

Poboljšanje proizvodnih procesa kroz primjenu leana

Tomić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:861441>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-18**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**POBOLJŠANJE PROIZVODNIH
PROCESA KROZ PRIMJENU
LEANA**

Josip Tomić

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**POBOLJŠANJE PROIZVODNIH
PROCESA KROZ PRIMJENU
LEANA**

Mentor:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić, dipl.ing.

Student:

Josip Tomić

Zagreb, 2023.

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

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Miri Hegediću na pomoći, podršci i stručnim savjetima prilikom izrade ovog rada.

Zahvaljujem gospodinu Špiri Cimeri na ukazanom povjerenju te svim zaposlenicima Končar D&ST-a na otvorenosti i velikodušnoj pomoći.

Zahvaljujem gospodinu Tinu Dorotiću na vodstvu, stručnim i prijateljskim savjetima i svakoj drugoj pomoći koju mi je iskazao pri izradi diplomskog rada.

Konačno zahvaljujem svojim roditeljima Bernandu i Ružici, sestri Anamariji, rodbini i prijateljima na podršci tijekom cijelog studija.

Josip Tomić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite

Povjerenstvo za diplomске radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602 - 04 / 23 - 6 / 1
Ur. broj:	15 - 1703 - 23 -

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **JOSIP TOMIĆ**

Mat. br.: 0035210872

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Poboljšanje proizvodnih procesa kroz primjenu leana**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Improvement of production processes through the application of lean**

Opis zadatka:

Kompanije danas ulažu značajne resurse kako bi svoje poslovanje učinile konkurentnim. Osim ulaganja u tehnologiju, važno je raditi na unaprjeđenju procesa s posebnim naglaskom na organizaciju radnih mjesta unutar odjela povećanje produktivnosti i smanje fizičkog napora zaposlenika. Postoje različiti pristupi upravljanju unaprjeđenjima u proizvodnji, a jedan od korištenjih je i lean menadžment kojim se nastoje riješiti problemi kao što su nedostatak radnog prostora, veliki rad u procesu, loš protok materijala te velike količine škarta/otpada.

U radu je potrebno:

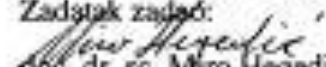
1. Napraviti pregled literature iz leana.
2. Definirati najučestalije alate leana i objasniti njihovu primjenu.
3. Na temelju analize literature detaljno opisati jedan ili dva alata za poboljšanje postojećeg stanja u proizvodnom poduzeću.
4. Za proizvoljno odabrano poduzeće primijeniti ranije spomenute alate s ciljem unaprjeđenja procesa.
5. Sumirati i kvantificirati očekivane i postignute rezultate.

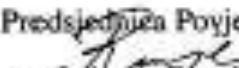
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
17. studenog 2022.

Rok predaje rada:
19. siječnja 2023.

Predviđeni datum obrane:
23. siječnja do 27. siječnja 2023.

Zadatak zadan:

doc. dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Mislavka Runje

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA	V
POPIS KRATICA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD.....	1
2. LEAN.....	2
2.1. Osnovne postavke lean-a	3
2.2. Uvođenje lean-a	5
3. POBOLJŠANJE PROCESA PRIMJENOM LEANA.....	8
3.1. Organizacija radnog mjesta.....	8
3.1.1. 5S	8
3.1.2. Kanban	9
3.2. Organizacija toka	10
3.2.1. Pareto dijagrami	10
3.2.2. Ishikawa dijagrami.....	11
3.2.3. Jednokomadna proizvodnja.....	12
3.2.4. SMED	13
3.2.5. VSM.....	14
3.3. Standardizacija rada	15
3.3.1. TPM	16
3.3.2. Poka-Yoke.....	17
3.4. Optimizacija serija	19
3.5. Pull sustav	19
3.6. Kontinuirano poboljšanje.....	20
3.7. Six Sigma	21
4. INDUSTRIJA 4.0	23
4.1. Veza leana i industrije 4.0.....	24
4.2. Lean 4.0 alati.....	25
4.2.1. Andon 4.0.....	25
4.2.2. Just in time 4.0	26
4.2.3. E-kanban (Kanban 4.0)	27
4.2.4. Heijunka 4.0	28
4.2.5. Kaizen 4.0	28
4.2.6. TPM 4.0	28
5. PRIMJENA LEANA U KONČAR D&ST-U	30
5.1. Implementacija leana u odjelu za izolaciju	32
5.1.1. Prijedlozi za primjenu lean alata.....	34
5.1.2. 5S u proizvodnom dijelu odjela izolacije.....	36

5.1.3. VSM u proizvodnom dijelu odjela izolacije	43
5.2. Očekivani i postignuti rezultati	48
6. ZAKLJUČAK.....	50
LITERATURA.....	51

