Unapređenje proizvodnih procesa primjenom alata Lean menadžmenta

Novački, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:272444

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Nikola Novački

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing. Nikola Novački

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na ukazanom povjerenju i pruženoj stručnoj pomoći prilikom izrade ovog rada.

Nadalje, zahvaljujem se svim zaposlenicima poduzeća TEH-CUT d.o.o na ukazanoj susretljivosti i pruženim informacijama prilikom provedbe praktičnog dijela rada, a posebno se zahvaljujem gospođi Sanji Lovrenčić, mag. ing. mech. na izdvojenom vremenu, uloženom trudu i savjetima koji su mi uvelike pomogli prilikom izrade završnog rada.

Na kraju, najviše se zahvaljujem svojoj obitelji, roditeljima Josipu i Zvjezdani, sestri Ivani i baki Barici koji su mi svojim odricanjem omogućili ostvarivanje ovog uspjeha. Hvala im na bezuvjetnoj podršci i što su bili uz mene tijekom cijelog školovanja.

Također se zahvaljujem ostaloj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju prilikom školovanja.

Nikola Novački

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne 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:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Nikola Novački** Mat. br.: 0035202452

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Unapređenje proizvodnih procesa primjenom alata Lean menadžmenta**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Production processes improvement using Lean management tools**

Opis zadatka:

Procesno upravljanje proizvodnjom jedan je od najboljih menadžerskih pristupa proizvodnji i proizvodnim procesima. U Industrijskom inženjerstvu postoji veliki broj koncepata, alata i metodologija poput Lean menadžmenta, Six sigme, Reinženjeringa poslovnih procesa, Totalnog upravljanja kvalitetom i drugih. Navedeni pristupi i alati optimiziraju uporabu resursa proizvodnje: materijal, energija, ljudski rad, financijski resursi, informacije.

U radu je potrebno:

a) sistematizirati i opisati koncepte i metodologije Industrijskog inženjerstva;
b) detaljno opisati procesni pristup proizvodnji te pokazatelje uspješnosti;
c) razviti pristup unapređenju proizvodnih procesa koji će se zasnivati na najmanje dva alata Industrijskog inženjerstva (npr. Kaizen, Standardizacija, 5S, Mapiranje procesa,...);
d) na realnom primjeru iz prakse primijeniti razvijeni pristup te kvantificirati postignute rezultate.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Štefanić N.

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA II
POPIS TABLICA IV
POPIS KRATICA V
SAŽETAK VI
SUMMARY VII
1. UVOD 1
2. LEAN MENADŽMENT 2
2.1. Što je to „Lean“? 2
2.2. Povijest Lean-a 3
2.2.1. Toyota Production System (TPS) 4
2.3. Zašto Lean? 5
2.4. Principi Lean menadžmenta 8
2.4.1. Definiranje vrijednosti 9
2.4.2. Tok vrijednosti 9
2.4.3. Kontinuirani tok proizvodnje 10
2.4.4. Povlačenje (pull) 11
2.4.5. Težnja za savršenstvom 11
2.5. Osam tipova gubitaka u proizvodnji 12
2.6. Alati Lean menadžmenta 14
2.6.1. Kaizen 14
2.6.2. 5S... 18
2.6.3. Just in Time 21
2.6.4. Single-Minute Exchange of Dies – SMED 22
2.6.5. Kanban 25
2.6.6. Poka-Yoke 26
2.6.7. Andon 27
2.6.8. Failure Mode and Effect Analysis – FMEA 28
2.6.9. Mapiranje toka vrijednosti – VSM 30
3. PRIMJENA LEAN ALATA 31
3.1. Općenito o poduzeću 31
3.2. Primjena metode 5S 33
3.2.1. Primjena metode 5S u odjelu „Kontrola kvalitete“ 33
3.2.2. Primjena metode 5S u pogonu 40
3.3. Primjena FMEA metode 45
4. ZAKLJUČAK 49
LITERATURA 50

POPIS SLIKA

Slika 1. Odnos između tradicionalnog i Lean poboljšanja [3] 2
Slika 2. Pokretna montažna traka [4] 3
Slika 3. Odnos pokazatelja prije i poslije primjene Leana [7] 7
Slika 4. Pet osnovnih principa Lean menadžmenta [8] 8
Slika 5. Vrste aktivnosti te njihov udio u poslovnim sustavima[9] 10
Slika 6. Razlika između „push“ i „pull“ proizvodnje [10] 11
Slika 7. Osam tipova gubitaka u proizvodnji [8] 12
Slika 8. Značenje riječi „Kaizen“ [14] 14
Slika 9. Koncept Kaizen radionice [8] 15
Slika 10. Udio aktivnosti u Kaizen događaju [16] 16
Slika 11. Demingov (PDCA) krug [17] 17
Slika 12. Grafički prikaz 5S metode [19] 18
Slika 13. Primjer radnog mjesta prije i nakon primjene metode 5S [20] 20
Slika 14. Razlika trajanja zaliha (u danima) prije i nakon primjene JIT-a [24] 22
Slika 15. Primjena SMED-a u Formuli 1 [27] 24
Slika 16. Prosječno vrijeme boravka u „boksu“ kroz godine [27] 24
Slika 17. Primjeri Kanban kartica [29] [30] 25
Slika 18. Vizualni prikaz Poka-Yoke metode [32] 26
Slika 19. Stvarni primjer Poka-Yoke metode [33] 27
Slika 20. Andon sustav [35] 28
Slika 21. Primjer FMEA tablice [37] 29
Slika 22. Prikaz osnovnih simbola VSM-a [38] 30
Slika 23. Logo poduzeća TEH-CUT d.o.o [39] 31
Slika 24. SWOT analiza poduzeća TEH-CUT d.o.o [40] 32
Slika 25. Stanje stola operatera prije primjene 5S metode 33
Slika 26. Stanje stola nakon primjene 5S metode 34
Slika 27. Zatečeni prostor oko regala 34
Slika 28. Zatečeno stanje regala u kontrolnoj sobi 35
Slika 29. Stanje regala nakon primjene 5S metode 36
Slika 30. Stanje ladice prije primjene 5S-a 36

Slika 31. Ormar u kontrolnoj sobi prije primjene 5S-a 37
Slika 32. Stanje ladice nakon primjene 5S-a 37
Slika 33. Ormar nakon primjene 5S-a 38
Slika 34. Standard podnih oznaka 38
Slika 35. Podne oznake 39
Slika 36. Odnos vremena traženja alata prije i nakon primjene Lean-a 39
Slika 37. Ormar u pogonu prije primjene 5S metode 40
Slika 38. Ladica s prstenovima prije primjene 5S metode 40
Slika 39. Ladica s prstenovima nakon primjene 5S metode 41
Slika 40. Ormar u pogonu nakon primjene 5S metode 41
Slika 41. Police u pogonu prije 5S-a 43
Slika 42. Police u pogonu nakon 5S-a 43
Slika 43. Odnos vremena traženja stupića prije i nakon primjene Lean-a 44

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razlike između tradicionalne i Lean organizacije [6] 6
Tablica 2. Prednosti i nedostaci „Just-in-Time“ sustava upravljanja proizvodnjom [23] 21
Tablica 3. Popis steznog pribora (prstenova) 42
Tablica 4. Značenje parametra ozbiljnosti (S) 45
Tablica 5. Značenje parametra učestalosti (O) 45
Tablica 6. Značenje parametra uočljivosti (D) 46
Tablica 7. FMEA analiza procesa proizvodnje alata za tlačni lijev 47

POPIS KRATICA

Kratica	**Značenje kratice**
TPS	Toyota Production System
VAT	Value-added activities time
NVAT	Non-Value-added activities time
WT	Waste time
JIT	Just in Time
SMED	Single-Minute Exchange of Dies
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
VSM	Value Stream Mapping
RPN	Risk Priority Number

SAŽETAK

Tema ovog rada je unapređenje proizvodnih procesa primjenom alata Lean menadžmenta. U prvom djelu rada objašnjena je definicija Lean (vitke) proizvodnje. U nastavku je objašnjena povijest pojma „Lean“. Razrađeni su temeljni pojmovi i koncepti te je pomoću pet osnovnih principa pojašnjena osnovna filozofija ovakvog načina proizvodnje i samog poslovanja. Također, opisano je i osam osnovnih vrsta gubitaka u proizvodnji. U trećem djelu rada navedeni su i opisani najvažniji alati Lean menadžmenta. Nakon toga je predstavljeno poduzeće TEH-CUT d.o.o u kojemu su kasnije primijenjeni neki od navedenih alata. Primijenjena su dva alata, a to su 5S i Analiza uzroka i posljedica pogrešaka (FMEA). Metoda 5S primijenjena je u dva odjela poduzeća te su za svaki odjel navedeni rezultati primjene. FMEA metoda je primijenjena na jednom proizvodnom procesu te nakon što su dobiveni rezultati, predložena su poboljšanja. Na kraju rada je iznesen zaključak.

Ključne riječi: Lean, poboljšanje, alati, 5S, FMEA, gubici, standardizacija, proizvodnja

SUMMARY

The topic of this paper thesis is „Production processes improvement using Lean management tools“. Definition of Lean production is explained in the beginning. After that historical development of term Lean is explained. The basic terminology and concepts are elaborated and the basic philosophy of this type of production is clarified by describing the five basic priciples of this type of production and management. Also, the eight basic types of losses are described. The most important tools of Lean management are described in the third part. After that, TEH-CUT d.o.o is presented and on this company's example are some of the tools of Lean management implemented. Two tools of Lean management were applied, 5S and Failure Mode and Effect Analysis. Method 5S was applied in two departments of company and implementing results were elaborated for each department. FMEA is implemented on one of the company's process and after getting results improvements are suggested. Finally, conclusion was made and presented.

Key words: Lean, improvement, tools, 5S, FMEA, losses, standardization, production

1. UVOD

Od samih početaka čovjek teži poboljšanju svojih aktivnosti kako bi postigao što veću produktivnost pa se zbog toga kroz povijest pojavljuju brojni izumi i principi rada koji bi to trebali omogućiti. Izumom i usavršavanjem parnog stroja, u drugoj polovici 18. stoljeća, do tada manufakturna proizvodnja počela se zamjenjivati tvorničkim radom. To razdoblje se naziva Prva industrijska revolucija. Primjenom parnog stroja u industriji primijećene su mnoge pogodnosti kao što su skraćenje vremena proizvodnje određenog proizvoda, olakšavanje transporta, potreban je manji napor ljudi, smanjen je rizik od nesreća na poslu. Daljnja želja za napretkom dovela je do Druge industrijske revolucije. Pojavile su se nove pogonske sile kao što su nafta i električna energija, inovacije u prometu i znanosti te za industriju i proizvodnju jedan od najvažnijih izuma, montažna traka. Primjena montažne trake omogućila je razvoj masovne proizvodnje. Pojavile su se još veće uštede i povećanje produktivnosti.

Razvojem tehnologije raste i konkurencija što znači da poduzeće, da bi opstalo, mora kontinuirano ulagati u razvoj i poboljšanje svojih procesa. Nastaju brojne poslovne filozofije koje pokušavaju objasniti najbolji način upravljanja poduzećem tj. proizvodnjom.

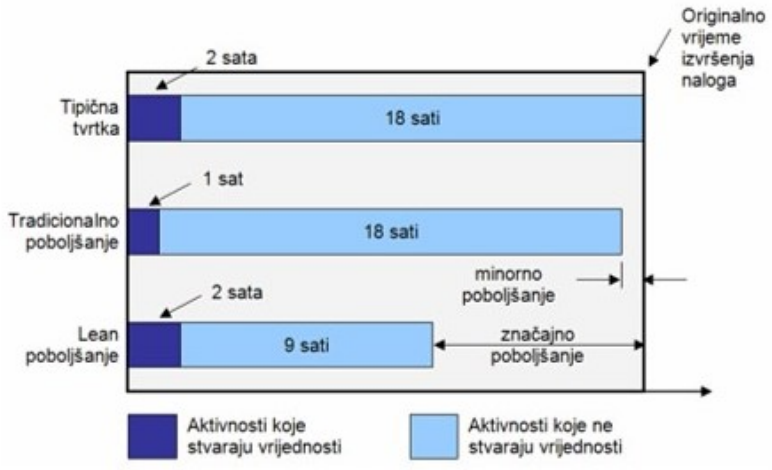
Lean menadžment je jedna od njih te će se ta filozofija detaljno obraditi u nastavku rada. Objasnit će se što je Lean i zašto je on ključan za opstanak poduzeća u današnjem svijetu kada je tržište obilježeno globalizacijom, velikim i čestim promjenama te zahtjevima kupaca za visokom kvalitetom. Također će se objasniti principi i alati Lean menadžmenta. Na kraju će se razviti pristup unapređenja proizvodnih procesa koji će zasnivati najmanje dva alata Lean menadžmenta te će se taj pristup primijeniti na realnom primjeru iz prakse.

2. LEAN MENADŽMENT

Cilj svake organizacije je vrlo jasan, živjeti i uspjeti, a to znači proizvoditi ono što tržište želi, uz visoku kvalitetu, pristupačnu tržišnu cijenu i rokove isporuke koje zahtjeva kupac. U današnjem suvremenom, globaliziranom i digitaliziranom svijetu više ne vrijedi odnos u kojem je prodajna cijena zbroj troškova proizvodnje i dobiti već vrijedi odnos u kojem je dobit razlika između prodajne cijene i troškova proizvodnje određenog proizvoda ili usluge.[1] Prodajnu cijenu diktira tržište. Organizacija koja želi opstati mora poslovati uz određenu dobit, pa su u takvim uvjetima troškovi proizvodnje jedini promjenljivi faktor. Potrebni su veliki napori za stalno snižavanje troškova proizvodnje i to na razini cjelokupne organizacije. Upravo je Lean takav pristup koji otklanja sve gubitke u proizvodnji, ali i u cijelom procesu, od narudžbe do isporuke i korištenja proizvoda.

2.1. Što je to „Lean“?

Lean (vitko), prema Womacku [2], govori o tome kako uraditi što više sa što manje napora. Pod pojmom „manje napora“ smatra se manje ljudskog napora, manje opreme, manje vremena i prostora, s time da proizvod bude napravljen tako da u potpunosti zadovolji kupca. Ukoliko se proizvodnja određenog proizvoda sastoji od puno suvišnih aktivnosti tj. aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu, organizacija ostvaruje manji profit jer kupac te aktivnosti nije spreman platiti i one za organizaciju predstavljaju gubitak (eng. waste). Stoga je potrebno takve aktivnosti identificirati i eliminirati tj. potrebno je provesti poboljšanje.



Slika 1. Odnos između tradicionalnog i Lean poboljšanja [3]

[Slika 1] prikazuje razliku između tradicionalnog i Lean poboljšanja. Iz slike je vidljivo da aktivnosti koje stvaraju vrijednost imaju puno manji udio u cjelokupnom procesu od onih koje ne stvaraju. Lean značajno skraćuje aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost dok tradicionalno poboljšanje uštedu ostvaruje skraćivanjem aktivnosti koje stvaraju. Samim time tradicionalno poboljšanje postiže manje skraćenje vremena izvršenja naloga, a time i manju uštedu te organizacija u konačnici ostvaruje manju dobit.

Lean metode i principi ne odnose se samo na proizvodnju odnosno na načine unapređenja proizvodnog procesa. Naprotiv, Lean je sveobuhvatan sustav upravljanja poduzećem. To znači da ako se želi primijeniti ili implementirati na ispravan način mora obuhvatiti poduzeće u cjelini, odnosno sve njegove funkcije kao što su inženjering, proizvodnja, marketing, financije i odnosi s kupcima.

