertnih sustava kako bi oni bolje i učinkovitije obavili svoju zadaću [6].

2.1.6. RCM (Pouzdana usmjereno održavanje)

Pouzdana usmjereno održavanje (eng. *Reliability Centered Maintenance* – RCM) je proces koji osigurava da sustavi nastave raditi ono što njihovi korisnici od njih zahtijevaju u skladu sa sadašnjim operativnim djelatnostima. Općenito se koristi za postizanje poboljšanja u područjima kao što su stvaranje minimalne razine održavanja. Uspješna implementacija RCM-

a će dovesti do povećanja učinkovitosti te većeg shvaćanja razine rizika za organizaciju kojom se upravlja [7].

Proces RCM-a se bavi traženjem odgovora na sedam osnovnih pitanja [7]:

- Funkcije - Koje su osnovne funkcije i odgovarajući nivo iskoristivosti postojećeg dijela postrojenja u njegovom sadašnjem pogonskom stanju
- Kvarovi - Na koji način je element zakazao u izvršenju svojih funkcija?
- Efekti kvarova - Što je uzrok svakog kvara?
- Posljedice kvarova - U kojem smislu je kvar odnosno neuspjeh funkcije značajan?
- Nastanci kvarova - Što se dogodilo, kada je svaka od funkcija zakazala?
- Preventivni poslovi - Što se može učiniti kako bi se predvidio ili spriječio takav kvar?
- Proaktivni poslovi - Što se mora učiniti za sprječavanje ponavljanja takvog kvara, ako se ne može primijeniti poznati postupak?

2.1.7. Samoodržavanje

Model samoodržavanja je sustav sposoban za automatsku dijagnostiku i popravak, odnosno, to je samoobnavljajući sustav. Razvoj ovog pristupa održavanja zasniva se na iskustvima elektroničkih sustava [6].

Samoodržavanje je koncepcija najbliža budućnosti, koja se sastoji od jednog ili više ekspertnih sustava koji daju informaciju o kvaru na nekoj robotiziranoj tehnološkoj liniji sastavljenoj od modula. Ovaj koncept u osnovi sadrži više ekspertnih sustava, a glavna ideja je integracija sustava održavanja u upravljačko-informatički sustav rada proizvodnog sustava primjenom neuronskih i Petrijevih mreža. Takvim principom omogućuje se predviđanje i sprečavanje potencijalnih problema tijekom eksploatacije. U takvom sustavu informacija o kvaru tehničkog sustava uzrokuje primjerenu radnju zamjene sklopa (modul) u otkazu ispravnim, a neispravnim sklop odlazi u radionicu na popravak [1].

2.2. Strategije održavanja orijentirane na eliminaciju gubitaka zbog suvišnih aktivnosti

Na današnjem nestabilnom tržištu nemoguće je opstati bez konstantnoga unaprjeđivanja. Jedna od najpopularnijih i jedna od onih koje donose velike promjene, ukoliko se poštuju njena temeljna načela, je *lean* filozofija. *Lean* filozofija nudi mogućnost opstanka na tržištu koje

sadrži jaku konkurenciju, a njena implementacija nije jednostavna i trenutna te zahtjeva promjene na svim razinama organizacije. Temeljni cilj je da se postigne što više kvalitetnih rezultata sa što manje gubitaka prilikom ostvarenja tog cilja. Kako bi se to postiglo, potrebno je ukloniti sve aktivnosti iz procesa koje ni na koji način ne doprinose kvaliteti proizvoda i zadovoljstvu kupca.

Lean je proizvodna filozofija koja kada je implementirana skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu. Osnovno načelo *lean* proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac ili klijent želi, tj. vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira potražnja tržišta. Kako bi se to postiglo potrebno je organizirati proizvodne pogone i procese tako da budu veoma fleksibilni i učinkoviti, što se postiže skraćivanjem vremena proizvodnog procesa, izbacivanjem svih nepotrebnih aktivnosti, odnosno eliminiranjem ili smanjenjem svih principa rasipanja [8].

Lean održavanje predstavlja sustavan i logički način prepoznavanja i otklanjanja gubitaka koristeći pri tome kontinuirana provjeravanja i poboljšavanja za postizanje većeg stupnja učinkovitosti procesa održavanja kako bi se pravovremeno odgovorilo na zahtjeve kupaca [8]. Prilikom transformacije klasičnog pristupa procesa održavanja u *lean* održavanje koriste se alati *lean* proizvodnje prilagođeni procesu održavanja. Ti alati su 5S, TPM, Kaizen, Kanban, CMMS i EAM.

2.3. „5S“ metoda

„5S“ metoda potiče iz Toyotinih pogona, a glavni mu je cilj poboljšanje načina rada unutar tvornice ili bilo kakve druge organizacije. Ova je metoda, kao i sve ostale, na začecima bila zamišljena za proizvodnju, ali je primjenjiva za sve tipove poslovnih procesa. Prilikom posjeta bilo kojoj tvornici, uredu, poduzeću bitan je izgled okoline tj. radne atmosfere, urednost i čistoća koji ostavljaju prvi dojam koji odlučuje o daljnjim dojmovima poduzeća, ureda, tvornice itd. Prema *lean* sustavu, korištenjem „5S“ alata ne osigurava se samo čistoća i urednost radnog mjesta nego i proces koji bi nesmetano funkcionirao, osigurava se lagani i besprijekorni tok (eng. *flow*) u taktu proizvodnje [8]. Metoda je detaljnije objašnjena u trećem poglavlju.

2.4. Kaizen

Riječ *Kaizen* se na engleskom prevodi kao *Continuous Improvement*, što znači stalno poboljšanje, odnosno promicanje. Mnoge japanske tvrtke koriste se tom koncepcijom već godinama kao jednom od temelja njihova pristupa proizvodnji. Uspjeh japanskih tvrtki koje koriste ovu koncepciju zainteresirao je zapadne tvrtke da počnu o njoj voditi računa. Često poimanje ove koncepcije odnosi se na mala, postupna i učestala poboljšanja [9].

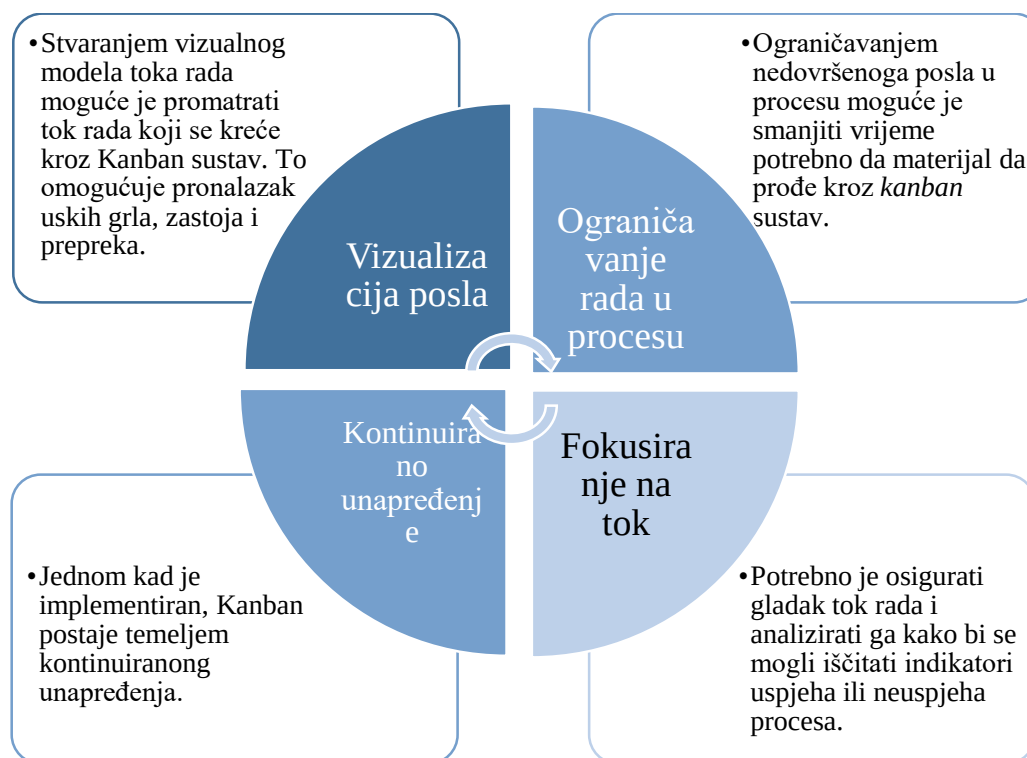
Kaizen sustav je izvorno osmišljen u Toyoti i primjenjuje se sve do danas, a odnosi se na neprekidno poboljšavanje proizvoda, usluga, radnog procesa, ergonomije, sredstava za rad. *Kaizen* proces temelji se na nekoliko poslovnih pravila, koja mogu varirati od korporacije do korporacije. No, osnovne koncepcije su pritom iste i svode se na upute korisnicima u smislu [9]:

- ne treba prihvaćati postojeće stanje nego se treba osloboditi se svih predrasuda i nepristranosti
- potrebno je podržavati pozitivan pristup i usmjerenost
- ne treba prihvaćati bilo kakve izgovore ili opravdanja, nego ustrajavati na rješenjima
- potrebno je stalno postavljati pitanje – zašto?
- potrebno je podržavati akcije – ideje treba provoditi, ne tražeći pritom odmah savršenstvo, a ono što je moguće odmah napraviti s raspoloživim resursima
- potrebno je koristiti se svojim znanjem i spoznajama o timskom radu
- svi članovi tima su jednaki i svaki od njih treba u nečemu pridonijeti

2.5. Kanban

Kanban je sustav proizašao iz japanske proizvodnje, a u prijevodu znači natpis ili kartica. Ovaj sustav služi za olakšani raspored aktivnosti u organizaciji. *Kanban* sustav je izvorno osmišljen u Toyoti i primjenjuje se sve do danas, a odnosi se na korištenje *Kanban* kartica u proizvodnom procesu kako bi se bilježio svaki korak tijekom izrade proizvoda. Radnicima je korištenjem *Kanban* kartica olakšana komunikacija i obavljanje zadataka [10].

Postoje četiri glavna elementa *Kanbana* (Slika 5.)



Slika 5. Elementi Kanban-a [10]

2.6. CMMS i EAM

Prikupljanje i analiza podataka važni su za potporu *lean* održavanja. Praćenje iskorisćenosti dijelova, povećanje troškova, automatska nabava dijelova te promatranje i procjena učinkovitosti preventivnog održavanja ključni su čimbenici za potporu *lean* održavanja [11].

Kako bi se to ostvarilo koriste se eng. *Computerized Maintenance Management Systems* - CMMS i eng. *Enterprise Asset Management* - EAM softverski alati koji podupiru *lean* održavanje. Oni trebaju osigurati integraciju između održavanja i upravljanja zalihama rezervnih dijelova. CMMS ili održavanje uz pomoć računalnih sustava je računalni sustav namijenjen organizaciji i upravljanju održavanjem nekog uređaja, stroja ili sustava. CMMS omogućava jasno i centralizirano praćenje i obradu informacija o tehničkim detaljima strojeva i opreme. Svako efikasno održavanje ovisi o dostupnosti i točnosti podataka o stanju određenog stroja i rezervnih dijelova neophodnih da bi se, u slučaju kvara, proizvodnja nastavila u najkraćem mogućem roku [11,12].

EAM ili informacijski sustavi za upravljanje imovinom namijenjeni su planiranju i pripremi, praćenju te analizi efikasnosti i uspješnosti izvršenja aktivnosti održavanja. Nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem prve generacije CMMS-a. Razvojem funkcionalnosti dodana im je nova dimenzija pa osim procesa održavanja podržavaju i logističke funkcije poslovanja poduzeća, poput upravljanja zalihama te nabave roba, usluga i radova. Također imaju važnu ulogu pri uspostavljanju, primjeni i provjeri sustava upravljanja kvalitetom (eng. *Quality Management - QM*) u segmentu održavanja prema ISO normama. Primjenjuju se u svijetu već dugi niz godina i bilježe kontinuirani rast primjene usporedno s razvojem informatičkih tehnologija i povećanjem ulaganja u informatizaciju poslovnih procesa poduzeća [13].

3. CJELOVITO UČINKOVITO ODRŽAVANJE

Cjelovito učinkovito održavanje je pristup koji se razvio u Japanu i počeo se primjenjivati u visokoautomatiziranoj i masovnoj proizvodnji. Glavna razlika između TPM-a i ostalih koncepata održavanja je uključivanje operatera, koji proizvodi na stroju, u proces održavanja. Timovi održavanja su izvodili zahtjevnije operacije preventivnog održavanja strojeva, kao i modifikacije strojeva i opreme, kako bi se poboljšala njihova pouzdanost i učinkovitost. Takvo preventivno održavanje strojeva u kombinaciji sa poboljšanjem produktivnosti strojeva je nazvano cjelovito učinkovito održavanje [1]. Za takvo cjelovito održavanje potrebno je [14]:

- Povećati učinkovitost i pouzdanost strojeva i opreme.
- Razviti program produktivnog održavanja za životni vijek pojedinog stroja.
- Uključiti sve odjele u dizajniranje, poboljšavanje, korištenju i održavanju strojeva, tijekom provedbe produktivnog održavanja.
- Aktivno uključiti sve zaposlenike u svim razinama tvrtke.
- Povećati motivaciju radnika i proširiti područje obavljanja operacija zaposlenika, što bi se postiglo sa školovanjem i treningom.
- Težiti postizanjem proizvodnje bez oštećenja, zastoja i pogreški na strojevima

TPM pristup ne uključuje samo poboljšanja vezana za održavanje, već je to širi pristup kojim se stalno poboljšava ukupna učinkovitost pogonskih postrojenja uz aktivno sudjelovanje svih djelatnika. Širina i cjelovitost TPM procesa, odnose se na [15]:

1. Cjelovit pristup održavanju imovine, koji se odnosi na kupovinu, puštanje u rad, životni vijek i otpis imovine.
2. Cjelovit pristup organiziranju TPM sustava, koji uključuje visoki menadžment i direktore, srednji menadžment (koordinira i vodi provođenje procesa unaprjeđenja), te timove koji izvršavaju unaprjeđenja.
3. Cjelovito sudjelovanje dobavljača strojeva u formiranje čvrstog proizvodnog sustava koji će osigurati izvrsne radne karakteristike proizvodnog sustava od prvog dana puštanja u pogon.
4. Cjelovitost razvoja radnika učenjem novih vještina (tehničke vještine i međuljudski odnosi). Treba se raditi i na poboljšanju veza između radnika, kako bi se vještine prenosile među različitim odjelima.

Zašto TPM?

Kako oprema postaje sve više automatizirana i sofisticirana nije pretjerano reći da strojevi izrađuju proizvod. Uloga ljudi je svedena na održavanje strojeva kako bi se osiguralo njihovo besprijekorno funkcioniranje bez zastoja, kvarova i nesukladnog proizvoda. Ovo stanje je nemoguće postići u okruženju gdje se jedino specijalisti održavanja bave brigom o strojevima kao što je bilo u prošlosti. Totalno, produktivno održavanje zahtjeva aktivno sudjelovanje korisnika opreme, specijalista održavanja i proizvođača opreme. Izuzetno je važno da operateri kao krajnji korisnici preuzmu aktivnu ulogu i brigu u održavanju opreme na kojoj rade kako bi spriječili pojavu kvarova, zastoja i nesukladnog proizvoda [16].

Što čini TPM drugačijim?

TPM je preuzimajući ideju prema kojoj održavanje treba biti profitabilno otišao korak dalje. U tom smislu TPM koncept nadilazi tradicionalne aktivnosti održavanja i uključuje sve odjele i sve zaposlenike u upravljanje proizvodnom opremom. Možda je najviše istaknuti aspekt TPM-a samostalno održavanje. Održavanje vođeno od strane pogonskog osoblja koje upravlja opremom na najbolji način doprinosi osjećaju vlasništva i brige za opremu [16].

Druga karakteristika TPM-a je njegov cilj iskorjenjivanja svih vrsta gubitaka tzv. zero-losses. Inzistiranje na potpunoj eliminaciji je ključni faktor u postizanju maksimalne učinkovitosti opreme (eng. *Overall equipment effectiveness* - *OEE*). Ovaj pristup je odlučujući u razvoju TPM programa i u nastavku je detaljnije objašnjen [16].

3.1. Povijest TPM-a

Najraniji korijeni TPM-a sežu do produktivnog održavanja koje je nastalo u Sjedinjenim Američkim državama 1950. godine. Američko produktivno održavanje bilo je karakterizirano razvojem tehnika preventivnog održavanja kako bi se poboljšala pouzdanost i dugovječnost proizvodne opreme. Ono što se danas naziva TPM-om je ustvari stil Američkog produktivnog održavanja modificiran i poboljšan kako bi odgovarao Japanskim industrijskim uvjetima. 1953. godine dvadeset Japanskih tvrtki formiralo je istraživačku grupu koja je 1962. godine poslana u istraživačku misiju u SAD kako bi promatrala Američko produktivno održavanje [17].

Japanski proizvođač automobilskih komponenti Nippondenso prvi je upotrijebio pojam cjelovitog učinkovitog održavanja 1961. godine. Nippondenso je kasnije postala prva tvrtka

koja je dobila nagradu za implementaciju TPM-a. Nakon Nippondenso-a uslijedila je Toyota sa svojim dobavljačima komponenti koji su također započeli implementaciju TPM-a [17].

Jedan od prvih zagovornika TPM-a bio je Seiichi Nakajima koji je postao poznat kao otac TPM-a. Najranije implementacije TPM-a u Japanu rezultirale su slabim uspjehom i samo mali broj tvrtki su uložile dodatan napor u implementaciju TPM-a. 1970-tih Japan se suočio s teškom gospodarskom krizom i usvajanje TPM-a ubrzalo je i poboljšalo proizvodnu produktivnost. TPM se proširio u Ameriku i zapadni svijet 1980-ih i 1990-ih s pojavom programa kao što su *Total Quality Management - TQM*. Do kasnih 1990-ih TPM se ukorijenio kao metodologija kontinuiranog rasta kroz sve grane industrije [17].

3.2. Ciljevi TPM-a

TPM nije kratkotrajan program za rješavanje problema i smanjenje troškova održavanja. To je proces koji mijenja korporativnu kulturu i trajno poboljšava i održava ukupnu učinkovitost opreme kroz aktivno sudjelovanje i operatora i svih članova organizacije. TPM podrazumijeva podršku i opredjeljenje uprave kako bi bila djelotvorna [18]. TPM je usmjeren na izgrađivanje zdravije kompanije kroz razvijanje specifičnih znanja i vještina ljudi, a samim time i osiguravanja pouzdanosti opreme. Radna mjesta su prepuna neproaktivnih aktivnosti koje generiraju nepotrebne gubitke. Ono što vidimo u proizvodnom pogonu je rezultat stavova i ponašanja ljudi koji u njemu rade od rukovodstva do radnika na proizvodnoj liniji [16].

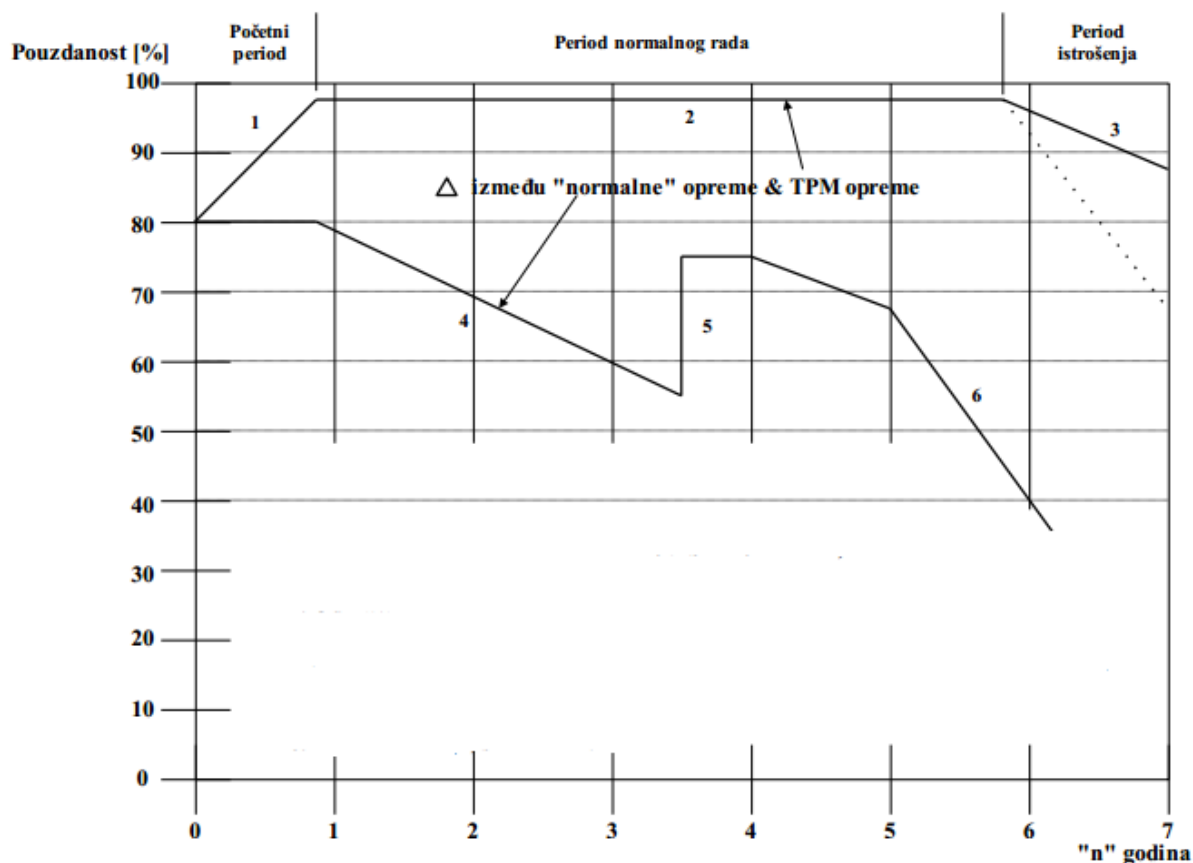
Ustrajavanje na stavovima prema kojima se bez pogovora prihvća nemogućnost mijenjanja ustaljenih odnosa te da su kvarovi i nesukladnosti nešto što se ne može kontrolirati nikada neće omogućiti eliminaciju svega što je nepotrebno i suvišno, a samim tim niti unapređivanje svih poslovnih procesa. Slijedom toga osnovni zadatak TPM-a je osiguravanje pouzdanosti opreme neprestanim unapređivanjem znanja i vještina svakog zaposlenika što kao posljedicu ima sustav koji je fleksibilan i prilagodljiv neprestano promjenjivim okolnostima [16].