POPIS SLIKA

Slika 1.	Taiichi Ohno – tvorac lean pristupa [2].....	2
Slika 2.	Vrste gubitaka prema leanu	4
Slika 3.	Načela lean pristupa	5
Slika 4.	Kanban ploča [8]	10
Slika 5.	Ishikawa dijagram [10].....	11
Slika 6.	Usporedba serijske i jednokomadne proizvodnje [12]	13
Slika 7.	Poka-Yoke [22]	18
Slika 8.	Razlika između push i pull sustava [23].....	19
Slika 9.	PDCA	20
Slika 10.	Implementacija Lean Six Sigma modela [25]	21
Slika 11.	Tehnološki pokretači industrije 4.0 [28]	23
Slika 12.	Andon 4.0 [30]	26
Slika 13.	AGV [31].....	27
Slika 14.	Logo tvrtke Končar D&ST [32]	31
Slika 15.	Opterećenost prostora u proizvodnji	37
Slika 16.	Stanje u ormaru s opremom za glodalicu	38
Slika 17.	Kriteriji za sortiranje [35].....	40
Slika 18.	Crvena oznaka [35]	40
Slika 19.	Crvena zona	41
Slika 20.	Provođenje 5S alata (čišćenje)	42
Slika 21.	Stanje nakon provedbe 5S alata.....	43
Slika 22.	Bukva kao sirovina za izradu letvica.....	45
Slika 23.	Letvice spremne za montažu	46
Slika 24.	VSM sadašnjeg stanja	47

POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija Poka-Yoke rješenja [20]	18
Tablica 2. Koraci za implementaciju Lean Six Sigma modela [25].....	22
Tablica 3. Projektni plan	33
Tablica 4. Izmjena alata prije primjene alata 5S	39
Tablica 5. Matrica proizvod-proces.....	44
Tablica 6. VSM simboli	44

POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis oznake
<i>A</i>	-	raspoloživost stroja
<i>CT</i>	s	vrijeme ciklusa
<i>LT</i>	s	vodeće vrijeme
<i>P</i>	VA	električna snaga
<i>MTBF</i>	s	srednje vrijeme između kvarova
<i>MTTR</i>	s	srednje vrijeme za popravak kvara
<i>NVAT</i>	s	<i>non-value-added activities time</i> – aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost ali su neophodne za proces
<i>OA</i>	-	operativna dostupnost
<i>OEE</i>	-	ukupna učinkovitost opreme
<i>OP</i>	-	operativni učinak
<i>OQ</i>	-	operativna kvaliteta
<i>T_t</i>	s	vrijeme takta
<i>U</i>	V	električni napon
<i>VAT</i>	s	<i>value-added activities time</i> – aktivnosti koje stvaraju dodanu vrijednost
<i>WT</i>	s	<i>waste time</i> – aktivnosti koje ne dodaju novu vrijednost i nisu neophodne za proces

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
5S	lean alat za organizaciju radnog mjesta
AGV	<i>Automated guided vehicle</i> – automatizirano vođeno vozilo za transport materijala kroz proizvodnju
CPS	<i>Cyber-physical system</i> – kibernetско fizički sustav
ICT	<i>Information and communication technology</i> – informacijske i komunikacijske tehnologije
IoT	<i>Internet of things</i> – internet stvari
MKO	<i>make to order</i> – izrada po narudžbi
MKS	<i>make to stock</i> – izrada proizvoda na zalihu
PDCA	lean alat za kontinuirano poboljšanje procesa
RFID	<i>Radio frequency identification</i> – tehnologija za praćenje stanja materijala na zalihama
SMED	<i>Single minute exchange of dies</i> – lean alat koji osigurava bržu izmjenu alata na radnim mjestima
TPM	<i>Total productive maintenance</i> – lean alat koji omogućava postizanje održivosti u proizvodnim sustavima
VSM	<i>Value stream map</i> – mapa toka vrijednosti

SAŽETAK

Kompanije danas ulažu mnoga sredstva kako bi svoje poslovanje učinile konkurentnim. Osim ulaganja u tehnologiju potrebno je također ulagati u kontinuirano unapređenje poslovnih procesa i zaposlenika. Jedan od pristupa koji sadrži razne alate i koji može pomoći je danas često korišten lean menadžment. Ovaj pristup temelji se na stvaranju ambijenta u kojemu se zadovoljavaju želje kupaca na način da se uklone svi gubici koji ne donose vrijednost proizvodu. Jedna od kompanija koja u budućnosti želi svoje poslovanje uskladiti s lean menadžmentom je i Končar D&ST. U ovom radu je kroz pregled trenutnog stanja i kroz provedbu nekoliko lean alata iznesena mogućnost primjene lean menadžmenta za ovu kompaniju.

Ključne riječi: lean, unapređenje proizvodnje, 5S, VSM, Kaizen, gubici

SUMMARY

Companies today invest a lot of resources to make their business competitive. In addition to investing in technology, it is also necessary to invest in continuous improvement of business processes and employees. One of the approaches that contain various tools and that can help is the lean management that is often used today. This approach is based on creating an environment in which the wishes of customers are satisfied in such a way as to eliminate all losses that do not add value to the product. Končar D&ST is one of the companies that in the future wants to align its business with lean management. In this paper, through an overview of the current situation and the implementation of several lean tools, the possibility of applying lean management for this company is presented.

