Mjesto i uloga TPM -a u Lean proizvodnji

Čepin, Davor

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:634939

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

ZAVRŠNI RAD br. 224/PS/2017

MJESTO I ULOGA TPM – a U LEAN PROIZVODNJI

Davor Čepin

0399/339

Varaždin, rujan 2017.

Sažetak

U radu je predstavljeno mjesto i uloga TPM – a u strojarskoj proizvodnji i održavanju. Obuhvaćene su i opisane neke od metoda i alata lean metodologije na primjer: SMED (Single minute exchange of dies), TPM (Total Productive Maintenence), OEE (Overall Equipment Effectiveness), 5S… Istaknute su prednosti, benefiti, nedostaci, potrebne metode izračunavanja pojedinih lean alata, te je povezano primjerima uzroka i posljedica i praktičnim primjerima ili dijagramima.

Summary

This paper presents the place and role of TPM in mechanical production and maintenance. Some of the methods and tools of the lean methodology are described, for example: Single minute exchange of dies (SMED), Total Productive Maintenence (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE), 5S... It contains advantages, benefits, deficiencies, calculation methods of some of the lean tools. Everything is linked to examples of causes and consequences and practical examples or diagrams.

Ključne riječi

TMP, lean, lean alati, OEE, SMED, strojarstvo, 5S, implementacija TPM – a, implementacija SMED – a, gubici

Key words

TMP, lean, lean tools, OEE, SMED, mechanical engineering, 5S, implementation of TPM, implementation of SMED, losses

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: DAVOR ČEPIN | MATIČNI BROJ: 0399/336

DATUM: 3.7.2017. | KOLEGIJ: ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

NASLOV RADA: MJESTO I ULOGA TPM – a U LEAN PROIZVODNJI

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: The place and roll of TPM in lean manufacturing

MENTOR: KONDIĆ ŽIVKO | ZVANJE: Red.profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. Prof.dr.sc. Vinko Višnjić, predsjednik povjerenstva
2. Prof.dr.sc. Živko Kondić, mentor
3. Veljko Kondić, mag.ing.mech., predavač,član
4. Marko Horvat, dipl.ing. predavač, zamjenski član
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 224/PS/2017

OPIS:

U radu je potrebno:

- U uvodnom dijelu završnog rada potrebno je detaljnije opisati sedam osnovnih gubitaka koji stvaraju nepotrebne gubitke, a koji se javljaju u većini proizvodnih sustava. Nakon toga ukratko navesti najčešće korištene alate i metode za rješavanje problema i sprečavanje gubitaka, a koji se koriste u sustavu Leana

- Pozicionirati mjesto i ulogu TPM (Total Productive Maintenence) u sustavu poboljšanja Lean.

- Detaljnije opisati Tradicionalni TPM (posebice opisati 5S metodu u održavanju i osam načela TPM), OEE i šest velikih gubitaka u procesu održavanja industrijskih postrojenja.

- Opisati značenje, mjesto i ulogu metode SMED (Single - Minute - Exhange of Dies) u procesu poboljšanja održavanja i primjene Lean principa. Uz navedeno potrebno je navesti upute za uvođenje SMED-a u realnim poslovnim sustavima te dati praktični primjer njegove učinkovitosti.

- Opisati implementaciju TPM-a u realnim sustavima

- U zaključku se kritički osvrnuti na izrađeni završni rad u smislu mogućih ograničenja i prijedloga.

ZADATAK URUČEN: 11.09.2017. | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA 5 SVEUČILIŠTE SJEVER

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DAVOR ČEPIN *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom MJESTO I ULOGA TPM-a U LEAN PROIZVODNJI *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Č

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DAVOR ČEPIN *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom MJESTO I ULOGA TPM-A U LEAN PROIZVODNJI *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Č

(vlastoručni potpis)

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Odjel za strojarstvo

ZAVRŠNI RAD br. 224/PS/2017

MJESTO I ULOGA TPM – a U LEAN PROIZVODNJI

Student:

Davor Čepin, 0399/336

Mentor:

prof. dr. sc. Živko Kondić

Varaždin, rujan 2017.

Zahvala

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Živku Kondiću za pomoć i vodstvo kroz završni rad, te na savjetima koje je nama studentima davao tijekom izvođenja nastave. Uistinu sam zahvalan na strpljenju koje je pokazao prema meni kao studentu, ali i na razumijevanju naspram mene kao osobe. Kada god je bilo nejasnoća, bilo je potrebno samo postaviti pitanje.

Zahvaljujem roditeljima, obitelji i ostalim profesorima Sveučilišta Sjever u Varaždinu koji su me izgradili ne samo kao mladog inženjera, nego kao i racionalnu i odgovornu osobu. Kroz godine koje sam proveo na sveučilištu, osim tehničkih i obaveznih znanja, uz vodstvo i savjete profesora naučio sam mnogo o tome kako uspješno savladati gradivo, ali i kako se postaviti izvan fakulteta i u poslovnom svijetu, da se moram osloniti na svoje sposobnosti, te da se upornošću, odlučnošću i radom može postići bilo što.

Vrijeme provedeno na sveučilištu za mene je neprocjenjivo te će zauvijek ostati u lijepom i ugodnom sjećanju, i na tome Vam neizmjerno hvala.

Sadržaj:

1. Lean proizvodnja 9
1.1. Sedam „smrtnih“ gubitaka 9
1.1.1. Nepotrebni pokreti 10
1.1.2. Čekanje 11
1.1.3. Prekomjerna proizvodnja 11
1.1.4. Prekomjerna obrada 12
1.1.5. Škart 12
1.1.6. Nepotrebne zalihe 12
1.1.7. Transport 13
1.1.8. Osmi „smrtni“ gubitak 13
1.2. Alati lean proizvodnje 14
2. TPM – Total Productive Maintenance 22
2.1. Tradicionalni TPM 23
2.1.1. 5S temelji u održavanju 23
2.1.2. Osam načela TPM – a 25
2.2. OEE i šest velikih gubitaka 28
2.2.1. Što je OEE 28
2.2.2. Računanje OEE – a 29
2.2.3. Praćenja OEE – a 35
2.2.4. Razumijevanje šest velikih gubitaka 38
2.3. SMED (Single – Minute Exchange of Dies) u TPM – u 39
2.3.1. Što je SMED 39
2.3.2. Osnove SMED – a 40
2.3.3. Jednostavne upute za uvođenje SMED – a 41
2.3.4. Praktični primjer učinkovitosti SMED metode 46
2.3.5. Pospješivanje napretka 47
2.4. Implementacija TPM – a 49
2.4.1. Prvi korak – odrediti područje primjene TPM – a 49
2.4.2. Drugi korak – vratiti opremu u prvobitno operativno stanje 50
2.4.3. Treći korak – mjeriti OEE 52
2.4.4. Četvrti korak – istaknuti značajne gubitke 53
2.4.5. Peti korak – predstaviti tehnike održavanja 54
2.5. Kontinuirano poboljšavanje 55
3. Zaključak 56
4. Literatura 57

1. Lean proizvodnja

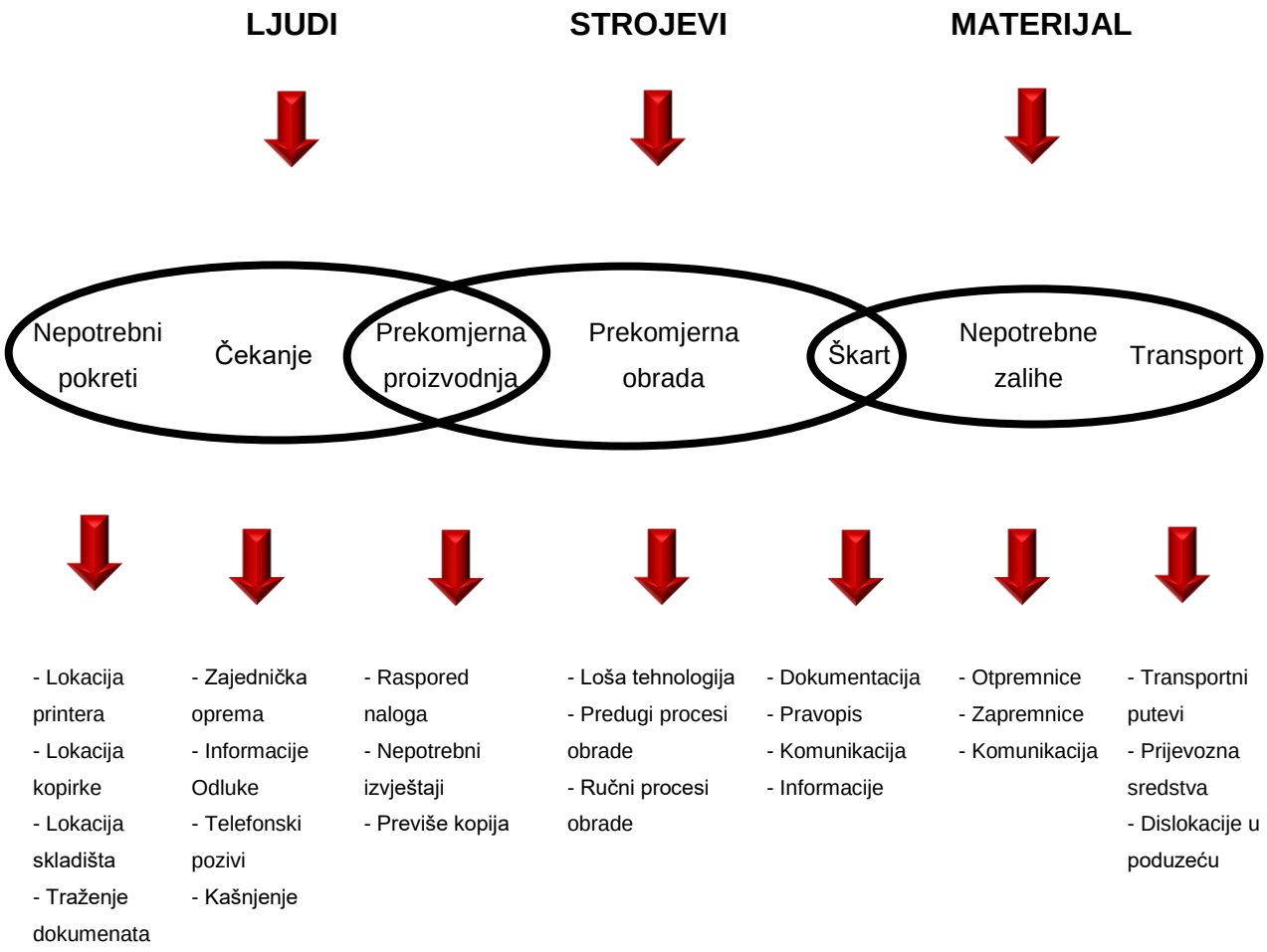
Lean proizvodnja je dinamički proces, koncept upravljanja proizvodnjom, te razvojem usluga i proizvoda, kojim poduzeća kontinuirano rade na eliminiranju gubitaka i stvaranju vrijednosti. Potječe iz Japana (Toyota), ali se velikim dijelom zasniva na principima Henryja Forda i Edwarda Deminga. Ključna ideja lean proizvodnje je zapravo prilično jednostavna. Uporno raditi na otklanjanju gubitaka iz procesa proizvodnje.

Gubitak se definira kao bilo koja aktivnost, koja ne dodaje nikakvu vrijednost na proizvod iz perspektive kupca. Istraživanje koje je proveo LERC [1] (*„Lean Enterprise Research Centre“*), pokazalo je da u klasičnom procesu proizvodnje samo 5% aktivnosti zapravo dodaje vrijednost proizvodu, 35% su neizbježne aktivnosti koje ne dodaju vrijednost samom proizvodu, a čak se 60% proizvodnih aktivnosti smatra gubitkom – ne dodaju nikakvu vrijednost proizvodu.

Na lean proizvodnju se isto tako može sagledati s aspekta da je to kolekcija tehnika, alata i savjeta koji su se pokazali uspješni u otklanjanju gubitaka iz procesa proizvodnje.

1.1. Sedam „smrtnih“ gubitaka

Tradicionalna lean proizvodnja navodi sedam (plus jedan) ključnih područja gubitaka – sedam „smrtnih“ gubitaka. Ti gubici prikazani su na slici 1.1, te će biti navedeni zajedno sa preporučenim protumjerama kako ih reducirati. Protumjere će biti teško primjenjive odmah iste sekunde, ali mogu služiti kao dobra podloga i putokaz za budućnost. [11]



Slika 1.1: 7 ključnih gubitaka i njihovi uzroci [2]

1.1.1. Nepotrebni pokreti

Nepotrebni pokreti zaposlenika (pokreti koji ne dodaju nikakvu vrijednost proizvodu). Ova vrsta gubitaka javlja se zbog odlaska djelatnika s radnog mjesta po radne naloge, sirovine, alate i slično. U ovaj gubitak uključuju se i nepotrebne ili preduge izmjene alata te nepotrebni pokreti zaposlenika, loše razmještenih strojeva, robota ili manipulatora i sl.

Protumjere:

- Osigurati da su područja proizvodnje ili radna mjesta logično organizirani. (Alat: 5S)
- Razmotriti alternativne razmještaje opreme i alata tako da su nepotrebni pokreti reducirani na minimum. (Analiza procesa)

1.1.2. Čekanje

Vrijeme kada trenutni posao čeka na sljedeći korak u proizvodnji (ne dodaje se nikakva vrijednost). Može biti pravo prosvjetljenje kada se pogleda na vrijeme od narudžbe do isporuke i zapitati se koliko od toga vremena je zapravo provedeno na dodavanje vrijednosti proizvodu. Čekanje se odnosi na vremena praznih hodova unutar proizvodnih ciklusa. Uzrok praznih hodova su neusklađenost radnih operacija, loše isplanirana proizvodnja, kašnjenje materijala, loša logistika, prekasne narudžbe sirovina ili materijala potrebnih za proizvodnju.