Ciljevi TPM-a [16]:

1. Osnovni cilj je maksimalna efikasnost proizvodne opreme
2. Uspostaviti sustav fokusiran na životni ciklus proizvodne opreme
3. Ostvariti komunikaciju između svih koji su direktno ili indirektno uključeni u poslovni proces

4. Uključiti sve, od uprave do korisnika opreme
5. Upravlјati svim aktivnostima kroz timski rad s ciljem eliminacije svih gubitaka

Na slici 6. prikazano je koji su ciljevi postignuti na opremi primjenom TPM metode, tj. kako izgleda unapređenje pouzdanosti i životnog vijeka opreme [3].



Slika 6. Unapređenje pouzdanosti opreme primjenom TPM [3]

1. Unapređenje nove opreme, podignuti brzinu izvedbe, otkloniti konstrukcijske pogreške
2. Održavati opremu na najvišoj razini performansi, produžiti opremi vrijeme korištenja
3. Smanjiti posljedice trošenja, zamijeniti dotrajale dijelove, itd.
4. Vremenske performanse loše održavane opreme
5. Rekonstrukcija ili veći popravci opreme (skupo, gubitak u proizvodnji)
6. Rano trošenje, skraćen život

3.2.1. Šest gubitaka opreme

Jedan od ciljeva TPM-a je upotreba opreme na najproduktivniji mogući način. Takav način upotrebe opreme čini rad na njoj lakšim, osigurava manje troškove proizvodnje kroz maksimalni učinak opreme u jedinici vremena. Učinak opreme opterećene nepotrebnim gubicima moguće je povećati eliminacijom šest najvećih izvora tih gubitaka [16]:

1. **Dugotrajni zastoji** (eng. *breakdown*)
2. **Predugo i prečesto podešavanje i prilagođavanje** (eng. *set-up and adjustment*)
3. **Kratki zastoji i prazni hod** (eng. *minor stops and idling*)
4. **Rad smanjenom brzinom** (eng. *reduced speed*)
5. **Nesukladni proizvod i prepakiranje** (eng. *defects and rework*)
6. **Predugo pokretanje proizvodnje i loša iskorištenost sirovina** (eng. *startup and yield loss*)

EFIKASNA UPOTREBA OPREME



Slika 7. Šest gubitaka opreme [16]

1. Dugotrajni zastoji

Kad se pojavi zastoj na opremi, a odjel održavanja zauzet je drugim problemima onda nije moguće ispuniti planove proizvodnje. Da bi se izgubljeno vrijeme nadoknadilo organizira se prekovremeni rad ili rad vikendom. Ovakve situacije rezultat su dugotrajnih zastoja, izazivaju nepotrebno radno opterećenje i nepotrebne troškove. Velik broj sati kroz mjesec gubi se upravo zbog ovakvih situacija [16].

2. Podešavanje i prilagodbe traju predugo

Veliki broj proizvoda koje treba proizvoditi u malim količinama i čestim intervalima je stvarnost kojoj se treba prilagoditi i u čemu treba biti bolji od konkurencije. Ipak, napor utrošen na zamjenu manjih dijelova i kalupa predstavlja veliko radno opterećenje i gubitak vremena. Pored toga zahtjevniji i delikatniji zadaci zahtijevaju iskustvo, vještinu i smjelost jer iskusniji i vještiji operater može isti posao završiti brže od neiskusnog ili nevještog operatera kojem treba duže vrijeme da taj posao obavi dobro. U svakom slučaju gubici nastali na ovaj način odnose se na utrošeno vrijeme između zadnjeg proizvoda prethodne proizvodnje i prvog proizvoda naredne proizvodnje. S povećanjem asortimana artikala koji se proizvodi ovo vrijeme postaje sve veće te je u tom smislu potrebno poduzeti odgovarajuće aktivnosti kako bi se ono standardiziralo i smanjilo na najmanju moguću mjeru [16].

3. Kratki zastoji i prazni hod

Ponekad se čini da je upravljanje automatiziranom proizvodnom opremom vrlo jednostavan posao. Ipak pojava sitnih zastoja koji čak i ne zahtijevaju poziv specijalistima održavanja uzrok je mnogih zastoja i problema tijekom rada. Gubitke poput ovih nazivaju se kratkim zastojima zato što je uspostava funkcionalnosti opreme nakon njih relativno jednostavna. Pomnija analiza pokazuje da su ovakvi zastoji odgovorni za značajne gubitke vremena proizvodnje. Česti manji zastoji vrlo su frustrirajući za operatera, te povećavaju rizik od nezgoda. Njihovom eliminacijom rad postaje puno lakši [16].

4. Rad smanjenom brzinom

Specifikacija proizvođača opreme navodi da se može raditi brzinom većom od propisane i to je ono što se od proizvodnje zahtijeva. Ipak u stvarnosti takvo povećanje brzine rada nije funkcioniralo jer je bilo nemoguće proizvoditi unutar standardnih tolerancija pa se često zaključuje da je razlog u tome što je oprema prestara. Obično se ovakav gubitak naziva gubitak uvjetovan brzinom stroja većom ili manjom od propisane. Također, često se javljaju situacije u

kojima nitko ne zna koja je brzina propisana i nitko se nikad nije potrudio saznati koliko brzo oprema može raditi. Zbog toga je potrebno povećati brzinu rada opreme jer ponekad i mala unapređenja mogu ubrzati opremu [16].

5. Nesukladni proizvod i prepakiranje

Tijekom proizvodnje dogodi se da se proizvedu velike količine nesukladnog proizvoda. Takav nesukladan proizvod često se prerađuje i ponovno prepakirava. Ne postoji isprika ni objašnjenje za ovakve situacije. Čak i kad postoji samo 1 % nesukladnih proizvoda koji bi se trebao uništiti ili dovesti na ponovnu preradu to i dalje predstavlja nepotreban gubitak proizvoda i vremena. Ovakvi gubici nazivaju se gubici nastali proizvodnjom nesukladnog proizvoda i gubicima nastalim ponovnom preradom ili prepakiranjem [16].

6. Predugo pokretanje proizvodnje i loša iskorištenost sirovina

Za hladnog vremena potrebno je dosta vremena da se oprema zagrije, pokrene i proizvodnja stabilizira. Ovakve gubitke zovemo gubicima uslijed predugog pokretanja proizvodne opreme i gubicima uslijed lošeg iskorištenja sirovina. U metalnoj industriji potrebno je promatrati gubitke koji nastaju zbog zamjene alata, izrade defektnih proizvoda i vremena za njihovu ponovnu preradu [16].

Kako prepoznati najvažnije gubitke?

Da bi odgovorili na pitanje koji gubitak pričinjava najviše problema i nepotrebnih troškova potrebno je izračunati sveukupnu iskorištenost i djelotvornost opreme. Nakon toga potrebno je izdvojiti najznačajnijeg i najutjecajnijeg i pokrenuti sveopću akciju za njegovu eliminaciju. Na ovaj način biti će bolje iskorišten potencijal opreme. U sljedećoj tablici prikazano je koliko visoko bi tvrtke trebale postaviti ciljeve za smanjivanje nepotrebnih gubitaka [16].

Tablica 1. Ciljevi za smanjivanje nepotrebnih gubitaka [16]

Vrsta gubitka	Cilj	Objašnjenje
Dugotrajni zastoji	0	Vrijedi za svu opremu
Podešavanje i prilagodbe	Minimalne	Što je kraće moguće, manje od 10 min i bez potrebe za prilagodbama
Smanjenje brzina	0	Treba proizvoditi nominalnom brzinom ili većom od minimalne
Kratki zastoji	0	Vrijedi za svu opremu

Nesukladan proizvod	0	Cilj treba definirati u broju nesukladnih jedinica na 1 milijun (npr. 100 ili 30 na 1 milijun)
Gubici na početku proizvodnje	Minimalni	

3.2.2. Indikacija zdravlja opreme – OEE

Prema načelima TPM-a, u svakom proizvodnom procesu postoje tri obilježja čiji se gubici moraju anulirati, tj. obilježja se moraju unaprijediti do stanja „nula gubitaka“ (eng. *Zero loss*). Ta tri obilježja su **raspoloživost proizvodne opreme, kvaliteta izrade i brzina izrade**.

Cilj eliminacije gubitaka je postići najbolje proizvodne karakteristike svaki puta kada je proizvodni sustav u pogonu, te smanjiti količinu sigurnosnih zaliha iz tvornice (postaju nepotrebne jer sustav radi stabilno). Svako unapređenje koje vodi prema stanju „nula gubitaka“, rezultira smanjenjem troškova ili povećanjem dodatne vrijednosti proizvoda, što je jednako povećanju profita. Da bi se ta obilježja (raspoloživost, kvaliteta i brzina) mogla kvantificirati i uspoređivati, iskazuju se ukupnom učinkovitošću opreme (eng. *Overall equipment effectiveness* - OEE) [18]. To je mjera koja obuhvaća sve nepotrebne gubitke proizvodne opreme i koja prikazuje njezinu sveukupnu iskorištenost. Ova mjera je indikator zdravlja opreme odnosno procesa. Većina industrijskih pogona koristi samo polovicu potencijala opreme kojim raspolažu [16].

Izračun OEE-a dobije se množenjem triju veličina: raspoloživosti (%), kvalitetom izrade (%) i brzinom izrade (%) [16]:

$$\text{Raspoloživost} = \frac{\text{Vrijeme u radu}}{(\text{Vrijeme u radu} + \text{Vrijeme u zastoju})} \cdot 100\% \quad (1)$$

Kvaliteta izrade

$$= \frac{(\text{Broj obrađenih proizvoda} - \text{Broj defektnih proizvoda})}{\text{Broj obrađenih proizvoda}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$\text{Brzina izrade} = \frac{(\text{Komadno vrijeme} \cdot \text{Broj gotovih proizvoda})}{\text{Vrijeme u radu}} \cdot 100\% \quad (3)$$

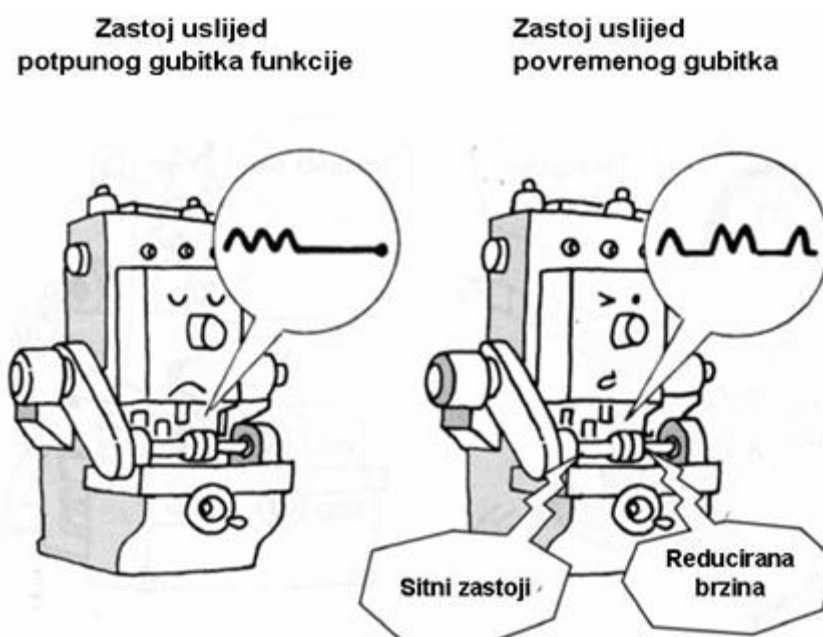
$$\text{OEE} = \text{Raspoloživost} \cdot \text{Kvaliteta izrade} \cdot \text{Brzina izrade} \quad (4)$$

Tvrtke započinju svoju proizvodnju sa 65% OEE. Tržište zahtjeva vrijednost OEE od 85% na više. U zadnjih 5 godina ta se granica povisila na 95% OEE.

3.2.3. Vrste zastoja

Postoje dvije vrste zastoja koje se mogu pojaviti kada dio opreme izgubi jednu ili više svojih funkcija [16]:

1. **Zastoj uslijed potpunog gubitka funkcije opreme** se pojavljuje uslijed potpunog gubitka elementarne funkcije opreme.
2. **Zastoj uslijed povremenog gubitka funkcije** opreme može se usporediti sa situacijom u kojoj se fluorescentna lampa povremeno pali i gasi. U ovakvom načinu rada oprema i dalje radi smanjenom brzinom, proizvodi nesukladne proizvode i neprestane sitne zastoje.



Slika 8. Dvije vrste zastoja opreme [16]

U većini slučajeva oprema ne zakazuje sama od sebe. Često su za to zaslužni ljudi koji zanemaruju brigu o opremi na kojoj rade zaboravljajući osnovne tehnike održavanja kao što su čišćenje, podmazivanje, učvršćivanje vijaka i matica. Zastoji su također i rezultat pogrešnih stavova i vjerovanja prema kojima su kvarovi nešto neizbježno, a briga o opremi je posao

nekoga drugoga ili se uzrok problema adresira na održavanje koje svoj posao ne radi kako treba. Zaključak je jasan, oprema se ne kvari sama od sebe već su za to zaslužni ljudi [16].

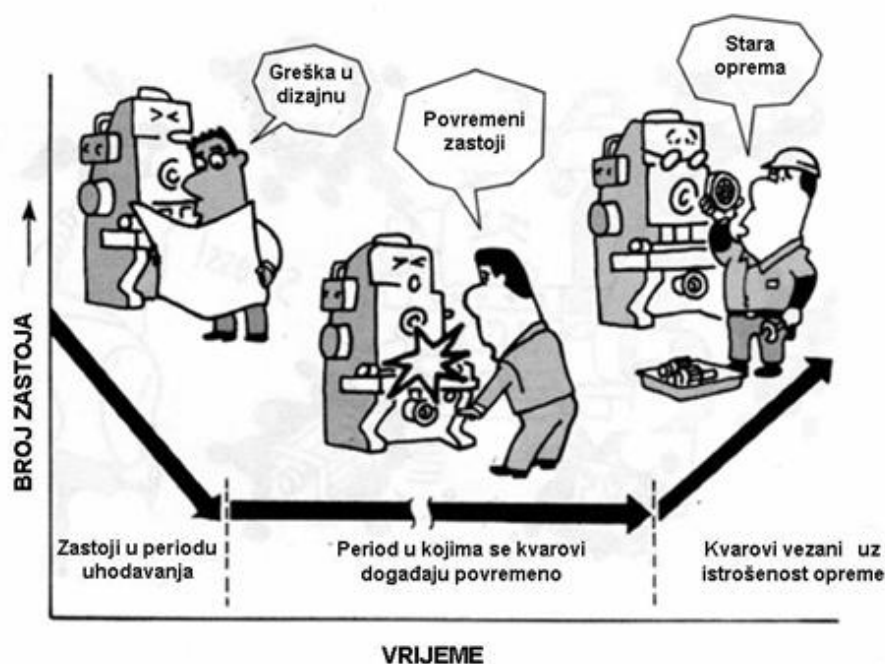
Zašto se oprema kvari ?

Proizvodna oprema je sastavljena od mnoštva komponenata kao što su vijci, matice, lančanici, zupčanici, reduktori, remenski prijenosi, razne vrste ventila i regulatora, razne vrste senzora, fotoćelije, pneumatskih i hidrauličkih komponenti, motornih pogona, osovina, ležajeva, cilindara i drugih. Nestručno rukovanje i zanemarivanje opreme uzrokuje nepovoljna opterećenja individualnih komponenti koji će se prije ili kasnije istrošiti puno brže nego bi se istrošili pravilnim rukovanjem i gospodarenjem. Posljedica ovoga je prestanak rada opreme ili proizvodnja izvan propisanih standarda. To je glavni razlog zašto se oprema kvari [16].

Kada se oprema kvari ?

Kao što slika 9. pokazuje, zastoji se mogu razvrstati u tri osnovne kategorije ovisno o tome u kojoj se fazi životnog ciklusa opreme nalazimo [16]:

1. Period inicijalnih zastoja koji se pojavljuju odmah nakon instalacije opreme
2. Period slučajnih zastoja koji se pojavljuju relativno ujednačeno
3. Period zastoja uzrokovanih istrošenošću opreme u kojem stopa zastoja s vremenom raste



Slika 9. Dijagram perioda kvara opreme tijekom životnog ciklusa [16]

U periodu inicijalnih zastoja oprema se kvari zbog nedostatka u konstrukciji, izvedbi ili instalaciji. Oni koji se pojavljuju u narednom periodu slučajnih zastoja pojavljuju se zbog uglavnom nepredvidivih razloga. Zastoji zbog istrošenost opreme pojavljuju se uslijed svakodnevnog trošenja i starosti opreme s tim da ovdje treba razlikovati prirodno od ubrzanog trošenja koje je uzrokovano ljudskim nemarom. Prirodno trošenje opreme odnosi se na gubitak potencijala opreme isključivo zbog gubitka njenih osnovnih fizikalnih svojstava koji se pojavljuju tijekom vremena i uz dobro gospodarenje. Kod ubrzanog trošenja opreme ljudi na umjetan način ubrzavaju trošenje opreme zanemarivanjem osnovnih dužnosti održavanja [16].

Ključne aktivnosti za eliminaciju zastoja

Četiri su temeljne aktivnosti za postizanje proizvodnje bez zastoja [16]:

1. Provoditi rutinske dnevne zadatke održavanja čišćenje i inspekcija, podmazivanje, zatezanje spojeva
2. Upravlјati opremom u skladu sa propisanim standardima
3. Otklanjati razloge nepotrebnog trošenja opreme
4. Kontinuirano razvijati znanje i vještine upravlјanjem i održavanjem opreme

Provođenjem ovih strategija operateri će izvršavati sve svoje zadatke s većom pouzdanošću i efikasnošću.

Metode za uspostavlјanje osnovnih funkcija opreme

Prva stvar koju operateri moraju napraviti sa svojom opremom je osigurati njenu osnovnu funkcionalnost kroz provođenje rutinskih dnevnih zadataka održavanja: čišćenje i inspekcija, podmazivanje i zatezanje spojeva [16].

1. **Čišćenje i inspekcija** osiguravaju uklanjanja naslaga nečistoća i otkrivanje sitnih nedostataka. Tijekom čišćenja operateri dodirujemo opremu, upoznajemo njene komponente, provjeravaju njihovo stanje i zapažaju nedostatke i probleme.
2. **Podmazivanje** sprječava trošenje i pregrijavanje rotirajućih i pokretnih dijelova opreme. Prečesto se oprema ubrzano troši zbog neadekvatnog podmazivanja.
3. **Zatezanje spojeva** osnovnih komponenata opreme poput matica i vijaka također osigurava njenu osnovnu funkcionalnost. Matica ili vijak koji nedostaje ili je slabo pričvršćen uzrokuje pretjerane vibracije što je često uzrok mnogim zastojima i

kvarovima. Kontrola pričvršćenosti i odgovarajuće zategnutosti mora postati dio dnevnih rutina održavanja svakog operatera.



Slika 10. Metode za uspostavljanje osnovnih funkcija opreme [16]

Unutar proizvodnih pogona vrlo često se može naići na tradicionalne stavove prema kojima je odjel održavanja zadužen za sve zahvate na opremi pa čak i za one najosnovnije koje se odnose na njezinu temeljnu brigu (čišćenje i inspekcija, podmazivanje, kontrola i zatezanje spojeva) [16].

Takav pristup je kontraproduktivan i ne pomaže u smanjivanju zastoja i proizvodnji defektnih proizvoda izvan propisanih standarda. TPM održavanjem je nasuprot tome moguće postići postupno otklanjanje kvarova i defektnu proizvodnju. Ovo se postiže kroz kontinuiranu obuku operatera koji preuzimaju centralnu ulogu u ranom otkrivanju nedostatka i sprečavanju nastanka kvarova samostalno provodeći redovne dnevne kontrole opreme [16].

3.3. Faze uvođenja TPM-a u poduzeća [19]

Faza A - Priprema na uvođenje

1. Najava od strane Uprave da se TPM uvodi u organizaciju

Razumijevanje uprave, predanost i aktivno sudjelovanje u upravljanju povećati će potrebu za uvođenjem ovog programa. Uprava treba imati svijest o TPM programima, nakon čega slijedi objava ostalim zaposlenicima u tvrtci. Odluka o provedbi TPM objavljuje se u časopisu, prikazuje na „oglasnoj ploči“ firme i o tome se pismeno informira dobavljače i kupce.

2. Inicijalno obrazovanje i uvjeravanje za TPM

Obuka se vrši na temelju potreba. Neki trebaju intenzivnu obuku, a neki trebaju postati svjesni važnosti treninga temeljenog na znanju zaposlenika o održavanju.

3. Postavljanje TPM odjela i povjerenstava

TPM uključuje poboljšanje, autonomno održavanje, kvalitetno održavanje i sl. Kada se postavi odbor za provedbu tog sistema, zadaća mu je da se brine za sve potrebne procese tijekom uvođenja.

4. Utvrđivanje TPM sistema rada i cilj

Svako područje/radna stanica je mjerni program i cilj je uspjeh.

5. Glavni plan za povezivanje

Sljedeći korak uvođenja dovodi do povezivanja pri čemu TPM postaje najbitniji dio organizacije. Uspješno provođenje održavanja je nagrada i dokaz postizanja zadovoljavajuće razine.

Faza B – Uvođenje

Prilikom uvođenja TPM-a potrebno je održati sastanak sa dobavljačima i partnerima kako bi ih obavijestili o novom načinu rada. Dobavljači moraju biti pozvani kako bi znali da se uvodi novi tip poslovanja i kako se od njih traži kvalitetna roba. Ljudi iz ostalih tvrtki sa kojima radimo i slična društva također moraju znati za novi način rada kako bi upoznali kupce sa novim i kvalitetnijim proizvodima. Neki mogu učiti od nas, neki nam mogu pomoći, a krajnji korisnici će dobiti jasnu poruku da se brinemo za kvalitetu proizvodnje, troškova i vrijeme isporuke [19].