Key words: lean, continuous improvement, 5S, VSM, Kaizen, losses

1. UVOD

U vremenu globalizacije i napretka tehnologije raste i ponuda različitih proizvoda. Poduzeća zbog toga ako žele ostati konkurentna trebaju iznova pronalaziti nove načine poslovanja. Vrlo brzo konkurenti mogu poboljšati svoje proizvode i proizvoditi ih na jeftiniji način. Tako će i njihova dobit biti veća što će im omogućiti još brži razvoj. Poduzeće koje će ostati na istim proizvodnim procesima kao i ranije riskira nestati s tržišta i izgubiti ovu utrku.

Jedan od pristupa koji se probija u posljednjih nekoliko desetljeća je lean. Ovaj pristup nudi različite alate koji imaju za cilj usmjeriti poslovanje prema kontinuiranom poboljšanju. Usvajanjem novih vještina i novog načina razmišljanja cijela tvrtka počevši od uprave pa sve do najnižih razina u proizvodnji može utjecati na rast prema izvrsnosti. Često je i najteži zadatak kod primjene leana shvaćanje ovog pristupa koji zahtjeva promjene na koje ljudi često zbog različitih razloga nisu spremni.

Lean se već u svijetu pokazao kao dobro rješenje što svjedoče brojne svjetski poznate tvrtke koje ga primjenjuju u svom poslovanju. Različiti znanstveni članci obrađuju ovu problematiku dokazujući učinkovitost primjene lean alata. Lean je tema i u mnogim kolegijima povezanim s menadžmentom i upravljanjem proizvodnjom, a sve više se o njemu može čuti i među tvrtkama koje razmišljaju o njegovoj primjeni ili već šalju zaposlenike na prikladnu obuku o njegovom provođenju. Lean nije prisutan samo u proizvodnji nego i u ostalim djelatnostima kao što su zdravstvo, ekonomija, građevina, školstvo i slično. Zapravo lean ujedinjuje ono što čovjek često čini u svojoj svakodnevici kada promišlja kako sebi olakšati i poboljšati život.

Ovaj rad ima za cilj definirati pojam leana i pokazati osnovne lean alate. Dati će se i uvid u industriju 4.0 jer je ona novost koja očekuje primjenu leana u budućnosti. Također cilj je i provesti nekoliko lean alata u tvrtki Končar – Distributivni i specijalni transformatori d.d. Provođenje leana će se provesti ovisno o stanju u kojem se ovo proizvodno poduzeće nalazi s ciljem unapređenja proizvodnje. Ograničenja koja ima vezana su uz resurse i vrijeme te na jedan odjel koji je odabran od voditelja projekta u poduzeću. Osim toga rad će predložiti i određene korake koje tvrtka može napraviti u budućnosti kada nastavi s implementacijom leana. Na kraju rada kvantificirat će se očekivani i postignuti rezultati.

2. LEAN

Lean je metodologija koja ima za cilj poticati na razmišljanje kako biti bolji od drugih. Ona je sustavni pristup cjelokupnom poslovanju kako bi se sa što manje resursa i napora postigli što je moguće bolji rezultati. Ovaj cilj vrijedi i općenito u ekonomiji ali i u različitim drugim djelatnostima. Ono što vrijedi za lean i čini razliku je usmjerenost na kupca koji ocjenjuje uspješnost proizvoda ili usluge.

Početak postojanja onoga što se zove lean veže se uz poslijeratni Japan. Tada su se u pogonima tvrtke Toyota tražili novi načini poslovanja koji bi omogućili konkurentnost nadmoćnoj američkoj automobilskoj industriji. U to vrijeme tvrtka je imala dug osam puta veći od vrijednosti kompanije [1]. Proizvodili su godišnje manje automobila nego mnogi konkurenti dnevno. Shvatili su kako je potrebno zbog oporavka ukloniti sve ono što donosi gubitak. Ubrzo su smanjili vrijeme proizvodnje i vrijeme izmjene alata te su povećali fleksibilnost. Nadalje, smanjili su broj neispravnih dijelova i prestali su proizvoditi ono što nema kupce.



Slika 1. Taiichi Ohno – tvorac lean pristupa [2]

Ubrzo se napredak japanskih proizvođača vidio i u Americi što je potaknulo američke stručnjake na posjet Japanu. Oni su željeli vidjeti što se promijenilo u poslovanju. U to vrijeme nastao je i naziv za lean što u doslovnom prijevodu znači „vitak“. Ovo se može objasniti time što je cilj smanjiti ljudski rad, proizvodne površine, ulaganje u alate, sate rada inženjera i slično. Ciljevi leana polaze od kupaca kako bi se saznalo što oni zapravo žele. To ipak nije ni zadovoljenje svake potrebe koju kupac ima, a još manje lean nije ni masovna proizvodnja koja ne uključuje želje kupaca već gura proizvode na tržište. Lean traži balans između pojedinačne i masovne proizvodnje. Masovna proizvodnja će reći da je nešto dovoljno dobro dok lean neće

na tome stati nego će sve nastojati učiniti još boljim. Lean neće mijenjati samo estetski izgled proizvoda nego će nastojati popraviti i njegovu funkcionalnost. Njegova najveća vrijednost su zapravo ljudi koji svojom kreativnošću i inovacijama čine više svakim danom [1].