2.2. Povijest Lean-a

Prve temelje Lean sustava postavio je Henry Ford koji je 1913. godine uspio ostvariti prvu pravu integraciju proizvodnih procesa pod nazivom „Pokretna proizvodnja“. Pokretnu proizvodnju su činila tri elementa: dijelovi, standardni rad i pokretna traka. Tako je stvorio pokretnu montažnu (proizvodnu) traku [Slika 2] što je predstavljalo prekretnicu u načinu proizvodnje.[4]

Slika 2. Pokretna montažna traka [4]

Ford je uspio proces proizvodnje podijeliti u korake i tako podijeljene proizvodne korake poredati u proizvodne linije koristeći strojeve specijalne namjene u svrhu brze proizvodnje i montaže dijelova u svega nekoliko minuta. To je bio revolucionaran korak u proizvodnji i odmaku od klasičnih radionica koje su bile sastavljene od strojeva opće namjene grupirane prema vrsti obrade. Takve proizvodne radionice su proizvodile velike količine istovrsnih dijelova koji su zatim čekali u skladištu proizvodnju ostalih dijelova kako bi u konačnici bili sastavljeni u finalni proizvod. Takav način proizvodnje rezultirao je prenatrpanošću nedovršenom proizvodnjom kao i velikim brojem defektnih finalnih proizvoda.[4] Najveći Fordov problem je bila nemogućnost pružanja raznolikosti proizvedenih automobila ovisno o zahtjevima tržišta te je polako počeo gubiti korak za konkurentima.

Krajem Drugog svjetskog rata svjetskog rata Japan je bio nerazvijena zemlja s uništenom infrastrukturom. Sama Toyota je imala osam puta veći dug od vrijednosti kompanije.[5] Da bi smanjila dug i povećala obrt kapitala, Toyota je morala kompletno promijeniti sustav poslovanja. Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno i drugi u Toyoti, sagledavši situaciju u Fordu, zaključili su da je, uz seriju malih i jednostavnih inovacija u proizvodnom procesu, moguće osigurati kontinuitet i brz protok proizvodnje, a istovremeno pružiti tržištu raznolikost proizvoda. Potaknuti takvim razmišljanjima, prilagodili su Fordov originalni koncept vlastitim potrebama i potrebama tržišta te je tako nastao poznati Toyotin Proizvodni Sustav ili TPS (eng. Toyota Production System).[4]

2.2.1. Toyota Production System (TPS)

Prvi korak u izvedbi TPS-a bio je postavljanje teza tj. konačnog cilja koji se želi postići. Teze koje su pokrenule TPS su [5]:

- Sve što tijekom proizvodnog procesa ne doprinosi vrijednosti gotovog proizvoda potrebno je ukloniti iz procesa
- Smanjiti što više vrijeme proizvodnje i smanjiti troškove nezavršene proizvodnje, a pri tome povećati fleksibilnost sustava
- Ne proizvoditi proizvode koji nemaju kupca. Kupcu napraviti proizvod kakav on želi u što kraćem roku

Da bi se postavljene teze mogle ostvariti, Toyotini menadžeri su morali otići u proizvodna postrojenja, vidjeti stanje i pokušati unaprijediti proizvodnju. Jedna od osnovnih

karakteristika TPS-a bila je preusmjeravanje težišta djelovanja proizvodnih inženjera s pojedinačnih strojeva i individualnih procesa na cjelokupni proces proizvodnje i tok proizvoda kroz tu proizvodnju. Nakon što su vidjeli stanje u postrojenjima donijeli su rješenja[4]:

- Oblikovanje strojeva i opreme odnosno njihovo prilagođavanje obujmu potrebne proizvodnje
- Implementacija strojeva i proizvodne opreme koja sadrži senzore i uređaje za samokontrolu s ciljem osiguravanja proizvodnje bez škarta
- Precizno oblikovanje rasporeda strojeva i proizvodne opreme prema proizvodnim koracima u procesu proizvodnje s ciljem osiguranja kontinuiranosti proizvodnih procesa
- Postizanje kratkih pripremno-završnih vremena kako bi se omogućila proizvodnja malih serija različitih dijelova ili proizvoda
- Implementacija „pull“ sustava proizvodnje, što znači da svaki korak proizvodnog procesa obavještava prethodni korak o trenutnoj potrebi materijala ili dijelova. Na taj se način proizvodi samo potreban broj dijelova za svaki sljedeći korak te nema nepotrebnog gomilanja materijala ili dijelova

Toyota Production System je puno više od skupa alata i metoda za rješavanje problema. TPS je sustav razmišljanja i filozofija koja govori o odgovornom ponašanju i vraćanju vrijednosti prema kupcima, zaposlenima, imovini i društvu. On nikad ne bi mogao funkcionirati bez vrsnih ljudi. TPS predviđa da se problemi rješavaju na razini na kojoj i nastaju te da svatko može sudjelovati u njihovom rješavanju putem svojih ideja i prijedloga.

2.3. Zašto Lean?

Ako se pođe od pojma „Lean razmišljanje“ može se zaključiti da je polazište Lean-a razmišljanje o [2]:

- **Svrsi** – Lean postavlja pitanje koji se problemi kupaca mogu riješiti i koje se vrijednosti za kupca mogu stvoriti
- **Procesu** – provjerava se i analizira svaki korak i nastoji se doći do odgovora stvara li se baš u svakom koraku nova vrijednost za kupca, je li svaki korak baš neophodan te koliko su koraci međusobno povezani, fleksibilni i odgovarajući

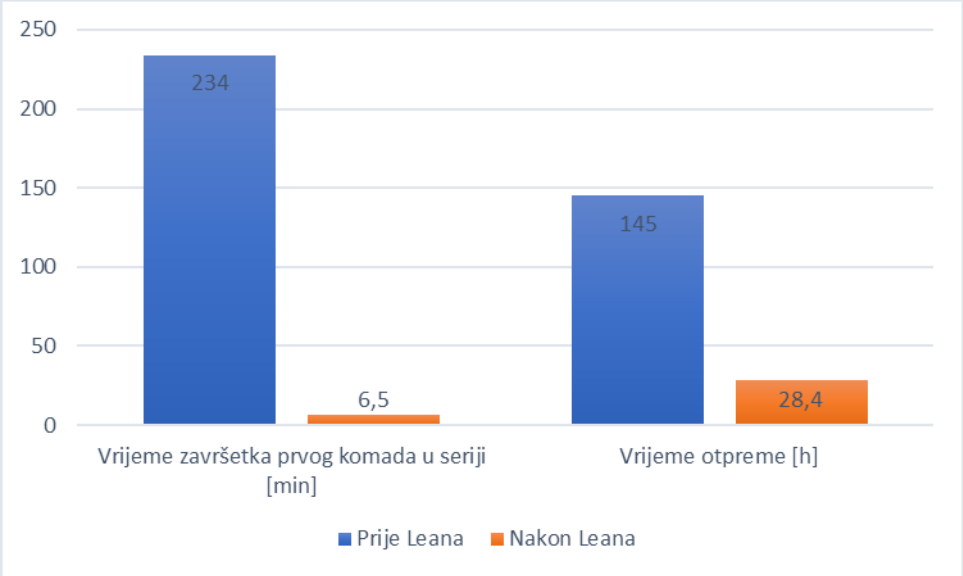
- **Ljudima** – razmišlja znaju li ljudi i mogu li stvoriti organizaciju koja može stvarati vrijednost te da sustav odgovornosti bude transparentan za svaki djelić procesa

U odnosu na tradicionalan način upravljanja, Lean sustav je dinamičniji. Lean organizacija ne smije imati krute i teško promjenjive procedure. Pogled na pogreške usmjeren je na način da se traže rješenja, a ne krivci. Zaposlenici su kapital i potencijal poduzeća, a ne trošak te se oni stimuliraju kako bi razvili svoju inicijativu te ih se ne sputava strogom hijerarhijskom strukturom ili podjelom poslovnih zadataka. Također Lean pristup potiče timski rad i projektni pristup. Svako novo rješenje može se realizirati kroz novi tim i kao novi projekt. Najvažnije obilježje Leana u odnosu na tradicionalne sustave je taj što se kvaliteta nastoji osigurati unaprijed, već u samom procesu i dizajnu proizvoda i usluga, a prema potrebama kupca. Tradicionalni pristupi kvalitetu uglavnom osiguravaju inspekcijski, a na taj način poboljšanje kvalitete prepušta se posebnim službama za razvoj koje su prilično rijetke pogotovo u malim i srednjim poduzećima. [6]

Tablica 1. Razlike između tradicionalne i Lean organizacije [6]

TRADICIONALNA ORGANIZACIJA	LEAN ORGANIZACIJA
OBILJEŽJA	**OBILJEŽJA**
Masovna proizvodnja	Male serije
Ekonomija velikih razmjera	Identifikacija i korištenje konkurentske prednosti
Striktna podjela poslova	Standardizacija poslova
Hijerarhija i slušanje naredbi	Razvoj individualne inicijative i timskog rada
Reaktivna prodajna politika	Proaktivna prodajna politika
Kontrolni mehanizmi	Preventivna obilježja i znakovi
ORIJENTACIJA	**ORIJENTACIJA**
Prema proizvodu	Prema kupcu
Prema budžetu	Prema potražnji
Prema funkcijama	Prema procesu
Kvaliteta na temelju inspekcije	Kvaliteta ugrađena u proizvod

Postoje mnogi primjeri koji pokazuju prednosti Lean razmišljanja u odnosu na tradicionalno. Jedan od njih je Wilsonovo (Wilson, L.) istraživanje [7] u kojem je analizirao utjecaj uvođenja Lean proizvodnje u poduzeću Bravo Line koje je time htjelo ojačati tržišnu poziciju. Analizom pokazatelja prije i poslije primjene Leana pokazalo se da su promatrani pokazatelji znatno poboljšani. Primjerice, vrijeme potrebno da se prvi komad u seriji završi i bude spreman za pakiranje je s početnih 234 minute palo na 6,5 minuta što je ušteda od 97%, dok je vrijeme potrebno da se finalizira otprema smanjeno sa 145 sati na 28,4 sata što je ušteda od 81%. Odnos pokazatelja prije i poslije primjene Leana prikazan je na slici 3.



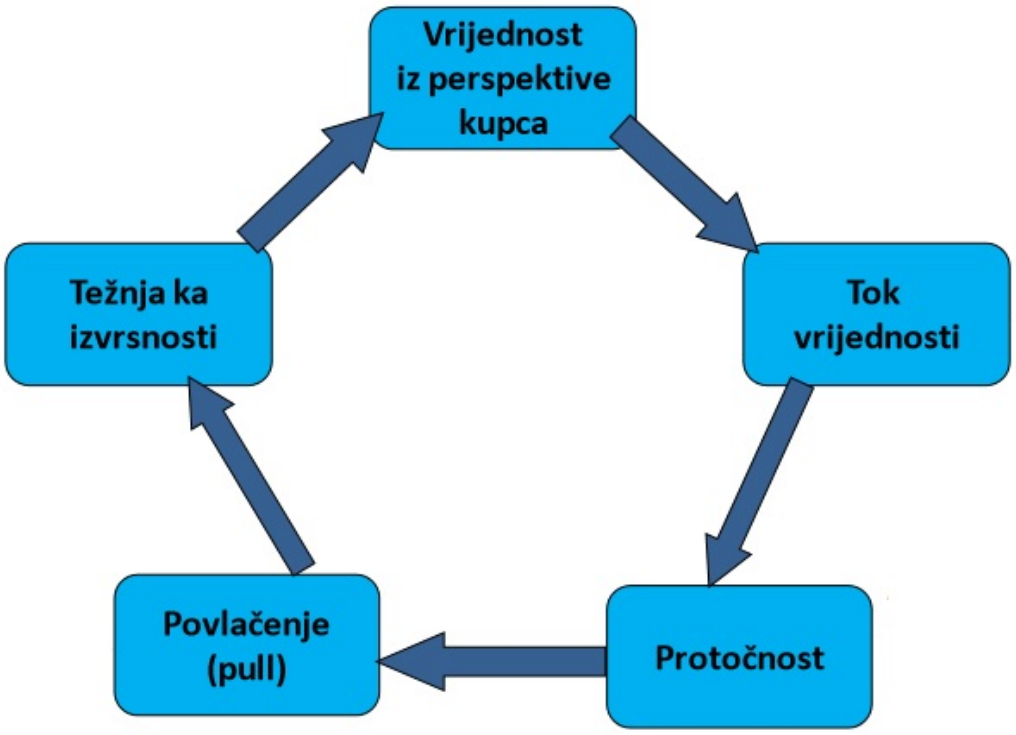
Slika 3. Odnos pokazatelja prije i poslije primjene Leana [7]

Naknadna istraživanja i promatranja su pokazala da postoji mogućnost dodatnog smanjenja prostora za 55%. Isto tako, donesen je zaključak da se dodatnom edukacijom najkvalitetnijih zaposlenika može smanjiti potreban broj zaposlenih, ali te su odluke ostavljene poduzeću.

2.4. Principi Lean menadžmenta

U svakom poslovnom sustavu, bio on proizvodni ili uslužni, postoje razne nepravilnosti koje se nazivaju gubicima (jap. muda), a koje uzrokuju nepotreban trošak. Takve gubitke u poduzeću moguće je definirati kao aktivnosti koje troše resurse, a ne stvaraju ili dodaju vrijednost (detaljnije opisani u poglavlju 2.5.). Budući da klijent odnosno kupac nije spreman plaćati aktivnosti koje ne dodaju vrijednosti proizvodu ili usluzi, cilj je takve aktivnosti eliminirati iz procesa. Upravo time se bavi Lean čija je osnovna zadaća uočavanje i elimininiranje svih vrsta gubitaka u proizvodnji. Lean sustav upravljanja može se opisati pomoću pet osnovnih načela ili principa [Slika 4] koji prikazuju opću sliku i predstavljaju bazu razumijevanja takvog sustava, a to su [5]:

- precizno definiranje **vrijednosti** proizvoda sa stajališta kupca
- prepoznavanje **toka vrijednosti** (eng. value stream) za određenu vrstu proizvoda
- ujednačen i **kontinuiran tok** (protočnost) proizvodnje
- **povlačenje** (eng. pull) proizvoda kroz cjelokupan proces proizvodnje
- težnja za **savršenstvom**



Slika 4. Pet osnovnih principa Lean menadžmenta [8]

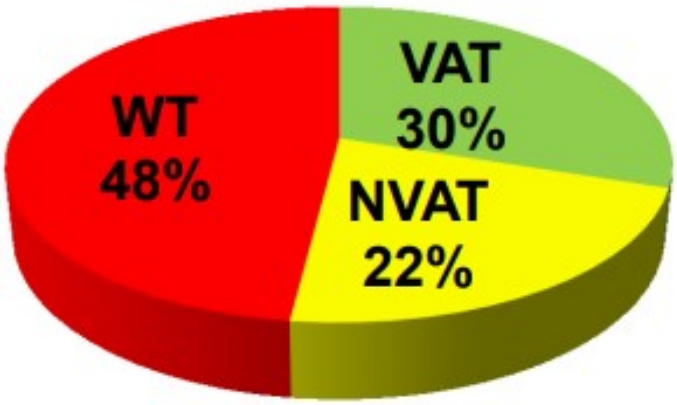
2.4.1. Definiranje vrijednosti

Vrijednost određenog proizvoda ili usluge definira kupac. Znači da se o vrijednosti govori kao o osobini vezanoj za određeni proizvod ili uslugu koja ispunjava svoju osnovnu zadaću,a to je zadovoljenje potreba i želja kupca. Tako definirana vrijednost predstavlja polazišnu točku uspješne proizvodnje i poslovanja. Često poduzeća zanemare želje kupaca i proizvode ono što njima najviše odgovara što se direktno odražava na kvalitetu proizvoda i zadovoljstvo kupaca. Dugoročno, takvo poslovanje rezultira okretanjem kupaca prema konkurentskim proizvodima i uslugama koji su kvalitetniji i bolje prilagođeni njihovim željama i potrebama. Suprotno tome, Lean nalaže da se vrijednost proizvoda ili usluga uvijek definira iz perspektive kupca. Nakon toga se cijeli proces razvoja proizvoda ili usluga temelji na osiguravanju vrijednosti koja je definirana na spomenuti način. Prilikom toga, proces proizvodnje treba biti oblikovan na način da ne sadrži gubitke, a to je moguće postići preciznim definiranjem i oblikovanjem lanca vrijednosti.