Protumjere:

- Dizajnirati proces tako da postoji stalan protok sa minimalnim ili bez međuspremnika u proizvodnji. (Kontinuirani protok)
- Koristiti standardizirane upute za rad kako bi osigurali konzistentne metode i vremena za svakom koraku proizvodnje. (Standardizirani posao)

1.1.3. Prekomjerna proizvodnja

Proizvoditi nešto bez da zapravo ima potrebe za tim. Na primjer: zbog veće proizvodnje nego što je bila planirana ili potrebna, izrada proizvoda koje tržište ne traži. Ovo je posebno ozbiljan gubitak jer vodi do anomalija zaliha koje su nerijetko iskorištene za maskiranje ostalih inherentnih problema i nedostataka.

Protumjere:

- Isplanirati proizvodnju tako da se poklapaju tempo proizvodnje i zahtjev kupca. (Vrijeme takta)
- Koristiti „Pull system“ (Kanban) kao kontrolu količine proizvoda. (Kanban)
- Smanjiti vrijeme pripreme tako da manje serije mogu biti ekonomičnije proizvedene. (SMED)

1.1.4. Prekomjerna obrada

Više obrade nego je potrebno za proizvodnju proizvoda kojeg kupac zahtjeva. Ovo je najčešće jedan od gubitaka koji se teže pronađe i odstrani. Gubitak nastaje kao rezultat dužeg vremena obrade proizvoda, što u konačnici produžuje vrijeme proizvodnog ciklusa. Prekomjernu obradu uzrokuju zastarjeli strojevi koji imaju dugačko vrijeme pripreme stroja, zbog loše konstrukcije proizvoda, nedovoljno definiranog tehnološkog postupka izrade.

Protumjere:

- Usporediti zahtjeve kupca i specifikacije proizvodnje. (Kaizen)
- Potražiti potencijalno pojednostavljenje proizvodnog procesa. (Kaizen)

1.1.5. Škart

Proizvod koji se definira kao otpad ili zahtjeva preradu. Škart nastaje zbog proizvodnje oštećenih ili nesukladnih proizvoda koji nastaju zbog nedostatka potrebnih alata, istrošenosti alata na strojevima za obradu, lošeg preventivnog ili tekućeg održavanja strojeva i alata i slično. Škart se odnosi i na pružanje neadekvatne usluge.

Protumjere:

- Dizajnirati procese tako da su što manje podobni proizvodnji škarta. (Poka-Yoke)
- Dizajnirati procese na način da detektiraju abnormalnosti kako mogle biti ispravljene smjesta, bez odlaganja. (Jidoka)
- Potražiti jedan najčešći defekt i odrediti zašto se pojavljuje. (Analiza korijena uzroka)
- Kreirati upute za rad kako bi osigurali kontinuiranost metode proizvodnje nekog komada. (Standardizirani posao)

1.1.6. Nepotrebne zalihe

Količina proizvoda (sirovine, poluproizvodi ili završeni proizvodi) koja prelazi preko trenutne potrebe. Prekomjerne zalihe sirovina ili proizvoda na skladištu prouzrokuju nepotrebne troškove i predstavljaju vezani kapital u skladištu.

Protumjere:

- Opskrbljivati radna mjesta sirovinom tek kada je potrebno. (Just-In-Time)
- Smanjiti ili eliminirati međuspremnike između faza proizvodnje. (Kontinuirani protok)
- Sagledati protumjere za prekomjernu proizvodnju. (Vrijeme takta, Kanban i SMED)

1.1.7. Transport

Nepotrebna premještanja sirovina, poluproizvoda ili gotovih proizvoda. Gubici kod transportiranja prethodno navedenih i ostalih objekata, nastaju zbog predugih transportnih putova, dislociranih dijelova proizvodnje ili poduzeća, neadekvatnih transportnih odnosno prijevoznih sredstava.

Protumjere:

- Dizajnirati linearan, sekvencijalan protok od sirovine do završnog proizvoda. (Planiranje protoka vrijednosti)
- Pobrinuti da se proizvodi u proizvodnji ne stavljaju na zalihu nego da budu u konstantnom protoku. (Kontinuirani protok)
- Izbjegavati konstantno mijenjanje prioriteta poslova. (Teorija ograničenja)

1.1.8. Osmi „smrtni“ gubitak

Još jedan iznimno važan oblik gubitka koji nije predstavljen unutar sedam ključnih gubitaka je neiskorišten ljudski potencijal. Ovaj oblik gubitka rezultira u raznim vrstama izgubljenih prilika (na primjer: pad motivacije, pad kreativnosti i gubitak ideja).

Jedan od razloga zbog kojeg je ova vrsta gubitka često neistaknuta ili čak u potpunosti ignorirana u poduzećima je taj da odgovornost za ovu vrstu gubitka leži izravno na leđima samog vrha poduzeća, to jest menadžmenta. Neiskorišten ljudski potencijal nerijetko je rezultat politika i stilova menadžmenta koje doprinose isključivanju zaposlenika iz organizacije i rješavanja problema. Za razliku od toga, menadžeri sa snažno razvijenim liderskim vještinama mogu imati vrlo visoku ulogu u ohrabrivanju i poticanju uključivanja zaposlenika u rješavanje problema iz zaposlenikove neposredne okoline i organizacije radnih zadataka u poduzeću.

1.2. Alati lean proizvodnje

Lean ima vrlo širok spektar alata i koncepata. Bitno je istražiti najvažnije i razumjeti što su i kako mogu pomoći. [11] U tom spektru postoji puno odličnih ideja i alata pa je stoga važno dobro ih proučiti kako bi mogli donijeti odluku da li neki od njih utječu na ciljani gubitak u procesu proizvodnje. Mnogi od ovih alata mogu biti primijenjeni pojedinačno što ih čini prilično jednostavnim za implementaciju. No zapravo, blagodati će se gomilati sa što većim brojem implementiranih alata jer se oni međusobno nadopunjuju i podržavaju.

Neki od ključnih alata lean proizvodnje:

- 5S:

Organizirati radno područje na način:

- Seiri (eng. *Sort;* hr. *Sortirati*)
  - Definirati i eliminirati nepotrebno.
- Seiton (eng. *Set In Order;* hr. *Urediti*)
  - Organizirati preostale elemente.
- Seisou (eng. *Shine;* hr. *Čistiti*)
  - Čistiti i kontrolirati radno mjesto.
- Seiketsu (eng. *Standardize;* hr. *Standardizirati*)
  - Standardizirati sve navedeno.
- Shitsuke (eng. *Sustain;* hr. *Održavati*)
  - Svakodnevno primjenjivati i pretvoriti u naviku.

5S eliminira gubitke koji nastaju zbog loše organiziranih radnih mjesta (na primjer: gubiti vrijeme na traženje alata).

- Analiza „uskog grla“:

Utvrdi koji dio proizvodnog procesa ograničava ukupan protok i poboljšava radni učinak tog dijela procesa.

Poboljšava protok ojačavanjem najslabijeg kanala u proizvodnom procesu.

- Andon:

Sustav za praćenje stanja na proizvodnoj liniji, ujedno i primjer vizualne kontrole. Upozorava kada je potrebna pomoć na liniji i daje ovlast operateru da zaustavi proizvodnju.

Andon zapravo služi kao neposredno komunikacijsko sredstvo za proizvodnu halu koje trenutno postavlja pažnju na probleme kako se pojavljuju kako bi mogli biti riješeni u što kraćem vremenu.

- Gemba („Pravo mjesto“):

Filozofija koja podsjeća rukovodeće položaje da izađu iz ureda i provode vrijeme u proizvodnoj hali – na „pravom mjestu“ gdje se problemi pojavljuju.

Pridonosi dubokom i temeljitom razumijevanju stvarnih problema u procesu proizvodnje, promatranjem iz prve ruke i provođenjem vremena u razgovoru sa zaposlenicima u hali.

- Heijunka (Ujednačena proizvodnja):

Oblik planiranja proizvodnje u kojem se namjerno proizvodi u puno manjim serijama, miješanjem različitih varijanti proizvoda unutar istog procesa.

Pošto se više varijanti proizvoda izrađuje učestalije u manjim serijama, Hejunka smanjuje zalihe i vrijeme koje prođe od narudžbe kupca pa sve do isporuke proizvoda kupcu (eng. *lead time*).

- Hoshin Kanri (Definiranje poslovnih strategija):

Poravnati ciljeve poduzeća (strategija), sa planovima srednjeg menadžmenta (taktika) i poslovima koji se obavljaju u hali (aktivnost).

Hoshin Kanri osigurava da je napredak prema strateškim ciljevima konzistentan i temeljit. Eliminira gubitke koji dolaze iz loše komunikacije i neusklađenih uputa.

- Jidoka („Inteligentna automatizacija“):

Još se može opisati kao „automatizacija sa ljudskim dodirom“. Dizajnirati opremu i strojeve tako da budu djelomično automatizirani u procesu proizvodnje kako bi olakšali proizvodnju i samostalno ju zaustavili kada bi se pojavili defekti ili škart. Oprema je automatizirana djelomično iz razloga što je potpuna automatizacija jako skupa.

Nakon uvođenja Jidoke, radnici mogu učestalije nadzirati više radnih mjesta, što smanjuje troškove rada. Također, brojni problemi u kvaliteti proizvoda mogu biti trenutno opaženi i otkriveni što poboljšava kvalitetu cjelokupnog procesa proizvodnje.

- Just-In-Time (JIT):

Imati protok materijala kroz proizvodnju temeljen na zahtjevima kupca umjesto na irelevantnim, zacrtanim zahtjevima. JIT (hr. „*Upravo na vrijeme*“) se oslanja na velik broj ostalih lean alata kao što su na primjer: kontinuirani protok, Heijunka, Kanban, standardizirani posao, vrijeme takta…

JIT ima visoku učinkovitost u smanjivanju zaliha. Poboljšava protok vrijednosti (novca) i reducira prostorne zahtjeve.

- Kaizen (Kontinuirano poboljšavanje):

Strategija gdje zaposlenici rade zajedno i proaktivno kako bi postigli kontinuirana, inkrementalna poboljšanja u procesu proizvodnje.

Kombinira kolektivne talente cijelog poduzeća kako bi se stvorilo okruženje koje konstantno eliminira gubitke iz procesa proizvodnje.

- Kanban (Pull system):

Metoda reguliranja protoka dobara (sirovina, proizvoda…) i unutar same tvornice i sa strane vanjskih dobavljača, kooperanata, partnera i mušterija. Zasniva se na automatskom nadopunjavanju dobara preko signalnih kartica koje signaliziraju kada nastane potreba za nekom sirovinom ili bilo kojom drugom potrošnom robom. Kanban osigurava da se pojedini dijelovi ne proizvode ako to nije potrebno za sljedeću proizvodnu fazu (tzv. „sustav povlačenja“).

Eliminira gubitke nastale prekomjernim zalihama i prekomjernom proizvodnjom. Također ako se metoda prihvati i korektno implementira, može dovesti do eliminacije potrebe za fizičkim inventurama i inventarima, što bi dovelo do velike uštede vremena pošto bi cjelokupna opskrba dobrima funkcionirala preko signalnih kartica.

- KPIs (eng. *Key Performance Indicators*; hr. *Ključni Pokazatelji Uspješnosti*):

Vizualni pokazatelj koji prati i potiče napredak prema dostizanju postavljenih ciljeva poduzeća. Snažno unaprijeđeni KPI-ovi mogu biti iznimno moćni upravljački programi režima pa je stoga važno pažljivo odabrati ključne pokazatelje uspješnosti koji će voditi do željenih režima.

Najbolji pokazatelji uspješnosti su:

- Usklađeni sa najvažnijim strateškim ciljevima (tako i pomažu u ostvarenju istih).
- Djelotvorni u otkrivanju i određivanju opsega gubitaka.
- Bez muke pod djelovanjem radnika u hali (kako bi mogli zadovoljiti, a možda čak i nadmašiti ciljane ishode).

- Kontinuirani protok:

Proces proizvodnje u kojoj poluproizvodi glatko teku kroz proizvodnju sa minimalnim ili bez međuskladišta između različitih faza procesa.

Kontinuirani protok eliminira više oblika gubitaka (na primjer: zalihe, zastoji i čekanja, transport…)

- Muda (gubitak):

Sve što u procesu proizvodnje ne dodaje vrijednost proizvodu iz perspektive kupca.

Muda ne pomaže proizvodnji. Muda znači „gubitak, otpad“, a eliminacija gubitaka je primarni fokus lean proizvodnje.

- Ukupna efektivnost proizvodne opreme (eng. *Overall Equipment Effectiveness*; OEE):

„Ukupna efektivnost proizvodne opreme koja računa raspoloživost opreme polazeći od ukupne teoretske raspoloživosti umanjene za sve zastoje i podešavanja te gubitke u proizvodnome procesu.“ [3] OEE je zapravo okosnica za mjerenje gubitaka u produktivnosti za promatrani proces proizvodnje. Prate se tri kategorije gubitaka, a mjere se u postocima:

- Dostupnost (npr. vrijeme kvara)
- Performanse (npr. spori ciklusi)
- Kvaliteta (npr. škart)

Osigurava referentnu točku ili osnovicu i sredstva za praćenje napretka u eliminiranju gubitaka iz procesa proizvodnje. 100% OEE-a znači perfektnu proizvodnju (proizvodnja bez škarta, najbrže moguće, bez kvarova i zastoja), što naravno ne postoji.