2.1. Osnovne postavke lean-a

Važni parametri na kojima se temelji lean su [3]:

1. kontinuirano poboljšanje
2. rješavanje problema
3. inovacije
4. oblikovanje organizacijske strukture
5. standardizacija rada.

Lean polazi od ideje za korištenjem što manjeg broja resursa i što manjeg napora. Važno je razlikovati one aktivnosti koje stvaraju dodanu vrijednost – VAT od onih koji ne stvaraju dodanu vrijednost – WT. Postoje i aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost ali su neophodne za proces – NVAT i one koje nisu neophodne za proces. Takve koje nisu neophodne za proces potrebno je odstraniti jer one predstavljaju gubitak (*eng. waste*) [3].

Za neku aktivnost može se reći da stvara dodanu vrijednost ako je tu vrijednost kupac spreman platiti, ako je preoblikovala proizvod ili uslugu i ako je izvedena na pravi način. Aktivnost ne stvara dodanu vrijednost ako troši izvore bez kreiranja vrijednosti koju je kupac spreman platiti ali i ako postoje varijacije u kvaliteti proizvoda ili usluga kao i kad se prelazi normalni kapacitet ljudi i strojeva [3].

Vrste gubitaka u leanu su [4]:

1. Greške – kada se proizvedu proizvodi s greškom to onda znači i potreba za njihovim popravljanjem. Nadalje pojavljuje se i škart, potreba za ponovnom proizvodnjom i naknadom kontrolom.
2. Prevelika proizvodnja – proizvodnja proizvoda za koje ne postoji narudžba. Ovo je zapravo „glavni“ gubitak jer uzrokuje i ostale gubitke kao što su višak zaposlenika, potreba za transportom, skladištenjem i slično.
3. Višak zaliha – uzrokuje i veća transportna vremena i vremena proizvodnje. Također veći su i troškovi skladištenja. Često se ovaj gubitak javlja zbog kašnjenja s isporukom ili zbog zastoja na strojevima.

4. Suvišan proces – pojavljuje se kad se postiže veća kvaliteta nego što je potrebna. Takvu veću kvalitetu kupac često nije ni spreman platiti.
5. Suvišan pokret – odnosi se na svaki nepotrební pokret kao što su npr. traženje alata, saginjanje radnika, slaganje proizvoda ili alata, hodanje i slično.
6. Suvišan prijevoz – svaki transport (kretanje) dijelova, materijala ili ljudi koji nije potreban za stvaranje dodane vrijednosti.
7. Čekanje – vrijeme koje radnici provode na radnom mjestu bez rada zbog čekanja na promjenu alata, praznih zaliha ili nespremnog proizvoda.
8. Neiskorištena kreativnost zaposlenika – situacija u kojoj menadžment nije spreman slušati ideje koje imaju zaposlenici, a to znači izostanak novih vještina i poboljšanja.



Slika 2. Vrste gubitaka prema leanu

Postavlja se pitanje kako je moguće da u nekim tvrtkama uopće postoje aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost jer je jasno da nisu korisne? Ponekad zaposlenici ne žele činiti ništa više od onoga što su dužni ili ih se ništa ni ne pita. Nadalje ovo se događa i zbog toga što se ne razmatra cjelokupni proces. Može se dogoditi da su neki dijelovi procesa poboljšani i izvode se na način da stvaraju dodanu vrijednost međutim nisu na pravi način povezani s ostalim dijelovima procesa. To je npr. slučaj kod outsourcinga ili ako se sporo mijenjaju alati.

Postoje i načela lean pristupa [1]:

1. Određivanje vrijednosti sa stajališta kupca.
2. Stvaranje mape tijeka vrijednosti (svih aktivnosti).
3. Stvaranje idealnog tijeka vrijednosti kako bi se ostvarilo ono što kupac želi.
4. Uvođenje sustava koji će kreirati nove vrijednosti prema željama kupca.

5. Ponavljanje procesa radi kontinuiranog poboljšanja („težnja za savršenstvom“).



Slika 3. Načela lean pristupa

Mapa toka vrijednosti sastoji se od sljedećih faza [5]:

1. Rješavanje problema (od koncepta do dizajna).
2. Upravljanje informacijama (npr. o nabavi i prodaji).
3. Fizička transformacija (od sirovine do finalnog proizvoda).

Nije jedini cilj u procesu proizvodnje odstraniti sve gubitke nego i osigurati kontinuiran tok proizvodnje. Potrebno je odrediti takt proizvodnje tj. vrijeme takta kako bi se eliminiralo vrijeme u kojemu proizvod prolazi kroz proces bez donošenja dodane vrijednosti. Za postizanje protočnosti potrebno je [4]:

1. Poznavati sva vremena prisutna u procesu.
2. Kontrolirati odvijanje procesa.
3. Eliminirati uska grla i zastoje.
4. Eliminirati neplanirane dorade.