2.4.2. Tok vrijednosti

Potrebno je podijeliti ljude u timove, objasniti ciljeve, obučiti ih i dati vremenski rok. Cilj u ovom dijelu implementacije je taj da se odrede grupe proizvoda i da se mapiraju tokovi vrijednosti sa što više detaljnih kvantitativnih informacija o procesu. Kvantitativne informacije uključuju vrijeme trajanja operacija, vrijeme potrebno za tehnološki ciklus, kapacitet strojeva, čekanje, pripremno-završno vrijeme, vrijeme transporta, tok informacija. Kada se informacije prikupe, treba napraviti mapu toka vrijednosti točno onakvu kakav je tok, sa svim nedostacima. Precizno definiranje toka vrijednosti predstavlja ključan korak u uočavanju i eliminaciji gubitaka u proizvodnji. Analiza procesa poslovanja s aspekta dodavanja vrijednosti nam ukazuje na tri vrste aktivnosti [5]:

- aktivnosti koje su neophodne i koje direktno dodaju vrijednost (VAT) – u te aktivnosti spadaju procesi obrade i oblikovanja materijala, zaštita materijala, montaža, toplinska obrada itd.
- aktivnosti koje su neophodne za odvijanje procesa, ali ne dodaju vrijednost (NVAT) – u te aktivnosti spadaju kontrola kvalitete, transport, skladištenje itd.
- aktivnosti koje nisu neophodne i koje ne dodaju vrijednost (WT) te se mogu odmah eliminirati – u te aktivnosti spadaju čekanje, zalihe, preinake itd.



Slika 5. Vrste aktivnosti te njihov udio u poslovnim sustavima [9]

[Slika 5] pokazuje da najveći udio u poslovnom sustavu imaju aktivnosti koje nisu neophodne i ne dodaju vrijednost (WT) što znači da svaki sustav, pravovremenim uočavanjem i eliminacijom tih aktivnosti, ima veliku mogućnost unapređenja svog poslovanja odnosno uštede ostvarene skraćivanjem vremena potrebnog od narudžbe proizvoda do njegove isporuke kupcu.

2.4.3. Kontinuirani tok proizvodnje

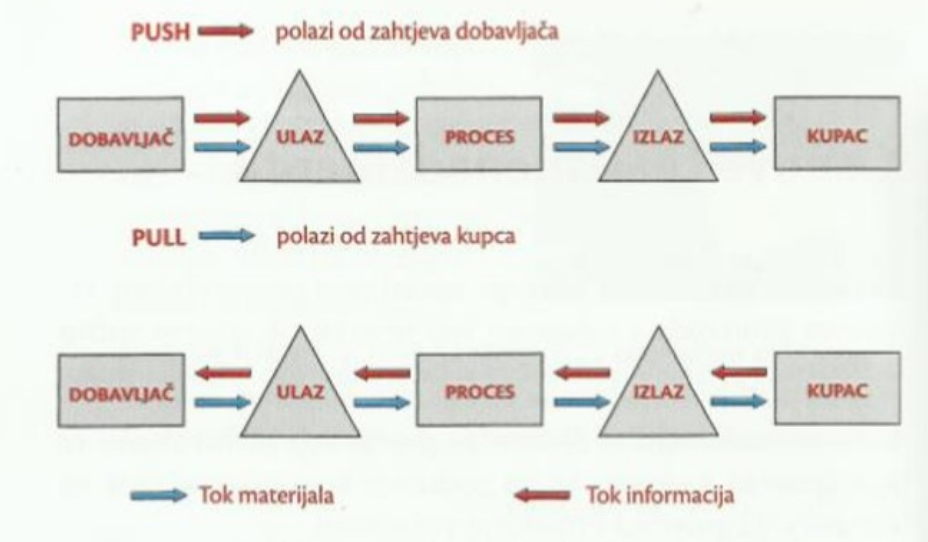
Jednom kada je precizno definirana vrijednost proizvoda ili usluge koja se želi osigurati te kada je provedena analiza lanca vrijednosti i kada su nepotrebne aktivnosti eliminirane iz procesa, može se pristupiti preoblikovanju preostalih koraka i pripadajućih aktivnosti u cilju ujednačenog i neometanog toka procesa proizvodnje. To najčešće uključuje reorganizaciju cjelokupnog proizvodnog pogona, odnosno ljudi i proizvodne opreme. Ovdje je najbitnije usmjeriti se na objekt analize odnosno proizvod koji prolazi kroz proces dodavanja vrijednosti od nabave sirovina, preko proizvodnje do isporuke kupcima. Za postizanje kontinuiranog toka proizvodnje bitni su [5]:

- razumijevanje vrste vremena u procesu
- kontrola odvijanja procesa
- eliminiranje uskih grla i zastoja
- eliminiranje neplanirane dorade

Niti u jednom trenutku se ne smije izgubiti nadzor ili kontrola nad proizvodom i u svakom trenutku mora biti jasno u kojoj fazi procesa se proizvod nalazi i zašto.

2.4.4. Povlačenje (pull)

Povlačenje proizvodnje (eng. pull) jedan je od temeljnih principa Lean proizvodnje i poslovanja. Bitno je naglasiti da povlačenje proizvodnje počinje s kupcem i to kupnjom ili narudžbom proizvoda. Nakon što kupac izrazi potrebu za proizvodom, svaki korak u lancu vrijednosti prenosi informaciju na prethodni korak u procesu da postoji potreba za određenom količinom materijala, dijelova ili proizvoda [Slika 6]. Na taj način informacija putuje duž lanca vrijednosti i pokreće proces u kojem se odvijaju sve aktivnosti potrebne da bi se od sirovina ili početnih materijala dobio gotov proizvod i isti isporučio kupcu[Slika]. Na taj se način sprečava prekomjerna proizvodnja te nepotrebno gomilanje zaliha. Prekomjerna proizvodnja kao fundamentalni gubitak utječe na sve procese pa se treba potruditi da se proizvede samo dobivena narudžba.



Slika 6. Razlika između „push“ i „pull“ proizvodnje [10]

2.4.5. Težnja za savršenstvom

Posljednji od pet principa Leana je težnja za savršenstvom koja je ustvari kontinuirano usavršavanje svih procesa i aktivnosti u poduzeću. Nakon što poduzeće počne sve točnije definirati vrijednost i identificirati cjelokupan lanac vrijednosti te organizirati proizvodnju u kontinuiranom toku i omogućavati kupcima da sami povlače vrijednost, dolazi do shvaćanja kako uvijek ima mjesta za poboljšanja postojećih procesa. Kontinuirano usavršavanje je proces koji ne smije stati jer on poduzeću osigurava prednost nad konkurencijom.

2.5. Osam tipova gubitaka u proizvodnji

Toyota je identificirala sedam glavnih tipova gubitaka u poslovanju ili proizvodnom procesu[1]. Ti gubici se mogu primijeniti i na razvoj proizvoda te logističke poslove, a ne samo na proces proizvodnje. Kasnije su Liker i Meyer [11] dodali još jednu, osmu, vrstu gubitka, a to je nedovoljno korištenje potencijala zaposlenika. [Slika 7] prikazuje svih osam tipova gubitaka.

Slika 7. Osam tipova gubitaka u proizvodnji [8]

1. Prekomjerna proizvodnja

- Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu
- Stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva
- Loša procjena prodaje tj. zahtjeva tržišta
- Proizvodnja „za svaki slučaj“

2. Transport

- Nepotrebno kretanje materijala između operacija
- Loš raspored pojedinih operacija
- Neučinkovit transport informacija

3. Čekanje

- Čekanje materijala između operacija
- Čekanje radnika na strojevima – potrebno sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju
- Čekanje na podatke, rezultate testova
- Čekanje na isporuku (npr. kasni sirovina)

4. Prekomjerna obrada

- Predimenzionirani strojevi, kriva tehnološka oprema
- Previše procesa obrade
- Predetaljna obrada
- Loš dizajn (konstrukcija) proizvoda, koja zahtijeva previše koraka obrade

5. Zalihe

- Visoke zalihe povezane su s prekomjernom proizvodnjom

6. Nepotrebni pokreti

- Loš raspored strojeva – nepotrebno gibanje radnika
- Ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija
- Ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u procesu proizvodnje

7. Škart

- Prekid toka zbog grešaka – nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje
- Nepotpune, netočne, nepravodobne informacije [8]

8. Nedovoljno korištenje potencijala zaposlenika

- Gubljenje vremena, ideja, vještina, napredaka i prilika zbog ne slušanja i ne uključivanja zaposlenika u donošenje odluka [11]

2.6. Alati Lean menadžmenta

Lean filozofija počiva na primjeni široke palete Lean alata, koji pokrivaju sva područja poslovanja, od osluškivanja potreba kupca do kontinuiranog unapređenja poslovnog procesa. Lean alati su zapravo metode kojima se preispituje trenutni poslovni proces i pomoću kojih se definiraju potrebni koraci za ostvarenje budućeg stanja koje poduzeće želi ostvariti[12]. Budući da nisu svi alati pogodni za sve procese oni se odabiru prema budućem cilju tj. stanju koje određeno poduzeće odabere kao željeno, kao i prema početnom stanju s kojeg se polazi na početku same implementacije.

2.6.1. Kaizen

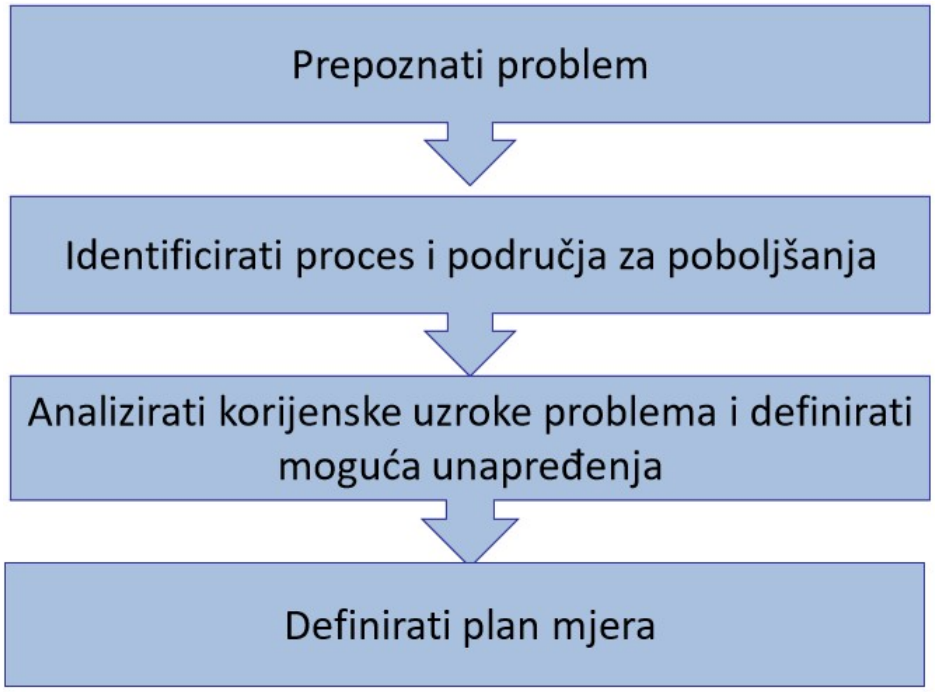
Riječ „kaizen“ označava kontinuirano poboljšavanje, a dolazi od japanskih riječi „Kai“ što znači promjena i „Zen“ što znači dobro [Slika 8]. Temelj Kaizena je da se njegovom primjenom postižu stalna i neprekidna unaprjeđenja poslovnih procesa uz uključivanje znanja i iskustva svih zaposlenika. U suprotnosti od „zapadne filozofije“ kod koje se pridodaje značaj samo velikim idejama i poboljšanjima, Kaizen smatra da su svakodnevna mala, kontinuirana poboljšanja osnova znatnog, dugoročnog napretka[13].

Slika 8. Značenje riječi „Kaizen“ [14]

Kaizen strategija ne znači promjene samo za rukovodstvo već za svakog zaposlenika te se svako radno mjesto pokušava unaprijediti. Stoga je važno uključiti radnike s raznih pozicija i razina organizacije u zajednički rad kako bi se što prije otkrile greške u procesu te moguća poboljšanja. Osnovna ideja je da se standardizira radni proces, odnosno da se zna tko šta radi, gdje se nalazi alat te da se eliminiraju sve nepotrebne stvari i prepreke koje ometaju proces

proizvodnje. Najveće prednosti Kaizena su uključenost svih zaposlenika u proces donošenja odluka te činjenica da ne zahtjeva velike investicije.

Budući da se uključuje velik broj zaposlenika potrebno je pažljivo organizirati radionice na kojima će se odrediti trenutno stanje, definirati problem, predložiti ideje za poboljšanje trenutnog stanja, izabrati i primijeniti najbolje ideje te na kraju izmjeriti i kvantificirati rezultati. Najčešća greška kod takvih radionica je pojavljivanje „izoliranih otoka napretka“, što znači da se ne poboljšava cjelokupno poduzeće već samo pojedine operacije. Kaizen radionice se posebno organiziraju za svaku razinu poduzeća. Top menadžment je, primjerice, zadužen za postavljanje ciljeva, implementaciju Kaizena te mjerenje rezultata nakon primjene. Srednji menadžment je zadužen za pronalaženje načina za ispunjenje želja top menadžmenta te uvođenje lean razmišljanja u organizaciju. Vođe timova u brinu o razvijanju i realiziranju ideja zaposlenika, a zaposlenici koji su svakodnevno u kontaktu s proizvodnjom daju konkretne prijedloge za poboljšanje proizvodnje, optimiziranje proizvodnog toka te eliminiranje gubitaka[13]. Također je važno, kod održavanja Kaizen radionice, stvoriti ozračje u kojem svaki zaposlenik može slobodno ukazati na probleme i priznati pogrešku. Drugim riječima, cilj je pronaći rješenje problema,a ne krivca. [Slika 9] prikazuje koncept (tijek) Kaizen radionice.