- PDCA metoda (Plan, Do, Check, Act; Demingov krug):

Metodologija za implementaciju poboljšanja:

- Planiraj (eng. *Plan*)
  - Ustanoviti plan i očekivati rezultate.
- Učini (eng. *Do*)
  - Provoditi plan.
- Provjeri (eng. *Check*)
  - Potvrditi da li su postignuti očekivani rezultati.
- Djeluj (eng. *Act*)
  - Sagledati, procijeniti i ponoviti (krug).

PDCA metoda primjenjuje znanstveni pristup prema napredovanju:

- Plan = postaviti hipotezu
- Do = provesti eksperiment
- Check = ocijeniti rezultate
- Act = preraditi/pročistiti eksperiment i pokušati ponovno

- Poka – Yoke (neposredna kontrola; samokontrola):

Dizajnirati opremu za stroj koja služi za prevenciju i otkrivanje pogreške u procesu proizvodnje, s ciljem da se postigne proces bez škarta.

Poka-yoke, slično kao i Jidoka, pronalazi greške kako se pojavljuju na proizvodnoj liniji, s obzirom da je teško i skupo pronaći sve greške i defekte kroz kontrolu na kraju. Ispravljanje pogrešaka je sve skuplje sa svakom višom fazom obrade, pa je poželjno pronaći ih što je ranije moguće.

- Root Cause Analysis (hr. „*Analiza korijena uzrok*“):

Metodologija za rješavanje problema koja se fokusira na pronalaženje rješenja inherentnih problema umjesto brzih popravaka kojima se tretiraju trenutni simptomi problema. Uobičajeni pristup je upitati se „Zašto?“ više puta s ciljem, svaki puta biti korak bliže pronalaženju pravo temeljnog problema.

Ova metoda osigurava pomoć na razini samog korijena problema, to jest, primjenom korektivnih postupaka eliminira problem u korijenu kao i sam korijen problema.

- SMED (eng. *Single-Minute Exchange of Dies*; hr. „*izmjena alata u jednoznamenkastom broju*“):

Smanjiti vrijeme pripreme što je više moguće. Pod „izmjena alata u jednoznamenkastom broju“ misli se na ispod 10 minuta.

- Preraditi korake pripreme tako se mogu obavljati izvana (izvan samog stroja = priprema se može vršiti za vrijeme kada stroj u pogonu).
- Pojednostaviti unutarnju pripremu (npr. vijke zamijeniti kvakama i polugama)
- Odstraniti nepotrebne zahvate
- Osmisliti standardizirane upute za rad

- Šest velikih gubitaka:

Šest kategorija gubitaka proizvodnosti koji su opće poznati u proizvodnim procesima:

- Kvarovi
- Pripreme i prilagodbe
- Manji zastoji
- Smanjena brzina
- Početni škart
- Škart u toku proizvodnje

Ovaj alat postavlja temelje za ukazivanje i rješavanje najuobičajenijih uzroka gubitaka u procesu proizvodnje.

- SMART ciljevi:

Ciljevi koji su: specifični (eng. ***S****pecific*), mjerljivi (eng. ***M****easurable*), dostižni (eng. ***A****ttainable*), relevantni (eng. ***R****elevant*), vremenski definirani (eng. ***T****ime-Specific*).

Alat pomaže pri osiguravanju efikasnosti željenog cilja.

- Standardizirani posao:

Dokumentirani postupci za proces proizvodnje koji obuhvaćaju komercijalne ili profesionalne postupke koji su prihvaćeni ili propisani kao točni ili najefektivniji, te uključuju vrijeme koje je potrebno za izvršenje pojedinog zadatka. Ti dokumenti moraju biti „živi“ kako bi u slučaju potrebe promjene bili lako ispravljeni.

Standardizirani posao konstantnom primjenom najbolje prakse eliminira gubitke. Formira i temelje za buduće pothvate poboljšavanja.

- Takt Time (hr. *Vrijeme takta*):

Tempo proizvodnje (npr. proizvoditi jedan komad nečega svakih dvadeset i četiri sekunde) koji je usklađen sa kupčevim zahtjevom.

Pruža jednostavnu, kontinuiranu i intuitivnu metodu tempiranja proizvodnje. Lagano se proširi kako bi postala cilj učinkovitosti hale.

- Total Productive Maintenence (TPM; hr. *Potpunu proizvodno održavanje*):

Pristup održavanju koje se zasniva na proaktivnom i preventivnom održavanju kako bi operativno vrijeme opreme povećali što je više moguće. TPM odstranjuje razliku između održavanja i proizvodnje na način da postavlja jaki naglasak na davanje ovlasti operateru u pomoći održavanja opreme na njegovom radnom mjestu. U TPM ulaze i OEE i šest velikih gubitaka.

Stvara zajedničku odgovornost prema opremi koja ohrabruje umiješanost radnika u hali. U pravom okruženju ovo može biti vrlo efektivno u poboljšavanju produktivnosti.

- Vlaue Stream Mapping (hr*. Analiza procesa*):

Alat koji se koristi za vizualni prikaz toka proizvodnje. Prikazuje trenutna i buduća stanja i faze obrade na način da istakne prilike za poboljšanje.

Izlaže gubitke u trenutnom procesu i pruža putokaz za poboljšanja kroz buduće faze.

- Visual Factory (hr. „*Vizualna tvornica*“):

Vizualni indikatori, zasloni i kontrole koje se koriste kroz cijeli proces proizvodnje kako bi poboljšale komunikaciju informacijama.

Svrha ovog alata je da prikaže stanje i uvijete proizvodnog procesa jednostavno, pristupačno i vrlo jasni – svima.

2. TPM – Total Productive Maintenance

Velika ideja iza totalnog produktivnog održavanja je zapravo jednostavna: uključiti operatera u održavanje opreme na njegovom radnom mjestu. Također, jedan od ciljeva TPM – a je istaknuti da će proaktivno i preventivno održavanje napraviti dobro temelje za poboljšanje proizvodnje. TPM odstranjuje razliku između održavanja i proizvodnje na način da postavlja jaki naglasak na davanje ovlasti operateru u pomoći održavanja opreme na njegovom radnom mjestu. U pravom okruženju ovo može biti vrlo efektivno u poboljšavanju produktivnosti. U TPM ulaze i OEE i šest velikih gubitaka.

TPM je zapravo holistički pristup održavanju opreme, a teži k postignuću savršene proizvodnje i sigurnog radnog okruženja:

- Bez kvarova
- Bez malih stajanja ili spore proizvodnje
- Bez škarta

Uz dodatak da postavlja vrijednost na sigurno radno okruženje:

- Bez nesreća

2.1. Tradicionalni TPM

Tradicionalni pristup TPM – u bio je razvijen 1960 – ih, a temeljio se na 5S alatu poboljšanja sa osam pratećih načela koje se često nazivaju „stupovi“. Ovo je grafički prikazano na slici 1.2, a u sljedećim odlomcima biti će opisani i 5S i osam sljedećih načela:

- Autonomno održavanje
- Planirano održavanje
- Održavanje kvalitete
- Usmjereno poboljšavanje
- Preventivna kontrola opreme
- Edukacija i obrazovanje
- Sigurnost, zdravlje i okoliš
- TPM u administraciji

2.1.1. 5S temelji u održavanju

Kako bi u poduzeću postigli lean proizvodnju, svi gubici, u svim segmentima organizacije i proizvodnje, moraju biti svedeni na najmanju moguću razinu. S obzirom da se proizvodnja sve više automatizira, dobro održavanje postaje sve nužnije. Upravo je zbog toga 5S temelj jednog od ključnih alata lean proizvodnje. 5S je alat za smanjivanje svih vrsta gubitaka i optimizaciju produktivnosti kroz eliminaciju „smetnji“ na radnom mjestu, u postojećoj konfiguraciji, te bez ikakvog ometanja proizvodnog procesa. 5S se može koristiti u bilo kojem okruženju, od velikih kompanija i proizvodnih hala, do vlastite garaže kod kuće. Cilj 5S – a je stvoriti čistu i dobro organiziranu radnu okolinu, kako je i pojašnjeno u tablici 2.1, a sastoji se od pet elemenata:

- Seiri
- Seiton
- Seisou
- Seiketsu
- Shitsuke

Japanski „S“	Engleski i hrvatski prijevod	Poanta
Seiri	eng. *Sort;* hr. *Sortirati*	Definirati sve predmete koji su potrebni, te ukloniti sve predmete koji nisu odmah potrebni za rad.
Seiton	eng. *Set In Order;* hr. *Urediti*	Sve što je potrebno, treba postaviti na definirano mjesto za brzo pronalaženje i odlaganje.
Seisou	eng. *Shine;* hr. *Čistiti*	Osigurati da radno mjesto bude čisto, bez prljavštine i stranih tijela nepotrebnih za sami proces.
Seiketsu	eng. *Standardize;* hr. *Standardizirati*	Standardizirati i uvesti pravila za sve navedeno.
Shitsuke	eng. *Sustain;* hr. *Održavati*	Svakodnevno primjenjivati 5S i pretvoriti ga iz obveze u naviku.

Tablica 2.1: Pojašnjenje 5S – a

Trebalo bi biti razumno i intuitivno kako 5S stvara kvalitetne i čvrste temelje za reprezentativno radno okruženje. Na primjer, u čistom i dobro organiziranom radnom okruženju, puno je lakše pronaći alate i razne dijelove. Isto tako, lakše je uočiti probleme u nastajanju kao što su strugotine na materijalu od neočekivane istrošenosti, curenje tekućina, loši protok materijala, pukotine u mehanizmima i pozicijama, itd.

Rezultati implementacije 5S alata u koncept proizvodnje i održavanja su prije svega, značajno smanjenje gabarita potrebnog prostora za određene aktivnosti. To bi također trebalo rezultirati i boljom organizacijom korištenja alata, materijala, pravilnim skladištenjem, racionalnim kretanjem zaposlenika. 5S je dobar alat za opće početak nekakve transformacije poduzeća jer razotkriva „nevidljive“ gubitke, nepotrebne troškove, što je temelj za uspostavljanje discipline potrebne za nastavak uspješne inicijative kontinuiranog poboljšavanja.

5S alat sa sobom nosi sljedeće prednosti: [5]

- Čišće i bolje organizirano radno mjesto
- Povećanje sigurnosti zaposlenika
- Eliminacija nepotrebnih aktivnosti
- Diže moral zaposlenih
- Dulji životni vijek opreme
- Bolja iskorištenost površine radnog prostora
- Kvalitetniji proizvodi
- Smanjenje više vrsta troškova
- Pristupačnija oprema
- Uspostavljanje jasnih standarda i metoda u cijelom procesu

2.1.2. Osam načela TPM – a

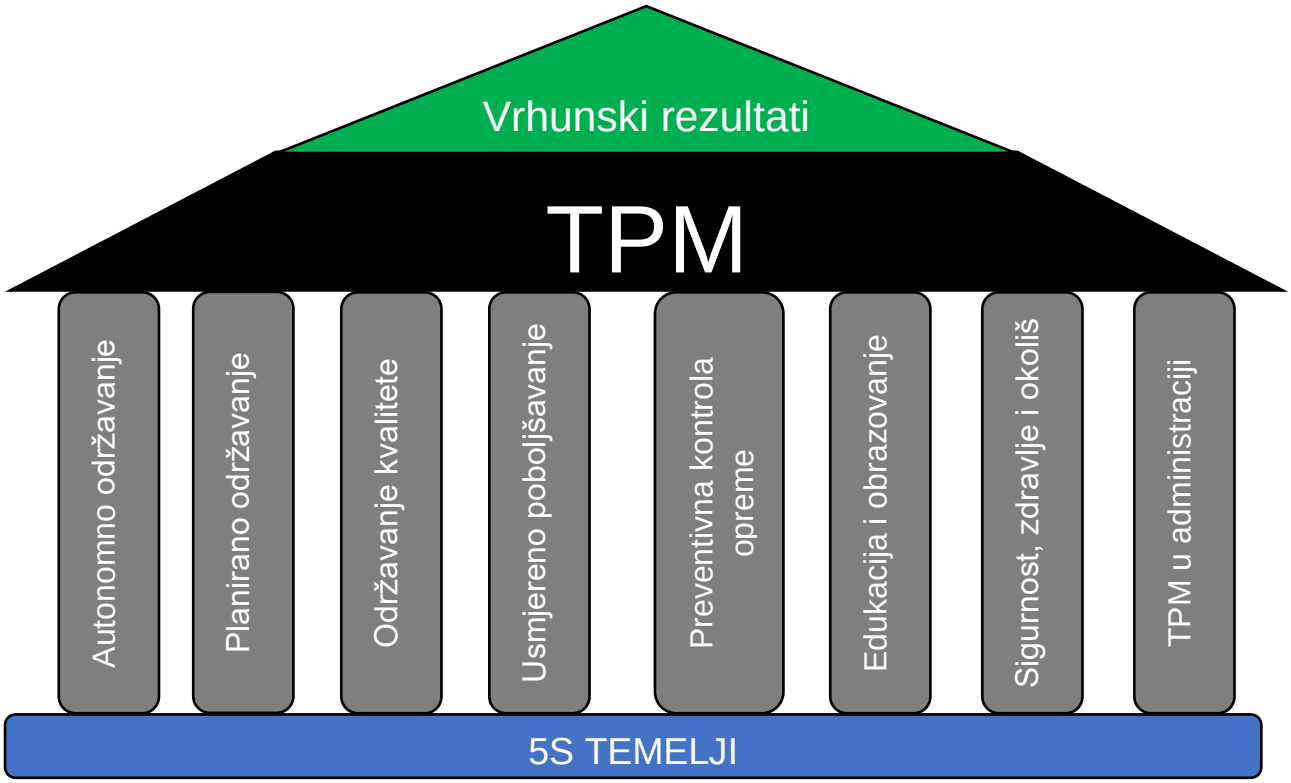
Jednom kada se utvrdi visoka razina stabilnosti pomoću programa 5S, organizacija može početi ozbiljno primjenjivati totalno produktivno održavanje. Totalno produktivno održavanje ima osam stupova koji za cilj imaju proaktivno uspostavljanje pouzdanosti strojeva. Osam načela TPM – a većinom su orijentirani na proaktivnost i preventivne tehnike za poboljšanje pouzdanosti opreme, a objašnjena su u tablici 2.2, te prikazana kao stupovi na slici 2.1.