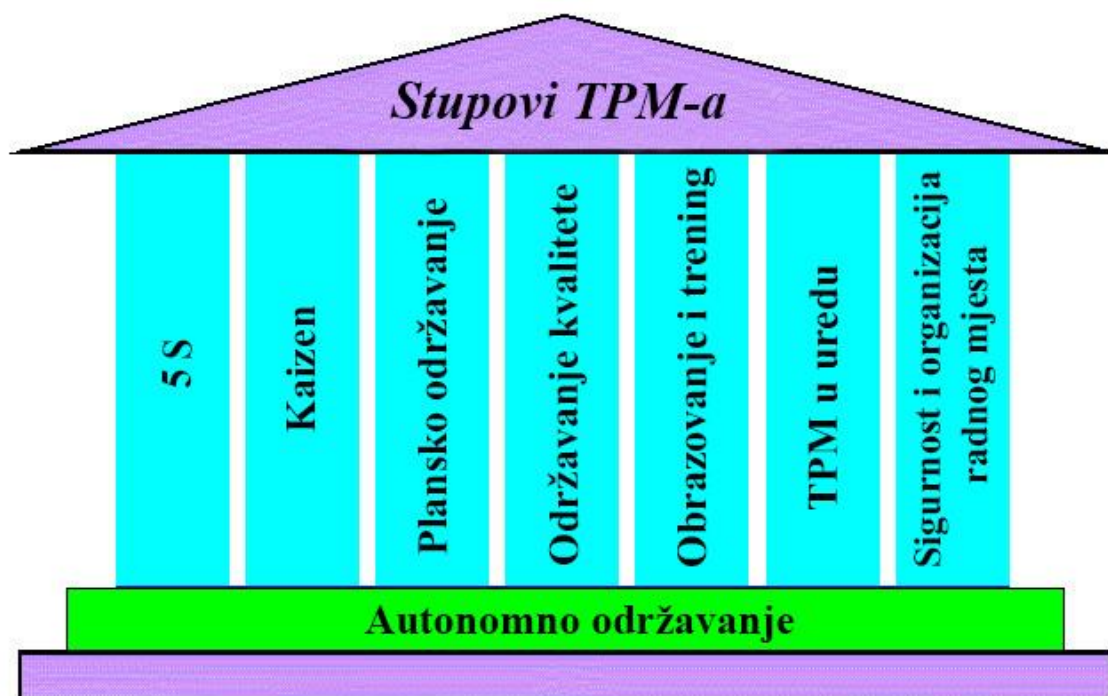
Faza C – Provedba

U ovoj fazi osam aktivnosti koje se provode u sistemu, zovu se osam osnovnih stupova u strukturi TPM-a. Od njih četiri su aktivnosti za uspostavu sustava za učinkovitost proizvodnje,

jedan za početni upravljački sustav novih proizvoda i opreme, jedan za poboljšanje učinkovitosti uprave i za kontrolu sigurnosti, higijenskih uvjeta kao i radno okruženje [19].

3.4. Osam stupova TPM-a

TPM sustav i njegova implementacija temelje se na osam stupova TPM-a. Stupovi TPM-a prikazani su na slici 11.



Slika 11. 8 stupova TPM-a [20]

3.4.1. Stup 1 - Autonomno održavanje

Autonomno održavanje odnosi se na sve aktivnosti u kojima operater neovisno od odjela održavanja provodi redovno mjere na održavanju opreme na kojoj radi. Radi se o slijedećim aktivnostima [20]:

- Dnevne kontrole opreme (čišćenje i inspekcija, zatezanje spojeva)
- Podmazivanje
- Zamjena strojnih dijelova
- Jednostavni popravci
- Dijagnoza nepravilnosti
- Kontrola preciznosti mjernih instrumenata i njihova kalibracija

Autonomno održavanje korak po korak

Govoriti da je briga o opremi odgovornost i zadatak operatera nije dovoljno bez jasnih uputa i obuke koji će to stvarno i omogućiti. Organizacija redovne obuke i osiguravanje potrebnih materijala je obaveza rukovodioca na svim razinama. Ova obuka se provodi u sedam koraka koji unaprijeđuju vještine operatera i određuju njihove osnovne dužnosti. Rukovodioci nadgledaju svaki korak i samo onda kada je znanje potpuno usvojeno kreće se na slijedeći korak [20].

Tablica 2. Sedam koraka autonomnog održavanja [20]

Korak	Naziv	Opis aktivnosti
1	Čišćenje i inspekcija	Uklanjanje nečistoća i prljavštine s opreme, podmazivanje, zatezanje matica i vijaka, pronalaženje i ispravljanje svih nedostataka
2	Uklanjanje izvora problema i nepristupačnih mjesta za održavanje	Uklanjanje izvora nečistoća, sprečavanje kontaminacije i olakšavanje pristupa dijelovima opreme za čišćenje i podmazivanje. Skraćivanje vremena za podmazivanje i čišćenje.
3	Izrađivanje standardne liste redovnih aktivnosti čišćenja i podmazivanja	Pisanje standarda koji će osigurati djelotvorno čišćenje, podmazivanje te zatezanje vijaka i matica.
4	Provođenje redovnih dnevnih aktivnosti	Provesti obuku na opremi koristeći pisane upute za kontrolu te pronaći i otkloniti sitne nedostatke
5	Unapređivanje postojećih postupaka i aktivnosti	Redovni pregled, revizija i unapređivanje propisanih lista aktivnosti. Uklanjanje nepotrebnih i dodavanje nužnih aktivnosti. Izmjena frekvencije i odgovornosti. Izrađivanje detaljnih uputa za svaku kritičnu aktivnost.

6	Vizualizacija svih aktivnosti održavanja i proizvodnje	Standardizacija i vizualizacija svih pogonskih aktivnosti. Izgrađivanje sustava upravljanja održavanjem. Primjeri traženih standarda obuhvaćaju: - Standardizacija čišćenja, podmazivanja i redovne kontrole - Standardizacija tokova materijala - Standardizacija čuvanja podataka proizvodnje i održavanja
7	Dosljedno upravljanje i provođenje sustava održavanja	Izrađivanje radnih postupaka i određivanje jasnih ciljeva. Redovna analiza podataka o opremi i korištenje tih podataka za unapređivanje rada opreme i njenih potencijala.

Prva tri koraka su aktivnosti koje sprečavaju narušavanje osnovnih funkcija i potencijal opreme te omogućavaju ponovnu uspostavu osnovnog stanja opreme putem redovnog čišćenja podmazivanja i zatezanja matica i vijaka [20].

Koraci četiri i pet su redovna kontrola i unapređivanje postupaka održavanja i kontrole kojima se osigurava kvalitetno provođenje prva tri koraka. Uz sprečavanje ubrzanog propadanja opreme kroz početna tri koraka ovdje mjerimo i pratimo dinamiku kvarova i gubitka potencijala opreme te na temelju dobivenih podataka unapređujemo već postojeće postupke i aktivnosti [20].

Prvih pet koraka usmjereno je na materijalni aspekt održavanja opreme. U koraku šest koncentriramo se više na organizacijski aspekt koji obuhvaća uspostavu reda na našem radnom mjestu, uklanjanje svega nepotrebnog, označavanje svega što koristimo i određivanje njihovih stalnih pozicija, standardizaciju i vizualizaciju svih aktivnosti održavanja i proizvodnje [20].

Korak sedam je stvarni početak autonomnog održavanja. Ovo je stupanj gdje proizvodni timovi obavljaju aktivnosti održavanja neovisno i gdje ovakav način rada postaje uobičajen svakodnevni posao [20].

Zašto autonomno održavanje?

Zašto autonomno održavanje je uobičajena reakcija operatera prema kojoj se koncept autonomnog održavanja tumači kao njihovo dodatno radno opterećenje. U idealnom slučaju bi održavanje opreme trebalo biti zadatak operatera, a to je nekad i bila uobičajena praksa. Uvođenjem preventivnog održavanja došlo je do specijalizacije poslova održavanja i do podjele na operatere i na one koji otklanjanju kvarove i održavaju opremu. Ipak nakon što se shvatilo da isključivo oslanjanje na službu održavanja ustrojenu na ovakav način ne doprinosi smanjivanju kvarova i smanjivanju škarta počelo se prihvaćati nužnost vraćanju tradicionalnom pristupu koji kroz autonomno održavanje omogućava pravilnu brigu o opremi i puno iskorištavanje njenih potencijala [20].

Usavršavanjem TPM-a njegova dostignuća se revidiraju u reviziji svakog koraka kroz međusobnu suradnju rukovodstva i operatera. Tijekom autonomnog održavanja operateri se potiču da označavaju probleme na svojoj opremi kako bi ih učinili svima vidljivim. Pri tome nije samo važno postaviti oznaku nego kako je i skinuti odnosno kako što prije otkloniti problem. Autonomno održavanje je poput dnevne vježbe kojom se održava kondicija opreme. Putem malih poboljšanja radno mjesto postaje sustav koji kontinuirano postiže vrhunske rezultate [20].

3.4.2. Stup 2 - „5S“

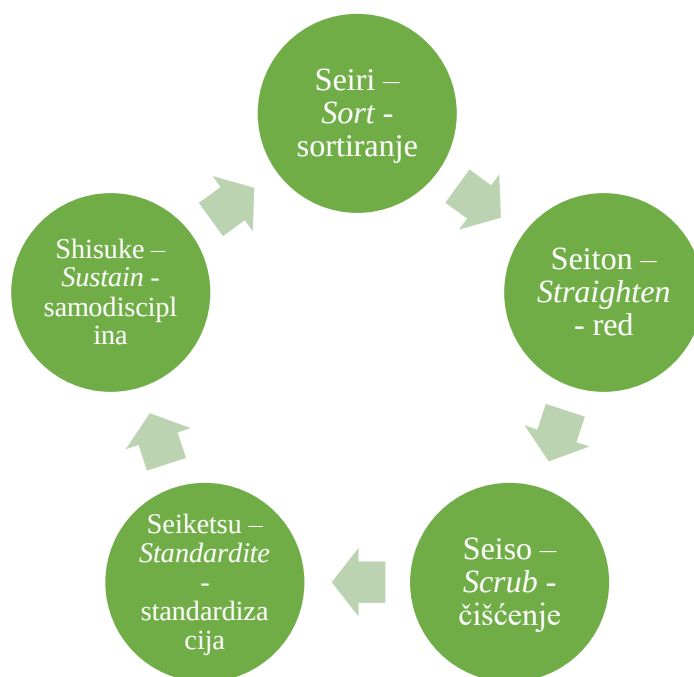
Aktivnosti „5S“ metode možemo smatrati preduvjetom uvođenja bilo kog razvojnog programa što se tiče proizvodnje i održavanja. „5S“ metoda je fokusirana na organiziranje i stvaranje učinkovitijeg radnog mjesta, radnog okruženja, reduciranje otpada, povećanje kvaliteta proizvoda i sigurnosti na radu. Gotovo nemoguće je ostvariti efikasno i kvalitetno napredovanje i ostvariti dobre rezultate ukoliko radimo na loše organiziranom radnom mjestu i neurednom okruženju [21].

Cilj „5S“ metode je stvoriti radno okruženje koje je čisto i dobro organizirano. Sastoji se od pet elemenata [21]:

- Seiri – sortiranje (eliminirati sve što nije doista potrebno u radnom prostoru)
- Seiton – red (organizirati dijelove i opremu)
- Seiso – čišćenje (očistiti i pregledati radnu površinu)

- Seiketsu – standardizacija (stvaranje standarda za obavljanje gore navedene tri aktivnosti)
- Shisuke – samodisciplina (osigurati da se stvoreni standardi redovito primjenjuju)

U Japanu ovu metodu nazivaju „5S“ metodom zato što sve aktivnosti počinju slovom S (Slika 12.)



Slika 12. „5S“ metoda [8]

Seiri – sortiranje

Predstavlja držanje potrebnog alata i pribora u radnom okruženju, odlaganje rjeđe korištenog pribora u skladište, a sve što je neophodno i nije mu mjesto u okolini radnog mjesta i na samom radnom mjestu treba odbaciti. Ovim principom teži se ostvariti naviku kod radnika da sve treba čuvati i uredno odlagati, jer jednom će nam isto možda neophodno zatrebati. Ovim terminom se podrazumijeva i da se radni prostor održi urednim, donosi nam efikasnost i generalno oslobađa mnogo prostora, uklanja stare, slomljene a samim tim i neupotrebljive alate, istrošene kalupe i višak sirovina [21].

Seiton – red

Sistematsko uređenje koje stvara najefikasnije i najučinkovitije radno mjesto. Efektivan Seiton može se postići bojanjem poda, ograđivanjem radnog prostora, itd. Da bi se smanjilo vrijeme zastoja tehničkog sistema pomoću TPM principa, neophodno je imati pri ruci odgovarajući alat [21].

Seiso – čišćenje

Poslije implementiranja prvog principa „5S“ metode, da bi smo ga održali u životu neophodno je da imamo čist radni prostor. Ukoliko je sve oko radnika urednije, na strojevima nema masti, ulja i prašine, mogu se lakše uočiti oštećenja na opremi, kao što su pukotine, prijelomi, oslabljeni spojevi, itd. Ova manja oštećenja ukoliko ostanu zanemarena, mogu dovesti do otkaza stroja i zastoja proizvodnje. Redovno čišćenje može se smatrati i jednim vidom inspekcije. Seiso je važan dio TPM-a i očigledno pruža sigurnije radno mjesto [21].

Seiketsu – standardizacija

Jednom kada se implementiraju prva tri principa, potrebno ih je postaviti kao standard da bi se zadržalo uredno i učinkovito radno mjesto. Bez njega brzo bi smo se vratili starim navikama. Zaposlenima se mora dozvoliti da sudjeluju u razvoju ovakvih standarda. Seiketsu pomaže da oni budu jedno prirodno, standardno očekivanje i ponašanje [21].

Shisuke – samodisciplina

Da bi se prva četiri principa „5S“ metode održala na životu, neophodno je izvršiti edukaciju ljudi i uputiti ih na važnost standarda održavanja. Prikazom rezultata i praćenjem aktivnosti „5S“ metode, može se utvrditi da li se aktivnosti adekvatno provode i moći će se proširivati van postavljenih ograničenja. Stalnim razvojem dobit će se efekti kao što su: manje neiskorištenog otpadnog materijala, bolja kvaliteta proizvoda i veći kapacitet proizvodnje [21].

Principe „5S“ metode potrebno je implementirati prezentiranim redoslijedom. Za dugoročan uspjeh „5S“ metode unutar poduzeća najodgovornije će biti njeno rukovodstvo. Ono mora vršiti pritisak i bodriti radnike da se ne zadovolje samo postignutim rezultatima, već da doprinose stvaranju još kvalitetnijim radnim uvjetima koji će omogućiti lakšu i kvalitetniju proizvodnju i poslovanje poduzeća. Da bi imali utjecaj na ostale, moraju im pružiti primjer u odlučnosti i poštovanju principa „5S“ metode [21].

3.4.3. Stup 3 - Kaizen

Cilj *Kaizen*-a je eliminacija gubitaka, poboljšanje produktivnosti i postizanje kontinuiranih poboljšanja kroz ciljane aktivnosti i procese organizacije. *Kaizen* je japanski naziv koji u prijevodu znači „promjena na bolje“. Koristi se za kontinuirano poboljšavanje i može se definirati kao proces stvaranja malih postupnih poboljšavanja pritom eliminirajući sve gubitke koji stvaraju troškove, a ne pridonose na stvaranju vrijednosti [9].

3.4.4. Stup 4 - Plansko održavanje

Plansko održavanje je takav oblik održavanja kojim se sprječava nastanak kvara. Ovim se održavanjem unaprijed planiraju popravci strojeva, uređaja i postrojenja prema vijeku trajanja pojedinih strojnih dijelova. Svi strojni dijelovi kojima ističe radni vijek zamjenjuju se novima bez obzira što nisu pokvareni. Na ovaj način sprječavaju se iznenadni kvarovi i iznenadni zastoji [22].

Aktivnosti održavanja definiraju se na temelju promatranog ponašanja strojeva kao što su stopa neuspjeha i kvarova. Budući da postoji određeno vrijeme za održavanje opreme, proizvodnja se rijetko prekida jer su ove aktivnosti planirane u vrijeme kada su strojevi u stanju mirovanja ili kada vrlo malo proizvode. S obzirom da se unaprijed znaju planovi održavanja, proizvodnja često proizvede određenu količinu zaliha proizvoda kako bi se aktivnosti održavanja odradile prema planu. Plansko održavanje je u suprotnosti s korektivnim održavanjem kod kojeg se čeka da se problem dogodi što ima negativan utjecaj na produktivnost zbog zastoja rada stroja [23].

Koraci planskog održavanja su:

1. Procjena i bilježenje trenutnog stanja opreme
2. Popravak kvara i poboljšavanje slabosti
3. Izrada sustava za upravljanje informacijama
4. Priprema informacijskog sustava, popisivanje opreme, dijelova i izrađivanje planova održavanja
5. Nabava uređaja za dijagnostiku opreme
6. Ocjena provedenih planskih održavanja

Prednosti planskog održavanja su [23]:

- Stalnim raspoređivanjem aktivnosti održavanja broj kvarova se postupno smanjuje, a to onda povećava kapacitete proizvodnje.
- Proizvodnja se rijetko prekida jer se točno zna kada će se plansko održavanje održati.
- Održavanje se obavlja kada je proizvodnja vrlo mala ili kad su strojevi u stanju mirovanja.
- Dijelovi se ne moraju čuvati u skladištu nego se nabavljaju prije određenog planskog održavanja.
- Veća sigurnost na radu i veća sigurnost opreme.

3.4.5. Stup 5 - Održavanje kvalitete

Ovaj TPM stup odnosi se na pitanje kvalitete te osigurava da je oprema u stanju otkriti i spriječiti pogreške tijekom proizvodnje. Analizira se i eliminira oprema čije performanse osciliraju, a rezultiraju smanjenjem kvalitete izrade. Kvaliteta održavanja je vrlo važna jer pomaže u sprečavanju naknadnih prerada proizvoda zbog loše kvalitete izrade [23].

Korištenjem *Lean* alata kao što su *Jidoka* i *Andon* strojevi mogu detektirati i prijaviti sve pogreške i anomalije, čime se oslobađa operatera od stalnog nadzora što je uobičajeno kod klasičnih tipova proizvodnje. Također, operateri moraju pronaći uzrok problema, a ne otkloniti problem na najbrži mogući način što često ne predstavlja trajno rješenje. To se omogućava kroz alate kao što su „5 Zašto“ analize korijena uzroka i *Ishakawa* dijagrame koji su strukturirani da omoguće pronalazak pravih razloga uzroka problema [23].

Prednosti održavanja kvalitete su [23]:

- Kvarovi su svedeni na minimum ili potpuno eliminirani
- Troškovi održavanja se smanjuju iz razloga što je održavanje svedeno na minimum zbog visoke kvalitete ranije izvršenih aktivnosti održavanja
- Smanjeni su troškovi proizvodnje zato što nema potrebe za preradom proizvoda

3.4.6. Stup 6 - Obrazovanje i trening

Ovaj stup odnosi se na obrazovanje i trening operatera za uspješnu provedbu TPM-a. Nedostatak znanja može stajati na putu pravilne provedbe TPM-a što dovodi do osrednjih rezultata ili u najgorem slučaju do potpunog neuspjeha. Bez odgovarajuće obuke, složeni alati kao TPM mogu biti pogrešno shvaćeni što može rezultirati katastrofalnim rezultatima za poduzeće. Obučeno osoblje može donositi inicijative za daljnji napredak što je od ključne važnosti za svako poduzeće. Obrazovanje i trening obuhvaća sve razine poduzeća, od operatera do najviših menadžera. Kroz trening operateri stječu određenu razinu vještina koje im omogućuju provođenje osnovnih aktivnosti održavanja koje su prethodno bile rezervirane za osoblje održavanja. Neki od ciljeva koje je potrebno ostvariti obrazovanjem i treningom su [23]:

- Unapređenje znanja, vještina i tehnika operatera
- Stvaranje okruženja pogodno za samostalno učenje
- Provođenje treninga kako bi se povisio moral zaposlenika i učinio rad ugodnijim
- Postizanje i održavanje proizvodnje s nula gubitaka

Koraci provedbe obrazovanja i treninga:

1. Postavljanje ciljeva i prioriteta te provjera sadašnjeg statusa obrazovanja i osposobljavanja zaposlenika
2. Uspostavljanje sustava za trening
3. Obuka zaposlenika za unapređenje vještina održavanja
4. Izrada plana budućih osposobljavanja
5. Ocjenjivanje provedenih edukacija i istraživanje budućeg pristupa

3.4.7. Stup 7 - TPM u uredu

Ovaj stup omogućava poboljšanje produktivnosti, poboljšanje učinkovitosti u administrativnim funkcijama i identificiranje i eliminiranje gubitaka. On uključuje analizu procesa i procedura i usmjeren je na povećanju automatizacije ureda. TPM u uredu bavi se eliminiranjem sljedećih gubitaka [23]:

- Gubici zbog obrade velikih količina informacija
- Visoki troškovi nabave, računovodstva, marketinga i prodaje zbog nagomilavanja zaliha

- Loša komunikacija između različitih odjela
- Kvar komunikacijskih kanala i telefonskih linija
- Gubici nastali zbog kvarova uredske opreme
- Vremenski gubici provedeni u nabavljanju određenih informacija
- Pritužbe klijenata zbog logistike
- Troškovi hitne otpreme ili kupovine

TPM u uredu omogućava bolju organizaciju radnog mjesta, smanjenje ponavljajućeg rada, smanjenje nagomilavanja zaliha, smanjenje administrativnih troškova, smanjenje nepotrebne dokumentacije, smanjenje kvarova uredske opreme, smanjenje pritužbi klijenata, smanjenje troškova zbog neplanirane nabave opreme, smanjenje ljudskog rada i povećanje automatizacije poslova te čisto i ugodno radno okruženje [23].

3.4.8. Stup 8 - Sigurnost i organizacija radnog mjesta

Cilj proizvodnje je zadovoljavanje potreba kupaca proizvodima visoke kvalitete koji su im cjenovno prihvatljivi i dostupni u svako vrijeme i na svakom mjestu. Ispunjavanje ovog cilja je moguće u okolini u kojoj ljudi nisu zabrinuti za svoju sigurnost što je osnovni preduvjet za rad i zbog kojega je sigurnost kamen temeljac svake proizvodne aktivnosti. Pored toga sigurnost je i osnova svih aktivnosti održavanja pri čemu je glavni princip prepoznati opasne uvjete rada prije nego uzrokuju nezgodu [20].

Radno mjesto na kojem je ugodno raditi je tamo gdje ljudi rade bez brige za svoju sigurnost. Za stvaranje takvog radnog mjesta potrebno je ukloniti tri najveće prepreke koje ugrožavaju siguran rad: teške zadatke, prljavštinu i opasnosti [20].

- Teške zadatke je problematično odrađivati kako treba jer su zamorni i zahtijevaju veliki trud
- Prljavština je više od nečistoće. Kad zanemarimo naše radne mjesto, prljavština može uzrokovati kvar opreme i uvjete rada koji su nesigurni.
- Uvjeti nesigurnog rada će prije ili kasnije dovesti do ozbiljnih nezgoda



Slika 13. Tri najveća zla na radnom mjestu [20]

Zašto se događaju nezgode?

Nezgode se događaju kao kombinacija nesigurnih uvjeta i neodgovarajućeg ponašanja. Nesigurni uvjeti su materijalne prirode i nastaju kao posljedica izostanka zaštitnih elemenata ili neodgovarajuće zaštitne opreme. Neodgovarajuće ponašanje nastaje kao posljedica nepridržavanje propisanih standarda (npr. upotreba pogrešnih alata, neodgovarajuće zaštitne opreme ili zanemarivanje standardnih postupaka u kojima je provjera i potvrda izvršenosti nužna za kvalitetno obavljanje zadatka). Kad se dogodi nezgoda ljudi uglavnom traže njezin neposredni uzrok. U takvim slučajevima je puno važnije razumjeti koja je to kombinacija nesigurnih uvjeta i neodgovarajućeg ponašanja dovela do nezgode i što trebamo poduzeti da se to više ne ponovi. Dakle, za sprečavanje nezgoda neophodno je otkloniti oba uzroka [20].

Osnovni principi sigurnosti na radu

Organizacija radnog mjesta i disciplina, kontrola, održavanje i standardizacija radnih postupaka su sastavni elementi koji čine radno mjesto sigurnim za rad [20].