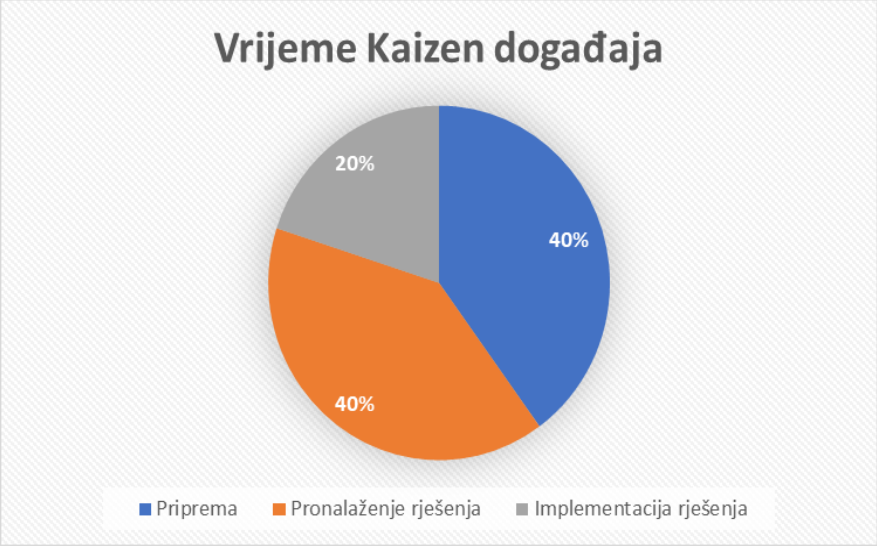
Slika 9. Koncept Kaizen radionice [8]

Karakteristike Kaizena [15]:

- Poboljšanja zasnovana na puno malih, suptilnih promjena
- Ideje dolaze od samih radnika
- Mala poboljšanja ne zahtijevaju velike investicije
- Poboljšanja proizlaze iz sposobnosti postojeće radne snage
- Sudjelovanje svih zaposlenika
- Orijentacija na procese

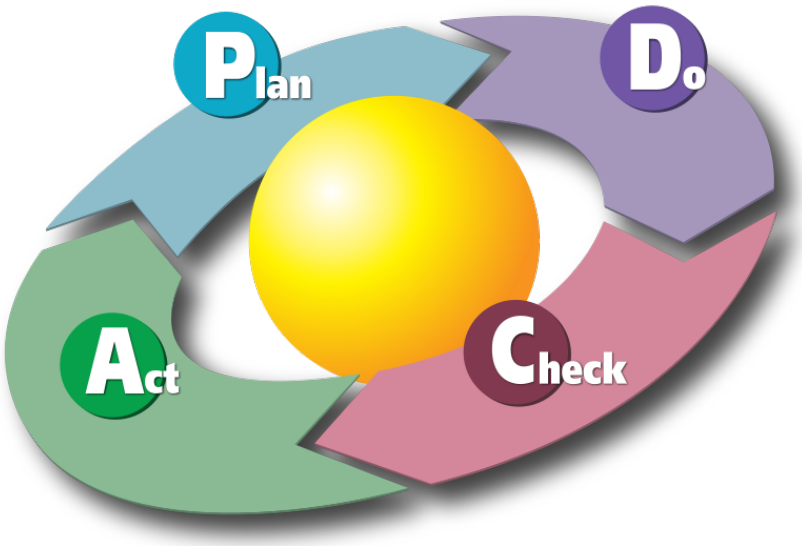
Kaizen mora biti pažljivo pripremljen, efikasno vođen i implementiran ako se žele uspješni rezultati. Bez obzira koja vrsta Kaizen aktivnosti se sprovodi, potrebno je pridržavati se standardiziranog redoslijeda aktivnosti. Ako se aktivnosti ne sprovedu po standardnom, odgovarajućem redoslijedu, dolazi do konfuzije i loših rezultata. [Slika 10] prikazuje da se vrijeme Kaizen događaja može podijeliti u tri velike cjeline[16]:

- 40% vremena bi trebalo potrošiti na pripremu (izolacija problema, upotreba statističkih aktivnosti)
- 40% vremena bi trebalo potrošiti na pronalaženje rješenja
- 20% vremena bi trebalo potrošiti na implementaciju rješenja



Slika 10. Udio aktivnosti u Kaizen događaju [16]

U Kaizen pristupu, osnovu za unaprjeđenje kvalitete predstavlja Demingov krug kvalitete (PDCA) koji se sastoji od sljedećih faza: PLAN, DO, CHECK, ACT [Slika 11]. PDCA krug predstavlja neprekidni ciklus koji se stalno ponavlja i samim time poboljšanja postaju dio svakodnevnog života. Organizacija na taj način bolje upoznaje vlastito funkcioniranje te bolje ispunjava zahtjeve kupca.



Slika 11. Demingov (PDCA) krug [17]

Planiranje (eng. **P**lan*)* – potrebno je definirati problem, odrediti uzroke problema i razraditi plan aktivnosti za njegovo rješavanje, odrediti ciljeve kvalitete, generirati moguća rješenja i razraditi plan implementacije

Provođenje (eng. **D**o) – implementacija plana – provodi se provjera predloženih unaprjeđenja i prikupljaju se dobiveni rezultati

Provjera (eng. **C**heck) – usporedba rezultata provedbe plana i očekivanih rezultata. Dobiveni rezultati se prosljeđuju nadređenima te ostalim članovima timova kako bi se raspravili propusti i moguća poboljšanja

Djelovanje (eng. **A**ct) – pristupa se implementaciji poboljšanja, odnosno rješavanju uzroka glavnih problema. Procedure rada prihvaćenog rješenja se standardiziraju kako bi svi zaposlenici točno znali na koji način će ih primjenjivati u budućem radu. Ciklus je potrebno ponoviti određeni broj puta pod različitim uvjetima s ciljem utvrđivanja točnosti dobivenih rezultata [17]

2.6.2. 5S

Metoda (alat) Lean menadžmenta koja također potječe iz Toyotinih pogona, a čiji je cilj reduciranje gubitaka, čisto radno mjesto, povećanje produktivnosti rada. U većini slučajeva, 5S je prvi alat Leana koji se koristi u organizaciji jer on služi za održavanje radnog mjesta čistim i urednim, a samim time se povećava preglednost radnog mjesta što omogućuje uočavanje nepotrebnih aktivnosti. Naziv potječe od prvih slova pet japanskih riječi[18]:

- **Seiri** – sortirati
- **Seiton** – staviti u red
- **Seiso** – očistiti
- **Seiketsu** – standardizirati
- **Shitsuke** – održati

Slika 12. Grafički prikaz 5S metode [19]

Ova metoda, osim što održava radno mjesto preglednim, stvara u radnicima osjećaj odgovornosti i discipline prema radnom mjestu, a to vodi ka povećanju njihove produktivnosti. Provodi se u pet navedenih koraka, a svaki korak ima posebne efekte primjene (korisnost).

1. SEIRI (eng. Sort) – SORTIRATI [18]

- Osloboditi prostor od nepotrebnih stvari
- Ukloniti sve zapreke i predmete koji smetaju
- Držati na radnom mjestu samo one materijale koji se koriste
- Nepotrebne predmete koji se ne mogu odmah ukloniti označiti crvenom trakom

Efekti primjene:

- Smanjenjem broja dijelova reducira se vrijeme traženja određenih dijelova ili alata
- Povećava se sigurnost
- Povećava se slobodan prostor
- Olakšava se nadgledanje rada

2. SEITON (eng. Set In Order) – STAVITI U RED

- Složiti predmete na lako dostupna mjesta te po redoslijedu ili frekvenciji korištenja
- Svaki predmet mora imati točno određeno mjesto (lakše uočavanje njegova nestanka) [18]
- Često korišten alat mora biti smješten u blizini mjesta gdje se koristi
- Alati koji se koriste zajedno moraju biti smješteni zajedno [8]

Efekti primjene:

- Olakšava se pronalaženje alata i materijala
- Uklanja se frustracija nastala uslijed traženja predmeta

3. SEISO (eng. Shine) – OČISTITI [18]

- Odgovornost svakog radnika je da održava radno mjesto čistim
- Radni prostor je potrebno konstantno održavati čistim i urednim
- Prilikom čišćenja potrebno je provjeravati ispravnost opreme

Efekti primjene:

- Povećava se produktivnost i smanjuje se vjerojatnost za nezgode
- Stvorena je bolja radna okolina
- Lakše je otkriti greške

4. SEIKETSU (eng. Standardize) – STANDARDIZIRATI [18]

- Uspostaviti standarde i standardne procedure
- Na radna mjesta uvesti vizualnu kontrolu kako bi se održali standardizirani uvjeti
- Osigurati da svatko zna svoje obaveze

Efekti primjene:

- Osigurava se da prva 3S-a postanu navika
- Osigurava se raspored 5S aktivnosti

5. SHITSUKE (eng. Sustain) – ODRŽATI [18]

- Organizirati treninge za zaposlenike
- Raditi redovite provjere kako bi se osiguralo pridržavanje svih postavljenih normi
- Održavati i nadograđivati postojeća unaprjeđenja

Efekti primjene:

- Osigurava se da se poštuju pravila 5S-a
- Sprječava se povratak na stari način rada

Slika 13. Primjer radnog mjesta prije i nakon primjene metode 5S [20]

[Slika 13.] prikazuje razliku organiziranja radnog mjesta prije primjene metode 5S gdje se može primijetiti kako je sav prostor natrpan i neorganiziran te nakon 5S-a gdje se vidi da svaki predmet ima svoje mjesto, nepotrebni predmeti su uklonjeni te sve ima svoju odgovarajuću oznaku.

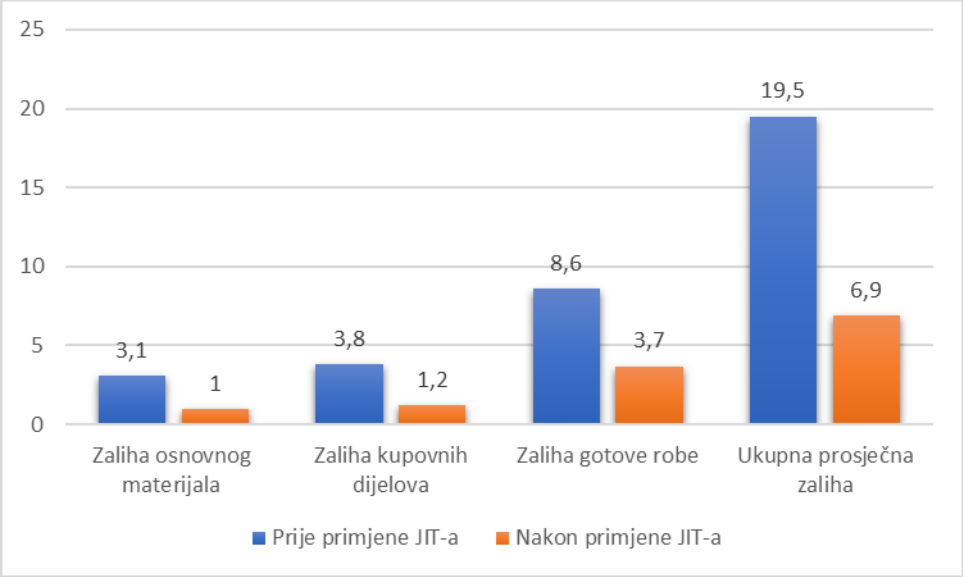
2.6.3. Just in Time

„Just-in-time“ je filozofija upravljanja proizvodnjom koja se temelji na proizvodnji pravog proizvoda u pravo vrijeme, u pravoj količini, minimalnim korištenjem materijala, rada i prostora. Glavni zadatak JIT-a je eliminiranje svega nepotrebnog i isporučivanje traženog proizvoda u traženo vrijeme. Također se nastoji eliminirati potreba dvostruke kontrole kvalitete i to kod proizvodnje i prilikom slanja proizvoda kupcu. Takav proizvodni proces podrazumijeva da svaki zaposlenik mora provjeriti posao koji je obavljen u koraku ispred jer je to ujedno preduvjet da svoj posao obavi dobro [21]. Svaki zaposlenik ima pravo zaustaviti stroj ako smatra da nešto nije u redu i da može bolje. Toyota je prva primijenila tu filozofiju upravljanja te je u posljednjih pedeset godina uspjela postići više od deset milijuna poboljšanja na svojim proizvodima [22]. JIT stavlja naglasak na poboljšanje lanca opskrbe s krajnjim ciljem eliminacije zaliha i skladištenja proizvoda te skladištenja poluproizvoda u proizvodnom lancu. Takav sustav upravljanja prizvodnjom zahtjeva visok stupanj kontrole proizvodnog procesa, maksimalnu usklađenost aktivnosti u proizvodnom procesu te totalnu kvalitetu proizvoda. Uvođenjem takvog sustava upravljanja se eliminiraju sva nepotrebna čekanja i zastoji jer koncept nalaže da se operacije obavljaju „upravo na vrijeme“ iz čega i proizlazi njegov naziv. [Tablica 2] prikazuje prednosti i nedostatke JIT sustava upravljanja prizvodnjom.

Tablica 2. Prednosti i nedostaci „Just-in-Time“ sustava upravljanja proizvodnjom [23]

Prednosti	**Nedostaci**
Manje zalihe materijala	Visok rizik pri implementaciji
Kraće vrijeme dostave	Potrebno određeno vrijeme da bi se počeli dobivati rezultati
Kraće vrijeme proizvodnje	Potrebno je stalno ulaganje
Veća produktivnost	Potrebno mijenjanje rasporeda strojeva
Bolja iskorištenost kapaciteta	Prilagodba radnika povećanoj odgovornosti
Pojednostavljeno planiranje i raspoređivanje	
Bolja kvaliteta i manje gubitaka	
Suradnja s dobavljačima	
Brže rješavanje problema	

Primjer primjene JIT sustava je istraživanje koje su proveli Everett i Ebert (Everett, E. A. Jr., Ebert, R. J., 1992.) u kojem su ispitivali utjecaj primjene JIT-a u Jidosha Kiki Company na pokazatelje stanja zaliha, proizvodnost i stopu pogrešaka prije (1976. godine) i nakon implementacije (1981. godine). Rezultati su pokazali da je primjenom JIT-a došlo do smanjenja zaliha, i to: osnovnog materijala s 3,1 na jedan dan, kupovnih dijelova s 3,8 na 1,2 dana, gotove robe s 8,6 na 3,7 dana, dok je ukupno prosječno stanje zaliha smanjeno s 19,5 na 6,9 dana[Slika 14]. Indeks proizvodnosti je u promatranom razdoblju povećan za 87%, interna stopa pogrešaka pala je s 0,34% na 0,01%, a pogreška od dobavljača smanjena je s 2,6% na 0,11% [24].



Slika 14. Razlika trajanja zaliha (u danima) prije i nakon primjene JIT-a [24]

2.6.4. Single-Minute Exchange of Dies – SMED

Brza izmjena alata važna je iz razloga jer omogućava proizvodnju šireg asortimana proizvoda u relativno kratkom vremenskom periodu. Jedna od bitnih metoda za brzu izmjenu alata naziva se SMED (Single-Minute Exchange of Dies) i označava izmjenu alata u jednoznamenkastom broju minuta [25]. Osnovna ideja SMED-a jest smanjivanje potrebnog vremena zamjene alata i kasnijeg naknadnog podešavanja. Sve do pojave ove metode (1950-ih u Toyoti) nije se dovoljno uzimalo u obzir vrijeme pripreme i raspreme radnog mjesta. Razvijanjem tehnike izmjene alata, te pripremom alata za takve izmjene postalo je puno jednostavnije izmijeniti alat pa su to mogli raditi sami proizvodni radnici.

Kako bi se mogli detektirati najčešći uzroci gubitka vremena, potrebno je izvršiti snimanje nekoliko izmjena alata. Snimanje se bilježi u snimačke liste te se na temelju toga kreira prateća dokumentacija iz koje se analizom utvrđuju pogreške koje se javljaju tijekom izvođenja pojedine operacije. Najčešće se radi o sljedećim pogreškama [25]:

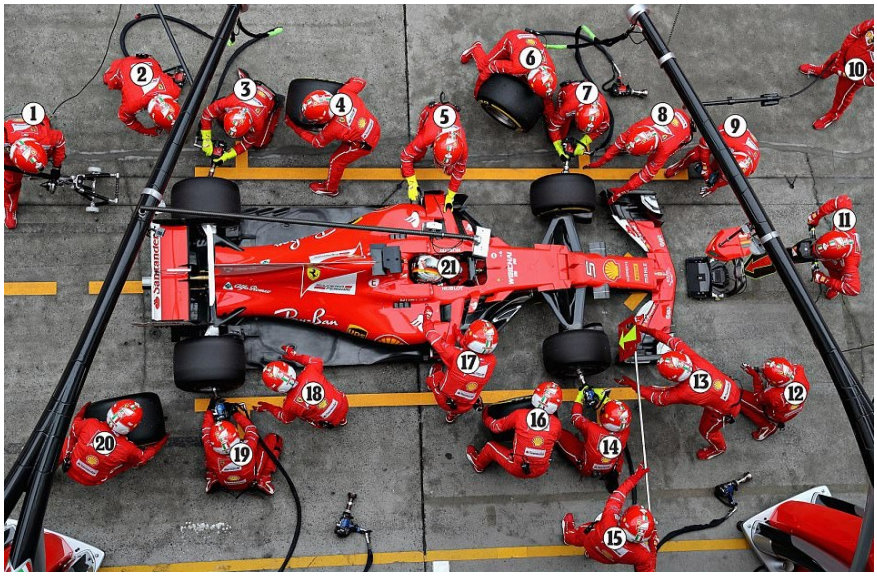
- krivi redoslijed zahvata pri izmjeni alata
- nespremno mjesto izmjene alata tj. događaju se nepredviđeni zastoji pri samoj izmjeni
- često su transportna sredstva zauzeta pa se time i vrijeme izmjene nepotrebno produžava
- izmjeni alata pristupa samo jedan operater
- alat je nepripremljen pa se tek pri startu uočavaju nepravilnosti

Da bi se izbjeglo nepotrebno gubljenje vremena, potrebno je osigurati da svi alati koji dolaze na zamjenu budu pregledani i označeni pravilnom oznakom. Ta oznaka se sastoji od naziva, odnosno šifre alata, datuma pregleda, napomena i natpisa „Pregledano“.