2.2. Uvođenje lean-a

Prije nego što se neka tvrtka odluči uvesti lean u svoje poslovanje važno je da razumije što on zaista jest. Lean nije samo sredstvo za izlazak iz financijske krize i zadovoljavanje kratkotrajnih potreba nego je jedan dugoročan stil poslovanja. Prilikom uvođenja novih stvari često se pojavi otpor među zaposlenicima i zato je potrebno pažnju usmjeriti prema njima. Lean je zapravo pristup koji potiče na nagrađivanje, a ne na kažnjavanje. Ovim pristupom postižu se promjene koje će donijeti dobre rezultate što će posljedično imati i rast zadovoljstva među zaposlenicima te konačno oni će lakše i prihvaćati nove promjene [1].

Korisno je za pravi odgovor na sve izazove promjene smjera u poslovanju angažirati nove odgovorne i stručne osobe koje mogu nositi ovako veliki projekt. Nakon toga ove odgovorne osobe formiraju manje timove koji će se brinuti o manjim projektima [1]. U svemu tome ne smije se zaboraviti na neprestano usavršavanje zaposlenika što je nužno kako bi i poslovanje bilo neprestano usavršavano. O ovom stalnom usavršavanju govori i lean alat naziva kaizen. [4]. Tako tvrtke koje uvode lean trebaju organizirati različite kaizen radionice kako bi ostale konkurentne.

Jedan od prvih koraka za uvođenje leana odnosi se na stvaranje mape toka vrijednosti koja prikazuje situaciju u tom trenutku. Nakon toga stvara se željena mapa toka vrijednosti i traže se razlike. Iz tih razlika proizlaze potrebni koraci, a potom i osobe koje će u njima sudjelovati. Ne smije se zaboraviti i na financijsku pozadinu projekata. Novi projekti trebaju biti isplativi, a kako bi se sve moglo financijski prikazati korisno je pronaći i financijski pismene osobe koje mogu odgovoriti na ove izazove [1].

Gledano sa strane financija najvažnije je poslovati u „plusu“. Kao što je ranije navedeno potrebno je tvrtku usmjeriti prema kupcu jer prolazi vrijeme tržišta proizvođača, a dolazi vrijeme tržišta kupca. Ranije je vrijedila relacija (1), a danas vrijedi relacija (2).

$$\text{prodajna cijena} = \text{troškovi proizvodnje} + \text{dobit} \quad (1)$$

Kod tržišta proizvođača dobit je određena od strane proizvođača koji je definirao prodajnu cijenu ovisno o tome koliko su iznosili troškovi proizvodnje. Ovo znači da ako rastu troškovi koji su povezani i s resursima također će rasti prodajna cijena. Kod tržišta kupca je kupac taj koji određuje prodajnu cijenu i ako tvrtka želi povećati dobit jedini način je smanjenje troškova proizvodnje što iziskuje veće napore. Ovo je dobra podloga za uvođenje leana tj. uklanjanje gubitaka koji donose dodatne troškove.

$$\text{dobit} = \text{prodajna cijena} - \text{troškovi proizvodnje} \quad (2)$$

Konačno na kraju se mogu definirati i koraci koji su potrebni za implementaciju leana i oni uključuju [6]:

1. opredijeljenost vodstva

2. uspostavljanje tima
3. analizu proizvodnog programa
4. izradu sadašnjeg i budućeg VSM-a
5. identifikaciju gubitaka
6. kaizen radionice
7. mjerenje i provjeru otklonjenih gubitaka
8. standardizaciju novih metoda.

3. POBOLJŠANJE PROCESA PRIMJENOM LEANA

Postoje različiti primjeri iz prakse koji pokazuju neučinkovitost zastarjelih praksi iz proizvodnje. Jedan od takvih primjera bio je prisutan u Njemačkoj gdje su inženjeri pronalazili nova rješenja uz mnogo uloženog truda, vremena i financijskih sredstava. Gledano sa strane kvalitete i struke rješenja su bila odlična međutim to kupce nije zanimalo i nisu bili spremni ta rješenja platiti. Kada su kupci odbili kupiti takve proizvode onda se pokušavaju na to nagovoriti različitim trikovima marketinga što na kraju troši još i više sredstava. Takva rješenja traže i nove tehnologije što također može jako istrošiti resurse. Konačni rezultat bio je gubitak iako su inženjeri poboljšali proces ali nisu stvorili dodanu vrijednost [5].

Postoje različiti lean alati koji pokušavaju odgovoriti na prethodno opisani i slične probleme iz prakse, a polazna točka im je smanjenje gubitaka. Opisani su u nastavku poglavlja.

3.1. Organizacija radnog mjesta

Osim organizacije radnog mjesta bitan je i njegov raspored u pogonu. Dobrim razmještajem strojeva i ljudi smanjuje se transport. Za organizaciju samog radnog mjesta najpoznatiji alati su 5S i Kanban.