Organizacija radnog mjesta i disciplina su toliko važni da ih se još naziva početkom i krajem sigurnosti radnog mjesta što moraju razumjeti svi sudionici procesa. Funkcionalnost i

djelotvornost opreme i njezinih zaštitnih uređaja s vremenom slabi pa je od vitalne važnosti obavljanje redovnih aktivnosti održavanja propisanih od strane proizvođača, korisnika i zakonodavca. Nužno je standardizirati radne metode i aktivnosti koje u praksi daju najbolje rezultate jer je siguran posao samo onaj koji se može obaviti s punim povjerenjem u zadanom vremenu [20].

Aktivnosti koje unapređuju sigurnost

Sigurnost na radu je proces koji se provodi kontinuirano i sistematično. Tablica 3. pruža nekoliko uputa za eliminaciju nesigurnih uvjeta i nesigurnog ponašanja na radnom mjestu kroz integraciju sigurnosti na radu u aktivnosti autonomnog održavanja. Vrlo je jednostavno uklopiti kontrolu sigurnosti kao dio kontrolnih aktivnosti opreme [20].

Tablica 3. Sigurnost na radu i autonomno održavanje [20]

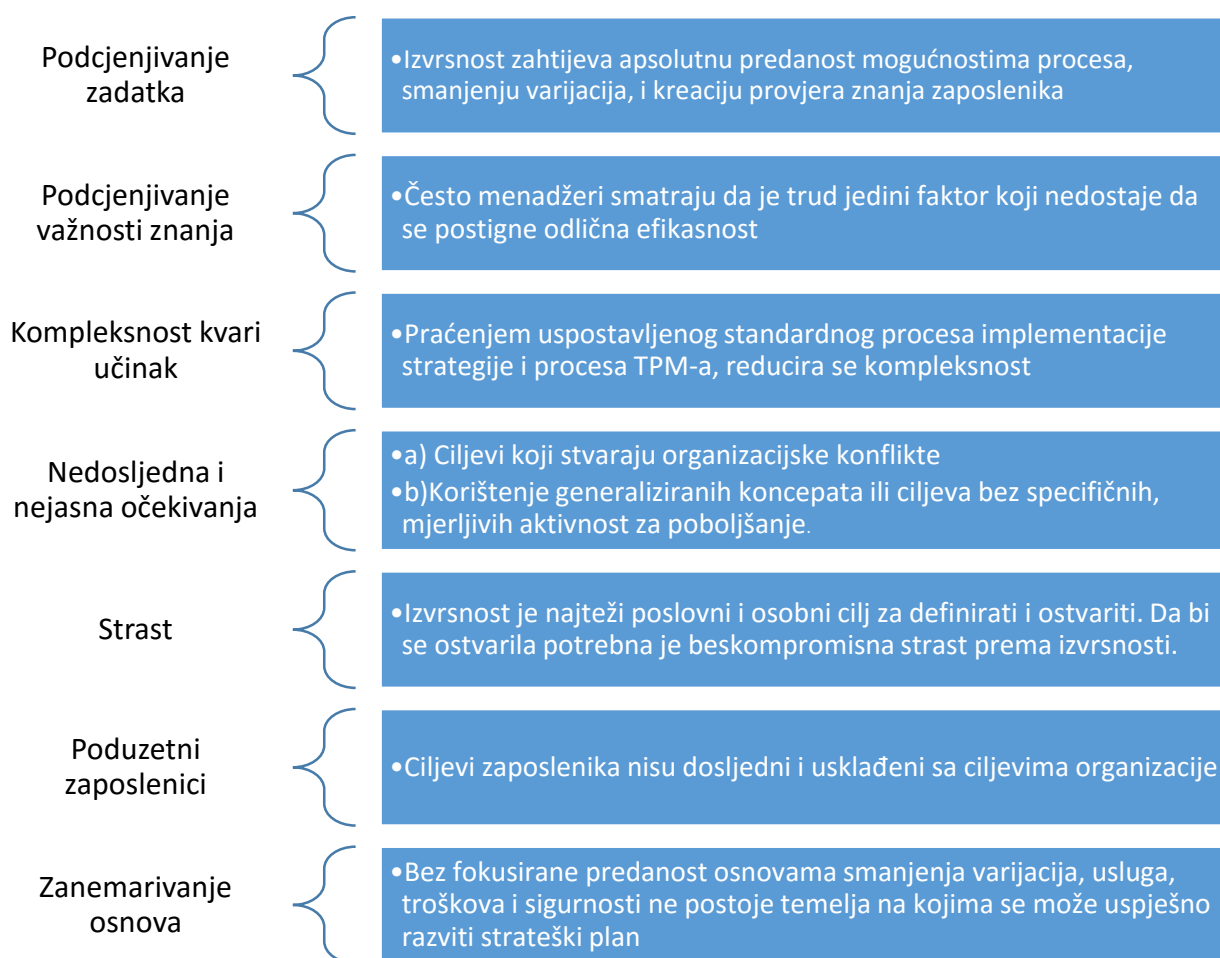
Sigurnost na radu i autonomno održavanje		
1	Čišćenje i inspekcija	Eliminacija nesigurnih uvjeta ▪ pronaći i ispraviti nedostatke kao što su otvoreni pokretni dijelovi, izvori kontaminacije, nepristupačni dijelovi ili štetne supstance ▪ poduzeti korake za ispravljanje nedostataka povezanih sa zaštitnim poklopcima, zaštitama ▪ uspostaviti i kontrolirati radne postupke i dnevne kontrolne metode ▪ prekontrolirati i unaprijediti funkcioniranje sigurnosnih uređaja
2	Uklanjanje izvora problema i nepristupačnih mjesta za održavanje	
3	Izrađivanje standardne liste redovnih aktivnosti čišćenja i podmazivanja	
4	Provođenje redovnih dnevnih kontrola	
5	Unapređivanje postojećih postupaka i aktivnosti	Eliminacija nesigurnog ponašanja ▪ ispraviti nepravilne pokrete i metode

6	Vizualizacija svih aktivnosti održavanja i proizvodnje	▪ osigurati organizaciju radnog mjesta i održavanje postignutog („5S“ metoda) ▪ poticati sve sudionike da preuzmu brigu za svoje radno mjesto
7	Dosljedno upravljanje i provođenje sustavom održavanja	

3.5. Problemi implementacije TPM-a

Mnogo pokušaja implementacije TPM-a rezultira neuspjehom. Razloga za neuspjeh ima puno poput nedostatka razumijevanja utjecaja TPM-a, bez podrške uprave nema ni rezultata, nedovoljno educiranih zaposlenika o TPM-u, sindikalni otpor nastao zbog nepoznavanja TPM-a i njegovih mogućnosti i ciljeva, nedostatak upornosti i motivacije, loše razvijena strategija odnosno krivi pristup implementaciji. TPM je velika promjena u poduzeću te može imati utjecaja na strukturu poduzeća, na podjele odgovornosti zaposlenika, način funkcioniranja samog proizvodnog procesa, na učinkovitost itd. [18].

Sedam prepreka uspješnoj implementaciji TPM-a [18]:



Slika 14. Sedam prepreka uspješnoj implementaciji TPM-a [18]

3.6. Budućnost TPM-a

Cjelovito učinkovito održavanje započelo je u proizvodnoj industriji. Međutim, oprema postoji i u mnogim drugim industrijama kao što su uslužna djelatnost i zdravstvo. Fokus opreme u uslužnoj djelatnosti i zdravstvu je na korištenju, a ne na održavanju stoga u ovim industrijama postoji potreba za obavljanjem preventivnog održavanja uz angažiranje zaposlenika u cijeloj organizaciji kako bi se povećala učinkovitost. Slično kao i u proizvodnji, TPM pomaže uslužnim i zdravstvenim organizacijama povećati učinkovitost procesa i opreme, smanjiti nedostatke i zastoje te povećati zadovoljstvo i moral radnika. To pomaže zadržati neplanirano održavanje na minimumu što može biti presudno, posebno u zdravstvu. Ostale prednosti koje su izraženije u ovim industrijama u odnosu na proizvodnju su smanjenje administrativnih

troškova, kvarova uredske opreme i pritužbi klijenata te povećanje produktivnosti djelovanja podrške [24].

U uslužnim djelatnostima mjera učinkovitosti je obično ukupna učinkovitost izvedbe (eng. *Overall performance efficiency - OPE*), a ne ukupna učinkovitost opreme. OPE je mjera učinkovitosti ljudi i procesa koji se koriste prilikom stvaranja vrijednosti. OPE pokriva gubitke koji se stvaraju čekanjem, gubitke prilikom isporuke, gubitke prerade, gubitke zbog nepotrebnih pokreta itd. [24].

U zdravstvu postoji velika količina opreme koju je potrebno održavati kao što su rendgenska oprema, sterilizatori, strojevi za pohranu lijekova itd. Cilj TPM-a u bolnicama je smanjenje neplaniranih zastoja opreme, smanjenje učestalosti pogrešaka i operativnih troškova uz povećanje kapaciteta opreme te sigurnosti zaposlenika i pacijenata. Fokus opreme u zdravstvu mora biti premješten s korištenja medicinske opreme na održavanje medicinske opreme [24].

4. PRAKTIČNI PRIMJER UVOĐENJA TPM-A

INA d.d. je srednje velika europska naftna kompanija. S 12 503 zaposlenih i EBITDA (dobit prije kamata, poreza i amortizacije) u iznosu od 2.580 milijuna kuna INA ima vodeću ulogu u naftnom i plinskom poslovanju u Hrvatskoj, uključujući istraživanje i proizvodnju, preradu nafte, trgovinu prirodnim plinom i distribuciju naftnih derivata, te značajnu ulogu na regionalnom tržištu motornih goriva. Na kraju 2014. godine, INA je raspolagala s 237 milijuna boe (eng. *barrel of oil*) dokazanih i vjerojatnih rezervi ugljikovodika uz proizvodnju ugljikovodika od 38,4 tisuća boe dnevno (godišnji prosjek). Rafinerije nafte Rijeka i Sisak, ukupnog kapaciteta 6,7 milijuna tona, u 2014. godini proizvele su 2,7 milijuna tona naftnih derivata. Segment djelatnosti trgovina na malo, na dan 31. prosinca 2014., upravljao je mrežom od 442 benzinske postaje.

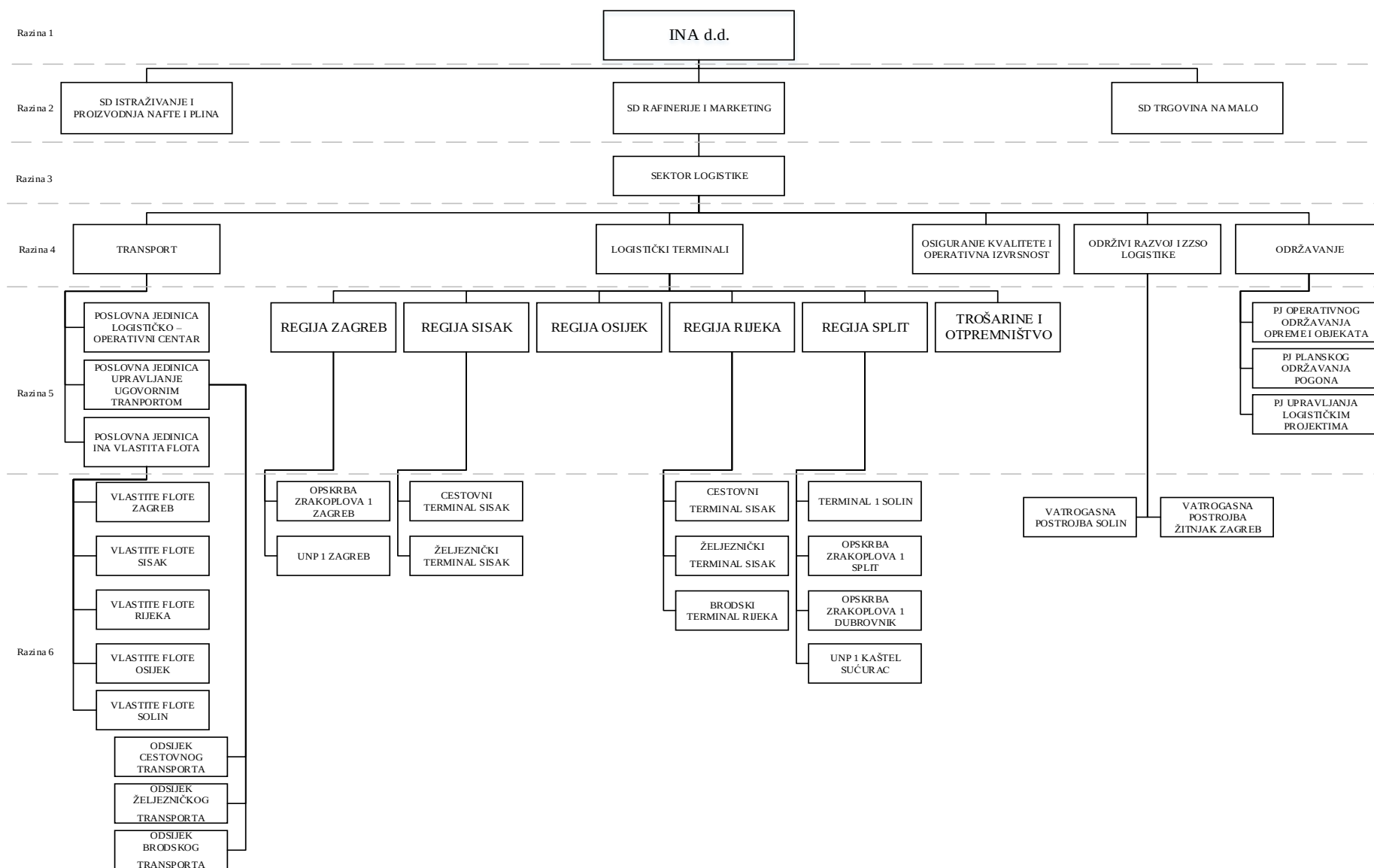
Segment djelatnosti istraživanje i proizvodnja nafte i plina bavi se istraživanjem razradom i proizvodnjom nafte i prirodnog plina u Hrvatskoj i inozemstvu. Od svog osnivanja pa do danas, INA Grupa bila je uključena u aktivnosti istraživanja i proizvodnje u 20 država, a danas je prisutna u Angoli i Egiptu. U više od 60 godina postojanja opremljeno je i pušteno u rad 45 naftnih i 30 plinskih polja, izgrađeno oko 4.500 istražnih i razradnih bušotina ukupne dubine oko sedam milijuna metara, oko 1.200 proizvodnih naftnih bušotina s više od 4.000 km raznih cjevovoda, više od 200 proizvodnih plinskih bušotina te naftaških objekata i postrojenja. Do današnjih dana, Inina proizvodnja ugljikovodika činila je i još uvijek čini između 50 i 60 posto domaće proizvodnje ukupne primarne energije.

Segment djelatnosti rafinerije i marketing nositelj je poslova nabave i prerade nafte te proizvodnje, distribucije i prodaje naftnih derivata na domaćem i inozemnim tržištima. Upravlja s dvije rafinerije nafte u Hrvatskoj, smještene u Rijeci i Sisku. U razvoj Ininog rafinerijskog sustava u posljednjih je nekoliko godina uloženo više od 5 milijardi kuna. U Rafineriji nafte Rijeka izgrađena su tri procesna postrojenja u sklopu Hidrokreking kompleksa - Blagi hidrokreking, Postrojenje za proizvodnju vodika i Postrojenje za izdvajanje sumpora (tzv. Claus postrojenje), kao i brojna pomoćna postrojenja i instalacije. U veljači 2014. godine potpisan je i realiziran ugovor o izradi baznog dizajna za Postrojenje za obradu teških ostataka za Rafineriju nafte Rijeka s kompanijom Bechtel Hydrocarbon Technical Solutions (BHTS). U Rafineriji nafte Sisak također su izgrađena tri postrojenja: Postrojenje za izdvajanje sumpora, Postrojenje za hidrodesulfurizaciju FCC benzina i Postrojenje za izomerizaciju. Također, Rafinerija nafte Sisak od sredine 2013. godine ima mogućnost proizvodnje dizelskih goriva s bio

komponentom, a u rujnu te godine je u rad pušten sustav dodatne obrade otpadnih voda KROFTA, dok je u travnju 2014. izvršena montaža novih koksni komora na Koking postrojenju u Rafineriji nafte Sisak.

Segment djelatnosti trgovina na malo upravlja regionalnom mrežom od 442 benzinske postaje, od kojih 391 u Hrvatskoj te 51 postaja u susjednim zemljama Bosni i Hercegovini, Sloveniji i Crnoj Gori. Intenzivan razvoj maloprodajne mreže i projekt modernizacije „Plavi koncept“ nastavljen je i tijekom 2014. godine širom Hrvatske na brojnim lokacijama. Projekt „Plavi koncept“ je pokrenut kako bi ponudio vrhunske proizvode kupcima kao i vrhunsku uslugu na benzinskim postajama uz značajno poboljšanje vizualnog identiteta i tehničkih značajki. Rezultat ovog projekta je upravljanje najvećom mrežom modernih benzinskih postaja u Hrvatskoj.

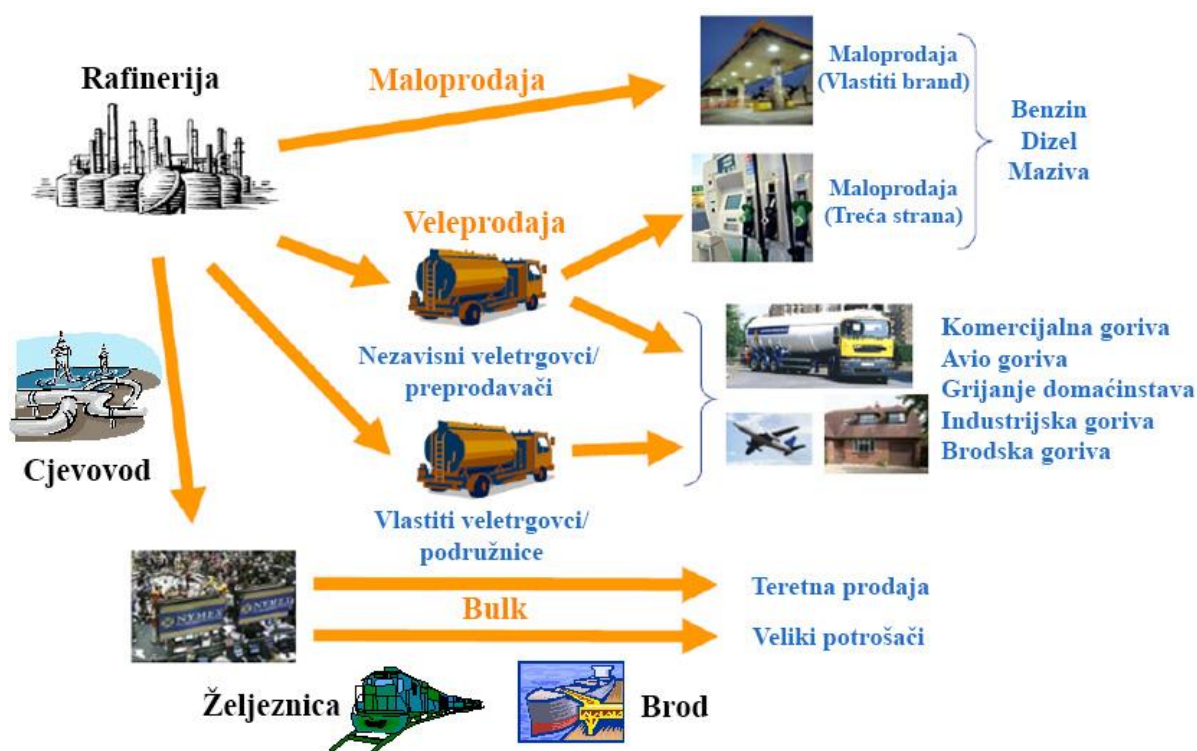
Na sljedećoj slici prikazana je organizacijska struktura INA-e.



Slika 15. Organizacijska struktura INA-e

4.1. Sektor logistike

Logistika je kružni proces od nabave preko proizvodnje i prodaje do potrošača. Uključuje koordinaciju svih kretanja materijala, proizvoda i robe u fizičkom, informacijskom i organizacijskom pogledu. Za efikasan proces opskrbe i distribucije važna je vrlo dobra komunikacija Sektora komercijalnih poslova, Sektora za upravljanje lancem opskrbe i Sektora logistike

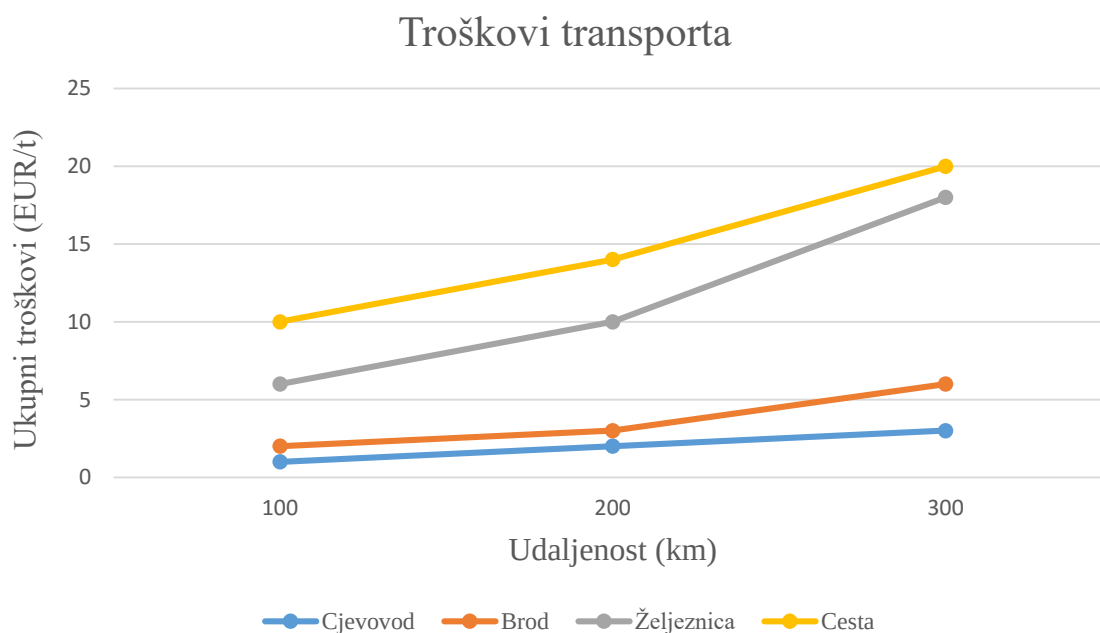


Slika 16. Put do tržišta i uloga sektora logistike

Sektor logistike obavlja poslove iz sljedećih područja rada:

- Organizacija i upravljanje transporta i skladištenje sirovina i gotovih proizvoda.
- Upravljanje transportom proizvoda iz rafinerija prema krajnjim kupcima ili INA-inim skladišnim terminalima, kako na području Hrvatske, tako i na svim INA-inim tržištima.
- Organizacija transporta sirove nafte do rafinerija.
- Transport naftnih derivata u primarnoj distribuciji od rafinerija do skladišta, po nalogu Sektora za upravljanje lancem opskrbe.