Primjenom SMED-a ostvaruju se brojne uštede i pogodnosti, a najvažnije od njih su [25] [26]:

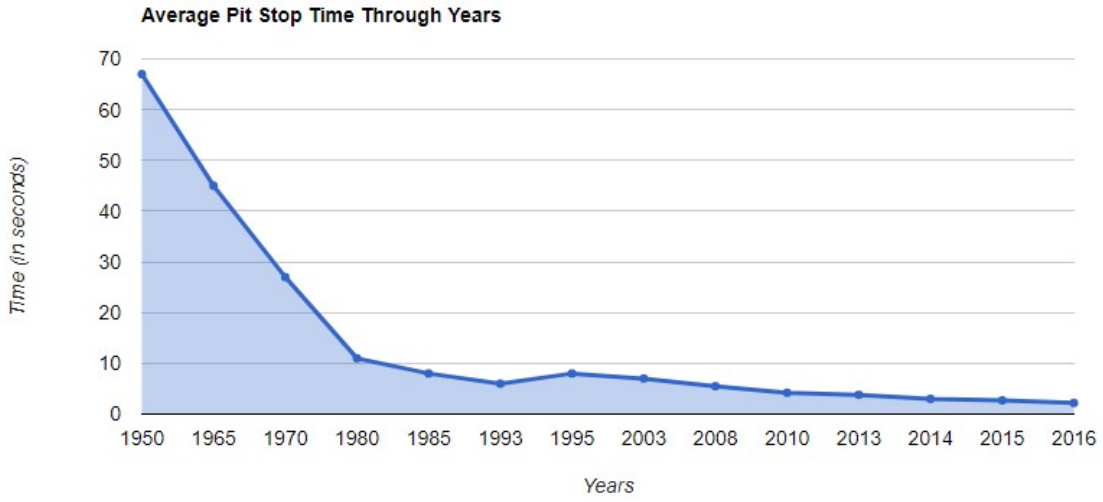
- manji troškovi proizvodnje (brža izmjena alata znači kraće vrijeme zastoja opreme, u proizvodnom procesu nema više specijalista za izmjene alata)
- manje zalihe jer se može brže reagirati na svaku promjenu
- brži (lakši) odgovor na zahtjeve kupca
- standardizirani procesi izmjene alata poboljšavaju konzistenciju i kvalitetu
- uštađeno vrijeme se može iskoristiti za planiranje o daljnjim poboljšanjima

Osim izmjene alata u proizvodnim pogonima, SMED metoda je primijenjena i u automobilizmu, točnije prilikom promjene guma u Formuli 1. [Slika 15] prikazuje da se kod promjene guma točno zna redoslijed zahvata, određeno je i slobodno mjesto promjene, svatko od sudionika točno zna koji je njegov zadatak i što se od njega očekuje, svi alati i rezervni dijelovi (gume) čekaju spremni te je provjerena njihova ispravnost kako bi se izbjegla svaka mogućnost pogreške i kako bi se proces promjene skratio što je više moguće.



Slika 15. Primjena SMED-a u Formuli 1 [27]

[Slika 16] prikazuje prosječno vrijeme potrebno za promjenu guma od 1950., kada se počeo primjenjivati SMED pa do 2016. kada je SMED općeprihvaćen u automobilizmu i doveden na rub savršenstva. Ušteda u vremenu u tom periodu je gotovo 96% [27].



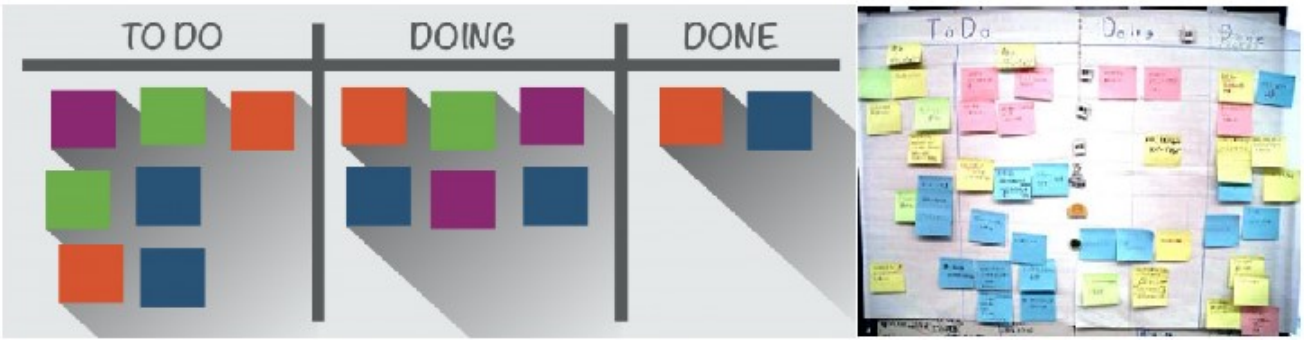
Slika 16. Prosječno vrijeme boravka u „boksu“ kroz godine [27]

2.6.5. Kanban

U japanskom jeziku riječ kan znači vizualno, a riječ ban znači ploča. Dakle doslovni prijevod je vizualna ploča no često se koristi prijevod kartica. Kanban je jedan od alata za postizanje JIT proizvodnje, koji omogućuje smanjenje zaliha u proizvodnji i njihovo zadržavanje na što nižoj razini. To je sustav signalizacije koji koristi kartice pomoću kojih se signalizira potreba za određenim proizvodom, sirovinom, poluproizvodom. Nastao je po uzoru na američke supermarkete gdje se polica dopunjava kada se količina određenog proizvoda na njoj smanji do određene granice. U proizvodnji se koriste kanban kartice kako bi radnicima bila olakšana komunikacija tj. kako bi svaki sljedeći korak obavijestio prethodni za potrebom materijala, dijelova, proizvoda po principu pull sustava.

Preduvjeti za Kanban su [28]:

- primjenjiv je u proizvodnji koja se ponavlja
- sustav mora biti stabilan
- strojevi moraju biti visoko pouzdani (važno je kvalitetno održavanje)
- standardizirani procesi i operacije
- pouzdani dobavljači
- velika angažiranost i stručnost radnika
- potrebna stalna ulaganja u smanjenju vremena namještanja alata – SMED (zbog malih serija)

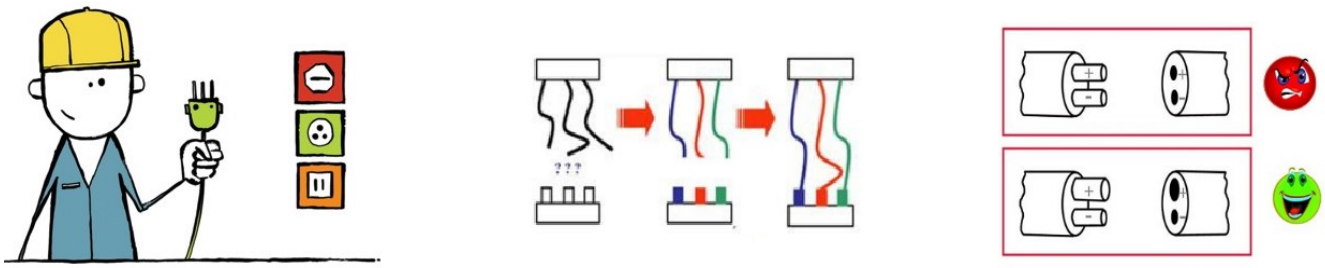


Slika 17. Primjeri Kanban kartica [29] [30]

2.6.6. Poka-Yoke

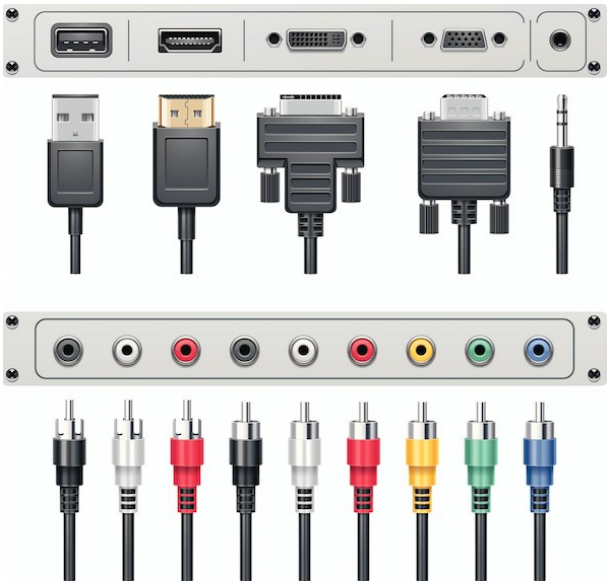
Naziv metode Poka-Yoke također potječe iz japanskog jezika i to od riječi „Poka“ što znači greška te „Yokeru“ što znači izbjeći. Razvio ju je Shigeo Shingo (jedan od osnivača TPS-a) sredinom dvadesetog stoljeća kao sistem sprječavanja grešaka u procesu proizvodnje. Nenamjerne greške, kao što su zaboravljanje, zamjena, dekoncentracija ili pogrešno razumijevanje zadatka, odlika su radnika u proizvodnji. Ovakve greške direktno utječu na kvalitetu proizvoda. Cilj metode Poka-Yoke je uklanjanje grešaka nastalih ljudskim faktorom pa se koriste uređaji koji ne dozvoljavaju takve greške. Radi se o jednostavnom, ali vrlo korisnom dizajnu koji onemogućava krivo korištenje uređaja ili proizvoda. Za pravilno implementiranje Poka-Yoke metode potrebno je proći kroz sljedeće korake [31]:

- definiranje potencijalnih grešaka
- uočavanje izvora grešaka
- razvoj načina za sprječavanje grešaka
- razvoj načina za detektiranje grešaka
- izbor i testiranje rješenja
- implementiranje rješenja



Slika 18. Vizualni prikaz Poka-Yoke metode [32]

[Slika 18] prikazuje kako se primjenom Poka-Yoke mogu spriječiti greške nastale ljudskim faktorom. Označavanje uređaja ili dijelova bojom te njihova konstrukcija onemogućava njihovo pogrešno korištenje. Primjer iz svakodnevnog života su priključci za računalo (priključak za miš, tipkovnicu, monitor, AUX, HDMI, USB) koji imaju točno određen oblik i boju te je gotovo nemoguće krivo spojiti dijelove [Slika 19].



Slika 19. Stvarni primjer Poka-Yoke metode [33]

2.6.7. Andon

Zadaća Andon sustava je prikazivanje stanja proizvodne linije i upozoravanje radnika i menadžera na probleme kako bi oni mogli odmah reagirati. Bilo da se radi o nedostatku dijelova, greški na opremi ili ugroženoj sigurnosti, Andon sustav zahtjeva zaustavljanje proizvodnje kako bi se otkrili uzroci problema te kako bi se pronašlo i primijenilo rješenje. To znači da radnici na proizvodnoj liniji ne samo da imaju dopuštenje, već imaju obavezu zaustaviti proizvodnju ukoliko dođe do greške. Ako se problemi ne riješe odmah već se nađu kratkotrajna rješenja, to može dovesti do većih problema u budućnosti. Andon sustav sadrži kontrolnu ploču, postavljenu na vidljivo mjesto, koja je povezana sa senzorima koji detektiraju stanje proizvodnje. Senzori očitavaju stanje u kojem se proizvodna linija trenutno nalazi i daju različita svjetla ovisno o stanju u kojem se nalazi. Zeleno ako je operacija normalna, žuto ako je potrebna pomoć, a crveno ako nešto nije u redu [Slika 20]. Ukazivanje na probleme i njihovo trenutno rješavanje donosi brojne pogodnosti i korisnosti, a neke od njih su [34]:

- smanjeni troškovi i zastoji
- veće zadovoljstvo kupaca zbog bolje kvalitete proizvoda
- smanjenje otpada
- u svakom trenutku vidljivo stanje proizvodnje

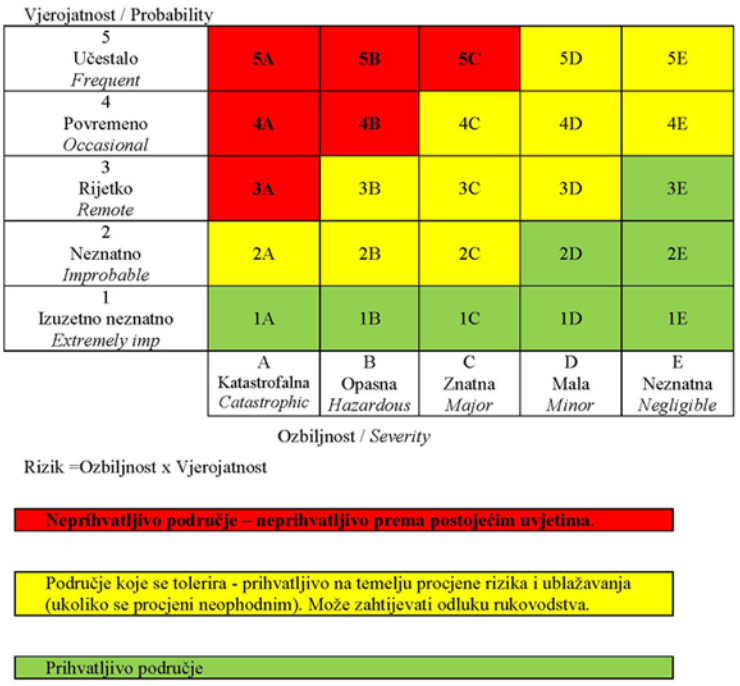
- odgovorniji i zadovoljniji radnici
- dugoročna poboljšanja u procesu proizvodnje

Slika 20. Andon sustav [35]

2.6.8. Failure Mode and Effect Analysis – FMEA

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka (eng. **F**ailure **M**ode and **E**ffect **A**nalysis) sustavna je metoda kojom se identificiraju i sprečavaju problemi na proizvodu ili u procesu prije njihova nastanka. Počeci razvijanja i primjenjivanja vezani su najprije za NASA-in svemirski program. Ubrzo metoda postaje formalizirana i bolje definirana te se primjena širi kroz vojnu i avionsku industriju. FMEA metoda fokusirana je na prevenciju pogrešaka i smanjivanje mogućnosti da se one dogode te povećanje zadovoljstva korisnika. Za svaku prepoznatu pogrešku (bez obzira je li riječ o poznatoj ili potencijalnoj pogrešci) radi se procjena vjerojatnosti pojavljivanja, važnosti i vjerojatnosti otkrivanja. Dakle, po definiciji FMEA je metoda kojom se maksimizira zadovoljstvo korisnika kroz potpuno eliminiranje ili djelomično smanjivanje uzroka potencijalnih problema[36]. Prije same provedbe, potrebno je definirati pojam „korisnika“. Korisnik ne mora biti samo krajnji potrošač, već to može biti sljedeći korak (operacija) u procesu. Za popularnost ove metode najviše je zaslužna njezina jednostavnost i mogućnost prilagodbe svim područjima te činjenica da su potrebu primjene FMEA metode prepoznale i međunarodne organizacije koje predlažu i usvajaju standarde kvalitete. Prilagodba rješavanju različite problematike očituje se prije svega u mogućnosti

samostalnog kreiranja tablica [Slika 21] za procjenu važnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja, gdje se mogu odrediti intervali rizičnosti pojedine potencijalne pogreške i pripadajućih posljedica.