Stup	Opis stupa	Kako pomaže?
Autonomno održavanje	Postavlja odgovornost za rutinsko održavanje, kao što je na primjer čišćenje, podmazivanje, ispitivanje, kontroliranje, u ruke operatera.	○ Daje operaterima veće „vlasništvo“ nad njihovom opremom. ○ Povećava znanje operatere o njihovoj opremi. ○ Osigurava da je oprema dobro očišćena i podmazana. ○ Otkriva probleme u porastu prije nego postanu ozbiljni kvarovi. ○ Oslobađa osoblje zaduženo za održavanje za zahtjevnije i hitnije zadatke.

Planirano održavanje	Raspored zadataka za održavanje baziranih na predviđenim i/ili izmjerenim učestalostima pogreške ili kvara.	○ Značajno smanjuje slučajeve neplaniranih zastoja. ○ Osigurava da većina održavanja na opremi bude planirana za vrijeme kada se oprema ne koristi, tj. ne sudjeluje u trenutnom procesu proizvodnje ○ Smanjuje zalihe kroz bolju kontrolu dijelova koji su skloni trošenju i kvarovima.
Održavanje kvalitete	Plan izvedbe preventive i otkrivanja pogrešaka u procesu proizvodnje. Primijeniti „Root Cause“ analizu (Lean alat) za eliminaciju ponavljajućih uzroka pada kvalitete.	○ Posebno cilja problematiku kvalitete sa projektima poboljšanja baziranim na elimininiranju korijena uzroka pogreške. ○ Smanjuje broj pogrešaka. ○ Smanjuje troškove tako da rano pronalazi pogreške (pronalaženje pogrešaka kroz inspekciju je nepouzdano i skupo).
Usmjereno poboljšavanje	Imati manju skupinu zaposlenika koji rade proaktivno zajedno kako bi postigli kontinuirani rast u poboljšanju operacijama sa uređajima.	○ Problemi koji se ponavljaju bivaju pronađeni i riješeni od strane multifunkcionalnih timova. ○ Objedinjuje talente cijelog poduzeća s ciljem da se kreira „stroj“ za kontinuirano poboljšanje.
Preventivna kontrola opreme	Usmjerava praktično znanje i razumijevanje proizvodne opreme dobivene preko TPM – a prema poboljšanju dizajna nove opreme.	○ Nova oprema dostiže ciljane operativne sposobnosti puno brže zbog manje problema kod uhodavanja. ○ Održavanje je jednostavnije i robusnije zbog praktičnih provjera i sudjelovanju operatera pri instalaciji.
Edukacija i obrazovanje	Popunjava potrebne rupe u znanju zaposlenika kako bi se postigli ciljevi TPM – a. Primjenjuje se na sve zaposlenike, od operatera i održavanja, pa do menadžera.	○ Operateri razviju vještinu da rutinski održavaju opremu i otkrivaju nadolazeće probleme. ○ Osoblje za održavanje uči tehnike za proaktivno i preventivno održavanje.

Sigurnost, zdravlje i okoliš	Održavanje sigurnog i zdravog radnog okruženja.	○ Eliminira potencijalne sigurnosne i zdravstvene rizike, što rezultira sigurnijim radnim okruženjem. ○ Posebno se fokusira na cilj da stvori radno mjesto bez ozljeda.
TPM u administraciji	Primjena alata i tehnika TPM – a na administrativne djelatnosti.	○ Proširi dobiti TPM – a iznad razine proizvodne hale tako da počne prelaziti na eliminiranje gubitaka u administrativnim službama poduzeća. ○ Podržava proizvodnju preko poboljšanih administrativnih operacija (npr. obrada naloga, nabava, određivanje rokova, organiziranje, provođenje, vremensko planiranje, itd.).

Tablica 2.2: Osam načela TPM – a



Slika 2.1: Tradicionalni TPM model

2.2. OEE i šest velikih gubitaka

2.2.1. Što je OEE

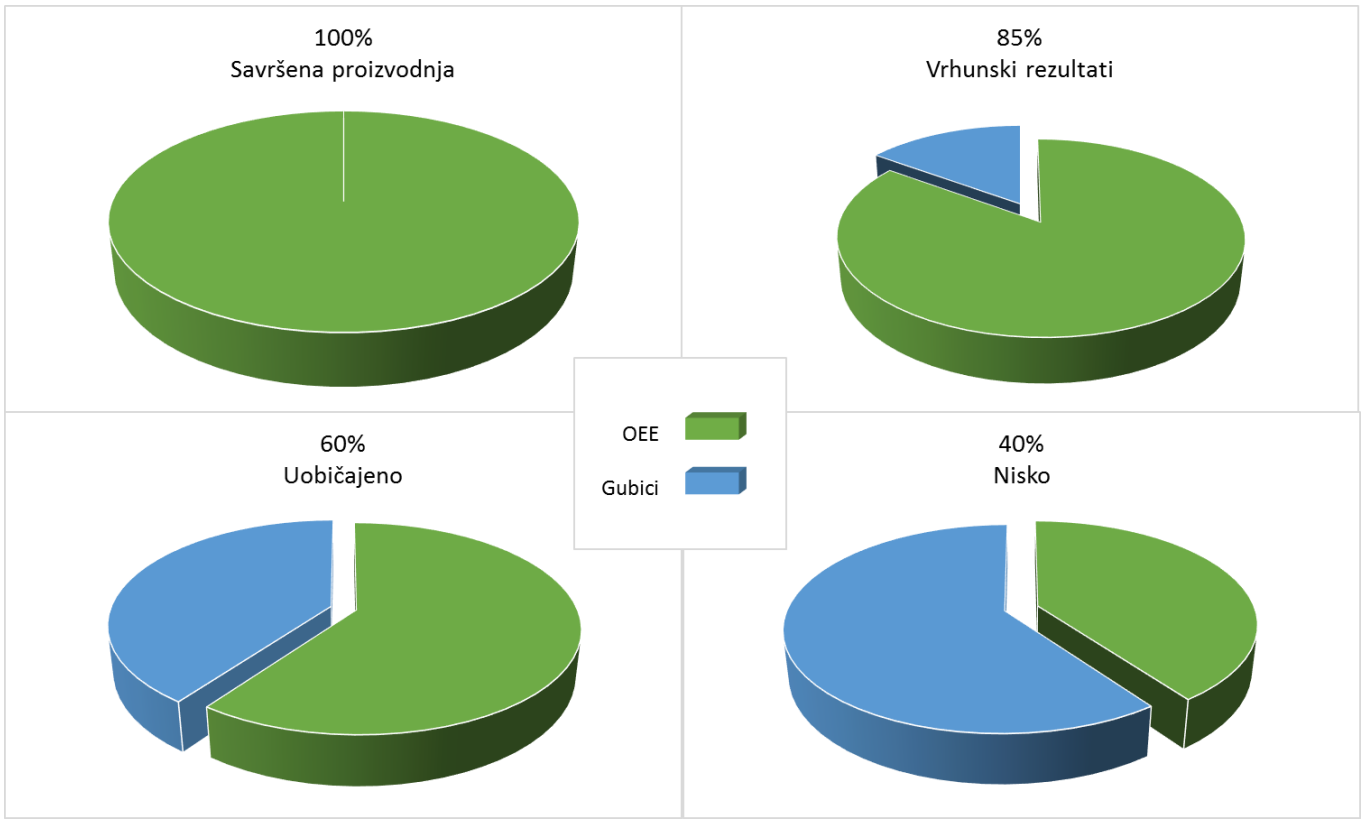
OEE (eng. *Overall Equipment Effectiveness*; hr. *Ukupna efektivnost proizvodne opreme*) je standard mjerenja (mjerni podaci) koji identificira postotak planiranog proizvodnog vremena koji je zapravo produktivan. Standard je razvijen kako bih podržavao TPM inicijativu preciznim praćenjem napretka prema postignuću ultimativnog cilja, to jest, „savršenoj proizvodnji“.

OEE nam je koristan kao benchmark i kao osnovica:

- Kao benchmark može se koristiti za usporedbu učinkovitosti odobrenih proizvodnih sredstava sa standardima poduzeća, sličnim sredstvima unutar poduzeća, ili rezultatima različitih smjena koje raspolažu sa istim sredstvima.
- Kao osnovica može se koristiti za praćenje napretka u eliminiranju gubitaka u proizvodnji, kroz neko određeno vrijeme.

Treba uspoređivati vlastiti OEE sa standardima svjetske industrije i težiti vrhunskim rezultatima. Ako koristimo OEE kao benchmark, možemo očekivati različite rezultate, a interpretirat ćemo ih na sljedeći način, a moguće je i grafički kako je prikazano na slici 2.2:

- OEE rezultat od 100% nam govori da imamo savršenu proizvodnju što znači, proizvodnja bez škarta, bez zastoja, najbrže što je moguće.
- OEE rezultat od 85% smatra se kao vrhunski rezultat za određene proizvođače. Za brojna poduzeća, ovo je prikladni dugoročni cilj.
- OEE rezultat od 60% je karakterističan za određene proizvođače, ali signalizira da mjesta za poboljšanja postoji u izobilju.
- OEE rezultat od 40% uobičajen je za proizvodna poduzeća koja tek počinju pratiti i poboljšavati njihovu učinkovitost proizvodnje, tj. bez TPM-a i/ili bez bilo kakvih lean programa. To je poražavajući rezultat i u većini slučajeva lagano ga je poboljšati kroz jasne mjere (npr. pratiti uzroke zastoja, te pristupiti najvećim uzročnicima zastoja, svakom uzroku posebno i pojedinačno).



Slika 2.2. Grafički prikaz rezultata OEE – a.

2.2.2. Računanje OEE – a

OEE se računa na dva načina: jednostavniji način i onaj koji je opširniji.

Jednostavan način računanja:

Najjednostavnije moguće, OEE je omjer potpunog/ukupnog vremena proizvodnje i planiranog vremena proizvodnje. U praksi, to se računa na sljedeći način.

$$OEE = \frac{(Broj\ dobrih\ komada * Idealno\ vrijeme\ ciklusa)}{Planirano\ vrijeme\ prizvodnje}$$

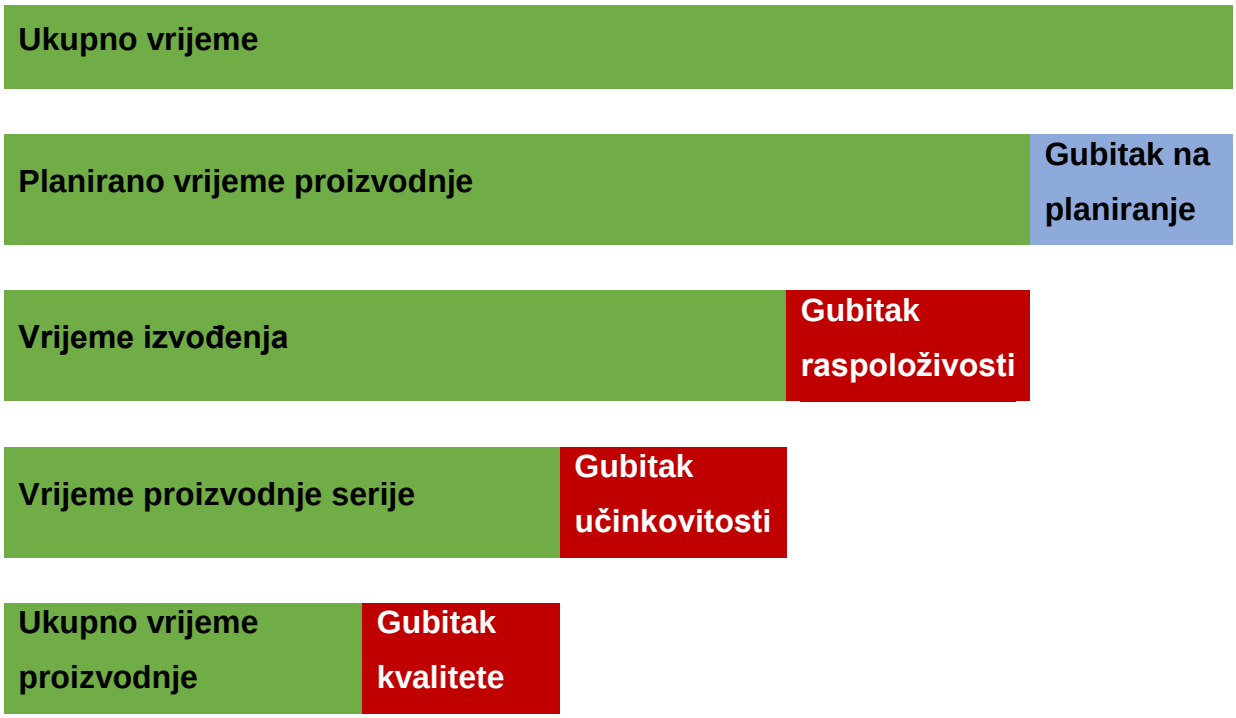
Definicije termina:

- Broj ispravnih komada – dobri komadi koji su proizvedeni bez grešaka.
- Idealno vrijeme ciklusa – teoretsko najbrže moguće vrijeme za proizvodnju jednog komada.
- Planirano vrijeme proizvodnje – ukupno vrijeme proizvodnog sredstva predviđeno za proizvodnju.
- Ukupno vrijeme proizvodnje – proizvodnja samo dobrih komada, bez zastoja, što je brže moguće.