- Manipulacija robe na skladištima kako bi se osigurale količine i sve kvalitativne karakteristike.
- Kontinuirano praćenje količina robe kod primatelja i nadzor zaliha na skladištima te pažljivi izračuni posebnog poreza na naftne derivate i posebnih pristojbi.
- Upravljanje zalihama naftnih derivata na benzinskim postajama.
- Organizacija sekundarne distribucije robe za benzinske postaje i kupce.
- Primjenom optimalnog modela transporta, u traženo vrijeme, uz najniže troškove, dostaviti proizvode na raspolaganje krajnjim korisnicima, a sve prema mjesečnim i tjednim planovima prerade, proizvodnje i prodaje, koje priprema Sektor za upravljanje lancem opskrbe. Na slici 17. prikazana je ovisnost ukupnih troškova o načinu transporta iz čega je vidljivo koliko je bitno izabrati najoptimalniji model transporta.

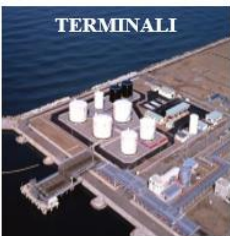
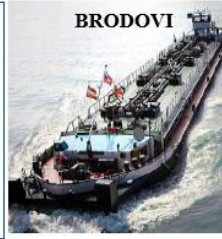


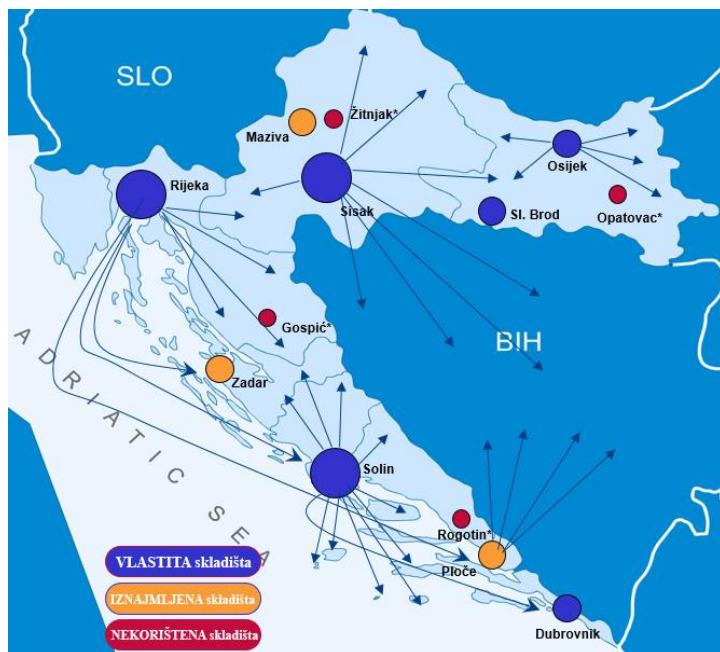
Slika 17. Ukupni troškovi prema vrsti transporta

- Prilagodba raspoloživih transportnih i skladišnih kapaciteta proizvodima, kako bi isti do krajnjeg kupca došli u traženoj količini i kvaliteti.
- Odgovorno upravljati imovinom i materijalima, radi održavanja transportnih i skladišnih kapaciteta koji su mu stavljeni na raspolaganje, prema zahtjevima tehničke sigurnosti i važećim zakonskim propisima, a poglavito u vezi zaštite zdravlja i okoliša.

- Organizacija poslovnih procesa sukladno važećim zakonskim odredbama i politikama poslovanja u INA d.d., te svojim poslovanjem doprinijeti profitu kompanije.

Ključni podaci sektora logistike:

 TERMINALI	• KAPACITET: 450 000 (m³) • GODIŠNJA PROPUSNOST: 3 milijuna (m³) • TROŠKOVI/m³: 6 € / m³	 TANKOVI						
 ŽELJEZNICA	<table><thead><tr><th>ŽELJEZNICA</th><th>MORE</th></tr></thead><tbody><tr><td> • KAPACITET: 397 vagona • VOLUMEN: 650.000 (m³) </td><td> • KAPACITET: 4 tankera • VOLUMEN: 700.000 (m³) </td></tr><tr><td colspan="2"> • TROŠKOVI/m³: 6 € / m³ </td></tr></tbody></table>	ŽELJEZNICA	MORE	• KAPACITET: 397 vagona • VOLUMEN: 650.000 (m³)	• KAPACITET: 4 tankera • VOLUMEN: 700.000 (m³)	• TROŠKOVI/m³: 6 € / m³		 BRODOVI
ŽELJEZNICA	MORE							
• KAPACITET: 397 vagona • VOLUMEN: 650.000 (m³)	• KAPACITET: 4 tankera • VOLUMEN: 700.000 (m³)							
• TROŠKOVI/m³: 6 € / m³								
 PUNILIŠTE	• KAPACITET: 5 247 (m³) • VOLUMEN: 3 milijuna (m³) • TROŠKOVI/m³: 11 € / m³	 AUTO CISTERNE						



Slika 18. Resursi i infrastruktura - Derivati

Odjel logistike posjeduje šest vlastitih skladišta ukapljenog naftnog plina. To su Zagreb, Rijeka, Pula, Slavonski Brod, Kaštel Sućurac i Metković. Također odjel iznajmljuje jedno dodatno skladište u Omišlju. Od šest vlastitih skladišta, četiri se koriste kao i punionice. To su Zagreb, Rijeka, Slavonski Brod i Kaštel Sućurac. Vozni park se sastoji od 40 auto cisterni i 162 željeznička vagona.



Slika 19. Resursi i infrastruktura - Ukapljeni naftni plin

4.2. Opskrba zrakoplova - Terminal 1 Zagreb

Lokacija izabrana kao pilot lokacija projekta TPM održavanja u Sektoru logistike je Opskrba Zrakoplova - Terminal 1 Zagreb. U ovom poglavlju kratko je opisan položaj i značenje Terminala unutar Sektora logistike. Isto tako, opisan je proces koji se odvija se na Terminalu, kao uvod u analizu trenutnog stanja i potrebe za TPM održavanjem.

Terminal opskrbe zrakoplova Zagreb nalazi se u sklopu prostora zračne luke Zagreb, na prostoru površine 20.000 m² koji je ograđen žicom i udaljen oko 100 m istočno od glavne zgrade terminala zračne luke.



Slika 20. Terminal opskrbe zrakoplova Zagreb u sklopu prostora zračne luke Zagreb

Na lokaciji OZ Zagreb nalaze se sljedeći objekti:

- **Upravna zgrada**
- **Nadzemni spremnici** – u prostoru se nalazi ukupno 3 čelična nadzemna spremnika, zavarene izvedbe, svaki spremnik ima svoj betonski bazen

Tablica 4. Nadzemni spremnici

OZNAKA	NAMJENA	ZAPREMNINA	TIP	NAPOMENA
R-1	JET A-1	1000 m ³	nadzemni	
R-2	JET A-1	1000 m ³	nadzemni	

R-11	JET A-1	5000 m ³	nadzemni	prazan
------	---------	---------------------	----------	--------

- **Podzemni spremnici** – u prostoru se nalazi ukupno 8 podzemnih čeličnih spremnika ukopanih u zemlju s nad slojem 1m. Izrađeni su kao ležeći jednoslojni i hidroizolirani, te ispitani na nepropusnost.

Tablica 5. Podzemni spremnici

OZNAKA	NAMJENA	ZAPREMNINA	TIP	NAPOMENA
R-3	AVGAS 100LL	100 m ³	podzemni	
R-4	AVGAS 100LL	100 m ³	podzemni	prazan
R-5	AVGAS 100LL	100 m ³	podzemni	prazan
R-6	AVGAS 100LL	50 m ³	podzemni	prazan
R-7	AVGAS 100LL	50 m ³	podzemni	prazan
R-8	Dizelsko gorivo	20 m ³	podzemni	
R-9	Dizelsko gorivo	10 m ³	podzemni	
R-10	Dizelsko gorivo	10 m ³	podzemni	prazan

- **Objekt garaže**



Slika 21. Garažni objekt na lokaciji OZ Zagreb

- **Istakalište i punilište** – objekt istakalište i punilište namijenjen je za istakanje i punjenje autocisterni, otvoreno je i vanjsko istakalište i punilište s dvije nadstrešnice. Ukupno se na objektu nalaze 3 utakačka i 4 istakačkih mjesta, mjerač protoka, sustav za odvođenje statičkog elektriciteta i sustav za odvodnju zauljenih voda u separator.



Slika 22. Vanjsko istakalište i punilište na lokaciji OZ Zagreb

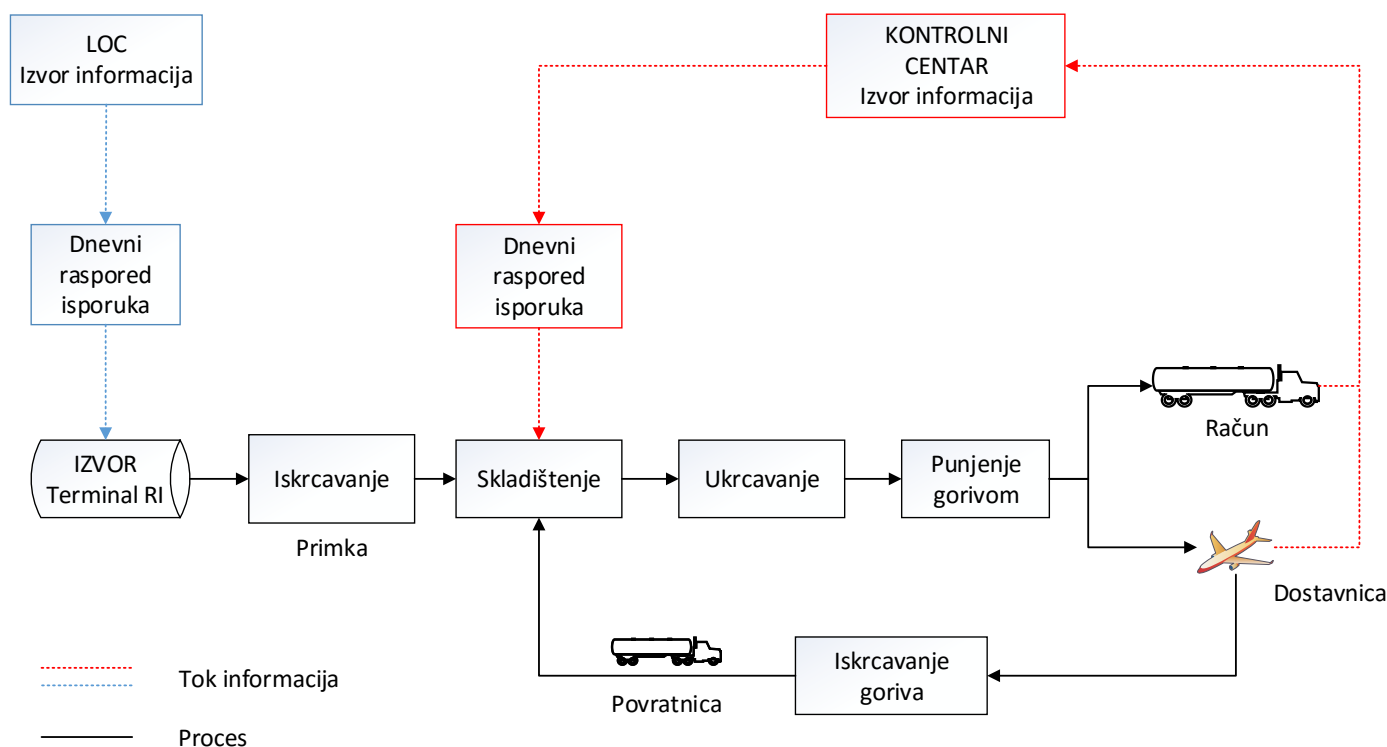
- **Pumpaonica** – pumpaonica je otvoreni betonski plato veličine cca. 15x5 m, upušten 0,3 m ispod ceste. Iznad platoa pumpaonice izvedena je čelična nadstrešnica s pokrovom. Ukupno je aktivno 7 centrifugalnih pumpi dok su dvije van funkcije.



Slika 23. Pumpaonica na lokaciji OZ Zagreb

4.2.1. Prikaz procesa

Na slici 24. prikazan je proces opskrbe zrakoplova i aktivnosti koje se provode na lokaciji. Proces se sastoji od tri manja podprocesa.



Slika 24. Proces opskrbe zrakoplova

1. Primanje goriva

Na avioservis Zagreb dopremaju se dvije vrste zrakoplovnog goriva - mlazno gorivo JET-A1 i aviobenzin. Mlazno gorivo JET A-1 doprema se vlastitim i ugovornim autocisternama, najčešće iz Rafinerije nafte Rijeka, a aviobenzin autocisternama iz uvoza. Termini dopreme unaprijed su određeni u koordinaciji s Logističkim operativnim centrom Sektora logistike. Prilikom preuzimanja goriva ispunjava se potrebna dokumentacija (primka) kojom se potvrđuje preuzimanje goriva. Također, kako bi se potvrdilo da se parametri goriva nisu promijenili prilikom distribucije, svaka serija proizvoda mora biti praćena dokumentacijom: Rafinerijska potvrda kvalitete goriva, potvrda analize koju izdaje neovisni laboratorij i potvrda o periodičnom ispitivanju.

2. Skladištenje

Gorivo se preuzima iz autocisterni i skladišti se u spremnike na lokaciji. Dva su funkcionalna nadzemna spremnika za skladištenje mlaznog goriva JET-A1, kapaciteta 2000 m³, dok su spremnici za skladištenje aviobenzina podzemni, ukupnog kapaciteta 100 m³. Skladištenje se odvija na ukupno tri utakačka mjesta.

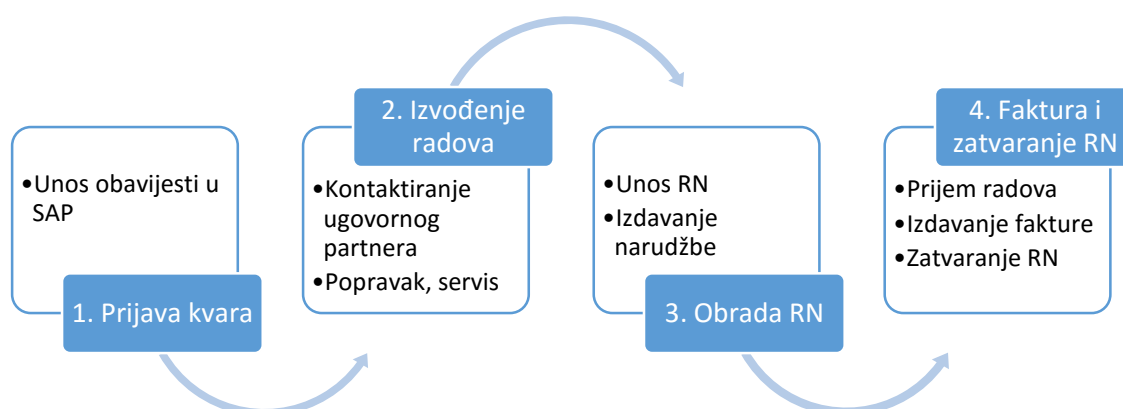
3. Dostava goriva na zračnu pistu

Gorivo zaprimljeno na avioservis mora prije isporuke u zrakoplov proći različita terenska uzrokovanja i kontrolu kvalitete goriva. Nakon provedenih kontrola kvaliteta, gorivo se iz spremnika zaprima u aviocisterne. Ispisuje se pripadajuća dokumentacija (dostavnica) kojom se potvrđuje preuzimanje goriva iz spremnika. Aviocisterna prevozi gorivo od terminala do zračne piste gdje se gorivom opskrbljuju zrakoplovi. Nakon završetka punjenja zrakoplova gorivom, ponovno se ispisuje dostavnica koja između ostalog uključuje registraciju zrakoplova te količinu i vrstu goriva te ju potpisuje predstavnik aviokompanije (pilot).

4.2.2. *Analiza postojećeg stanja*

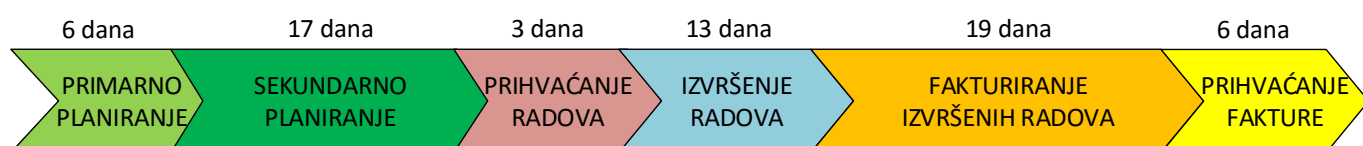
Upravljanje održavanjem na lokaciji Opskrbe zrakoplova gorivom Zagreb, provodi se pomoću SAP PM programskog alata koji omogućava evidenciju izvedenih i planiranih aktivnosti nad opremom i skladišnim instalacijama.

Po nastanku potrebe održavanja (kvara ili preventivnog održavanja) na lokaciji, ovlašteni predstavnik korisnika sredstava, u ovom slučaju Voditelj logističkog terminala uporabom transakcije „Izvešće o kvaru“ unosi potrebu za održavanjem u SAP PM sustav. Daljnji tijek procesa prikazan je na slici 25.



Slika 25. Tijek procesa upravljanja održavanjem

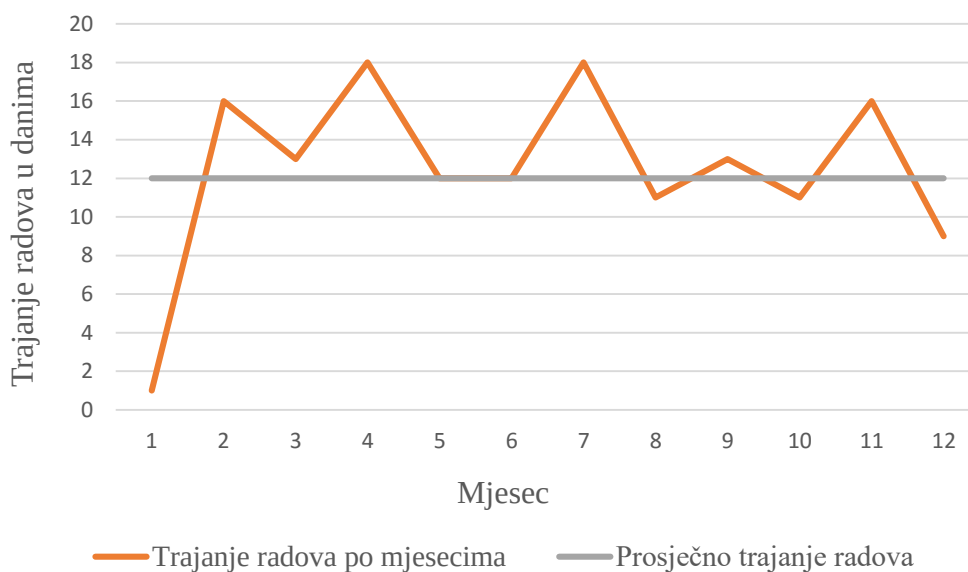
Analiza podataka iz 2015. godine o održavanju na lokaciji Opskrbe zrakoplova Zagreb pokazuje sljedeće:



Slika 26. Analiza podataka iz 2015. godine o održavanju na lokaciji OZ Zagreb

1. Prosječno vrijeme od otvaranja obavijesti do otvaranja radnog naloga (Primarno planiranje) je 6 dana.
2. Sekundarno planiranje traje 17 dana. Sekundarno planiranje obuhvaća provjeru stanja na terenu i izradu ponude.
3. Prihvaćanje radova od strane korisnika prema ponudi od izvršitelja radova traje 3 dana.
4. Prosječno vrijeme trajanja izvršenja radova je 13 dana.
5. Fakturiranje izvršenih radova traje prosječno 19 dana.
6. Prihvaćanje fakture traje prosječno 6 dana.

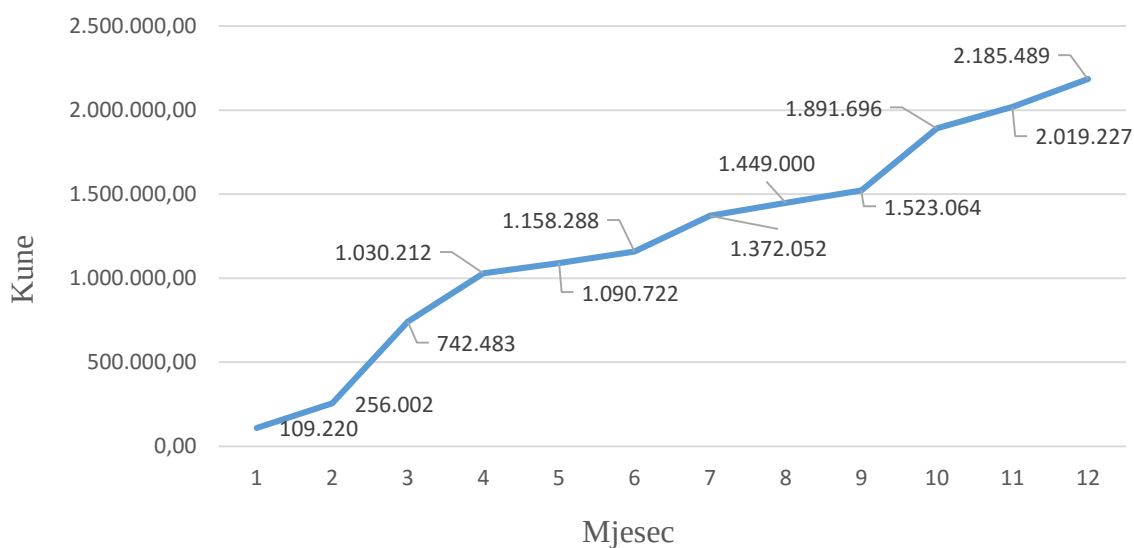
Na slici 27. prikazano je trajanje radova po mjesecima u 2015. godini.



Slika 27. Trajanje radova po mjesecima u 2015. godini

Analizom svih radova obavljenih na lokaciji Opskrbe zrakoplova Zagreb u 2015. godini zaključeno je da postoje radovi za koje nije potrebno angažirati vanjske izvođače već su ih operateri u mogućnosti sami otkloniti ili čak spriječiti preventivnim pregledima.

Također, smanjili bi se i direktni troškovi održavanja (prikazani na slici 28.) jer ne bi bilo potrebno angažirati i plaćati vanjske izvođače za izvođenje popravaka već bi ih izvodili operateri samostalno.