Slika 21. Primjer FMEA tablice [37]

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka može se promatrati i kao analiza rizika s ciljem davanja odgovora na dva osnovna pitanja[36]:

1. Koja su sva moguća odstupanja (pogreške) od propisanog zahtjeva odnosno što sve može poći neželjenim pravcem i tako uzrokovati nepotrebno trošenje resursa?
2. Ukoliko postoji mogućnost nastanka pogrešaka, koja je vjerojatnost njihova pojavljivanja i koje posljedice donose u odnosu na proizvod, uslugu, proces ili cjelokupan sustav?

Osnovna svrha FMEA metode je njezina preventivna komponenta s posebnim naglaskom na utjecaj na probleme prije njihova nastanka jer se na taj način može smanjiti vjerojatnost njihova pojavljivanja ili je, budući da je problem već prepoznat i sigurno će nastati u budućnosti, moguće minimizirati njegove posljedice. Činjenica je da primjena FMEA metode povećava troškove učinjene za povećanje razine kvalitete. Najveći dio troškova koji se ovdje pojavljuju odnose se na troškove radnog vremena utrošenog na FMEA-u zato što radnici obavljaju poslove kao članovi FMEA tima, a ne svoje redovite poslove. Ukoliko se žele

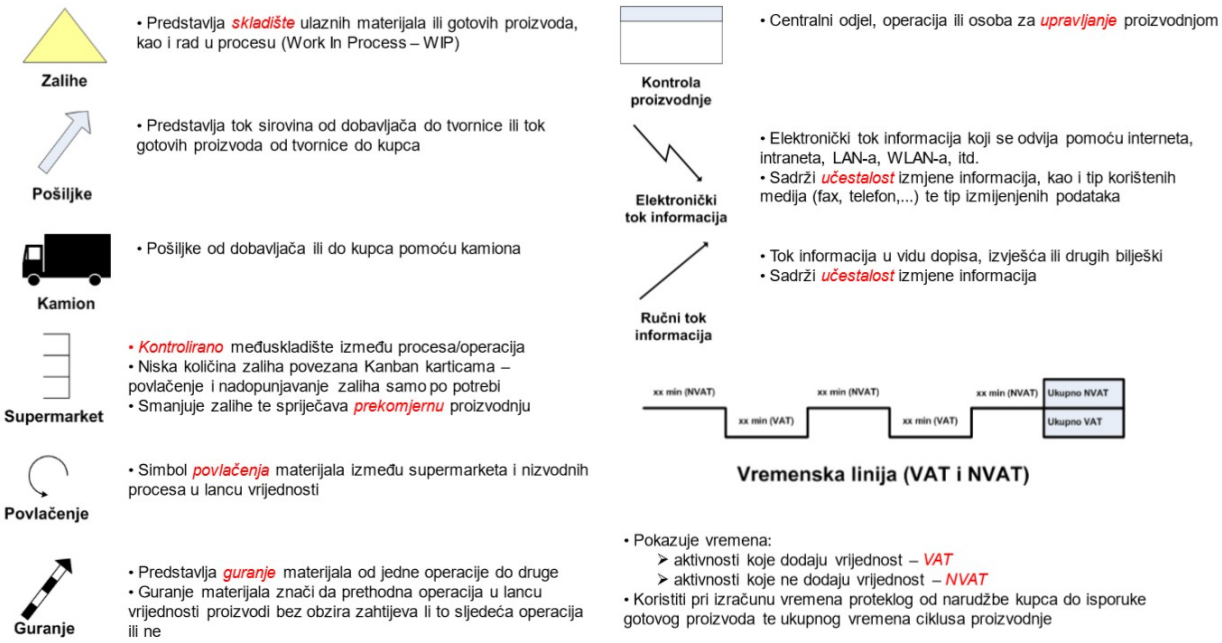
ostvariti određene uštede koristeći rezultate metode, potrebno je žrtvovati dio dnevne efikasnosti u nabavi, prodaji, proizvodnji ili nekom drugom dijelu posla koje članovi tima redovno obavljaju.

2.6.9. Mapiranje toka vrijednosti – VSM

Mapiranje toka vrijednosti (eng. **V**alue **S**tream **M**apping) je vizualni prikaz toka materijala i informacija od trenutka primanja narudžbe do isporuke proizvoda kupcu [38]. VSM sagledava cijeli proces koji je odabran za poboljšanje te se svaki korak u procesu uključuje u crtež. Ključ VSM-a je da se proizvodni proces vidi kao skup koraka u proizvodnji te da se vidi kako se svaki pojedini korak uklapa u ukupan proces i kako će njegova promjena utjecati na ukupan proces pa omogućuje poduzeću da izabere promjenu ili skup promjena koje će donijeti efikasniju ukupnu proizvodnju, a također pomaže pri razlikovanju aktivnosti koje dodaju vrijednost od onih koje ne dodaju.

Koraci mapiranja toka vrijednosti [38]:

1. Definiranje proizvoda ili grupe proizvoda
2. Mapiranje trenutnog stanja lanca vrijednosti
3. Mapiranje budućeg stanja lanca vrijednosti
4. Razvijanje plana za implementaciju poboljšanja o njegovo izvođenje



Slika 22. Prikaz osnovnih simbola VSM-a [38]

3. PRIMJENA LEAN ALATA

Neki od navedenih alata Lean menadžmenta bit će primijenjeni u poduzeću TEH-CUT d.o.o koje se bavi proizvodnjom specijalnih alata za tlačni lijev aluminija, injekcijsko prešanje polimera te alata za oblikovanje kompozita.

3.1. Općenito o poduzeću

Poduzeće TEH-CUT d.o.o [Slika 23], smješteno u zapadnom dijelu grada Zagreba, bavi se proizvodnim djelatnostima kao što su:

- izrada alata za brizganje plastike i tlačni lijev aluminija
- izrada strojnih dijelova, pružanje usluga u strojnoj obradi metala

Slika 23. Logo poduzeća TEH-CUT d.o.o [39]

U novije vrijeme poduzeće je uvelo sustav upravljanja kvalitetom kako bi postiglo visoki nivo kvalitete svih svojih proizvoda i usluga. Proizvodi i usluge obuhvaćaju konstruiranje, proizvodnju i servis alata za brizganje plastike i tlačnog lijeva, izradu strojnih dijelova i usluge obrade metala te proizvodnju i prodaju alata za strojnu obradu metala. Kao i svaka moderna tvrtka koja želi opstati, poduzeće TEH-CUT shvaća da mora primijeniti lean, ne samo u organizaciji, već i u planiranju i tehnologiji te postavlja jasne viziju, misiju i dugoročni cilj. **Dugoročni cilj** poslovanja jest kontinuiranim ulaganjem u razvoj poslovanja i modernizaciju proizvodnje povećati konkurentske prednosti (kompetentnost, brzina, fleksibilnost, kvaliteta) te tržišni udio na domaćem tržištu i tržištima zemalja zapadne Europe, uz stavljanje stalnog naglaska na društveno odgovorno poslovanje i zaštitu zaposlenika i okoliša. **Vizija** tvrtke je postati predvodnik Industrije 4.0 u Republici Hrvatskoj te do 2025.

godine postati regionalni lider u djelatnosti s bogatim međunarodnim referencama i trajno visokim stupnjem kvalitete. **Misija** tvrtke jest kvalitetnom, stručnom i pravodobnom uslugom u domeni proizvodnje i tehnologije ostvariti kompletno rješenje po mjeri i na zadovoljstvo kupca[40]. [Slika 24] prikazuje SWOT analizu poduzeća TEH-CUT d.o.o.

UNUTARNJE SNAGA (STRENGTHS)	UNUTARNJE SLABOSTI (WEAKNESSES)
BLISKA KOMUNIKACIJA S KUPCEM U FAZI UGOVARANJA I RAZVOJA, TE FLEKSIBILNOST U POSTAVLJENIM ZAHTJEVIMA	INŽENJERSKI KOMPROMISI RADI ROKOVA I CIJENA
VISOKA TEHNOLOŠKA SPOSOBNOST I DOBRO POZNAVANJE NOVIH TEHNOLOGIJA STROJNE OBRADE	IZAZOVI U VOĐENJU PROCESA UZ PRIMJENU INTERNIH MODULA I STANDARDA ZA UNAPREĐENJE PROCESA
VELIKI STROJNI KAPACITET PROIZVODNJE, BALANSIRAN INTERNIM PLANIRANJEM I PRIMJENOM LEAN PRINCIPA	OSKUDNA RADNA SNAGA I STRUČNO TEHNOLOŠKO OSPOSOBLJAVANJE MLAĐIH OPERATERA, TE IZAZOVI U ODRŽAVANJE OPREME
BRIGA ZA OKOLIŠI ENERGETSKE RESURSE DIO JE STRATEŠKOG PLANIRANJA, MONITORINGA I PROCJENE RIZIKA, TE JE INTEGRIRANA U PROCESE	OGRANIČENE MOGUĆNOSTI INVESTIRANJA U INFRASTRUKTURU ZA BOLJU ENERGETSKU ISKORIŠTENOST

VANJSKE MOGUĆNOSTI (OPORTUNITIES)	VANJSKE PRIJETNJE (THREATS)
FLEKSIBILNOST U PRILAGODBI NA ZAHTJEVE TRŽIŠTA VEZANO ZA GOTOVE PROIZVODE	VISOKE INVESTICIJE U NOVE TEHNOLOGIJE I AUTOMATIZACIJU PROCESA, UZ JAKU KONKURENCIJU U VISOKOPRODUKTIVNIM AUTOMATSKIM PROCESIMA VISOKE TOČNOSTI
SUDJELOVANJE U PROIZVODNJI VISOKE DODANE VRIJEDNOSTI.	OCJENA POUZDANOSTI NAŠIH PROCESA OD STRANE KUPCA MOŽE BITI NEPOVOLJNA.
SUDJELOVANJE U INDUSTRIJSKIM ISTRAŽIVANJIMA VEZANO UZ DJELATNOST STROJNE OBRADE I ALATNIČARSTVA	OTEŽANA INDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA RADI NEMOGUĆNOSTI INVESTIRANJA I RASPOLOŽIVOSTI OSOBLJA.
KORIŠTENJE EU FONDOVA ZA INFRASTRUKTURU BOLJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI, TE ZA PROCESE KOJI SU EKOLOŠKI	TEŠKO DOSTUPNE INVESTICIJE U PODUZETNIŠTVU

Slika 24. SWOT analiza poduzeća TEH-CUT d.o.o [40]

Vodstvo poduzeća se fokusira na kupca tako da prati ugovorne obaveze, realizaciju planova proizvodnje i vrši trajnu izobrazbu zaposlenika. Uočavanje zahtjeva kupaca vrši se kontinuiranom komunikacijom, a zatim se poduzimaju radnje potrebne za ispunjenje tih zahtjeva. Politika kvalitete i zaštite okoliša je sastavni dio poslovne politike poduzeća te je primjerena kontekstu organizacije i podržava njen strateški smjer, a to dokazuje zadovoljavanje standarda ISO 9001 (za kvalitetu) i standarda ISO 14001 (za zaštitu okoliša) [40]. U nastavku će se u poduzeću TEH-CUT d.o.o primijeniti neki od ranije navedenih Lean alata te će se kvantificirati rezultati njihove primjene.

3.2. Primjena metode 5S

Uvidom u rad poduzeća TEH-CUT d.o.o primijećena je mogućnost primjene metode 5S koja je detaljnije opisana u poglavlju 2.6.2. Metoda se primijenila u dva odjela tvrtke, u odjelu „Kontrola kvalitete“ i u pogonu.

3.2.1. Primjena metode 5S u odjelu „Kontrola kvalitete“

U razgovoru sa šeficom kontrole kvalitete i voditeljem kontrolne sobe uočeni su brojni problemi koje je moguće ukloniti 5S metodom te su dogovoreni koraci primjene i rezultati koji se očekuju. Primijećeni su mnogi nepotrebni predmeti koji se ne koriste, prazne kutije, nedostatak oznaka pa svaki operater odlaže alat gdje njemu odgovara, nered na radnom mjestu, zapreke koje ometaju kretanje operatera i dostupnost alata te radnici koji smatraju kako čisto i organizirano radno mjesto neće doprinijeti kvaliteti njihovog rada.

Kako bi radnici shvatili što je 5S metoda i koji su efekti njezine primjene, s primjenom se krenulo od stola jednog od operatera. [Slika 25.] prikazuje zatečeno stanje.

Slika 25. Stanje stola operatera prije primjene 5S metode

Na slici je vidljiv „kreativni nered“ koji to zapravo nije, već je na stolu puno predmeta koji se rijetko ili uopće ne koriste. Na stolu su etaloni koji nemaju veze sa trenutnim umjeravanjem mjernih uređaja, papiri od prošlih umjeravanja, uredski pribor koji se rijetko koristi i dijelovi mjernog robota koji mogu biti odloženi na prikladnijem mjestu. [Slika 26.] prikazuje stanje nakon sređivanja. Sva oprema koja se rijetko koristi je uklonjena tako da su na stolu ostale

samo stvari koje su neophodne za rad čime je radno mjesto preglednije te je stol očišćen kako bi prostor za rad bio ugodniji i kako prljavština ne bi imala nikakav utjecaj na mjerenja ili umjeravanja.

Slika 26. Stanje stola nakon primjene 5S metode

Nakon sređivanja stola radnicima je postalo jasnije o čemu se radi te su počeli shvaćati važnost sređivanja, čišćenja i održavanja radnog mjesta pa se krenulo u daljnju primjenu. [Slika 27.] prikazuje zatečeno stanje regala i prostora oko regala dok [Slika 28] pobliže prikazuje stanje regala. U tom prostoru oko regala nalaze se kolica koja nemaju točno određeno mjesto u sobi te predstavljaju zapreku kod pristupa samom regalu.

Slika 27. Zatečeni prostor oko regala

Slika 28. Zatečeno stanje regala u kontrolnoj sobi

Na slikama je vidljivo da u regalu ima puno nepotrebnih stvari kao što su prazne kutije te naprave i alati koji se rijetko koriste (etaloni,toneri). Nijedan alat ili naprava nema određeno mjesto na kojem se mora nalaziti nego se nakon korištenja ostavlja „gdje ima mjesta“. Zbog toga se dešava da alati koji se koriste zajedno i naprave iste vrste(skupine) nisu smješteni jedni blizu drugih. Primjenom 5S metode uklonjene su sve gore navedene stvari koje se ne koriste, postavljene su oznake kako bi svaka stvar imala svoje mjesto, svi sitni dijelovi postavljeni su u kutijice sa oznakama te su kolica postavljena na točno određeno, označeno i za njih predviđeno mjesto. Uvođenjem navedenih promjena povećao se slobodni prostor na regalu,povećala se preglednost pa se lakše primjećuje ukoliko nedostaje određena naprava te su svi predmeti koji se nalaze u regalu uočljivi i lako dostupni [Slika 29.]. U ovoj fazi primjene radnici već shvaćaju važnost metode 5S, shvaćaju da je bitan red te standardizacija rada i odlaganja alata i proizvoda jer se time povećava sigurnost i uklanja frustracija nastala uslijed traženja predmeta.

Slika 29. Stanje regala nakon primjene 5S metode

Uočeno je da ormar koji se nalazi u kontrolnoj sobi također ima potrebu za primjenom 5S metode. Ladice nisu organizirane tako da se mjerni uređaji različite vrste stavljaju u različite ladice već se više različitih vrsta nalazi u istoj [Slika 30.]. Na slici je vidljivo da se u istoj ladici nalaze mjerne ure (eng. test indicator), pomićna mjerila (eng. caliper) i mikrometri. Budući da ormar nije imao nikakav red, nije bilo moguće označiti ladice [Slika 31.] zbog čega su radnici gubili više vremena dok pronađu određeni alat.