3.1.1. 5S

5S alat pomaže u poboljšanju efikasnosti ali i u sigurnosti radnika. Sastoji se od sljedećih koraka [3]:

1. Sortirati (*eng. sort*) – potrebno je napraviti pregled svih alata i odrediti koji su potrebni, a koji su nepotrebni. Oni koji su trajno nepotrebni se uklanjaju, a oni koji su povremeno potrebni se trebaju odvojiti u skladište. Za razliku od njih, oni koji su stalno potrebni trebaju biti što bliži radnom mjestu.
2. Dovedi u red (*eng. set in order*) – potrebno je alate koji se često koriste postaviti na mjesta da su na dohvat ruke. Korisno je smjestiti alate prema redosljedu korištenja i napraviti oznake zbog jednostavnijeg uočavanja potrebnog alata i kasnijeg odlaganja na isto mjesto. Ako nema određenog redosljedna korištenja korisno je imati i neku logičnost ovisno o vrsti alata.
3. Očistiti (*eng. sweep*) – radni prostor potrebno je očistiti i urediti na dnevnoj bazi. Nedostatkom discipline se alati s vremenom prestaju odlagati na svoja mjesta i povećavaju se vremena potrage za istim alatima.

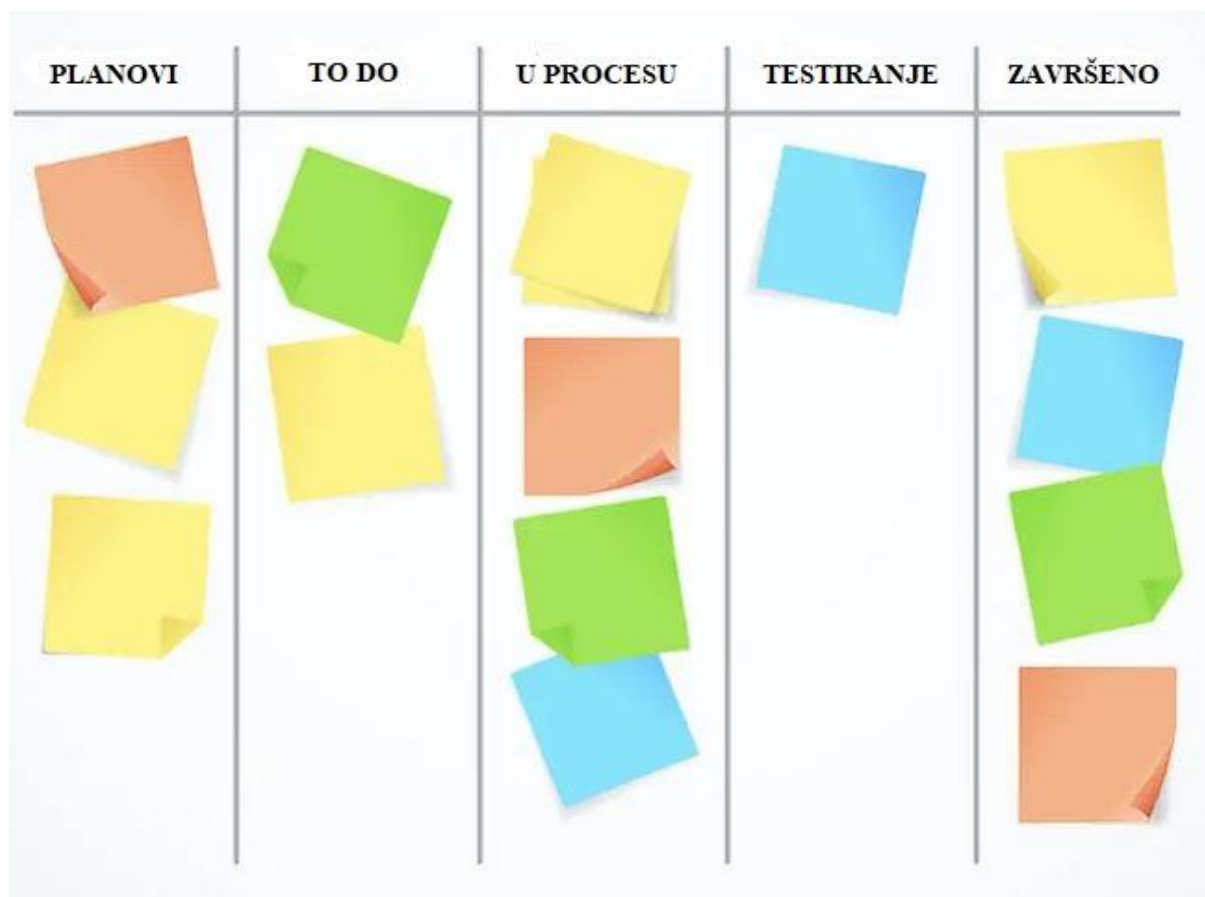
4. Standardizirati (*eng. standardize*) – potrebno je napraviti procedure kako bi čišćenje i uređivanje postalo rutina. Ono što se pokazuje kao dobro treba zapisati i na taj način sačuvati.
5. Održavati (*eng. sustain*) – ostati vjeran procedurama što zahtijeva samodisciplinu svakog zaposlenika. Nedostatkom discipline se i alati s vremenom troše i gube svoja svojstva i funkcionalnost.