Slika 28. Troškovi održavanja po mjesecima na lokaciji OZ Zagreb

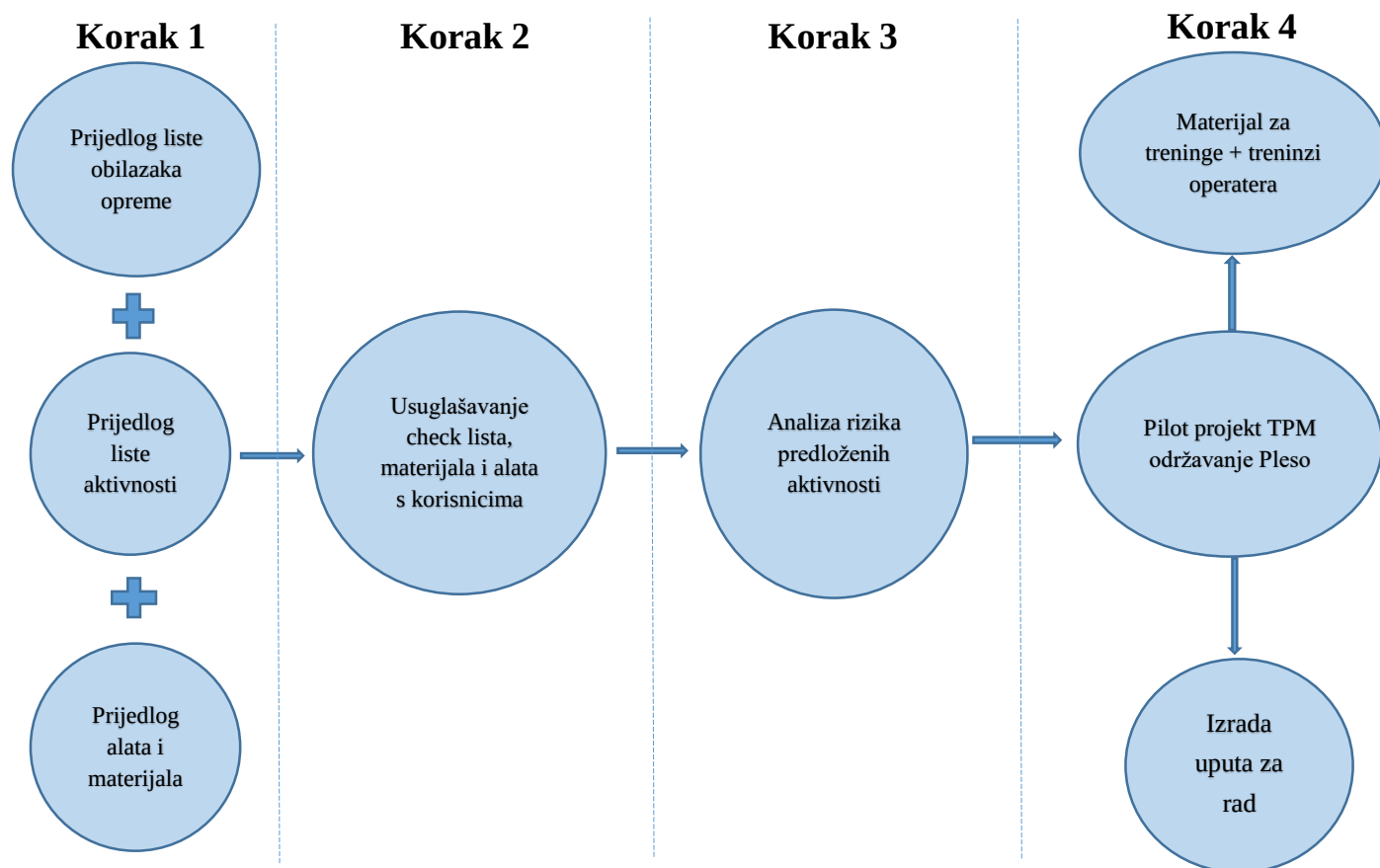
Nalod	Status	Kratki tekst	Mjes	Kreiran	Promijen	Prioritet	Uk.pl.tr.	Uk.stv.tr.	Unid	Funkc.lokacij
4238698	SMTC	Ispit. i ovjera EDG agregata Pleso	12	17.12.2015	MADRAGUN	NORMA Kratkoroč 1-2T	2.001,38	1.250,63	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-004
4238687	SMTC	Čišć. i snimanje kanaliz. Pleso-dodatni	12	16.12.2015	MADRAGUN	Kratkoročan (1-2TJ)	17.030,06	10.135,34	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-001
4238682	SMTC	Pregl. mjerila na AVC 3 - AS Pleso	12	16.12.2015	MADRAGUN	Kratkoročan (1-2TJ)	712,5	659,63	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4238685	SMTC	Prijevoz mosne vage RNR - AS Pleso	12	16.12.2015	MADRAGUN	NORMA Kratkoroč 1-2T	22.855,00	19.300,00	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-001
4238645	SMTC	Demontaža mosne vage RNR	12	15.12.2015	MADRAGUN	Kratkoročan (1-2TJ)	105.102,00	82.490,00	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-001
4238071	SMTC	Ispit.Ex uređaja i el. inst-AS Pleso ZER	12	7.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	9.608,71	9.332,68	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-007
4238073	SMTC	Popr. mjerila na AVC3 - AS Pleso	12	7.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	1.130,00	1.077,13	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4237893	SMTC	Akumulatori 135AH za AVC AB100	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	3.740,00	3.740,00	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4238015	SMTC	Zamjena ventila	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	1.300,00	1.300,00	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4238014	SMTC	Ugrad. motor stopa - AVC AVGAS-Pleso	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	4.780,11	4.780,11	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4238012	SMTC	Ugrad. motor stopa AVC 4 - Pleso	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	5.955,22	5.955,22	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4237894	SMTC	Ugrad. motor stopa AVC2 - Pleso	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	5.955,22	5.955,22	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4238013	SMTC	Ugrad. motor stopa na AVC 3 - Pleso	12	4.12.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	4.780,11	4.780,11	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4237792	SMTC	Defekt. i serv. AVC 1, 2, 10-Pleso	12	2.12.2015	MADRAGUN	Normalan (3-6TJ)	16.098,50	15.505,90	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4237484	SMTC	Inter. pranje spremnika S2 i atest-Pleso	11	27.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	7.844,00	7.844,00	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-003
4237490	SMTC	Pregl istak. opreme VI turnus-Pleso	11	27.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	5.674,00	5.094,56	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4237173	SMTC	Popr. propuštanja u oknu spremnika-Pleso	11	25.11.2015	MADRAGUN	NORMA Kratkoroč 1-2T	1.916,00	1.825,28	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-003
4236535	SMTC	Ispit mjerila Pleso-stabilna instalacija	11	16.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	12.442,94	12.442,43	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-004
4236538	SMTC	Ispit ovjera mjerila Pleso-veliki etalon	11	16.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	53.704,23	53.702,69	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4236540	SMTC	Ispit. mjerila Pleso AVGAS-mali etalon	11	16.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	6.108,22	6.108,22	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4236211	SMTC	Planirani tehnički pregled_AVC2	11	10.11.2015	MADRAGUN	NORMA Normal.(3-6TJ)	550	550	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-005
4235967	SMTC	Interv. poprav. elektroinstal.-Pleso/ZER	11	6.11.2015	MADRAGUN	NORMA Kratkoroč 1-2T	20.578,80	16.830,22	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-007
4235965	SMTC	Podmazivanje pumpe MP-01	11	6.11.2015	MADRAGUN	NORMA Kratkoroč 1-2T	2.071,15	1.503,15	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-007
4235867	SMTC	Čišćenje i snimanje fekalne kanalizacije	11	5.11.2015	MADRAGUN	Normalan (3-6TJ)	11.496,90	7.179,07	MAVIDOVI	LOG-AVS-ZAG-001

Slika 29. Dio radova iz 2015. godine

Na slici 29. je prikazan dio radova obavljen u 2015. te su označeni neki radovi koje je moguće obaviti na licu mjesta od strane operatera. Time bi se značajno smanjilo vrijeme čekanja na popravak, što bi smanjilo indirektno operativne troškove uzrokovane mehaničkom nedostupnošću opreme tj. nemogućnošću ispunjenja uobičajenih radnih zadataka. Uzimajući u obzir sve navedeno, u narednim poglavljima opisan je postupak uvođenja TPM održavanja na lokaciju Opskrbe zrakoplova Zagreb i konačno, u posljednjem poglavlju prikazana je detaljnija financijska analiza.

4.2.3. Koraci implementacije TPM projekta

Implementacija TPM održavanja na lokaciju Pleso odrađena je u fazama kroz sljedeće korake:



Slika 30. Koraci implementacije TPM-a na lokaciji za opskrbu gorivom

4.2.3.1. Liste obilazaka opreme

Lista obilazaka opreme je lista aktivnosti provjere opreme koju provode rukovatelji opremom (operateri). Provjera opreme se bazira na 5 osjetila (vid, sluh, njuh, opip i okus). Pregledi opreme su periodički. Izrađene su dnevne, tjedne, mjesečne i godišnje liste provjere opreme. Osmišljen je logičan slijed pregleda, navedena je oprema nad kojom se pregledi provode i opisano je što se točno pregledava.

Tablica 6. Lista dnevnih provjera u skladištu goriva

	Skladište goriva	Opis
Dnevne provjere - skladište goriva	Žice uzemljenja JIG 2 / 10.1	1. Automatska dodjela datuma i vremena 2. Mogućnost unosa oznake opreme - uzemljenja (oprema numerirana po brojevima – 4 bar koda) 3. Za svaki bar kod pitanje: ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (Ako ne zadovoljava, da li je u pitanju žica/štipaljka/električni otpor) 4. Mogućnost unosa vrijednosti otpora žica uzemljenja (Ako je vrijednost veća od 25 oma, nije u redu) 5. Ima li curenja DA / NE (Ako ima: pumpa / cjevovod/ filter) 6. Vizualna provjera crijeva i priključaka ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (Ako ne zadovoljava: crijevo/glava) Potpis - automatski generiran iz podataka o ulogiravanju a) Vizualno pogledati žicu za uzemljenje-kontrolirati istrošenost rukom. b) Prekomjerno izlizane, izvijane i oštećene žice treba odmah zamijeniti te upisati datum zamjene, ako se žica zamijeni novom. c) Provjeriti da li je štipaljka žice za uzemljenje labava, slomljena, prljava.
	Zrakoplovna crijeva JIG 2 / A13	1. Automatska dodjela datuma i vremena 2. Svako crijevo u skladištu goriva treba imati bar kod 3. Za svaki bar kod pitanje: ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (Ako ne zadovoljava – Izobličenje/puknuće/nagriženost) Crijeva u skladištu goriva - dnevno pregledati identifikacijsku oznaku, vizualno pregledati stanje crijeva te ako se uoči ikakva slabost ili nedostatak zabilježiti sve abnormalnosti poput: • mekana mjesta, uvijanja/izobličenja, mjehuri ili ispuččenja, pretjerana nagriženost ili puknuća, koja izlažu tekstilno pojačanje tijela crijeva, ili

		• bilo kakav rez na strukturi crijeva, koji je oštetiо tkaninu tijela, ili • ako je preko crijeva i jednom prešlo bilo koje vozilo. Provjeriti koliko je dugo crijevo u skladištu (dozvoljeno maksimalno 2 godine). Ako je crijevo u skladištu dulje od 2 godine, zabilježiti u obrazac <i>Inspekcija i ispitivanje crijeva</i>.
	Protupožarna oprema	1. Vizualna provjera ispravnosti protupožarnih aparata ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (Ako ne zadovoljava – oštećenost / ne postojanje vatrogasnog aparata na lokaciji) Ispravnost protupožarnih aparata i ambalaže za pjeno - vizualno
	Opće stanje opreme	1. Vizualna provjera curenja ventila, pumpi i cijevi i provjera čistoće skladišta ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (ako ne zadovoljava da li je to na ventilu/pumpi/cijevi/ neurednost skladišta) CURENJA VENTILA, PUMPI, CIJEVI; UREDNOST I ČISTOĆA SKLADIŠTA
	Pumpe	1. Vizualna kontrola pumpi ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA (odabir pumpe koja ne zadovoljava (1-10 pumpi u skladištu, potrebno ih numerirati)
	Sustav za nagli prekid rada	1. Provjera ispravnosti sustava za nagli prekid rada (pregledava se tjedno) ESD 1 (EMERGENCY SHOT DOWN) – ZADOVOLJAVA / NE ZADOVOLJAVA

Tablica 7. Lista dnevnih provjera aviocisterni

Oprema	Aviocisterne	Opis
Motor i šasija	IATA J02 JIG 1/ 4.3.	Pitanja: 1. Pregled goriva, razine ulja i rashladne tekućine stanje: zadovoljava / ne zadovoljava (označiti jedan od tri elementa koji ne zadovoljava) 2. Zamjena/nadopuna goriva, razine ulja rashladne tekućine, DA/NE (označiti što je mijenjano i u kojoj količini) 3. Vizualni pregled guma: ISPRAVNO / NEISPRAVNO – oštećena (koja je guma oštećena komentar)/ istrošena 4. Kočnice, ispravno/ neispravno (zapažanja)
	Plombe zaobilaženja sigurnosnog samokoćućeg sustava. JIG 1 / 4.4.	Pitanja: 1. PLOMBA NA VENTILU ispravno/neispravno Vizualna provjera svaki dan. Provjeriti je li prekidač za zaobilaženje interlocka plombiran u uobičajenom radnom položaju. Ako se pronađe da je plomba razbijena upisati razlog.
„Interlock“	Funkcioniranje sigurnosnog samokoćućeg sustava JIG 1 / 4.4.	Funkcioniranje sigurnosnog samokoćućeg sustava-dnevna provjera provodi se prema postupku za tjednu provjeru, ali samo sa jednom komponentom. Pitanja: 1. FUNKCIONALNA PROVJERA INTERLOCKA ispravno/neispravno 2. KOMPONENTA BROJ: (odabir rednog broja komponente 1-12) 3. Provjera svjetala upozorenja ispravno/neispravno 4. Provjera svjetala kočnica ispravno/neispravno

Metalizacija	Žice uzemljenja (kablovi i stezaljke) JIG 1 / 4.5.	Pitanje: 1. Vizualna provjera kablova i stezaljki ispravno/neispravno (1. kabel /2. stezaljka) a) Potpuno razmotati žicu za uzemljenje i vizualno je pregledati b) Prekomjerno izlizane, izvijane i oštećene žice treba odmah zamijeniti te upisati datum zamjene, ako se žica zamijeni novom c) Provjeriti da li je štipaljka žice za uzemljenje labava, slomljena, prljava.
„Deadman“	Plombe zaobilaženja sigurnosnog kontrolnog sustava JIG 1 / 4.7.4.	Pitanje: 1. Provjera plombe na „deadman“ ventilu, ispravno/neispravno Prekidač za zaobilaženje sigurnosnog kontrolnog sustava mora biti plombiran. Ako se pronade da je plomba razbijena, upisati razlog te provjeriti funkcioniranje sigurnosnog kontrolnog sustava prema mjesečnoj proceduri. Ako dođe do prekida rada „deadmana“, slomiti plombu zaobilaženja te nastaviti punjenje. Nakon dovršenog punjenja obavijestiti vođu smjene i voditelja AS te upisati u dnevni obrazac i zamijeniti plombu nakon punjenja.
Oprema za punjenje	Zrakoplovna crijeva JIG 1 / A13	Pitanje: 1. Provjera filtara i cijevi na curenje, ispravno/neispravno (mogućnost odabira što curi) 2. Provjera glave i pištolja na curenja i oštećenja ispravno/neispravno (curenje / oštećenje odabir) 3. Provjera rada podnog ventila ispravno/neispravno 4. Provjera rada drenažnih ventila – vizualna kontrola, ispravno/neispravno (1.ventil bačve, 2.ventil filtra) 5. Provjera ispravnosti poklopaca i odušnih ventila, ispravno/neispravno (1. poklopac, 2. odušni ventil) 6. Provjera fleksibilnih cijevi (VIZUALNI PREGLED) na curenje, ispravno/neispravno (lijeve cijevi /desne cijevi i opis nedostatka: zarezano/napuknuto /istrošeno) 7. Provjera plombi na brojilima : U redu / nije u redu (odabir lijeve plombe / desne plombe)

		Dnevno pregledati identifikacijsku oznaku / vrstu goriva, tijekom punjenja vizualno pregledati stanje crijeva te ako se uoči ikakva slabost ili nedostatak, isporuku kroz neispravno crijevo prekinuti, a crijevo zamijeniti. Zabilježiti sve abnormalnosti poput: • mekana mjesta, uvijanja/izobličenja, mjehuri ili ispupčenja, pretjerana nagriženost ili puknuća, koja izlažu tekstilno pojačanje tijela crijeva, ili • bilo kakav rez na strukturi crijeva, koji je oštetio tkaninu tijela, ili • Ako je preko crijeva i jednom prešlo bilo koje vozilo. Provjeriti rok trajanja crijeva (maksimalno 10 godina od datuma proizvodnje).
Protupožarni aparati IATA J02 JIG 1/ 6.5.1.	JIG 1/ 6.5.1. (d)	Pitanje: 1. Da li su svi na mjestu i kontrola cijevi, mlaznice i osigurača? DA/NE (vatrogasni aparat br1. / vatrogasni aparat br2.)
Oprema za kontrolu goriva IATA J02		Prisutnost u vozilu: WATER DETECTORA, AREOMETARA, TERMOMETARA, ŠPRICA, MENZURA Ispravno / neispravno (1-WATER DETECTORA, 2-AREOMETAR, 3-TERMOMETAR, 4-ŠPRICA, 5-MENZURA)
Vizualni izgled JIG 1 / 6.5.1. (f)		Čistoća vozačke kabine i prostora pumpane, u redu/nije u redu (komentar)

4.2.3.2. Lista aktivnosti održavanja

Lista aktivnosti TPM održavanja je popis aktivnosti koje smiju provoditi operateri na lokaciji OZ gorivom Zagreb. Radnje koje se izvode su korektivne i preventivne radnje, bazirane na opažanjima u sklopu listi obilazaka opreme te ostale aktivnosti koje korisnik smatra bitnima. U sklopu aktivnosti navedene su i potrebe za alatom, potrošnim materijalom, rezervnim dijelovima i ostali podaci potrebni za implementaciju na terenu.

Tablica 8. Lista aktivnosti održavanja

Aktivnost	Broj operatera	Rezervni materijal	Procjena vremena popravka	Može li se posao obaviti u više navrata	Alat	Popravak zahtjeva prekid rada drugih uređaja DA/NE i na koji period	Komentar
Punilište/pumpaonica/spremnici							
Podmazivanje „todo“ glave /priključka za punjenje aviocisterne	1	mast	15 min	Da / kontrola	Mazalica	Da/u periodu od 15 min nema punjenja aviocisterni	kvartalno

Podmazivanje pumpi na istakalištu i punilištu	1	mast	1h	Da / kontrola	Mazalica	Da/u periodu od 15 min nema punjenja aviocisterni	kvartalno
Pomazivanje ventila ulaza i izlaza iz spremnika	1	mast	15min	Da / kontrola	Mazalica	Da/u periodu od 15 min nema punjenja aviocisterni	kvartalno
Kontrola i vizualni pregled odušnih ventila na spremnicima	1		10min	Da / kontrola		Ne	mjesečno
Pregled ispravnosti rada plivajućih cijevi u spremnicima	1		10min	Da / kontrola			
Pregled urednosti prostora i betonskih površina	1		10min	Da / kontrola	Oprema za čišćenje (metla, lopata)	Ne	tjedno
Zamjena ventila 1/2" i manometara				Da	Neiskreći ključevi i kliješta	Ne	

Pranje i odmašćivanje pumpi, motora i radnih površina				Da	VT perač sa crijevom 20 m, vrtno crijevo sa stalkom 1/2" x 50 m, brze spojke za crijevo 1/2", četke sa dugim drškama, jogeri za skupljanje vode	Ne	Po potrebi
Zamjena filtera na ulaznoj i izlaznoj stabilnoj instalaciji				Ne	Neiskreći ključevi	Ne	Po potrebi
Čišćenje i odmašćivanje instalacije i radnih površina	2		2h	Da	Deterdžent za VT perač, ivasol CS	Ne	Raditi izvan vremena za istovar VC
Bojanje instalacije i poklopaca na spremnicima	2		1h	Ne	Boja bijela hempel otporna na naftne derivate s odgovarajućim razrjeđivačem, brusni papir	Ne	Raditi prije početka istovara
Vizualni pregled opreme za uzemljenje (ormarići, sklopke, kablovi)	1		10min				dnevno

Aviocisterne							
Pregled i utvrđivanje ispravnog/neispravnog rada vozila i opreme na vozilu			20min	Da / kontrola		Da / za vrijeme pregleda vozilo miruje	dnevno
Pregled/čišćenje filtera avio goriva		po potrebi novi ulošci filtera	2-3h po filteru	Ne	Neiskreći alat	Da	jednom godišnje
Podmazivanje kardana, zglobova, vitlo za namatanje crijeva		mast	1h po vozilu	Da / kontrola		Da	kvartalno
Uredski prostor avioservisa/ostali objekti na lokaciji							
Pregled prostorija/uočavanje kvarova, neispravnosti, oštećenja							tjedno
Košenje trave	2	benzin, dvotakto, flaks, motorno ulje	4h	Da	Kosilica traktor mali 1 kom, motorni trimmer 2 kom	Ne	Rad više puta tijekom godine
Čišćenje snijega	2	Dizel gorivo		Ne	traktor Tomo Vinković	Samo dok se ne očiste	Rad po potrebi

						osnovne prometnice	
Ličenje uredskog prostora		Boja za unutarnje zidove, brusni papir, krep traka, mrežica za brušenje zidova	8h	Da	Krznjeni valjak za ličenje, kist 50 mm	Ne	
Zamjena dotrajale sanitarne opreme		teflon traka, kudelja, brtve za sanitariju	2h	Da	Švedska kliješta, vilasti ključevi, papagajke	Ne	
Zamjena rasvjetnih tijela i opreme		Žarulje, fluo cijevi	0,5h	Da	Ispitivač za struju	Ne	

4.2.3.3. Implementacija SKF @ptitude Analyst

SKF-Pro CMDM 5700 series uređaj je koji se koristi za praćenje stanja opreme tijekom njezinog rada. Uspješna uporaba uređaja omogućava popravak problematičnih dijelova prije pojave kvarova. Takav način praćenja stanja pomaže zaposlenicima smanjiti mogućnost katastrofalnih kvarova i omogućiti preventivnu narudžbu dijelova, raspored radne snage te drugih popravaka tijekom zastoja. Uporaba SKF uređaja omogućava brzu, efikasnu i pouzdanu pohranu, manipulaciju i dohvat velike količine podataka o opremi i pogonu. Uređajem se izbjegava papirnato ispunjavanje obrazaca koji su često teški za čitanje i interpretaciju, povećavaju mogućnost pogreške, teško ih je pratiti te uzimaju vrijeme i prostor za skladištenje. Prikaz samo jednog od 20-ak takvih papirnatih obrazaca na lokaciji Opskrbe zrakoplova gorivom Zagreb je na slici 31.