Slika 30. Stanje ladice prije primjene 5S-a

Slika 31. Ormar u kontrolnoj sobi prije primjene 5S-a

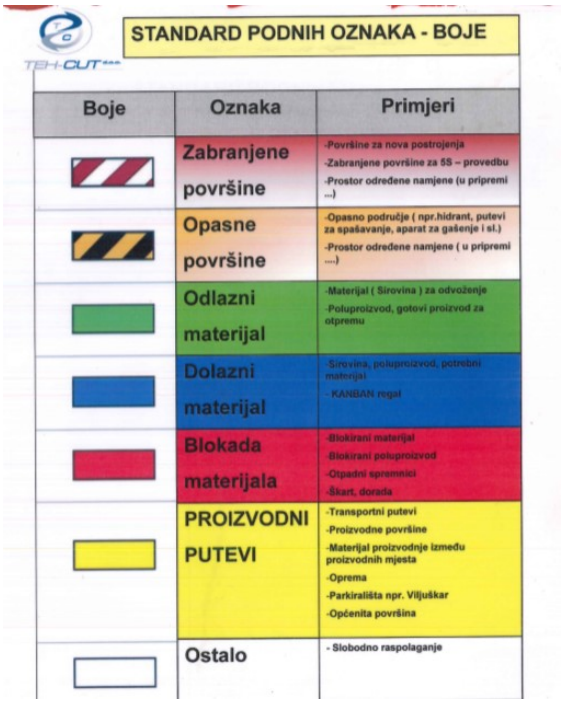
Glavni korak 5S metode koji se u ovom slučaju primijenio bio je „Seiton“ („Staviti u red“). Svaka vrsta alata posložena je u pripadajuću ladicu [Slika 32.] te su alati posloženi na lako dostupna mjesta (nije bilo potrebe za iskorištavanjem svih ladica pa su donje ladice ostavljene prazne kako bi se izbjeglo nepotrebno saginjanje prilikom uzimanja alata).

Slika 32. Stanje ladice nakon primjene 5S-a

Nakon takve organizacije ormara otvorila se mogućnost označavanja ladica te je time dodatno skraćeno vrijeme traženja i uzimanja alata [Slika 34.].

Slika 33. Ormar nakon primjene 5S-a

Na kraju primjene metode 5S u odjelu kontrole kvalitete označena su područja za kolica i ostalu opremu koja se nalazi u sobi prema standardu [Slika 34.]

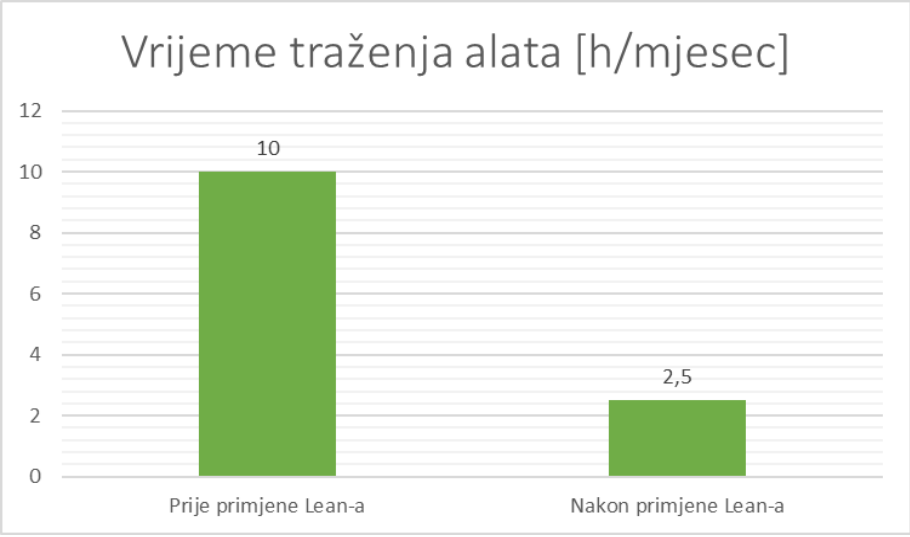


Slika 34. Standard podnih oznaka

Kolica koja su prije bila gurana po cijeloj sobi i priječila put regalu ili mjernom robotu sada imaju svoje mjesto u sobi gdje ne smetaju radnicima [Slika 35.].

Slika 35. Podne oznake

U sobi kontrole kvalitete rade tri operatera od kojih je prije primjene Lean alata svaki imao svoj princip slaganja opreme i odlaganja alata. Da bi pronašao alat koji treba, određenom operateru trebalo je četrdeset sekundi. Nakon primjene metode 5S, da bi pronašao alat treba mu deset sekundi što je ušteda od 75%. Svaki od tri operatera traži alat minimalno deset puta dnevno što znači da su prije zajedno trošili minimalno dvadeset minuta dnevno na traženje alata što rezultira činjenicom da su na traženje alata mjesečno potrošili deset sati. Nakon uvođenja Lean-a dnevno gube pet minuta na traženje alata tj. dva i pol sata mjesečno. [Slika 36.] prikazuje grafički odnos vremena traženja alata prije i poslije primjene 5S metode.



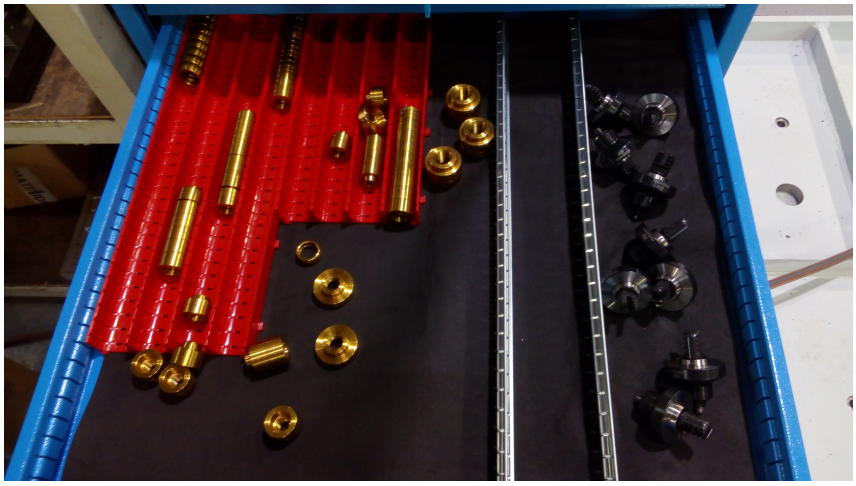
Slika 36. Odnos vremena traženja alata prije i nakon primjene Lean-a

U razgovoru s radnicima po završetku primjene može se zaključiti da su zadovoljni novim rasporedom u radnoj okolini. Osjećaju se motiviranije i odgovornije što dovodi do povećanja produktivnosti.

3.2.2. Primjena metode 5S u pogonu

Osim u kontrolnoj sobi, mogućnost primjene 5S metode uočena je i u pogonu. U pogonu se nalaze brojni strojevi koji svakodnevno zahtijevaju izmjene alata, prstenova, vilica. Prsteni i vilice se nalaze u ormaru koji nema označene ladice [Slika 37.] i u ladicama ne postaje oznake koje bi pokazivale razliku između različitih npr. prstenova [Slika 38.] pa radnici uzimaju prsten koji im se čini da odgovara zahtjevima pa kad se pokaže da su uzeli krivi, uzimaju drugi itd.

Slika 37. Ormar u pogonu prije primjene 5S metode



Slika 38. Ladica s prstenovima prije primjene 5S metode

U početku primjene, kao i u odjelu kontrole, radnici su bili skeptični jer su stekli naviku rada na gore navedeni način i nisu ga bili voljni mijenjati. Primjena je počela na način da se dijelovi koji se najčešće koriste stave u gornje ladice i da se poslože s lijeva na desno po veličini. Stvari koje su nepotrebne (prazne kartonske kutije, dijelovi koji pripadaju na regal do ormara) su uklonjene iz ladica, postavljene su kutije na koje su stavljene oznake određenih prstenova [Slika 39.] te je svaka ladica dobila oznaku dijelova koji se u njoj nalaze[Slika 40.].

Slika 39. Ladica s prstenovima nakon primjene 5S metode

Slika 40. Ormar u pogonu nakon primjene 5S metode

Po završetku sortiranja i dovođenja dijelova u red uočena je potreba za popisom svih dijelova kako bi se znalo točno stanje. Zbog toga je napravljena [Tablica 3] koja prikazuje točno stanje prstenova te se tako u svakom trenutku može vidjeti koliko je koje vrste prstenova naručeno, koliko ih je u upotrebi, koliko na lageru te koje je ukupno stanje broja prstenova. Uvidom u podatke iz tablice lako se može uočiti potreba za narudžbom određenih prstenova.

Tablica 3. Popis steznog pribora (prstenova)

TEH-CUT d.o.o.		**STEZNI PRIBOR – Ladica 2 i 3**			
Naručeno		**UPORABA**	**LAGER**	**UKUPNO**	
NAZIV	**Kom**	**Kom**	**Kom**	**Kom**	**Stanje**
RING M6 Ø10 H0	**46**	14	11	25	-21
RING M6 Ø11 H0	**46**	33	0	33	-13
RING M6 H Ø22 H8	**44**	25	18	43	-1
RING M8 Ø12 H0	**16**	13	4	17	1
RING M8 Ø14 H0	**16**	12	2	14	-2
RING M8 H Ø25 H10	**24**	18	0	18	-6
RING M10 Ø14 H0	**24**	2	22	24	0
RING M10 Ø16 H0	**24**	0	24	24	0
RING M10 H Ø28 H15	**32**	0	32	32	0
RING M12 H Ø18 H0	**8**	9	4	13	5
RING M12 H Ø20 H0	**8**	15	16	31	23
RING M12 H Ø18 H11	**8**	0	8	8	0
RING M12 H Ø20 H11	**8**	0	8	8	0
RING M12 H Ø40 H10	**24**	0	24	24	0
RING M16 H Ø22 H0	**36**	25	29	54	18
RING M16 H Ø24 H0	**90**	32	61	93	3
RING M16 H Ø40 H25	**24**	2	20	22	-2
RING M12 W	**4**	3	2	5	1
RING M16 W	**8**	4	9	13	5

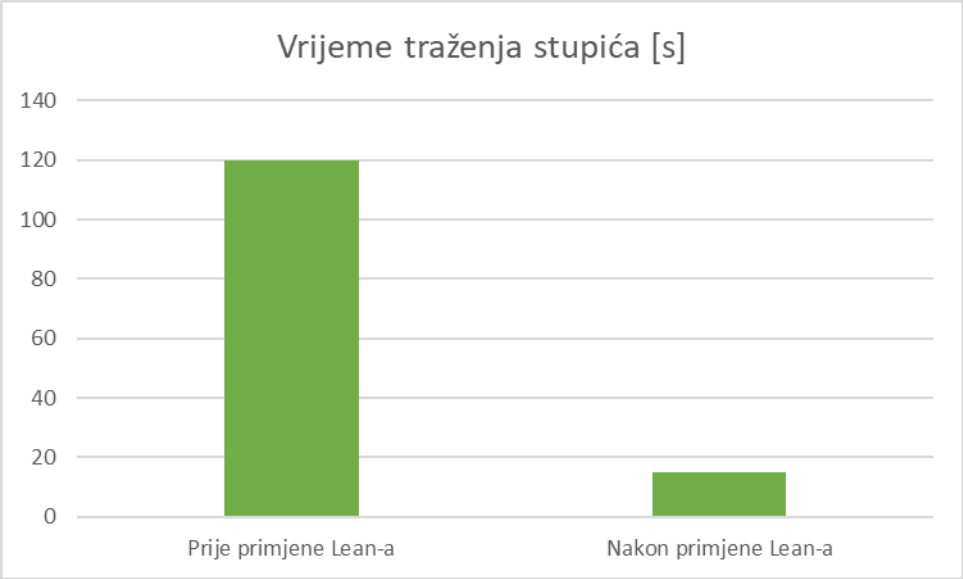
Osim ormara, u pogonu su primijećeni nered i neorganiziranost kod polica na kojima se nalaze stupići koji olakšavaju postavljanje velikih komada na palete. [Slika 41] prikazuje stanje polica prije primjene metode 5S. Može se vidjeti da se u neposrednoj blizini polica nalaze predmeti koji ometaju kretanje zaposlenika i pristup policama (kolica, kanta, daske, limovi, najlon). Daske i limovi trebaju biti bačeni dok kolica i kanta trebaju biti smješteni na za njih prikladnija mjesta.

Slika 41. Police u pogonu prije 5S-a

Primjenom 5S metode osim što su uklonjeni gore navedeni predmeti, stupići su posloženi u kategorije (po veličini i učestalosti korištenja) te su ostali stupići koji su se prije nalazili na regalu do ormara [Slika 37] sada složeni na police namijenjene za stupiće. [Slika 42] prikazuje stanje polica i prostora oko polica nakon primjene 5S metode.

Slika 42. Police u pogonu nakon 5S-a

Prostor oko polica je sada slobodan i prohodan, svaka vrsta stupića je dostupna, mali dijelovi su postavljeni u kutijice, palete na koje se stežu obradci te kojima nije bilo mjesto na policama smještene su na drvene palete. Zbog povećanja slobodnog prostora, povećala se i sigurnost, lakše se primjećuje koji su stupići u upotrebi, smanjuju se nepotrebne kretnje od jednog do drugog regala jer su svi stupići na jednom mjestu te je u konačnici stvorena bolja radna atmosfera. Praćenjem stanja prije primjene Lean-a uočeno je da su radnicima potrebne minimalno dvije minute da bi pronašli odgovarajući stupić dok je nakon primjene tim istim radnicima potrebno petnaest sekundi što predstavlja uštedu u vremenu od 87,5 %. [Slika 43] prikazuje grafički odnos vremena prije i nakon primjene 5S metode u pogonu.



Slika 43. Odnos vremena traženja stupića prije i nakon primjene Lean-a

3.3. Primjena FMEA metode

U razgovoru s tvrtkom TEH-CUT d.o.o dogovorena je primjena „Analize utjecaja i posljedica pogrešaka“ (eng. **F**ailure **M**ode and **E**ffect **A**nalysis) kako bi se eliminirali ili smanjili uzroci i posljedice potencijalnih problema. Ova metoda je detaljnije opisana u poglavlju 2.6.8. U ovom primjeru će se konkretno baviti procesom izrade alata za tlačni lijev.

Prije nego što se krene s FMEA analizom potrebno je utvrditi značenje brojčane vrijednosti koju je moguće dodijeliti nekoj značajki. Za vrijednost parametara S(ozbiljnost), O(učestalost), D(uočljivost) potrebno je definirati njihov raspon i značenje[41].

Tablica 4. Značenje parametra ozbiljnosti (S)

S(severity)		
Vrijednost	**Opis**	**Kriterij**
1	Nebitno	Nema utjecaja na kvalitetu proizvoda i tok procesa
2-4	Manje bitno	Nema utjecaja na kvalitetu proizvoda
5-6	Bitno	Utjecaj na kvalitetu proizvoda, ali je moguće popraviti
7-9	Kritično	Jak utjecaj na kvalitetu proizvoda, potrebno ispravljati
10	Katastrofalno	Uništen proizvod, nemoguće popraviti

Tablica 5. Značenje parametra učestalosti (O)

O(occurrence)		
Vrijednost	**Opis**	**Kriterij**
1	Teško moguće	Greška nikad nije viđena
2-4	Rijetko	Greška je viđena nekoliko puta
5-6	Moguće	Greška se viđa u prosječnom procesu
7-9	Srednja vjerojatnost	Greška se viđa u dosta slučajeva
10	Visoka vjerojatnost	Greška se pojavljuje u većini slučajeva

Tablica 6. Značenje parametra uočljivosti (D)

D(detection)		
Vrijednost	**Opis**	**Kriterij**
1	Visoka	Greška se primjećuje prije događaja
2-4	Dobra	Greška se primjećuje
5-6	Vjerojatna	Greška se može primijetiti
7-9	Manje vjerojatna	Greška je relativno skrivena
10	Skoro nemoguća	Greška se ne može uočiti sve do konačnog proizvoda

Prilikom primjene FMEA cilj je dokumentirati sve moguće greške u procesu i ustanoviti radnje potrebne za njihovu sanaciju. To znači da je potrebno standardizirati cijeli postupak te načine djelovanja u slučaju pojavljivanja određene greške. Sljedeći korak koji je potrebno provesti je stvaranje FMEA tablice, a forma tablice koja će se koristiti na primjeru poduzeća TEH-CUT d.o.o je:

- Potencijalna greška
- Potencijalni efekti na proces
- Potencijalni uzrok
- Parametri ozbiljnosti, učestalosti, uočavanje te RPN faktor
- Primjenjive kontrole u procesu za prevenciju greške
- Primjenjive metode detekcije greške
- Preporučene radnje za smanjenje rizika

Vrijednost stupnja prioriteta (eng. **R**isk **P**riority **N**umber) ukazuje na redoslijed sanacije i ozbiljnost problema. RPN se računa kao ozbiljnost * učestalost * uočavanje te govori o tome kojim problemima se treba pružiti više pažnje i vremena. U ovom primjeru je kao referentna vrijednost uzet 100, što znači da sve greške koje imaju RPN veći od referentne vrijednosti trebaju veću pozornost i u njihovo rješavanje se mora krenuti odmah. [Tablica 7] prikazuje FMEA analizu poduzeća TEH-CUT d.o.o u procesu proizvodnje alata za tlačni lijev.