Opširniji način računanja:

Opširniji način računanja OEE – a je matematički ekvivalentan jednostavnoj formuli iz jednostavnog načina, ali osigurava bogatije razumijevanje gubitaka u procesu proizvodnje tako da ga razdvaja na tri faktora gubitaka kao na slici 2.3:

- Gubitak raspoloživosti
- Gubitak učinkovitosti
- Gubitak kvalitete
- Gubitak na planiranje nije uključen u kalkulaciju OEE – a



Slika 2.3: Raspodjela vremena/gubitaka u procesu računanja OEE – a.

Raspoloživost

Raspoloživost uzima u obzir gubitke raspoloživosti, koji uključuju sve događaje koji značajnije zaustavljaju planiranu proizvodnju (najčešće na nekoliko minuta ili duže). Gubici raspoloživosti uključuju razne gubitke koje uzrokuju neplanirani zastoji kao što su na primjer, kvarovi na opremi, manjak materijala potrebnog za normalan tok operacija. Na raspoloživost utječu i planirani zastoji kao što su održavanje, podešavanje…

Računa se kao omjer vremena izvođenja i planiranog vremena proizvodnje, gdje je vrijeme izvođenja jednostavno planirano vrijeme proizvodnje umanjeno za vrijeme stajanja.

$$Raspoloživost = \frac{Vrijeme\ izvođenja}{Planirano\ vrijeme\ proizvodnje}$$

$$Vrijeme\ izvođenja = Planirano\ vrijeme\ proizvodnje - vrijeme\ stajanja$$

Učinkovitost

Učinkovitost uzima u obzir gubitke učinkovitosti, koji uključuju sve čimbenike koji uzrokuju da je protok proizvodnih sredstava manji od najbržeg mogućeg. To uključuje male zastoje i spore cikluse.

Računa se kao omjer vremena proizvodnje serije i vremena izvođenja.

$$Učinkovitost = \frac{(Idealno\ vrijeme\ ciklusa * Ukupan\ broj\ komada)}{Vrijeme\ izvođenja}$$

Idealno vrijeme ciklusa je teoretsko najbrže moguće vrijeme za proizvodnju jednog komada. Stoga, kada se pomnoži sa ukupnim brojem komada, rezultat je vrijeme proizvodnje cijele serije – teoretski najbrže moguće vrijeme potrebno za proizvodnju ukupne količine komada u seriji.

Jednostavni primjer izračuna učinkovitosti, te vrijednosti i definicije varijabli, prikazane su u tablici 2.3:

Varijabla	Objašnjenje
$Idealno\ vrijeme\ ciklusa = 1\ \text{min}$	Teoretski najbrže moguće vrijeme za proizvodnju ovog komada.
$Ukupan\ broj\ komada = 450\ \text{komada}$	Ukupan broj komada proizvedenih za vrijeme ove smjene.
$Vrijeme\ izvođenja = 495\ \text{min}$	Vrijeme izvođenja rada za vrijeme ove smjene.

Tablica 2.3: Vrijednosti i definicije varijabli

$$Učinkovitost = \frac{(1 * 450)}{495} = 90{,}9\%$$

Kvaliteta

Kvaliteta uzima u obzir gubitke kvalitete kao što su svi proizvedeni dijelovi koji ne zadovoljavaju standarde kvalitete, uključuje i dijelove koji zahtijevaju doradu zbog pogrešaka.

Računa se kao omjer ukupnog vremena proizvodnje (samo ispravni komadi proizvedeni što je brže moguće bez zastoja) i vremena proizvodnje serije (najbrže moguće vrijeme za proizvodnju ukupnog broja komada).

$$Kvaliteta = \frac{Broj\ ispravnih\ komada}{Ukupan\ broj\ komada}$$

OEE

OEE uzima u obzir sve gubitke (neplanirane zastoje, pad brzine, pad kvalitete), što rezultira vjerodostojnim mjerilom produktivnog vremena proizvodnje.

Računa se kao omjer ukupnog vremena proizvodnje i planiranog vremena proizvodnje. U praksi se jednostavno računa:

$$OEE = Raspoloživost * Učinkovitost * Kvaliteta$$

No ako jednadžbe za raspoloživost, učinkovitost i kvalitetu iz gornje jednadžbe zamijenimo i reduciramo na njihov najjednostavniji oblik, rezultat je:

$$OEE = \frac{(Broj\ ispravnih\ komada * Idealno\ vrijeme\ ciklusa)}{Planirano\ vrijeme\ proizvodnje}$$

Savršena proizvodnja

Ranije je OEE rezultat od 100% bio opisan kao savršena proizvodnja: proizvodnja samo ispravnih komada, najbrže moguće, bez zastoja. Ako sada to povežemo tu misao savršene proizvodnje sa stvarnom kalkulacijom OEE – a, dobijemo:

- Proizvodnja samo ispravnih komada znači da je rezultat kvalitete 100%
- Najbrža moguća proizvodnja znači da je rezultat učinkovitosti 100%
- Proizvodnja bez zastoja znači da je rezultat raspoloživosti 100%

Da sada sumiramo sve prethodno navedeno. OEE se u osnovi sastoji od tri temeljne komponente, tablica 2.4, od kojih svaka vodi do jednog od ciljeva TPM-a i uzima u obzir tipove gubitaka produktivnosti.

Komponenta	TMP cilj	Tip gubitaka produktivnosti
Raspoloživost	Bez neplaniranih zastoja (kvarova)	Raspoloživost uzima u obzir gubitke raspoloživosti, koji uključuju sve događaje koji značajnije zaustavljaju planiranu proizvodnju (najčešće na nekoliko minuta ili duže). Uključujući neplanirana stajanja (kvarovi ili slično) i planirana stajanja (održavanje, promjene, podešavanje…)
Učinkovitost	Bez gubitka brzine (malih zastoja i sporih ciklusa)	Učinkovitost uzima u obzir gubitke učinkovitosti, koji uključuju sve čimbenike odgovorne za proizvodnju sporiju od najbrže moguće. Na primjer, mali zastoji i spori ciklusi.
Kvaliteta	Bez pogrešaka na proizvodu (škarta)	Kvaliteta uzima u obzir gubitke kvalitete kao što su svi proizvedeni dijelovi koji ne zadovoljavaju standarde kvalitete, uključuje i dijelove koji zahtijevaju doradu (ponovnu obradu).
OEE	Savršena proizvodnja	OEE uzima u obzir sve komponente (gubitke), što rezultira vjerodostojnim mjerilom produktivnog vremena proizvodnje.

Tablica 2.4: Temeljne komponente OEE – a

Kao što je već bilo i moguće naslutiti, OEE je usko povezan sa ciljevima TPM – a na vrlo očit način. Proizvodnja bez kvarova (mjeri se preko raspoloživosti), bez malih zastoja ili spore proizvodnje (što se mjeri preko učinkovitosti) i bez škarta (što je mjerljivo preko kvalitete).

Iznimni je važno mjeriti OEE kako bi na vrijeme otkrili i sumirali gubitke u produktivnosti opreme, a ujedno i zato kako bih vodili bilješke i pratili rezultate napretka koji je prouzročen uvedenim TPM inicijativama.

2.2.3. Praćenja OEE – a

Konkretni primjer izračuna OEE – a (sa papirom i olovkom, na računalu):

Obrazac za ručni izračun – koristeći tablicu u nastavku, potrebno je ispuniti je podacima vezanim uz proizvodnju jedne smjene koju gledamo prema određenom postupku. Zbog pojednostavljenja izračuna, uzet ćemo za primjer da je proizvodnja 120 komada po satu, što znači 2 komada po minuti.

Prvo je potrebno upisati određene podatke (podaci su izmišljeni):

Podaci o proizvodnji		Podaci koje smo dobili računanjem				
Trajanje smjene	8	Sati =	480	Minuta		
Kratka pauza	2	Pauza/e x	15	Minuta =	30	Ukupno minuta
Pauza za ručak	1	Pauza/e x	30	Minuta =	30	Ukupno minuta
Vrijeme stajanja	47	Minuta				
Idealna brzina proizvodnje	2	Komada po minuti				
Ukupan broj komada	656	Komada				
Broj odbijenih komada	76	Komada				

Nakon toga potrebno je izračunati pomoćne varijable:

Pomoćna varijabla	Izračun	Dobiveni podaci					
Planirano vrijeme proizvodnje	Trajanje smjene – Pauza	480	-	60	=	420	Minuta
Vrijeme izvođenja	Planirano vrijeme proizvodnje – Vrijeme stajanja	420	-	47	=	373	Minuta
Broj ispravnih komadi	Ukupan broj komada – Broj odbijenih komada	656	-	76	=	580	Komad

Završni korak je računanje postotaka OEE – a:

OEE komponenta	Izračun	Dobiveni podaci
Raspoloživost	$\frac{\text{Vrijeme izvođenja}}{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}$	$\frac{373}{420} = 0{,}8881\ (88{,}81\%)$
Učinkovitost	$\frac{(\text{Ukupan broj komada}/\text{Vrijeme izvođenja})}{\text{Idealna brzina proizvodnje}}$	$\frac{656}{2 * 373} = 0{,}8794\ (87{,}94\%)$
Kvaliteta	$\frac{\text{Broj ispravnih komada}}{\text{Ukupan broj komada}}$	$\frac{580}{656} = 0{,}8841\ (88{,}41\%)$
Ukupni OEE	$\text{Raspoloživost} * \text{Učinkovitost} * \text{Kvaliteta}$	$0{,}8881 * 0{,}8794 * 0{,}8841 = 0{,}6905\ (69{,}05\%)$

Završna kalkulacija OEE – a je prihvatljivih 69,05%, no svejedno, smatra se da je OEE vrhunske proizvodnje 85% ili više.

Ovaj isti postupak moguće je vrlo jednostavno pretvoriti u Microsoft Excel program, na slici, koji će na temelju upisanih podataka u siva polja, sve dalje izračunati automatski. U programu, slika 2.4, koriste se identični podaci kao u prethodnom, „ručnom“ primjeru.

Podaci o proizvodnji								
Trajanje smjene	8	Sati	=	480	Minuta			
Kratka pauza	2	Pauza/e	x	15	Minuta po pauzi	=	30	Minuta ukupno
Pauza za ručak	1	Pauza/e	x	30	Minuta po pauzi	=	30	Minuta ukupno
Vrijeme stajanja	47	Minuta						
Idealna brzina proizvodnje	2	Komada po minuti						
Ukupan broj komada	656	Komada						
Broj odbijenih komada	76	Komada						
Pomoćne varijable	**Rezultat**				**OEE Komponenta**		**Moj OEE%**	**Vrhunski rezultati**
Planirano vrijeme proizvodnje	420	Minuta			**Raspoloživost**		**88,81%**	90,00%
Vrijeme izvođenja	373	Minuta			**Učinkovitost**		**87,94%**	95,00%
Broj ispravnih komada	580	Komada			**Kvaliteta**		**88,41%**	99,90%
					Ukupni OEE		**69,05%**	85,00%

Slika 2.4. Automatizirani izračun OEE – a u Excelu

Ručni izračuni OEE – a su izvrstan početak u praćenju, sa samo pet potrebnih podataka / varijabli za izračunavanje: planirano vrijeme proizvodnje, vrijeme stajanja, idealno vrijeme ciklusa, ukupan broj komada i broj ispravnih komada. Ručni proračuni OEE – a pomažu u ojačavanju temelja koncepta i osiguravanju bolje razumijevanje samog OEE – a. Međutim vrlo je korisno, tablica 2.5, što prije prijeći na automatizirano prikupljanje podataka za izračun.

Podatak	Korist
Vrijeme stajanja	Preciznost ručnog praćenja neplaniranih zastoja je obično oko 60 do 80% (temeljeno na iskustvu više stvarnih poduzeća). Sa automatskim „u hodu / stoji“ praćenjem, preciznost može porasti i do 100%.
Mali zastoji i spori ciklusi	Za većinu strojeva / opreme nemoguće je ručno pratiti spore cikluse i manje zastoje. To znači da je većina potencijalno korisnih informacija nedostupna. Na primjer, vremenski uzroci ili uzroci zbog nekog događaja.
Usredotočenost operatera	Sa automatskim praćenjem podataka, operater je više usredotočen na stroj, za razliku od ručnog gdje bi još morao popunjavati formulare i papirologiju za prikupljanje podataka.
Rezultati u stvarnom vremenu	Automatsko prikupljanje podataka osigurava podatke u stvarnom vremenu, što otvara mjesto za još neke metode za poboljšavanje.