OPREMA <i>Equipment</i>	PREGLEDANO <i>Checked</i>	PON <i>Mon.</i>	UTO <i>Tue.</i>	SRI <i>Wen.</i>	ČET <i>Thu.</i>	PET <i>Fri.</i>	SUB <i>Sat.</i>	NED <i>Sun.</i>
MOTOR I ŠASIJA <i>Engine & Chassis</i> IATA J02 JIG 1/ 4.3.	GORIVO, ULJE, VODA – PREGLEDANO <i>Fuell, Oil, Water - Checked</i>							
	GORIVO, ULJE, VODA- ZAMIJENJENO <i>Fuell, Oil, Water - Changed</i>							
	GUME – VIZUALNO <i>Tires – Visual Check</i>							
	KOČNICE <i>Brakes</i>							
OPREMA ZA PUNJENJE <i>Fuelling equipment</i> IATA J02	FILTERI, CIJEVI – CURENJE <i>Pumps, Filters, Hoses - Leaking</i>							
	GLAVE I PIŠTOLJI -CURENJA I OŠTEĆENJA <i>Nozzles And Pistols – Leaking And</i>							
	RAD PODNOG VENTILA <i>Bottom Valve</i>							
	DRENAŽNI VENTILI - VIZUALNA KONTROLA							
	ISPRAVNOST POKLOPACA I ODUŠNIH VENTILA <i>Top Hatch And Tank Vents</i>							
	CRIJEVA - VIZUALNI PREGLED <i>Hoses – Visual Check</i> JIG 1/ A 13.3.							
	PLOMBE NA BROJILIMA <i>Meter Seals</i>							
METALIZACIJA <i>Metalization</i> IATA J02 JIG 1/ 4.5.	KABLOVI I STEZALJKE – VIZUALNO <i>Bonding Wires And Clips – Visual Check</i>							
INTERLOCK JIG 1/ 4.4.	PLOMBA NA VENTILU <i>Interlock override seals</i>							
	FUNKCIONALNA PROVJERA <i>FunctionCheck</i>							
	Komponenta <i>Component</i>							
	Svjetla upozorenja <i>Warning lights</i>							
	Svjetla kočnica <i>Brake lights</i>							

DEADMAN <i>JIG 1/ 4.7.4.</i>	PLOMBA NA DEADMAN VENTILU <i>Switches Seals</i>							
PROTUPOŽARNI APARATI <i>Fire Extinguishers</i> <i>IATA J02</i> <i>JIG 1/ 6.5.1. (d)</i>	JESU LI SVI NA MJESTU I KONTROLA CRIJEVA, MLAZNICE I OSIGURAČA <i>Visual Check</i> <i>JIG 1/ 6.5.1. (e)</i>							
OPREMA ZA KONTROLU GORIVA <i>IATA J02</i>	WATER DETECTOR, AREOMETRI, TERMOMETRI, ŠPRICE, MENZURE <i>Water Detector And Fuel Control Equipment</i>							
VIZUALNI IZGLED <i>Visual Appearance</i> <i>JIG 1/ 6.5.1. (f)</i>	ČISTOĆA KABINE I PUMPAONICE <i>Cleanness Of Cabin And Equipment</i>							
POTPIS <i>Signature</i>								

Slika 31. Prikaz papirnato g obrasca na lokaciji Opskrbe zrakoplova gorivom Zagreb

S obzirom na navedene karakteristike i prednosti uređaja te na uočene nedostatke prilikom analize postojećeg stanja na terenu, zaključeno je da će primjena SKF S-Pro CMDM 5700 uređaja pridonijeti optimizaciji procesa održavanja na lokaciji.

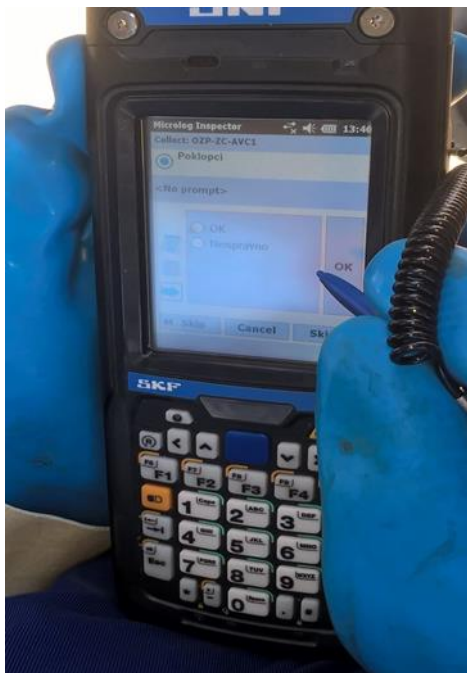
Dogovorom s tvrtkom SKF Hrvatska omogućen je testni period navedenog uređaja na lokaciji Opskrba zrakoplova Terminal 1 Zagreb. Implementacija uređaja odrađena je u sljedećim koracima:

1) Liste obilazaka opreme navedene u Poglavlju 4.2.3.1. prilagođene su na način da je omogućen njihov unos u uređaj

Liste su prilagođene na način da se na sva pitanja koja se postavljaju može dogovoriti sa da/ne ili ok/not ok, za neku opremu omogućen je unos komentara (npr. koji „interlock“ se pregledava).

2) Instalacija softvera i unos listi u uređaj od strane djelatnika SKF Hrvatska

Na lokaciji Opskrba zrakoplova Terminal 1 Zagreb instaliran je @ptitude analyst softver na laptop voditelja avioservisa Zagreb i kreirana hijerarhija pregleda opreme prema listama koje su izradili djelatnici Službe održavanja u suradnji s korisnicima.



Slika 32. Prikaz uređaja za praćenje stanja opreme SKF-Pro CMDM 5700

3) Generiranje bar kodova za pojedinu opremu

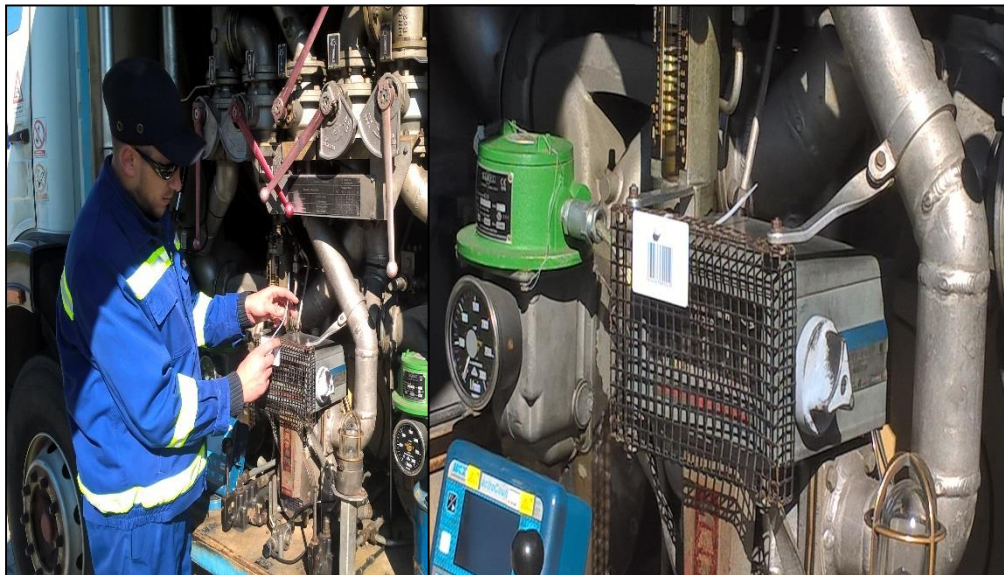
Svakoj opremi koja će se pregledavati dodijeljen je jedinstveni bar kod putem softvera. Bar kod koji se koristi je linearnom EAN-13 bar kod. EAN-13 bar kod sastoji se od 13 znamenaka gdje je zadnja znamenka kontrolni broj. Svaki EAN bar kod sastoji se od graničnih linija na lijevoj i desnoj strani, te obaveznih „tihih zona“ koje predstavljaju obaveznu svijetlu ili bijelu podlogu oko njega, kako skeniranje bar koda ne bi nailazilo na poteškoće. Podaci koji su sadržani u bar kodu su naziv opreme i mjesto gdje se ta oprema nalazi. Kodovi su isprintani na odgovarajuću bijelu podlogu.



Slika 33. Jedinstveni bar kodovi za svaku opremu

4) Postavljanje bar kodova na opremu

Bar kodovi su učvršćeni na pripadajuću opremu (svu opremu koja je navedena u listama za preglede stanja)



Slika 34. Postavljanje bar kodova na opremu

5) Provedba mjerenja/praćenja stanja na opremi

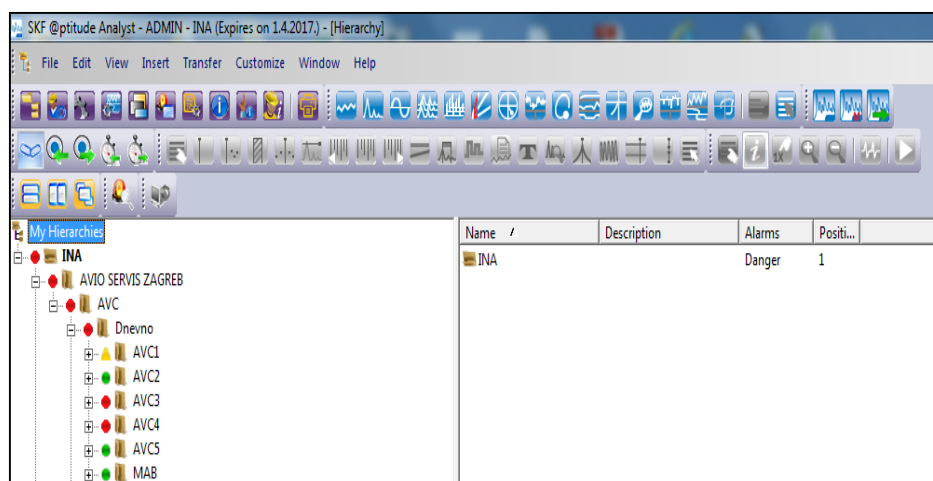
Nakon što je svakoj opremi dodijeljen bar kod omogućen je početak mjerenja. Praćenje stanja odvija se na način da se uređajem „Microlog Inspector“ očitava bar kod opreme, nakon toga na zaslonu uređaja pojavljuje se pitanje koje je određeno za tu opremu. Npr. Plomba na ventilu? Ispravna/Neispravna. Operator svoj odgovor zabilježi pritiskom na željeni odgovor.



Slika 35. Provedba mjerenja/praćenja stanja na opremi

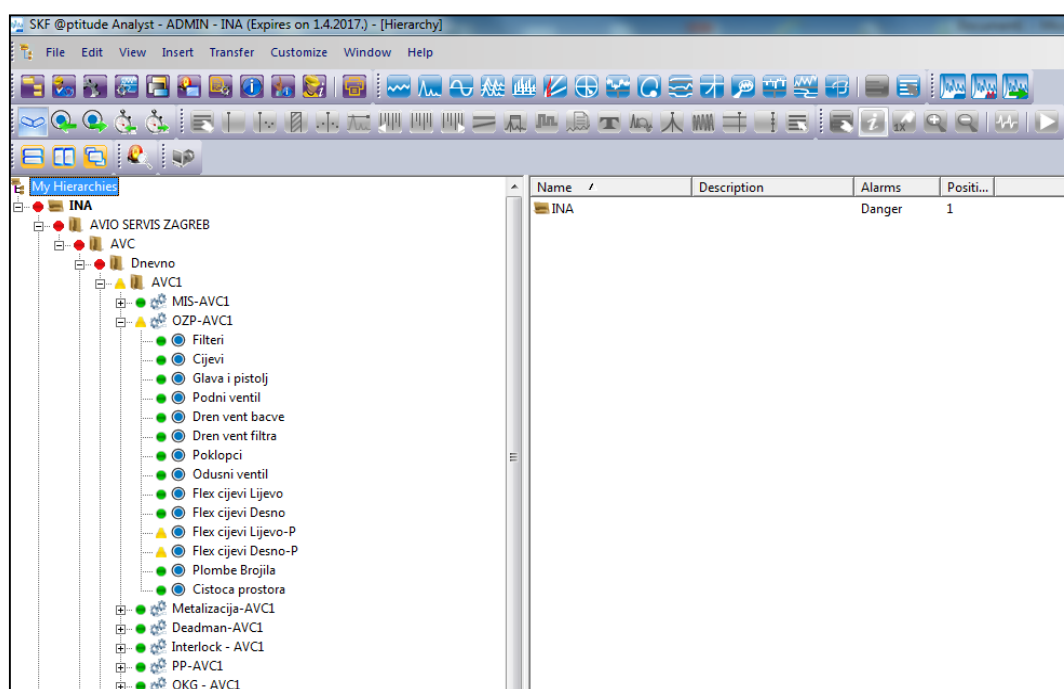
6) Izvještaj

Nakon odrađenih pregleda opreme, uređaj se spaja na prijenosno računalo te se u softveru SKF @ptitude mogu vidjeti odrađeni pregledi i kreirana hijerarhija (npr. dnevni pregled aviocisterni). Žuta i crvena boja signaliziraju da se neka oprema nalazi u nedozvoljenom području rada.



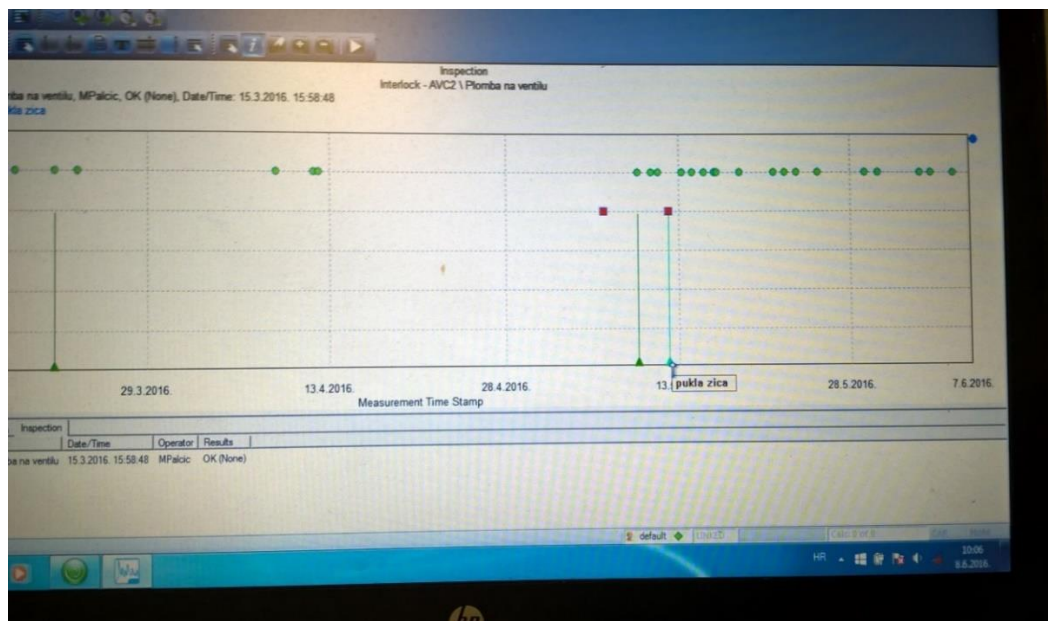
Slika 36. Pregled opreme u softveru SKF @ptitude

Spuštanjem kroz AVC vidi se koji je dio u alarmnom području – žuta boja (MIS – motor i šasija; OZP – oprema za punjenje; PP – protupožarni aparati; OKG – oprema za kontrolu goriva).



Slika 37. Pregled opreme u softveru SKF @ptitude koja je u alarmnom području

Osim navedenog, korisni su i inspekcijski dijagrami iz kojih je u programskoj aplikaciji vidljiv status opreme, kao i trend te kada je rađen pregled, tko ga je radio i o kojoj se opremi radi.



Slika 38. Inspekcijski dijagram za očitavanje statusa opreme

Osim prikaza u samoj aplikaciji, za potrebe izvještaja moguće je i isprintati prikaz u Excel tablici.

Edukacija operatera

Za provođenje preventivnih pregleda i rukovanje uređajem određeni su neki od vozača-punitelja cisterni, tj. operateri koji se opremom koriste. Edukaciju je proveo inženjer SKF-a.

Implementacija SKF uređaja za mjerenje vibracija

Vibracije među procesima koji se slobodno odvijaju u prirodi, kao i među onima koji se odvijaju u tehničkim procesima, zauzimaju vrlo često istaknuto mjesto. U nekim slučajevima vibracije su štetna popratna pojava izazvana radom uređaja ili vanjskog utjecaja. Ugrožavaju sigurnost i skraćuju vijek trajanja uređaja (ili strojnog elementa).

Vibracije nastaju kao posljedica grešaka koje se javljaju u tehničkim sustavima i objektima.

SIMPTOMI GREŠAKA	DJELOVANJE	GREŠKE
VIBRACIJE	Hidraulička neuravnoteženost	Kavitacija
		Pumpa nije održavana
	Trošenje	Trošenje prstenastih raspora
		Trošenje zupčanika
		Trošenje ležaja
	Struganje rotora uslijed toplinskog zakrivljenja	Savijanje rotora
		Savijanje kućišta
	Mehanička neuravnoteženost	Strano tijelo u rotoru
		Odlomljeni dijelovi rotora
	Vanjska uzbuda	Vibracijska uzbuda susjednih strojeva
		Vibracijska uzbuda preko cjevovoda
		Promjene na temeljima

Slika 39. Greške koje nastaju prilikom vibracija

Implementacija SKF uređaja za mjerenje vibracija na lokaciju Opskrbe zrakoplova Zagreb izvršena je jer je ta metoda:

- Učinkovita pri detektiranju širokog pojasa defekata strojeva
- Otkrivanje kvara je dovoljno rano kako bi se mogle poduzeti korektivne mjere
- Kao dijagnostičko sredstvo može se koristiti za identificiranje specifičnih kvarova strojeva
- Tehnika je nerazarajuća i obavlja se dok je postrojenje u pogonu
- Relativno niska cijena čini ovakvu instalaciju za praćenje stanja atraktivnom



Slika 40. SKF uređaj za mjerenje vibracija

Mjerenja vibracija vrše se na mlaznim pumpama na punilištu te na pumpama u aviocisternama. Mjerenja se obavljaju dok su pumpe u pogonu, odnosno za vrijeme punjenja/pražnjenja cisterni. Mjerenje se vrši SKF uređajem za mjerenje vibracija (Slika 40.), a izmjerene vrijednosti unose se u „Microlog Inspector“.



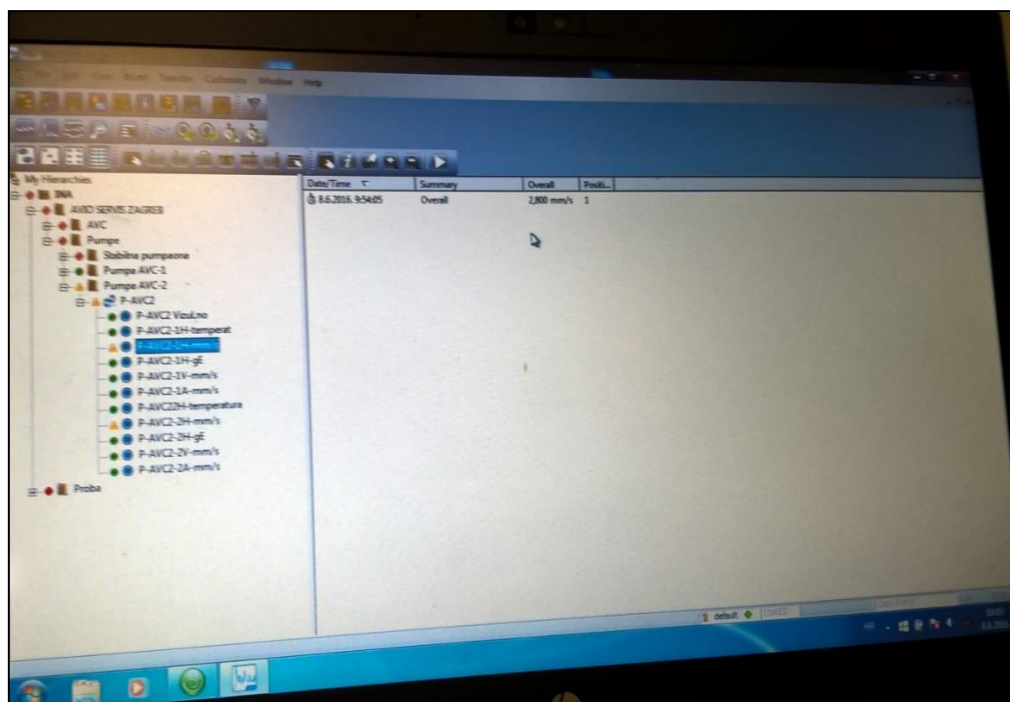
Slika 41. Mjerenje vibracija te unošenje izmjerenih vrijednosti u „Microlog Inspector“

Mjerenje ukupnih vibracija provodi se sukladno normi ISO 10816, na prednjim i stražnji kućištima ležaja aksijalno i vertikalno, te se njihove vrijednosti uspoređuju sa dozvoljenim vrijednostima za pojedini stroj, kako stoji u spomenutoj normi.

JAČINA VIBRACIJE PREMA ISO 10816					
Stroj		Klasa 1 Mali strojevi	Klasa 2 Srednji strojevi	Klasa 3 Strojevi s krutim temeljom	Klasa 4 Strojevi s mekanim temeljom
in/s	mm/s				
Brzina vibracije V _{rms}	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71	DOBRO		
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80	ZADOVOLJAVAJUĆE		
	0.18	4.50			
	0.28	7.10	NEZADOVOLJAVAJUĆE		
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0	NEPRIHVATLJIVO		
	1.10	45.0			

Slika 42. ISO 10816 norma [25]

Uobičajeno je da su mjesta na rotacijskoj opremi na kojima se provodi mjerenje najčešće ležajni sklopovi. Prilikom mjerenja mjeri se temperatura (°C) u jednoj točki, vibracijska brzina (mm/s) u sve tri točke (horizontalno, aksijalno i vertikalno) i vibracijsko ubrzanje envelope signala (gE) u jednoj točki horizontalno. Vibracijska brzina predstavlja stopu promjene pomaka (stvarno fizičko gibanje vibrirajuće površine) u jedinici vremena dok vibracijsko ubrzanje predstavlja stopu promjene brzine u jedinici vremena. Metoda envelope ubrzanja vibracija (eng. *Enveloped Acceleration*) se provodi tako što se pomoću vibrosenzora mjeri ubrzanje vibracija ležaja, a zatim se elektronskim putem određuje i indicira envelope signala ubrzanja vibracija. Mjerna jedinica za ovako izmjereno ubrzanje vibracija je gE, gdje slovo E označava da se radi o envelope signala ubrzanja vibracija, a slovo g označava da se mjeri u gravitacijskom ubrzanju [26]. Pregledane pumpe prikazuju se u softveru instaliranom na stolnom računalu (Slika 43.)