3.1.2. **Kanban**

Kanban je alat koji se koristi kako bi se stalno pratilo stanje zaliha i nabavio potrebni materijal. Ovaj alat za upravljanje zalihama omogućava radnom mjestu potrebni materijal u određenom (potrebnom) trenutku [4].

Ovaj alat nastao je u Toyotinim pogonima i temelj je za *Just in time* proizvodnju. Kanban sustav se može usporediti sa supermarketima gdje se pri smanjenju zalihe određenog proizvoda na policama donose novi proizvodi. Kanban je također i naziv za karticu narudžbe koja nosi podatke o potrebama za određenim materijalima ili komponentama koje se trebaju dostavi na određeni stroj. Na ovaj način osigurava se sljedećoj operaciji točno ono što joj je potrebno s prethodne operacije. Ovo vrijedi samo za stabilne sustave i pouzdane strojeve [7].

Osim kartica za narudžbu postoje i kanban ploče. Na njima se nalaze različite informacije o stanju procesa. Zaposlenici se na dnevnoj bazi mogu okupiti i sudjelovati u kratkom sastanku kako bi vidjeli što se napravilo prethodnih dana, što se radi danas i što je potrebno u budućnosti. Tako na jednom mjestu različiti timovi mogu vidjeti cjelokupnu proizvodnju i dobiti uvid u stanje svih procesa [7]. Jedna takva kanban ploča nalazi se na slici 4.



Slika 4. Kanban ploča [8]

Stalno praćenje materijala pomaže u smanjenju zaliha što sprječava gubitke u ovom području. Implementacija kanban sustava olakšava nadzor nad proizvodnjom kao i njezino planiranje. Kako bi se uspješno provodili ovi ali i ostali lean alati potrebno je uložiti puno truda u obuku zaposlenika [9].

3.2. Organizacija toka

Cilj lean proizvodnje je spriječiti zastoje u procesima koji započinju ulazom resursa pa nakon što im se doda nova vrijednost odlaze do izlaza. U ovome mogu pomoći „alati Q“ (špageti dijagrami, Pareto dijagrami, Ishikawa dijagrami) i različiti drugi alati koji grafički prikazuju što se u procesu događa. Osim alata opisanih u poglavlju 3.2. važno je istaknuti i alat naziva Andon koji zaustavlja proces u slučaju pojavljivanja pogreške sve dok se ona ne ukloni. Ovaj alat je opisan u poglavlju 4.2. Također korisno je istaknuti kako je važno imati i dobar kontakt s dobavljačima jer su i to mjesta u kojima mogu nastati zastoji [1].

3.2.1. Pareto dijagrami

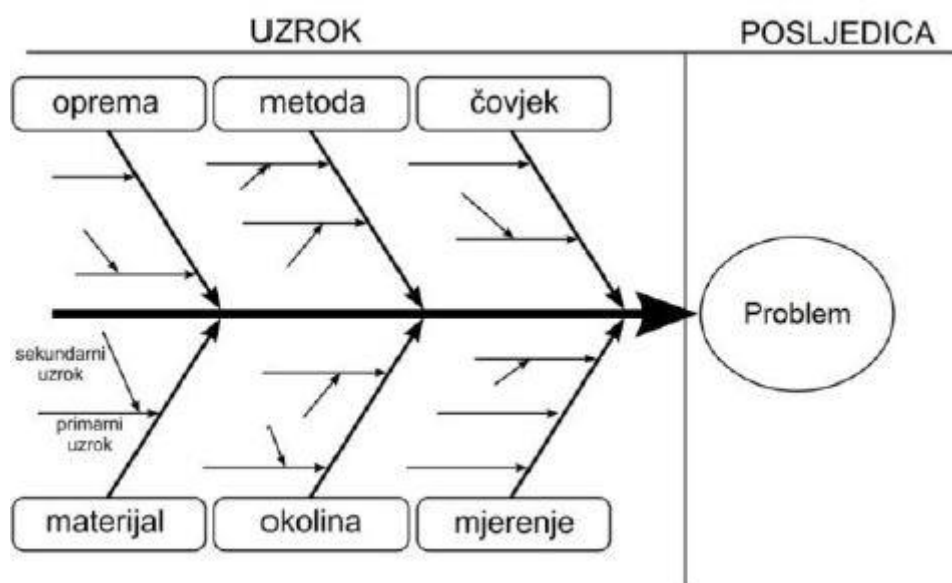
Pareto dijagrami dobili su naziv po Vilfredu Paretu koji je zaključio promatrajući talijanske bogataše da 20 % ljudi posjeduje 80 % bogatstva. Po ovome je nastao Pareto princip ili princip

80/20. Može se pojednostavljeno zaključiti da 20 % uzoraka uzrokuje 80 % problema. Ako se ovaj princip primjeni na lean moguće je ispravnije promatrati i greške koje se pojavljuju u proizvodnji. Proučavanjem neke štete prepoznaje se udio vrijednosti grešaka u nastaloj šteti što otvara mogućnost da se uoče one stvari na koje treba obratiti najviše pažnje. Ako se odstrane greške s najvećim utjecajem tada se i vrijednost štete najviše smanjuje [10]. Pareto dijagrami postali su često korišteno sredstvo u proučavanju i kontroli kvalitete.