Tablica 2.5: Prikaz benefita automatskog prikupljanja podataka

OEE je izvrstan alat za vodstvo i menadžere, ali za zaposlenike u hali bi mogao biti poprilično apstraktan. Zaposlenici u hali rade najbolje kad su im zadani krajnji ciljevi u stvarnom vremenu, motivacijski i jednostavno interpretirani. Dobar primjer efektivnih mjernih podataka za proizvodnu halu je TAED:

- Cilj (eng. ***T****arget*)
- Efektivnost (eng. ***A****ctual*)
- Proizvodnost (eng. ***E****fficiency*)
- Vrijeme stajanja (eng. ***D****own Time*)

2.2.4. Razumijevanje šest velikih gubitaka

Kategorije gubitaka u OEE – u (gubici raspoloživosti, učinkovitosti, kvalitete) mogu biti podrobnije raščlanjene na komponente (gubitke) koje uobičajeno nazivamo šest velikih gubitaka – najučestaliji uzroci pada produktivnosti u proizvodnji. Šest velikih gubitaka prikazani su u tablici 2.6, a iznimno su važni zbog toga što su globalno primjenjivi među proizvođačima, te osiguravaju vrlo dobro početno radno okruženje za razmišljanje o otkrivanju i rješavanju gubitaka.

Šest velikih gubitaka	**Kategorija u OEE – u**	**Primjer**	Komentar
Neplanirani zastoji	Gubitak raspoloživosti	Greška strojne obrade, neplanirano održavanje, pregrijavanje, otkazivanje motora.	Nije definirano gdje se postavlja granica između neplaniranih zastoja i malih zastoja.
Podešavanje i ugađivanje	Gubitak raspoloživosti	Podešavanja, nestašica materijala ili operatera, kapitalna prilagođavanja, vrijeme potrebno za zagrijavanje stroja.	Ovom gubitku se najčešće pristupa kroz alat za redukciju vremena pripreme kao što je npr. SMED.
Neplanirani kratki zastoji	Gubitak učinkovitosti	Zaglavljeni dijelovi, manje prilagodbe, blokirani senzori, kašnjenje dostave, čišćenje i provjera.	U pravilu, kratki zastoji uključuju zastoje koji su kraći od pet minuta i koji ne zahtijevaju intervencije osoblja za održavanje.
Usporeni rad	Gubitak učinkovitosti	Krive postavke na stroju, istrošenost opreme, problemi sa centriranjem.	Sve što koči opremu ili strojeve na brzinu rada koja je manja od teoretske maksimalne brzine rada.
Defekti u proizvodnji	Gubitak kvalitete	Škart, prerada	Škart kroz uravnoteženi tempo proizvodnje.
Smanjena proizvodnost	Gubitak kvalitete	Škart, prerada	Škart kroz period zagrijavanja i pokretanja stroja, ili u bilo kojoj ranoj fazi proizvodnje.

Tablica 2.6: Šest velikih gubitaka

2.3. SMED (Single – Minute Exchange of Dies) u TPM – u

Velika ideja SMED – a je: vremena zamjene alata mogu biti drastično smanjena. U većini slučajeva na manje od deset minuta. Svaki parametar u promjeni se analizira kako bi se vidjelo da li može biti eliminiran, pomaknut, pojednostavljen, motoriziran.

2.3.1. Što je SMED

SMED (Single – Minute Exchange of Dies) je jedna od lean metoda koja drastično smanjuje vrijeme koje je potrebno kako bi se izvršila promjena alata. Bit SMED metode je pretvoriti što je više moguće koraka u zamjeni alata u eksterne ili vanjske (da se obavljaju kada stroj radi), te pojednostaviti ostale korake. Ime ove metode „Single – Minute Exchange of Dies“ (*hr.* promjena alata unutar jedne minute) dolazi od cilja metode, a to je smanjenje vremena promjene alata u jednoznamenkastim brojkama (na primjer, manje od deset minuta).

Uspješan SMED program, imat će sljedeće beneficije:

- Manje troškove proizvodnje (brže zamjene alata znače manje stajanje strojeva)
- Manje serije (brza zamjena alata omogućuje češće promjene proizvoda na stroju)
- Fleksibilnost prema zahtjevima kupca (manje serije omogućuju prilagodljiv raspored)
- Manje zaliha (rezultat manjih serija su manje zalihe)
- Glatko pokretanje (standardizirani proces zamjene alata poboljšava konzistentnost i kvalitetu)

2.3.2. Osnove SMED – a

SMED je razvio Shigeo Shingo, japanski industrijski inženjer koji je bio iznimno uspješan u pomaganju kompanijama da drastično smanje vremena zamjene alata. Njegov posao, na kraju je doveo do dokumentirane redukcije vremena promjene alata, koja je u prosjeku bila manja za 94% kroz širok spektar kompanija. Na primjer, sa devedeset minuta, na manje od pet minuta. Vremena zamjena sa tako drastičnim faktorom poboljšanja teško je zamisliti, ali je lako objasniti na jednostavnom primjeru zamjene kotaca:

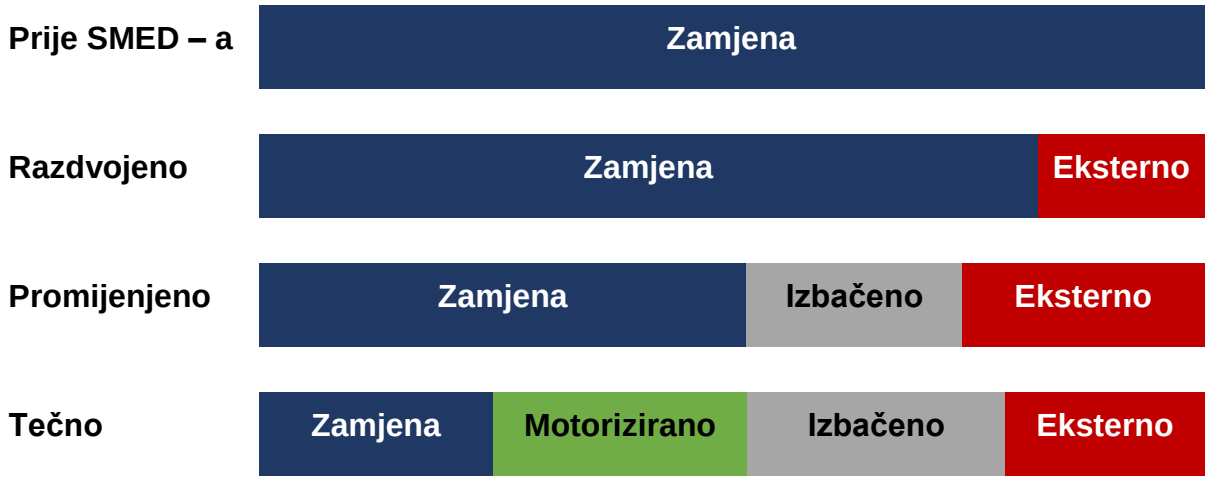
- Prosječnom čovjeku za zamjenu jednog kotača na automobilu, bez pretjerivanja, treba oko 15 minuta.
- Trenutni rekord za zamjenu sva četiri kotača na vozilu u Formuli 1 je 1,92 sekunde. [4]

Mnoge tehnike koje se koriste u boks ekipama na Formuli 1, koriste se i u SMED metodi. Na primjer, izvođenje što je više koraka moguće prije nego vozač uopće pomisli na zaustavljanje u boksu, korištenje uigranog i koordiniranog tima za izvođenje više koraka paralelno, stvaranje standardiziranog i visoko optimiziranog procesa. U stvari, taj put od zamjene kotača od 15 minuta na 1,92 sekunde, može se smatrati SMED putovanjem.

U SMED – u promjene se sastoje od koraka koje se nazivaju „elementi“. Postoje dvije vrste elemenata:

- Interni (unutarnji) elementi – elementi koji moraju biti završeni kada oprema stoji.
- Eksterni (vanjski) elementi – elementi koji mogu biti završeni kada je oprema u radu.

SMED proces, slika 2.5, fokusira se na izvođenje što više elemenata tako da budu vanjski elementi, pojednostavljeni, motorizirani, te što tečniji.



Slika 2.5: Grafički prikaz SMED procesa

2.3.3. Jednostavne upute za uvođenje SMED – a

Odličan način za bolje razumijevanje SMED – a je proći kroz primjer implementacije. Ovaj odlomak sadržava upravo to, korak po korak smjernice za jednostavnu i praktičnu implementaciju SMED – a.

2.3.3.1 Prije početka

Gotovo svaka proizvodna tvrtka koja obavlja izmjene može imati koristi od SMED-a. To ne znači, međutim, da SMED treba biti prvi prioritet. U stvarnom svijetu, tvrtke imaju konačne resurse, a ti resursi bi trebali biti usmjereni na mjesto gdje će generirati najbolji povratak istih.

Dakle, što bi trebao biti prioritet? Za većinu tvrtki, prvi prioritet trebao bi biti: osigurati da postoji jasno razumijevanje gdje se produktivno vrijeme gubi i da se odluke o inicijativama za poboljšanje temelje na čvrstim podacima. To znači postavljanje sustava za prikupljanje i analizu podataka o proizvodnji.

Uglavnom, "zlatni" standard za podatke o proizvodnim performansama je mjerenje OEE – a, s dodatnim podjelama kategorija gubitaka OEE – a u Šest velikih gubitaka i detaljnu podjelu gubitaka dostupnosti OEE – a u kodove s vremenskim razlozima (uključujući kodove za praćenje vremena promjene alata).

Jednom kad sustav za mjerenje proizvodnih performansi bude na mjestu, prikupljamo podatke najmanje dva tjedna kako bi dobili jasnu sliku o tome gdje se gubi produktivno vrijeme. U tablici 2.7, prikazano je kada početi primjenjivati određeni program.

Stavka	Opis
SMED	Ako izmjene predstavljaju značajan postotak izgubljenog vremena produktivnosti, na primjer najmanje 20%, preporučljivo je nastaviti sa SMED programom.
TPM	U suprotnom, kao prioritet fokusa postaviti TPM program.

Tablica 2.7: Razmatranje prioriteta

2.3.3.2 Prvi korak – odrediti područje primjene

U ovom koraku odabiremo ciljano područje za pilot SMED program. Idealna oprema ima karakteristike koje su prikazane u tablici 2.8:

Stavka	Opis
Trajanje	Vrijeme zamjene alata je dovoljno dugo da ima značajnog prostora za poboljšanje, ali opet ne predugo (na primjer, jedan sat zamjene alata predstavlja dobru granicu).
Varijacija	Postoje velike varijacije u vremenima promjene alata (na primjer, varira između jednog do tri sata).
Mogućnosti	Postoji više mogućnosti za izvršavanje zamjena svaki tjedan (tako da se predložena poboljšanja mogu brzo testirati).
Poznavanje	Zaposlenici koji poznaju opremu (operateri, osoblje za održavanje, osiguranje kvalitete i voditelji) angažirani su i motivirani.
Ograničenje	Ako komad opreme predstavlja ograničenje ili usko grlo, ta poboljšanja biti će neposredno od koristi. Ako se odabere ograničavajuća oprema, potrebno je minimizirati potencijalni rizik izgradnjom privremenog zaliha i na drugi način osigurati da se neočekivana vremena zastoja mogu tolerirati.

Tablica 2.8: Idealne karakteristike opreme

Kako bi se stvorila široka baza podrške za SMED projekt, potrebno je uključiti puni spektar pridruženih zaposlenika u proces odabira i naporno raditi na stvaranju konsenzusa unutar tima o odabiru ciljne opreme.

2.3.3.3 Drugi korak – identificirati elemente

U ovom koraku, tim zajedno radi na identificiranju svih elemenata koje je potrebno zamijeniti. Najučinkovitiji način za to je snimanje cjelokupne promjene alata, a zatim iz raditi na temelju snimke radi stvaranja urednog popisa elemenata, od kojih svaki uključuje:

- Opis – što se radi
- Trošak u vremenu – koliko treba da se određeni element završi

U tablici 2.9 napisani su neki od savjeta za ovaj korak:

Stavka	Opis
Elementi	Rezultat uobičajene zamjene biti će 30 do 50 dokumentiranih elemenata.
Bilješke	Brza metoda hvatanja elemenata je stvoriti niz „post – it“ bilješki koje su zalijepljene na zid u redoslijedu u kojem se izvode tijekom prebacivanja.
Čovjek i stroj	Obavezno uhvatiti i "ljudske" elemente (elemente u kojima operater radi nešto) i elemente "opreme" (elementi u kojima oprema radi nešto). Kao što je kasnije opisano, ljudski elementi obično su najlakši za optimizaciju.
Ostale bilješke	Tijekom snimanja videozapisa nekoliko promatrača uzima bilješke. Ponekad će promatrači primijetit stvari koje su ostale propuštene na snimci.
Promatranje	Samo promatrati – dopustiti da promjena alata zaprimi vlastiti tok.

Tablica 2.9: Savjeti za identifikaciju elemenata

Produkt ovog koraka trebao bi biti potpuni popis elemenata zamjene, svaki s opisom i vremenskim troškom.

2.3.3.4 Treći korak – razdvojiti eksterne elemente

U ovom koraku, potrebno je odrediti korake u procesu zamjene alata koji mogu biti obavljeni sa malo ili bez promjene dok stroj radi. Identificiraju se kao eksterni elementi zamjene alata. Ne rijetko je da se vrijeme zamjene alata sa ovim korakom čak i prepolovi.

Za svaki element tim bi trebao postaviti sljedeće pitanje: može li ovaj element biti dovršen, na način kako se trenutačno izvodi ili s minimalnom promjenom, dok stroj radi? Ako je odgovor da, element je poželjno kategorizirati kao eksterni i pomaknuti ga nakon ili prije samo zamjene alata, prema potrebi.