Slika 43. Prikaz pregledanih pumpi u softverskom alatu

Zeleni kružić označuje da su vrijednosti vibracija kod te pumpe u redu, žuti trokut znači graničnu vrijednost, a crveni da je izmjerena vrijednost kritična. Kao što je već spomenuto, granične vrijednosti vibracija za pumpe unesene su ručno, a preuzete su iz ISO 10816. Osim u softveru mjerenja se za poslovne potrebe mogu ispisati u pdf obliku (Slika 44.). Stupac „Last value“ predstavlja izmjerenu vrijednost na pumpi.

Source: AVIO SERVIS ZAGREB
8.6.2016. 10:10:45

Last Measurement

<u>Machine name</u>	<u>POINT name</u>	<u>Date/Time</u>	<u>Last value</u>	<u>Units</u>
P-AVC2	P-AVC2-2A-mm/s	8.6.2016. 9:57:48	2,000	mm/s
P-AVC2	P-AVC2-2V-mm/s	8.6.2016. 9:57:21	2,200	mm/s
P-AVC2	P-AVC2-2H-gE	8.6.2016. 9:56:20	0,700	gE
P-AVC2	P-AVC2-2H-mm/s	8.6.2016. 9:56:11	3,000	mm/s
P-AVC2	P-AVC22H-temperatura	8.6.2016. 9:56:02	26,000	C
P-AVC2	P-AVC2-1A-mm/s	8.6.2016. 9:55:36	1,900	mm/s
P-AVC2	P-AVC2-1V-mm/s	8.6.2016. 9:54:52	2,400	mm/s
P-AVC2	P-AVC2-1H-gE	8.6.2016. 9:54:17	1,400	gE
P-AVC2	P-AVC2-1H-mm/s	8.6.2016. 9:54:05	2,800	mm/s
P-AVC2	P-AVC2-1H-temperat	8.6.2016. 9:53:54	25,000	C
P-AVC2	P-AVC2 Vizulno	8.6.2016. 9:53:22	---	Multiple Selections
P-AVC1	P-AVC1-2A-mm/s	8.6.2016. 9:49:59	1,200	mm/s
P-AVC1	P-AVC1-2V-mm/s	8.6.2016. 9:49:36	1,400	mm/s
P-AVC1	P-AVC1-2H-gE	8.6.2016. 9:49:14	0,900	gE
P-AVC1	P-AVC1-2H-mm/s	8.6.2016. 9:49:08	0,900	mm/s
P-AVC1	P-AVC-2H-temperatura	8.6.2016. 9:49:02	25,000	C
P-AVC1	P-AVC1-1A-mm/s	8.6.2016. 9:48:30	1,100	mm/s
P-AVC1	P-AVC1-1V-mm/s	8.6.2016. 9:48:02	1,300	mm/s
P-AVC1	P-AVC1-1H-gE	8.6.2016. 9:47:38	2,100	gE
P-AVC1	P-AVC1-1H-mm/s	8.6.2016. 9:47:32	1,300	mm/s
P-AVC1	P-AVC1-1H-temperat	8.6.2016. 9:47:25	24,000	C
P-AVC1	P-AV Vizulni pregled	8.6.2016. 9:47:13	---	Multiple Selections
Mlazna pumpa izlaz	MPI-3V-mm/s	8.6.2016. 9:43:41	2,100	mm/s
Mlazna pumpa izlaz	MPI-3H-gE	8.6.2016. 9:43:11	2,800	gE
Mlazna pumpa izlaz	MPI-3H-mm/s	8.6.2016. 9:43:01	3,200	mm/s
Mlazna pumpa izlaz	MPI-3H-temperatura	8.6.2016. 9:42:56	28,000	C
Mlazna pumpa izlaz	MPI-2A-mm/s	8.6.2016. 9:41:56	0,700	mm/s
Mlazna pumpa izlaz	MPI-2V-mm/s	8.6.2016. 9:41:53	1,600	mm/s
Mlazna pumpa izlaz	MPI-2H-gE	8.6.2016. 9:41:21	1,100	gE
Mlazna pumpa izlaz	MPI-2H-mm/s	8.6.2016. 9:41:16	1,400	mm/s
Mlazna pumpa izlaz	MPI-2H-temperatura	8.6.2016. 9:41:11	26,000	C
Mlazna pumpa izlaz	MPI-1A-mm/s	8.6.2016. 9:40:50	1,500	mm/s

Slika 44. Prikaz rezultata mjerenja vibracija u pdf formatu

U probnom periodu na pumpama koje se nalaze na lokaciji Opskrbe zrakoplova Pleso izvršeno je nekoliko mjerenja vibracija pumpi. Kod ovakvog načina praćenja stanja (mjerenja vibracija) vrlo je važno trendiranje mjerenja (vrijednosti pojedinih mjerenja povezuju se linijama) jer se tako jasno primjećuje neželjeni porast vibracija koje odstupaju od očekivanih ili normalnih vrijednosti tokom vremena. Sva mjerenja se pohranjuju u program za praćenje vibracija i uz postavljene alarme daju jasnu sliku stanja pojedinog stroja. U kratkom periodu primjene uređaja nije bilo moguće napraviti detaljniju analizu zbog nemogućnosti trendiranja mjerenja, ali je

zaključeno da će ovaj uređaj biti koristan u praćenju stanja opreme na lokaciji Opskrbe zrakoplova gorivom Zagreb zbog:

- mogućnosti otkrivanja problema opreme i razumijevanja uzroka problema
- istraživanja opreme prije i nakon planiranog održavanja
- pravovremenog naručivanja nove opreme i osiguravanja odgovarajućih instalacija
- pružanje mjerljivih dokaza o stanju opreme
- mogućnosti planiranje aktivnosti popravka za učinkovitije djelovanje
- mogućnosti predviđanja kvarova opreme prije nego se dogode i preuzimanja kontrole nad zalihama rezervnih dijelova

4.2.4. Financijska analiza

Investicijski troškovi:

- SKF @ptitude uređaj za praćenje stanja opreme (Hardver + Softver)
55 000 kn
- Alati za provođenje TPM održavanja (navedeni u poglavlju 4.2.3.2.)
70 000 kn

Ukupni investicijski troškovi iznose: **125 000 kn**

Tablica 9. Procijenjeni godišnji troškovi

Aktivnost	Godišnja frekvencija	Procjena troška [kn]
Podmazivanje „todo“ glave/priključka za punjenje aviocisterne	4x	4 000
Podmazivanje pumpi na istakalištu i punilištu	3x	4 000
Pomazivanje ventila ulaza i izlaza iz spremnika	2x	2 500
Zamjena ventila i manometara	1x	1 000
Zamjena brtvi	2x	3 800
Pranje i odmašćivanje pumpi, motora i radnih površina	2x	3 300
Zamjena filtara na ulaznoj i izlaznoj stabilnoj instalaciji	2x	3 400

Čišćenje i odmašćivanje instalacije i radnih površina	4x	6 000
Bojanje instalacije i poklopaca na spremnicima	1x	5 000
Bojanje kućišta filtera pumpe	1x	5 000
Košenje trave	5x	23 000
Čišćenje snijega	2x	10 000
Ličenje uredskog prostora	1x	10 500
Zamjena dotrajale sanitarne opreme	1x	2 500
Ostali manji radovi		3 000
Ukupni godišnji troškovi		87 000

Isplativost projekta procijenjena je kroz tri najčešće korištena pokazatelja koja su detaljnije objašnjena u nastavku.

1) Čista sadašnja vrijednost [27]

Čista sadašnja vrijednost (eng. *Neto presented value - NPV*) je najobuhvatniji kriterij procjene projekata, koji je ujedno baziran na onom što ulagače najviše zanima, a to je neto zarada novca. U našem slučaju ne interesira nas zarada nego kolika će biti ušteda novca nakon uvođenja projekta TPM održavanja. NPV obuhvaća i fenomen gubitka vrijednosti novca u vremenu kroz diskontnu stopu r koja uzima u obzir rizik projekta. Prihvatljivi su oni projekti kojima je $NPV > 0$. Projekti s većim NPV-om se ocjenjuju boljima. Čista sadašnja vrijednost ulaganja izračunava se na sljedeći način:

$$NPV = \left(\frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} \right) - I_0 \quad (5)$$

gdje je:

NPV – čista sadašnja vrijednost projekta,

n – broj godina trajanja projekta,

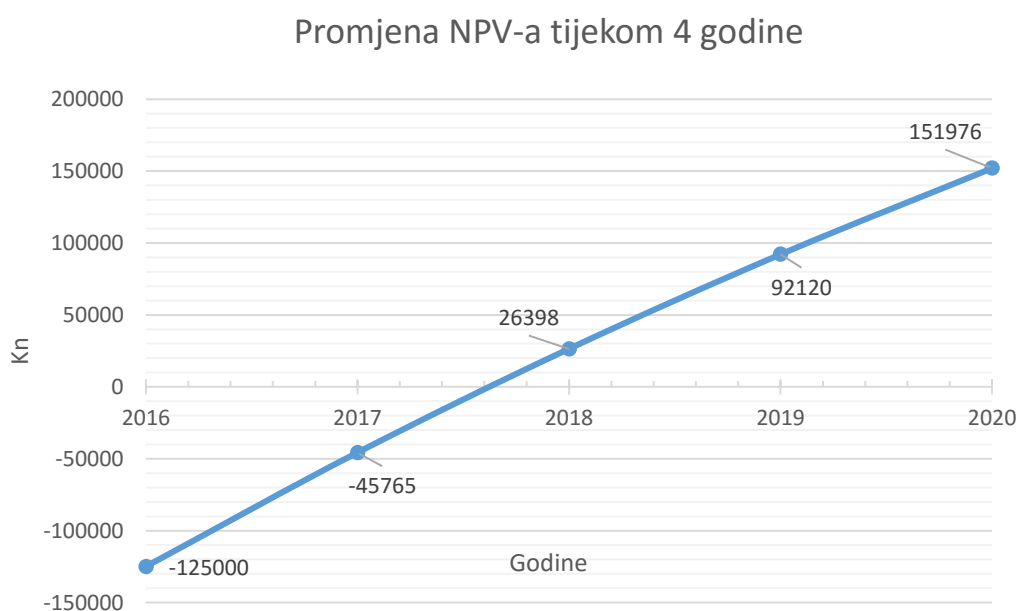
CF_n – novčani troškovi u godini n ,

I_0 – investicijski troškovi,

r – diskontna stopa 9,8%.

Isplativost ulaganja u projekt uvođenja TPM održavanja procijenjena je na periodu od četiri godine. Dosadašnji troškovi iznosili su 87 000 kn godišnje što je vidljivo iz tablice 9. Uvrštavanjem konkretnih vrijednosti u izraz za dobivanje NPV-a dobiva se da je:

$$NPV = \left(\frac{87\,000}{(1 + 0,098)^1} + \frac{87\,000}{(1 + 0,098)^2} + \frac{87\,000}{(1 + 0,098)^3} + \frac{87\,000}{(1 + 0,098)^4} \right) - 125\,000 = 151\,976 \text{ kn}$$



Slika 45. Promjena NPV-a

Iz dijagrama promjene NPV-a vidljivo je da je povrat novca prisutan nakon jedne godine i sedam mjeseci. Nakon četiri godine od uvođenja projekta procijenjena je ušteda u iznosu od 151 976 kn.

2) Indeks profitabilnosti [27]

Indeks profitabilnosti je omjer čiste sadašnje vrijednosti projekta i investicijskog ulaganja. Ulazni podaci za izračun su godišnji troškovi, investicijska ulaganja i zahtijevana diskontna stopa. Sve dok je indeks profitabilnosti jednak ili veći od 1, projekt je prihvatljiv. Indeks profitabilnosti ulaganja izračunava se na sljedeći način:

$$PI = \frac{\frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}}{I_0} \quad (6)$$

gdje je:

PI – indeks profitabilnosti,

n – broj godina trajanja projekta,

CF_n – novčani troškovi u godini n ,

I_0 – investicijski troškovi,

r – diskontna stopa 9,8%.

Uvrštavanjem konkretnih vrijednosti u izraz za dobivanje indeksa profitabilnosti dobiva se da je:

$$PI = \frac{\frac{87\,000}{(1+0.098)^1} + \frac{87\,000}{(1+0.098)^2} + \frac{87\,000}{(1+0.098)^3} + \frac{87\,000}{(1+0.098)^4}}{125\,000} = 2,22$$

S obzirom da je $PI = 2,22 > 0$ zaključujemo da je prema ovom pokazatelju također isplativo ulagati u projekt.

3) Vrijeme povrata investicije [27]

Vrijeme povrata investicije predstavlja vremensko razdoblje potrebno za povrat investicijskog ulaganja, odnosno sredstava uložених u projekt. Izračunava se kao omjer ukupne investicije i ukupnih troškova. Pokazatelj je ne precizniji u odnosu na pokazatelj čiste sadašnje vrijednosti novca jer ne uzima u obzir rizike projekta (diskontnu stopu r). Vrijeme povrata investicije izračunava (ako su godišnji troškovi jednaki) se na sljedeći način:

$$PT = \frac{I_0}{CF} \quad (7)$$

gdje je:

PT – vrijeme povrata investicije,

CF – jednaki godišnji troškovi,

I_0 – investicijski troškovi.

Uvrštavanjem konkretnih vrijednosti u izraz za dobivanje vremena povrata investicije dobiva se da je:

$$PT = \frac{125\,000}{87\,000} = 1,44$$

Vrijeme povrata novca dobiveno preko ovog pokazatelja je 1,44 godine što je sličan rezultat koji smo dobili s pokazateljem čiste sadašnje vrijednosti ulaganja koji iznosi 1,6 godina.

Tablica 10. Isplativost projekta procijenjena kroz tri najčešće korištena pokazatelja

Čista sadašnja vrijednost (eng. <i>Neto presented value – NPV</i>) – ušteda nakon četiri godine	151 976 kn
Indeks profitabilnosti (eng. <i>Profitability index - PI</i>)	2,22
Vrijeme povrata investicije (eng. <i>Payback time - PT</i>)	1,44 godine

S obzirom da sva tri pokazatelja imaju vrijednost veću od 1 zaključujemo da je isplativo ulagati u projekt. Prema pokazatelju čiste sadašnje vrijednosti povrat uložених sredstava očekuje se nakon jedne godine i sedam mjeseci, a nakon četiri godine od uvođenja projekta očekuje se ušteda u iznosu od 151 976 kn.

5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme, kada postoji velika konkurencija na tržištu, TPM može biti jedina stvar koja stoji između uspjeha i potpunog neuspjeha pojedine tvrtke. Dokazano je da je to metoda koja donosi uspjeh te se može prilagoditi za implementaciju ne samo u industrijskim postrojenjima nego i u graditeljstvu, transportu, zdravstvenim i uslužnim djelatnostima te u brojnim drugim situacijama. Zaposlenici moraju biti uvjereni da TPM nije samo još jedan „program mjeseca“ te da je uprava potpuno predana programu i spremna na proširenje vremenskih okvira potrebnih za potpunu provedbu programa. Ukoliko svi koji su uključeni u TPM program obavljaju svoj dio za koji su zaduženi mogu se očekivati visoke stope rasta te povrat uložених sredstava.

Primjer uvođenja TPM održavanja prikazan je na tvrtki INA d.d. Lokacija izabrana kao pilot lokacija uvođenja TPM održavanja je Opskrba Zrakoplova - Terminal 1 Zagreb koja se nalazi u sklopu Sektora logistike. Analizom postojećeg stanja uočeni su vremenski gubici povezani s radovima održavanja. Ti gubici rezultat su brojnih koraka održavanja iz razloga što je za sve radove održavanja potrebno angažirati vanjske izvođače. Prosječno vrijeme izvršenja radova održavanja u 2015. godini iznosilo je 13 dana dok su sve ostale aktivnosti u procesu održavanja (otvaranja radnog naloga, provjera stanja na terenu i izrada ponude, fakturiranje izvršenih radova te izdavanje fakture) trajale 52 dana što je četiri puta više nego samo vrijeme izvođenja radova.

Analizom svih radova obavljenih na lokaciji Opskrbe zrakoplova Zagreb u 2015. godini zaključeno je da postoje radovi za koje nije potrebno angažirati vanjske izvođače već su ih operateri u mogućnosti sami otkloniti ili čak spriječiti preventivnim pregledima. Time se značajno smanjuje vrijeme čekanja na popravak, što smanjuje indirektnе operative troškove uzrokovane nedostupnošću opreme tj. nemogućnošću ispunjenja uobičajenih radnih zadataka. Također, smanjili bi se i direktni troškovi održavanja jer ne bi bilo potrebno angažirati i plaćati vanjske izvođače za izvođenje popravaka već bi ih operateri izvodili samostalno.

Implementacija TPM održavanja na lokaciju Pleso odrađena je u fazama kroz sljedeće korake:

1. Izrađene su liste aktivnosti provjere opreme koju provode rukovatelji opremom (operateri). Izrađene su dnevne, tjedne, mjesečne i godišnje liste provjere opreme koje se baziraju na pet osjetila (vid, sluh, njuh, opip i okus).
2. Izrađene su liste aktivnosti TPM održavanja odnosno popis aktivnosti koje smiju provoditi operateri na lokaciji OZ gorivom Zagreb. Radnje koje se izvode su korektivne i preventivne radnje, bazirane na opažanjima u sklopu listi provjere opreme te ostale aktivnosti koje operater smatra bitnima.
3. Implementiran je programski alat SKF @ptitude Analyst koji se koristi za praćenje stanja opreme tijekom njezinog rada pomoću uređaja SKF Microlog Inspector. Uporaba SKF uređaja omogućila je brzu, efikasnu i pouzdanu pohranu, manipulaciju i dohvat velike količine podataka o opremi i pogonu. Uređajem je izbjegnuto ispunjavanje papirnatih obrazaca koji su često teški za čitanje i interpretaciju, povećavaju mogućnost pogreške, teško ih je pratiti te uzimaju vrijeme i prostor za skladištenje. Glavna prednost ovog softvera je mogućnost uvida u podatke s bilo kojeg računala koje ima instaliran softver tako da stanje opreme mogu vidjeti korisnici i održavatelji koji se nalaze na udaljenim lokacijama, što omogućuje pravovremenu reakciju.
4. Implementiran je SKF uređaj za mjerenje vibracija čime se omogućilo otkrivanje kvara dovoljno rano kako bi se mogle poduzeti korektivne mjere. S obzirom da je tehnika mjerenja ovim uređajem nerazarajuća sva mjerenja moguće je izvršiti za vrijeme rada opreme.
5. Za provođenje preventivnih pregleda i rukovanje uređajem određeni su operateri koji se koriste opremom. Izvršena je edukacija operatera koju je proveo inženjer SKF-a.

Uz navedene prednosti osnovna prednost uvođenja TPM održavanja na terminal za opskrbu zrakoplova gorivom je smanjenje troškova održavanja. Financijskom analizom provedenom u poglavlju 4.2.4. zaključeno je da je isplativo ulagati u ovaj projekt te da se očekuje povrat uložених sredstava nakon jedne godine i sedam mjeseci.

Kako oprema postaje sve složenija i skuplja moramo pronaći način kako da je učinimo što produktivnijom. Ako se uvođenju TPM-a pristupi na pravilan način, svaka tvrtka tijekom vremena može poboljšati i unaprijediti svoje poslovanje, strategiju, viziju i konačne ciljeve. Uvođenje TPM-a je dugotrajan proces u kojem moraju biti uključeni svi radnici. Velike promjene i veliko povećanje profita tvrtke koja je uvela TPM neće se ostvariti preko noći. Budućnost TPM-a ne leži samo u proizvodnoj industriji nego i u brojnim drugim područjima kao što su uslužne i zdravstvene djelatnosti.

LITERATURA

- [1] Inženjerski priručnik IP4, Proizvodno strojarstvo, Organizacija proizvodnje, ŠK, Zagreb
- [2] Kondić V., Piškor M., Horvat M.: Osnovna obilježja logističkog procesa održavanja, Varaždin, 2011
- [3] Lisjak D. : Održavanje, prezentacija, 2012
- [4] Čala I.: Prilog istraživanju elemenata organizacijske strukture održavanja strojarske opreme, disertacija, Zagreb, 1998
- [5] Maršić D.: Uvod u održavanje uređaja Dijagnostika i održavanje uređaja, Zadar, 2006
- [6] Čovo P.: Održavanje broda, nastavni materijal, Zadar, 2007
- [7] Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Reliability-centered_maintenance, 5.6.2016.
- [8] Štefanić N., Tošanović N.: Lean proizvodnja, podloge s predavanja, 2012
- [9] FOI,
<http://ai.foi.hr/oovasis/wiki/wiki.php?name=OOVASIS&parent=171&page=Kaizen>,
6.6.2016.
- [10] Leankit, <http://leankit.com/learn/kanban/what-is-kanban/>, 5.6.2016.
- [11] Technology Managment Solution,
http://www.tecmgtsol.com/images/tms_white_paper.pdf, 5.6.2016.
- [12] Utilis, <http://www.utilis.biz/Default.aspx?sid=516>, 5.6.2016.
- [13] Brckan K., Kameluti J.: Informacijski sustav održavanja elektroenergetskih objekata, postrojenja i uređaja, Šibenik, 2008
- [14] Wiegand, B., Langmaack, R., Baumgarten, T., „Lean Maintenance System – Instandhaltungszeit Null – volle Wertschöpfung“, Lean Management Institute, Aachen, 2005
- [15] Master-plm, http://www.master-plm.net/files/4_2_1-2%20LLL%20courses%20Six%20Sigma%20&%20Lean%20Mang.pdf, 8.6.2016.
- [16] Japan Institute of Plant Maintenance: TPM for Every Operator, Productivity Press, 1996
- [17] Pomorski R. T.: Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and Literature Review, 2004
- [18] Majača S.: Optimizacija procesa održavanja, Diplomski rad, Zagreb, 2015
- [19] Škreblin B.: Reinžinjering procesa održavanja strojeva ofsetne tiskare, diplomski rad, Zagreb, 2010

- [20] Japan Institute of Plant Maintenance: Autonomous Maintenance for Operators, Productivity Press, 1996
- [21] Adamović Ž., Nestorović G., Radojević M., Paunović LJ.: Menadžment industrijskog održavanja, Novi Sad, 2008
- [22] Pomorski fakultet u Splitu, www.pfst.unist.hr/uploads/OBvjezbe8_zahvati.ppt, 8.6.2016.
- [23] ToughNickel, <https://toughnickel.com/industries/what-is-total-productive-maintenance-definition-tpm-pillars-tools>, 8.6.2016.
- [24] Cudeny A.E., Agustiady T.: Total Productive Maintenance - Strategies and Implementation Guide, CRC Press, 2015
- [25] Reliabilitydirectstore, <https://www.reliabilitydirectstore.com/articles.asp?id=122>, 5.7.2016
- [26] Rumbak S., Bratko S.: Dijagnostička ispitivanja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom, Zagreb
- [27] Ružđak K.: Metode procjene isplativosti investicijskih projekata (Capital Budgeting) i upravljanje projektnim rizicima, 2011

PRILOZI

I. CD-R disc