Tablica 7. FMEA analiza procesa proizvodnje alata za tlačni lijev

		Sistem: Tlačni lijev	Podsistem: Klizači		Pozicija: Klizač i forma klizača						
				Ozbiljnost	Potencijalni		Primjenjive	Primjenjive	D		
		Potencijalna	Potencijalni	utjecaja	uzrok/	Učestalost	kontrole	metode	e	R	Preporučene
Broj	Funkcija/	greška	efekti	na	mehanizam	greške	u procesu	detekcije	t	P	radnje
	Zahtjev	(tip greške)	na proces	proces	greške		za prevenciju greške	greške	e	N	za
		(Failure Mode)	(Effect)	(Severity)		(occur)			c		smanjenje rizika
1.	Izbor materijala: umetak 1.2343ESU na 46±2 HRC; tijelo 1.2343 na 46±2 HRC, letve 1.2343 na 52±2HRC	Krivi izbor materijala i termičke obrade	Narušena trajnost alata; Narušena funkcija klizanja; Nestandardni CAM režimi	9	Kriva specifikacija u sastavnici	2	Rekcija od strane pripreme proizvodnje	Pregled sastavnica i usporedba sa standardom TEH-CUT	2	36	Rad na komunikaciji u procesu i standardizaciji procesa
2.	Veličina sirovca	Zadana mjera ne zadovoljava i nije u skladu s modelom	Kriva narudžba materijala	8	Kriva specifikacija u sastavnici	3	Reakcija od strane pripreme proizvodnje	Pregled sastavnica i usporedba s 2D nacrtom	6	144	Automatska veza CAD modela i sastavnice
3.	Tehnologični dizajn za optimalnu proizvodnju	Tijelo klizača s dvije odvojene plohe vođenja; letve sa kajlama za 5-osnu obradu; klizač i forma integrirani neoptimalno; priključak na hidrauliku nestandardan	Narušena funkcija vođenja; Dugotrajni proces proizvodnje sklon pogreškama	8	Konstruktor se ne drži internog standarda ine koristi uhodane procese	5	Reakcija od tehnologa i pripreme proizvodnje	Usporedba sa standardom TEH-CUT	3	120	Rad na komunikaciji s konstruktorma interno i externo, baza Lesons Learned za događaje iz konstrukcije
4.	Izvedba 3D modela u standardnim bojama	Boje nisu prema standardu ili ih nema	Teškoće u CAM-u i proizvodnji	8	Standard za boje nije dorađen	6	CAM reagira i upozorava na nedorađenost modela	Na 2D ispisu postoji ispis 3D modela u boji, te sudionici u procesu reagiraju	3	144	Rad na standardizaciji boja u 3D modelima
5.	Oslobođenja za omogućavanje montaže	Oslobođenja po radijusima i po visini, na vodilici klizača, te na tušimim plohama	Klizač ne kliže po vodilici, ne sjeda u prednji položaj i ne zatvara po visini	8	Odbijanja alata prevelika, a oslobođenja premala ili nisu izvedena u modelu	4	Nema	U fazi montaže-ručna dorada	7	224	Standard za klizače
6.		Oslobođenja na otvorima za klizne letve i klizače	Klizači ne sjedaju po visini	8	Odbijanja alata prevelika, a oslobođenja premala ili nisu izvedena u modelu	6	Nema	U fazi tuširanja alata- zatvaranje alata nije moguće; Nesukladni odljevak-zalijevanje odljevka i alata	9	432	Standard za osnovne ploče
7.	Tolerance dosjednih površina	Izbor krive tolarnce dosjeda	Nesukladni proizvod	8	Nekompetencija konstruktora	3	Reakcija od strane sudionika u procesu	U fazi montaže ili u funkciji alata	7	168	Osposobljavanje konstruktora za standardne dosjede
8.	Spajanje hlađenja	Otežana izvedba hlađenja u dijelu forme na klizaču	Nesukladni proizvod	8	Nije izvedena simulacija hlađenja	3	Nema	Vidjeti rezultate simulacije za optimalno rješenje hlađenja na klizaču	5	120	Simulacija lijevanja
9.	Dizanje klizača	Za velike klizače - nema navoja za dizanje ili su neprimjereno dizajnirani	Utjecaj na sigurnost kod manipulacije	9	Nekompetencija konstruktora	3	Reakcija od strane sudionika u procesu	U fazi formatiranja tražiti izvedbu provrta za očne vijke za nošenje	3	81	SIGURNOST!
10.	Komplicirana forma klizača koja zahtijeva ugradnju umetaka	Tolerirane mjere na formi klizača koje traže elektroeroziju pojedinih detalja ili elektroeroziju u sklopu sa umetkom, nisu uočene	CAM kod izbora strategija obrade glodanjem i elektroerozijom ne obraća pažnju na tolerirane mjere	8	2D nacrt odljeva nije pregledan od strane CAM-a	6	Skeniranje izvedenog stanja	Usporedba CAD modela i zahtjeva na 2D nacrtu odljevka	3	144	Standard za gravure
11.	Određivanje baza i funkcionalnih kontrolnih mjera	Baze ne postoje	Poteškoće u CAM programiranju i kontroli	8	Ne postoji standard za funkcionalno sagledavanje alata	5	Nema	Kontrola u procesu i završno skeniranje	3	120	Rad na kompetencijama i standardizaciji procesa
12.	Postavljanje FCS tehnoloških provrta	Ne postoje tehnološke rupe za stezanje	CAM mora sam postaviti tehnološke rupe	6	CAD ne predviđa moguća mjesta za stezanje	5	CAM reakcija na nedorađenost modela	Nema	1	30	Rad na standardizaciji procesa

Iz analize se može zaključiti da su gotovo sve greške kritične. Ukoliko je RPN iznad kritične vrijednosti, toj se greški treba odmah posvetiti pozornost. Budući da je ozbiljnost greške uvijek ista potrebno je smanjiti njezinu učestalost ili povećati uočljivost gore navedenim radnjama. Preporučene radnje su dogovorene u suradnji sa radnicima u planiranju proizvodnje, konstruktorima, operaterima na strojevima te radnicima u kontroli kvalitete. Nakon što su sprovedene preporučene radnje kod najkritičnijih problema, njihova se učestalost smanjila, a uočljivost povećala. Najveće promjene ostvaruju se standardizacijom procesa (uvođenjem standarda za klizače, gravure, osnovne ploče) te automatizacijom (automatska veza između CAD modela i sastavnice). Prilikom izrade FMEA analize nastali su dodatni troškovi, najviše zbog sudjelovanja radnika u analizi koji za to vrijeme nisu obavljali svoje redovite poslove. Međutim, ti troškovi su neznatni ako se usporede s troškovima koji nastaju kad se pojavi problem koji zaustavlja proizvodnju. Očekuje se da bi se, nakon kompletne primjene svih preporučenih radnji, učestalost grešaka trebala smanjiti za 40-45%, a time bi se troškovi proizvodnje alata za tlačni lijev smanjili za 15-20%.

4. ZAKLJUČAK

Ključ uspjeha poduzeća na današnjem tržištu obilježenom globalizacijom, digitalizacijom te velikim i čestim promjenama, je kontinuirano ulaganje u razvoj i poboljšanje svojih procesa. Upravo o poboljšanju procesa tj. o smanjivanju troškova proizvodnje uklanjanjem gubitaka iz procesa, govori jedna od najzastupljenijih filozofija proizvodnje - Lean (vitka) proizvodnja. Cilj Lean poslovne filozofije je identificiranje suvišnih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu te njihovo skraćenje ili potpuno eliminiranje iz procesa. Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu kupac nije spreman platiti te u tom slučaju one predstavljaju čisti gubitak (eng. waste). Lean definira vrijednost proizvoda kao osobinu vezanu za proizvod koja ispunjava svoju osnovnu zadaću, a to je zadovoljenje potreba i zahtjeva kupaca. Primjenom Lean alata dolazi do shvaćanja kako uvijek ima mjesta za poboljšanje. Upravo kontinuirano usavršavanje procesa osigurava prednost konkurencijom. Lean alati su metode kojima se preispituje trenutačni poslovni proces te određuju koraci za ostvarivanje budućeg, željenog stanja. Budući da nisu svi alati pogodni za sve procese, oni se odabiru prema željenom cilju, kao i prema početnom stanju od kojeg se polazi.

Implementacija alata Lean menadžmenta je obavljena u poduzeću TEH-CUT d.o.o koja ima viziju postati predvodnik Industrije 4.0 u Republici Hrvatskoj, a to ne može postići bez implementacije Lean-a u proizvodne procese. Uvidom u poslovanje poduzeća i u razgovoru sa šefovima proizvodnje i kontrole kvalitete dogovorena je primjena dva alata Lean menadžmenta. Primijenili su se alati 5S i FMEA. Primjenom 5S metode ostvarene su uštede u vremenu i prostoru. U odjelu kontrole kvalitete vrijeme traženja alata reducirano je za 75% dok ušteda u vremenu traženja dijelova u pogonu iznosi 87,5%. Osim uštede u vremenu, povećalo se zadovoljstvo radnika, a to je dovelo do povećanja motiviranosti što za krajnji ishod ima povećanje ukupne produktivnosti. Primjenom FMEA otkrivene su sve moguće greške prilikom izrade alata za tlačni lijev i svi efekti koji se mogu pojaviti uslijed tih grešaka. Svaka greška je dobila ocjenu ozbiljnosti, učestalosti i uočljivosti te su tako određene najkritičnije greške koje se mogu pojaviti. Također su određene primjenjive kontrole u procesu te primjenjive metode detekcije greške. Na kraju su preporučene radnje koje će smanjiti rizik pojave potencijalnih grešaka te su na taj način iznenadni, neplanirani problemi u proizvodnji alata za tlačni lijev svedeni na minimum.

LITERATURA

[1] Shingo, S.: Nova japanska proizvodna filozofija, Biblioteka produktivnost i stabilizacija, Beograd, 1986.

[2] Womack, P.J.; Jones, D.T., Lean thinking: banish waste and create wealth on your corporation, Simon&Schuster, New York, 1996.

[3] http://www.qualitas.hr/poslovno-savjetovanje/lean-upravljanje.html (srpanj, 2019.)

[4] https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm (srpanj, 2019.)

[5] Piškor, M.; Kondić, V., Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu, Tehnički glasnik, 2010, br. 4, str. 37-41.

[6] Žvorc, M., Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji, Ekonomski vjesnik, 2013, br. 2, str. 695-709.

[7] Wilson, L., How to Implement Lean Manufacturing, McGraw-Hill, New York, 2009.

[8] Hegedić, M., Lean menadžment (predavanja), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Zagreb, 2018.

[9] Štefanić, N., Lean menadžment (predavanja), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Zagreb, 2016.

[10] Lean menadžment priručnik, Proizvodnja i usluge, Zagreb, 2014.

[11] Liker, J.K., Meier, D., The Toyota Way Fieldbook, McGraw-Hill, New York, 2006.

[12] http://www.stara.suvremena.hr/Content/Print.aspx?Id=27247 (srpanj, 2019.)

[13] Štefanić, N., Tošanović, N., Čala, I., Applying the Lean System in the Process Industry, Strojarstvo, 2010., br. 52, str. 59-67.

[14] https://www.quora.com/What-is-the-real-meaning-of-'kaizen' (srpanj, 2019.)

[15] Imai, M., Kaizen – Ključ japanskog poslovnog uspeha, Mono i Manjana, Beograd, 2008.

[16] http://tps-lean-posao.blogspot.com/2013/01/29-kaizen.html (srpanj, 2019.)

[17] https://www.bulsuk.com/2009/02/taking-first-step-with-pdca.html (srpanj, 2019.)

[18] https://en.wikipedia.org/wiki/5S_(methodology) (srpanj, 2019.)

[19]http://www.lean-fabrika.cz/pl/szkolenie/ankiety/metoda-5s#.XUGHoeZXrIU (srpanj,2019.)

[20] https://www.5stoday.com/what-is-5s/ (srpanj, 2019.)

[21] https://hr.wikipedia.org/wiki/Točno-Na-Vrijeme (kolovoz, 2019.)

[22]https://profitiraj.hr/just-in-time-strategija-smanjivanja-troskova-i-poboljsavanja-kvalitete-proizvoda/ (kolovoz, 2019.)
[23] Vlašić, K., Metode reinženjeringa i njihova provedba u grafičkoj proizvodnji, Grafički fakultet, Zagreb, 2012.
[24] Pipunić, A., Grubišić, D., Suvremeni pristupi poboljšanjima poslovnih procesa i poslovna uspješnost, Ekonomska misao i praksa, 2014., br. 2, str. 541-572.
[25] Perinić, M., Maričić, S., Gržinić, E., Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje, Strojarstvo, 2011., br. 53, str. 399-404.
[26] https://www.leanproduction.com/smed.html (kolovoz, 2019.)
[27] https://statathlon.com/analysis-of-the-pit-stop-strategy-in-f1/ (kolovoz, 2019.)
[28] Štefanić, N., Lean menadžment (predavanja), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Zagreb, 2011.
[29] https://agile.hr/2018/11/21/brzi-uvid-u-kanban-metodologiju/ (kolovoz, 2019.)
[30] https://www.info-novitas.hr/o-nama/metodologije-rada/kanban-metoda/ (kolovoz, 2019.)
[31] https://www.cadcam-group.eu/hr/blog/poka-yoke-metoda (kolovoz, 2019.)
[32]http://www.lean-fabrika.cz/ca/terminology/poka-yoke-444738#.XU1lgOZXrIU (kolovoz, 2019.)
[33] http://orgmindset.com/tool-poka-yoke-adoption/ (kolovoz, 2019.)
[34] https://leankit.com/learn/lean/what-is-andon-in-lean-manufacturing/ (kolovoz, 2019.)
[35] https://www.redlion.net/ptv-tv (kolovoz, 2019.)
[36] Dobrović, T., Tadić, D., Stanko, Z., FMEA metoda u upravljanju kvalitetom, Poslovna izvrsnost, 2008., br. 2, str. 97-104.
[37] http://www.propisi.hr/print.php?id=12239 (kolovoz, 2019.)
[38] Štefanić, N., Hegedić, M., Mapiranje toka vrijednosti (Value Stream Mapping), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Zagreb, 2018.
[39] https://www.teh-cut.hr (kolovoz, 2019.)
[40] Meglić, G., Poslovnik kvalitete i zaštite okoliša, TEH-CUT, Zagreb, 2017.
[41]https://pdfs.semanticscholar.org/2adf/71200a3882994c892bc2c099ddb41cc1f90f.pdf (kolovoz, 2019.)

PRILOZI

I. CD-R disc