Primjeri prikladnih elemenata za takav režim uključuju:

- Dohvaćanje dijelova, alata, materijala i / ili uputa.
- Pregled dijelova, alata i / ili materijala.
- Čišćenje koje je moguće izvesti dok je proces u hodu.
- Provjera kvalitete za posljednji ciklus proizvodnje.

Produkt iz ovog koraka trebao bi biti ažurirani popis elemenata zamjene alata, podijeljen u tri dijela: vanjski elementi (prije zamjene), unutarnji elementi (tijekom zamjene) i vanjski elementi (nakon zamjene alata).

2.3.3.5 Četvrti korak – pretvoriti interne elemente u eksterne

U ovom koraku pažljivo se ispituje trenutni postupak zamjene alata, s ciljem prebacivanja što je moguće više internih elemenata u eksterne elemente.

Za svaki interni element, tim bi trebao postaviti sljedeća pitanja: Ako postoji način da ovaj element bude eksterni, što bi to bilo? Kako bismo to mogli?

To će rezultirati popisom elemenata koji su kandidati za daljnje djelovanje. Taj popis, trebao bi biti tako organiziran da se na najprioritetnije elemente djeluje najprije. U osnovi, to se svodi na izvođenje analize troškova i koristi za svaki element:

- Troškovi mjereni materijalima i radom potrebnim za nužne promjene.
- Dobitak mjeren vremenom koje će se eliminirati od zamjene alata.¸

Nakon što je popis prioritetan, može se započeti sa provođenjem potrebnih promjena.

2.3.3.6 Peti korak – pojednostaviti preostale elemente

U ovom koraku preostali elementi pregledavaju se s ciljem pojednostavljenja i pojednostavljivanja kako bi se mogli dovršiti u manje vremena. Najviši prioritet treba dati internim elementima koji podupiru primarni cilj skraćivanja ukupnog vremena zamjene alata.

Za svaki element, tim bi trebao postaviti sljedeća pitanja: kako se ovaj element može dovršiti u manje vremena? Kako možemo pojednostaviti ovaj element?

Kao i u prethodnom koraku, treba se koristiti jednostavna analiza troškova i koristi za određivanje prioriteta djelovanja na elementima.

Poanta iz ovog koraka trebala bi biti skup ažuriranih radnih uputa za zamjenu alata (to jest, stvaranje standardiziranog rada) i znatno brže vrijeme zamjene alata.

2.3.4. Praktični primjer učinkovitosti SMED metode

Kao primjer učinkovitosti SMED metode, biti će prikazana tablica 2.10 vremena prije i poslije implementacije SMED metode. U primjeru iz članka, vrijeme izmjene alata skratilo se, sa 463 minute na 240 minuta. Primjer se temelji na iskustvima iz ljevaonice tlačnog lijeva kao i u poglavlju opisanom u članku. [6]

Aktivnosti	Trajanje aktivnosti prije SMED – a [min]	Poboljšanja	Trajanje aktivnosti nakon SMED – a [min]	Ušteda vremena [min]
Transport	35	Upute za rad	15	20
Grijanje	90	Pred grijanje	0	90
Pomoćni alati	49	SMED stol	9	40
Demontaža stola za odsijecanje	37	Upute	27	10
Montaža stola	64	Standardizacija	49	15
Demontaža stola za lijevanje	58	Upute	44	14
Montaža stola za lijevanje	115	Standardizacija	89	26
Pokretanje procesa	15	Upute	7	8
Ukupno	463	Ukupno	240	223

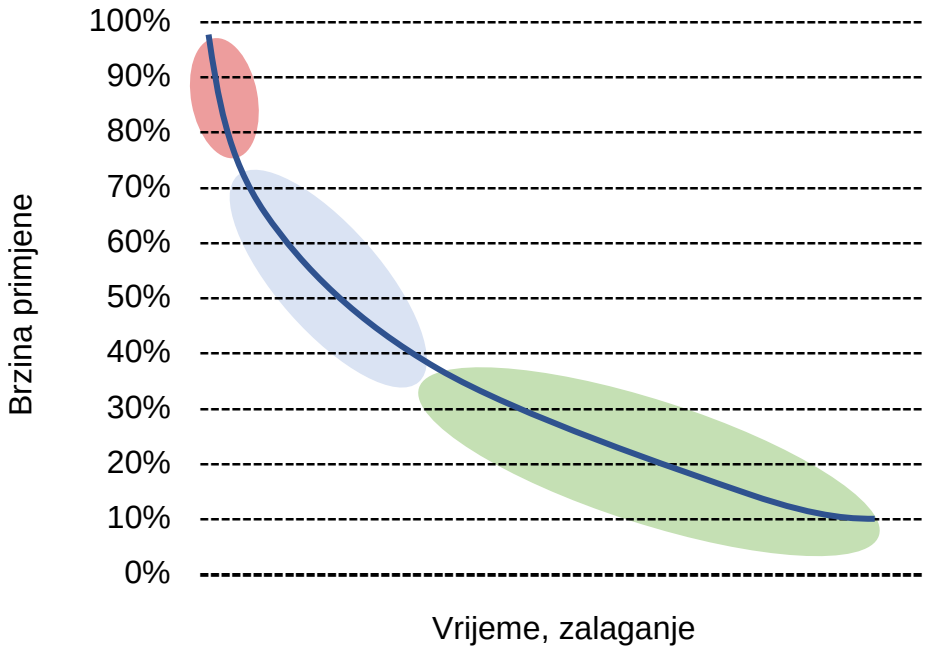
Tablica 2.10: Vremena prije i poslije implementacije SMED metode [6]

2.3.5. Pospješivanje napretka

Kada implementiramo SMED od pomoći je prepoznati da postoje dvije široke kategorije poboljšanja:

- Ljudska (postiže se kroz pripremu i organizaciju)
- Tehnička (postiže se kroz inženjering)

Sljedeći dijagram na slici 2.6, ilustrira načelo koje prikazuje primjere područja prilika za SMED projekte.



Slika 2.6: Dijagram brzine primjene i vremena potrebnog za primjenu

Ljudska poboljšanja (brzi napredci):

- Definirati uloge, mjere i odgovornosti
- Educirati timove i tražiti momentalna poboljšanja procesa
- Stvoriti standardizirane radne upute

Ljudska poboljšanja (primjeri „sljedećeg koraka“):

- Pripremiti dijelove prije početka zamjene
- Označiti standardne postavke na opremi
- Eliminirati čekanje i nepotrebne pokrete

Tehnička poboljšanja:

- Uvođenje naprava
- Eliminiranje prilagođavanja
- Organizirati opremu

Iskustvo je pokazalo da su ljudski elementi u pravilu puno brži i jeftiniji za poboljšati nego većina tehničkih elemenata. Drugim riječima, brzi odnosno relativno brzi napredci su uglavnom ostvareni kroz ljudske elemente koji su na dijagramu označeni sa crvenom i plavom bojom. Potrebno je izbjegavati iskušenja za postavljanjem prevelikog fokusa na tehničke elemente, u dijagramu zeleno, posebno ako su u timovima stručnjaci s primjenjivog područja tehničkih grana. Umjesto toga, vrlo je važno fokusirati se na ljudski element jer stroju još uvijek treba čovjek kako bi došli do željenog produkta. Skraćeno, za promjene koje najviše ovise o radnicima, potrebno je uložiti najmanje truda i vremena sa ispravnim pristupom. Za promjene s tehničkog aspekta, potrebno je uložiti puno više vremena zbog raznoraznih proračuna i kalkulacija oko kupnje novog stroja, a na kraju potrebno je to moći podupirati i sa financijske strane.

2.4. Implementacija TPM – a

U ovom odlomku, proći će se po koracima kroz pojednostavljen i praktičan primjer (na nekom stroju / komadu opreme) implementacije TPM – a.

2.4.1. Prvi korak – odrediti područje primjene TPM – a

U ovom koraku odabire se područje primjene TPM programa. Postoje tri najočitija, to jest, logična pravca do tog izbora i prikazani su u tablici 2.11.

Koje područje?	Prednosti	Nedostaci
Najlakše za poboljšati	○ Najbolja prilika za brze rezultate ○ Ne može se napraviti velika šteta uzrokovana nedostatkom iskustva u TPM – u.	○ Manje isplativo nego rješavanje npr. uskog grla. ○ Ne iskušava TPM procese tako dobro kao ostala područja primjene TPM – a.
Usko grlo	○ Odmah povećava ukupnu proizvodnju. ○ Osigurava najbržu isplativost.	○ Tretiranjem ključne opreme kao probnog projekta, veliki je rizik. ○ Mogućnost uzrokovanja nedostupnosti opreme više nego što je dopustivo.
Sa najviše problema	○ Poboljšanje ove vrste opreme, biti će iznimno dobro podržano od strane operatera. ○ Rješavanje dobro poznatih problema, ojačat će podršku prema TPM projektu.	○ Manja isplativost ○ Ne riješeni problemi često su ne riješeni iz nekih određenih razloga – moglo bi biti izazovno na putu do dobivanja dobrih rezultata.

Tablica 2.11: Područje primjene TPM – a

Još neke dodatne smjernice:

- Za poduzeće sa ograničenim iskustvom u TPM – u i/ili podrškom (svejedno da li vlastitih zaposlenika ili vanjskih suradnika, konzultanata), najbolja opcija obično je područje koje je najlakše za poboljšati.
- Za poduzeće sa umjerenim ili visokim iskustvom i podrškom u TPM – u, skoro uvijek, najbolja opcija je poboljšavanje uskog grla. Ključno je potencijalne rizike svesti na minimum na način da se napravi privremena zaliha koja osigurava i tolerira bilo kakvu nepredviđenost opreme.
- Timove koji se bave svom tom problematikom u poduzećima, često privlače područja sa najviše problema. Međutim, izbor tog područja je jako rijetko i najbolji izbor (osim ako se poklapa da je to ujedno i usko grlo).

Kako bi stvorili široku podršku TPM projekta, preko potrebno je uključiti sve zaposlenike u proces, te utvrditi područje primjene sporazumnom jednoglasnom odlukom. Nakon što je područje odabrano, potrebno je stvoriti neku vrstu vizualnog fokusa za projekt, na primjer projektnu ploču, gdje su planovi i tok projekta jasno vidljivi i javno izloženi.

2.4.2. Drugi korak – vratiti opremu u prvobitno operativno stanje

U ovom koraku, oprema se čisti i priprema za poboljšane operacije. Tu se koriste dva ranije spomenuta ključna TPM koncepta:

- 5S
- Autonomno održavanje

Prvo bi trebao biti pokrenut 5S program, tablica 2.12, te bi u njega morali biti uključeni i operateri i služba održavanja.

Stavka	Opis
Fotografirati	Zabilježiti kako izgleda oprema u prvobitnom stanju, prije pokretanja projekta, te je postaviti na ploču projekta.
Odstraniti	Odstraniti s područje primjene sve krhotine, alate koji se ne koriste, različite komponente i sve ostale stvari koje nisu potrebne.
Organizirati	Organizirati preostale alate i komponente na ploče sa vizualno jasnim definiranim mjestima za svaki od njih.
Počistiti	Temeljiti počistiti opremu i njeno okruženje, uključujući i ostatke od bilo kakvih curenja ili prolijevanja.
Fotografirati	Zabilježiti kako izgleda poboljšano stanje opreme, te je postaviti na ploču projekta.
Check lista	Napraviti jednostavnu 5S check listu za područje (koristiti alat lean proizvodnje „Standardizirani posao“ za ovaj 5S proces).
Audit	Stvoriti raspored za periodički audit (prvo dnevno, onda tjedni…) kako bi nadgledali poštivanje i praćenje 5S check liste. Tijekom audita potrebno je poboljšavati check listu kako bi ona bila važeća i mjerodavna. Audit je dobro zadržati na pozitivnom i motivirajućem odnosu (gledati kao vježbu).

Tablica 2.12: Prikaz 5S programa u TPM – u

Kao sljedeći korak, trebalo bi pokrenuti program autonomnog održavanja kako je prikazano u tablici 2.13. Potrebno je težiti ka izgradnji konsenzusa između operatera i službe održavanja oko poslova koje operater može bez problema izvesti, ali sa naglaskom na povećanje produktivnosti. U većini slučajeva, neizbježno je uložiti u obrazovanje operatera kako bi bio na potrebnoj razini za izvršavanje svojih novih zadataka.

Stavka	Opis
Točke inspekcije	Definirati i dokumentirati ključne točke inspekcije tako da i svi potrošni dijelovi stroja budu uključeni. Dobra stvar je napraviti plan ili kartu inspekcija kao vizualnu pomoć.
Vidljivost	Zamijeniti sve neprovidne zaštite providnima na točkama inspekcije koje su zaklonjene od pogleda. Naravno, samo gdje je to pogodno i sigurno za učiniti.

Točke namještanja	Definirati i dokumentirati sve točke gdje je potrebno namještanje sa njihovim zadanim parametrima. Najbolje je parametre postaviti direktno na opremu kao vizualnu pomoć samom operateru i auditu.
Mjesta podmazivanja	Definirati i dokumentirati sva mjesta koja je potrebna podmazivati. Napraviti raspored podmazivanja. Dobro bi bilo sve točke postaviti tako da budu lako dostupne bez da se stroj mora zaustavljati.
Trening operatera	Naučiti operatera kako postaviti pažnju poslovođe na bilo kakve nepravilnosti i izvanredne situacije.
Check liste	Napraviti jednostavnu check listu za autonomno održavanje za sve inspekcije, točke namještanja, podmazivanja i ostalih zadataka održavanja koje izvodi operater sam (koristiti alat lean proizvodnje „Standardizirani posao“ za proces autonomno održavanje).
Audit	Stvoriti raspored za periodički audit (prvo dnevno, onda tjedni…) kako bi nadgledali poštivanje i praćenje check liste autonomnog održavanja. Tijekom audita potrebno je poboljšavati check listu kako bi ona bila važeća i mjerodavna. Audit je dobro zadržati na pozitivnom i motivirajućem odnosu (gledati kao vježbu).

Tablica 2.13: Prikaz autonomnog održavanja u TPM – u

2.4.3. Treći korak – mjeriti OEE

U sljedećem koraku, kompletni sustav se pokreće kako bi počeli mjeriti OEE za ciljanu opremu. Kao što smo već ranije napomenuli, to može biti ručno ili automatski. Za većinu opreme, najveći gubici su produkt neplaniranih zastoja. Stoga, preporuča se kategoriziranje svakog neplaniranog stajanja u svrhu dobivanja jasne slike gdje se gubi dragocjeno vrijeme. Preporučljivo je također napraviti posebnu kategoriju pod koju spadaju vremena zastoja kod kojih je uzrok nepoznat. Ta kategorija je izrazito važna ako OEE mjerimo ručno. Povećava točnost tako što operaterima pruža sigurnosnu opciju kada vrijeme zastoja nije poznato. Podatke bi trebalo sakupljati minimalno dva tjedna kako bi otkrili razloge zastajanja opreme koji se ponavljaju, te kako bi otkrili uzroke malih zastoja i sporih ciklusa. Pametno je pregledavati listu podataka za vrijeme svake smjene, te verificirati da su zabilježeni samo stvarni slučajevi neplaniranih zastoja kako bi ona bila točna i referentna.

2.4.4. Četvrti korak – istaknuti značajne gubitke

Sljedeći korak je adresiranje najznačajnijih izvora gubitaka vremena produktivnosti uz korištenje lean alata Kaizen ili kontinuirano poboljšavanje kako je i prikazano u tablici 2.14.

Stavka	Opis
Odabrati gubitak	Na temelju informacija prikupljenih kroz OEE i vremena zastoja, odrediti glavni gubitak koji se želi riješiti. U većini slučajeva to je naravno najveći uzrok neplaniranih zastoja.
Formirati tim	Formirati multifunkcionalni tim koji će sagledati problem. Na primjer, četiri do šest zaposlenika (operateri, održavanje, poslovođe…) koji najbolje poznaju opremu i imaju najviše iskustva. Isto je važno da se oni slažu kao tim.
Sakupiti informacije	Sakupiti detaljne informacije o simptomima problema, uključujući promatranja, fizičke dokaze, te fotografije. Nije loše koristiti Ishikawa dijagram (dijagram riblje kosti) na toj opremi kako bi bilježili opažanja.
Organizirati	Organizirati strukturirane sastanke za rješavanje problema kako bih: a) Otkrili vjerojatne uzroke problema b) Procijenili vjerojatne uzroke naspram sakupljenim informacijama c) Odredili najefikasnije popravke
Rasporediti	Napraviti raspored planiranih zastoja kako bi uveli poboljšanja.
Ponovno pokrenuti	Ponovno pokrenuti proizvodnju, te odrediti u kojoj mjeri poboljšanja (ne) djeluju kroz neki vremenski period. Ako je efektivno u zadovoljavajućoj mjeri, potrebno je dokumentirati bilo kakve promjene u proceduri i krenuti na sljedeći veliki uzrok zastoja. U suprotnom, potrebno je prikupiti još informacija o problemu i organizirati još jedan (ili više) sastanak za rješavanje problema.

Tablica 2.14: Adresiranje najznačajnijih izvora gubitaka produktivnosti

Tokom ovog koraka, jako je važno da se podaci o OEE – u pažljivo nastave promatrati za svaku smjenu kako bi mogli nadzirati stanje gubitaka koje smo već identificirali, a isto tako, važno je pratiti da li naše promjene poboljšavaju trenutnu situaciju.

2.4.5. Peti korak – predstaviti tehnike održavanja

U posljednjem koraku, integriraju se tehnike preventivnog održavanja u plan i program održavanja (jedan od stupova TPM – a je planirano održavanje).

Prvo, odrediti sve komponente koje su u izboru za preventivno održavanje, tablica 2.15:

Stavka	Opis
Komponente koje se troše	Definirati i dokumentirati sve komponente koje podliježu trošenju (oni su već trebali biti zabilježeni u drugom koraku kroz točke inspekcije). Razmotriti opciju zamjene potrošnih sa manje potrošnim ili trajnim dijelovima.
Komponente koje otkazuju	Definirati i dokumentirati komponente za koje se zna da redovito otkazuju.
Točke naprezanja	Razmotriti korištenje termografske ili vibracijske analize kako bi dobili uvid u točke najvećih naprezanja u opremi.

Tablica 2.15: Izbor komponenti za preventivno održavanje

Drugo, utvrditi početne intervale, tablica 2.16, u kojima će se preventivno održavanje obavljati:

Stavka	Opis
Na temelju istrošenosti	Za potrošne komponente potrebno je utvrditi trenutnu razinu istrošenosti i osnovni vremenski raspon u kojem je potrebno određenu komponentu promijeniti (u nekim slučajevima, može doći i do ranije zamjene istrošenih komponenti, kao posljedice autonomnog održavanja iz drugog koraka).
Na temelju predviđenih otkazivanja	Za komponente sklone otkazivanju, otprilike predvidjeti kroz koji vremenski period bi moglo doći do otkazivanja.
Nakon nekog vremena	Napraviti raspored održavanja i zamjene komponenata koje su sklone trošenju ili otkazivanju. Taj raspored je najbolje napraviti na temelju radnih sati komponenti, a ne kalendarski.
Na temelju radnih uputa	Izmisliti standardni proces za pisanje radnih uputa koje se temelje na planiranom preventivnom održavanju.

Tablica 2.16: Određivanje intervala održavanja

2.5. Kontinuirano poboljšavanje

Jedan od najvećih izazova u bilo kojem poduzeću je kako postići kontinuirano poboljšavanje. To uključuje oboje, postizanje kratkotrajnih uspjeha/poboljšanja, i održavanje tih poboljšanja na duže vrijeme. U ovom zadnjem odlomku o TPM – u, proći ćemo kroz četiri tehnike za postizanje kontinuiranog poboljšavanja.

Uključivanje zaposlenika važno je za oboje, i kratkotrajne, i dugotrajne uspjehe projekta. Moćna tehnika za uključivanje zaposlenika je sljedeća: stvoriti zajedničku viziju budućeg i boljeg stadija u povijesti poduzeća. Naravno i naglasiti kakvo koristi od toga imaju i sami radnici. To bi trebalo stvoriti jaku i široku motivaciju prema uspjehu. Još jedna jaka tehnika za uključivanje zaposlenika je prepoznavati i nagrađivati željeno ponašanje. U kontekstu TPM – a, to bi jednostavno moglo biti, uvođenje nekakvog trofeja za najbolje 5S radno područje ili svaki mjesec nagraditi poklonom za najveće Kaizen poboljšanje.

Postizanje ranog uspjeha pomaže pri osiguravanju dugotrajnih uspjeha tako što daje zamah samom projektu. Na primjer, ako je uočeno da je programu bila dana šansa za uspjeh, a rezultiralo je neuspjehom, biti će puno teže uspješno implementirati takav program u budućnosti.

Osiguravanje aktivnog vodstva je jedna od primarnih odgovornosti glavnog menadžmenta (pa sve do voditelja proizvodnje). To znači, redovito demonstrirati važnosti TPM aktivnosti kroz djela i riječi. Aktivno vodstvo mora se boriti sa prirodnom tendencijom radnika da se opuste i vrate na stare navike i stari način rada. Neprekidno „hraniti“ program novom energijom, koju kroz neki vremenski period radnici upijaju u obliku novog ponašanja i načina rada.

Razvijanje inicijative primjenjuje tehnike kontinuiranog poboljšavanja kako bi osigurali da inicijativa ne postane zastarjela i da zaposlenici ne postanu nezainteresirani. Cilj je držati inicijativu svježom i zanimljivom.

3. Zaključak

Prilikom proučavanja metoda i alata TPM – a, vidljivo je da je svaka od njih prilagođena ili usmjerena za određeni problem. To što postoji tako puno raznovrsnih metoda, pokazatelj je da se ne može sve riješiti samo jednom univerzalnom metodom zbog prevelikog raspona problema u okviru kvalitete i organizacije.

Bez tih alata i metoda rješavanje problema unutar zadanih okvira bilo bi nemoguće, jer ovi alati pojednostavljuju, raščlanjuju, analiziraju i olakšavaju vizualizirati problem preko mjerljivih vrijednosti (brojevi, dijagrami, tablice, itd.), te time ukazuju koji problemi su najistaknutiji ili ponavljajući, te nam daju uvid u realno stanje situacije.

Da bi se ti alati i metode mogli provesti i koristiti potrebno je imati transparentnost u bilo kojem dijelu poduzeća, iskustvo, volju, strpljenje, znanje o odabiru najpogodnije metode, vremena i dobre komunikacijske vještine. Zato je bitno oformiti tim koji se bavi problematikom koja obuhvaća TPM i svim povezanim metodama i alatima koji nam olakšavaju identifikaciju i rješavanje problema. Da nema istih, vrijeme pronalaženja i rješavanja problema bilo bi puno dulje s mogućnošću da problem uopće ne bude riješen.

Na kraju, dobrom organizacijom i održavanjem radnih mjesta dolazi do sigurnijeg, kvalitetnijeg i produktivnijeg rada, pojačava se moral zaposlenih, a isto tako i osjećaj odgovornosti zaposlenika za svoj rad.

U Varaždinu, 06.10.2017.

4. Literatura

[1] LEAN ENTERPRISE RESEARCH CENTRE (LERC)
http://www.leanenterprise.org.uk/what-is-lean-thinking/what-is-lean-thinking-and-key-lean-thinking-principles.html, 13.05.2017.

[2] Business Process Consultant – 7 WASTES OF LEAN
http://cisystems-ltd.blogspot.hr/2011/03/7-wastes-transportation.html, 14.05.2017.

[3] *http://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/2349-primjena-metodologije-six-sigma-lean-u-proizvodnji,* 14.05.2017.

[4] *http://www.roadandtrack.com/motorsports/news/a29666/fastest-f1-pit-stop/,* 25.06.2017.

[5] *http://www.odrzavanje.unze.ba/zbornici/2014/002-O14-037.pdf,* 09.07.2017.

[6] Članak; Perinić Mladen*: Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje;* Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, prosinac, 2010.

[7] Wilson, L: *How To Implement Lean Manufacturing;* The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2010.

[8] ODRŽAVANJE -
https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_12_2011__13552_1_Uvod_u_odrzavanje_opreme.pdf, 21.08.2017.
Prof. dr. sc. Ivo Čala; FSB

[9] RADNI PREDLOŽAK ZA IZRAČUN OEE – a
http://info.vorne.com/acton/attachment/18899/f-003e/1/-/-/-/-/OEE%20Worksheet.pdf, 23.08.2017.

[10] Sikavica, Pere, Fikreta Bahtijarević-Šiber, Nina Pološki Vokić: *Temelji menadžmenta;* Impresum, Zagreb: Školska knjiga, 2008.

[11] LEAN PRODUCTION
http://www.leanproduction.com/index.html, 15.09.2017.

[12] LEAN POSLOVANJE - IMPLEMENTACIJA LEANA U PROIZVODNJI
https://www.ho-cired.hr/index.php/component/jdownloads/send/313-so6/490-lean-poslovanje-implementacija-leana-u-proizvodnji?option=com_jdownloads, 15.09.2017.

[13] *http://project-management-srbija.com/upravljanje-kvalitetom/osnove-lean-proizvodnje,* 16.09.2017.

[14] *https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/ercg_a_rad,* 17.09.2017.

Popis slika

Slika 1.1: 7 ključnih gubitaka i njihovi uzroci

Slika 2.1: Tradicionalni TPM model

Slika 2.2. Grafički prikaz rezultata OEE – a

Slika 2.3: Raspodjela vremena/gubitaka u procesu računanja OEE – a

Slika 2.4. Automatizirani izračun OEE – a u Excelu

Slika 2.5: Grafički prikaz SMED procesa

Slika 2.6: Dijagram brzine primjene i vremena potrebnog za primjenu

Popis tablica

Tablica 2.1: Pojašnjenje 5S – a

Tablica 2.2: Osam načela TPM – a

Tablica 2.3: Vrijednosti i definicije varijabli

Tablica 2.4: Temeljne komponente OEE – a

Tablica 2.5: Prikaz benefita automatskog prikupljanja podataka

Tablica 2.6: Šest velikih gubitaka

Tablica 2.7: Razmatranje prioriteta

Tablica 2.8: Idealne karakteristike opreme

Tablica 2.9: Savjeti za identifikaciju elemenata

Tablica 2.10: Vremena prije i poslije implementacije SMED metode [6]

Tablica 2.11: Područje primjene TPM – a

Tablica 2.12: Prikaz 5S programa u TPM – u

Tablica 2.13: Prikaz autonomnog održavanja u TPM – u

Tablica 2.14: Adresiranje najznačajnijih izvora gubitaka produktivnosti

Tablica 2.15: Izbor komponenti za preventivno održavanje

Tablica 2.16: Određivanje intervala održavanja