3.2.2. Ishikawa dijagrami

Ishikawa dijagrami su kvalitativni dijagrami koji pomažu u otkrivanju uzroka i posljedica specifičnih problema. Korisni su kako bi se otkrio uzrok problema, a ne samo krajnja posljedica. Još se nazivaju zbog svog izgleda koji je prikazan na slici 5. i dijagrami „riblja kost“. U dijagramu se grafički prikazuje odnos između danog izlaza i svih faktora koji utječu na taj izlaz. Može se definirati šest velikih grupa uzoraka tzv. 6M [10]:

1. oprema (*eng. machine*)
2. metoda (*eng. method*)
3. materijal (*eng. material*)
4. čovjek (*eng. man power*)
5. mjerenja (*eng. measurement*)
6. okolina (*eng. milieu*).



Slika 5. Ishikawa dijagram [10]

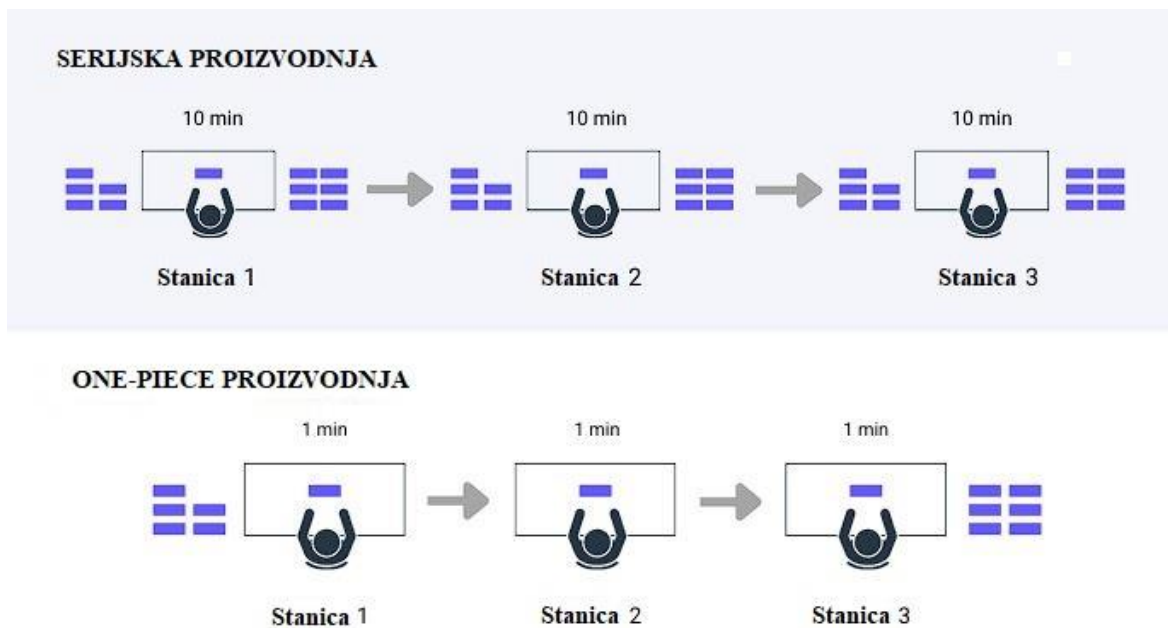
3.2.3. *Jednokomadna proizvodnja*

Jednokomadna proizvodnja (*eng. One-piece flow*) je alat za organizaciju proizvodnje koji se često upotrebljava. Kod tradicionalne serijske proizvodnje nakon što bi se proizvela veća količina određenih dijelova oni bi se transportirali na sljedeću radnu stanicu. Prednost ove serijske metode je maksimalno iskorištavanje radne opreme. Zbog različitih kompleksnosti i različitih vremena pojavljivali bi se različiti gubici koji su ranije prema leanu i opisani. Najviše gubitaka vezano je uz zalihe, nakon toga i uz Transporte, čekanja i greške koje je teže i kontrolirati nego kod jednokomadne proizvodnje [11].

Kada linija postane jednokomadna eliminiraju se gubici. Proizvodnja postaje takva da svaki proizvod nakon što je obrađen na jednoj radnoj stanici odmah ide na sljedeću radnu stanicu. Ovime se eliminira gubitak vezan uz transport, zalihe i čekanja. Efektivnije je i otkrivanje greške jer se ona lakše i brže uočava na sljedećoj radnoj stanici nego u kontroli nakon što je više komada obrađeno na jednoj radnoj stanici.

Kako bi se ostvario jednokomadni tok potrebno je uložiti više truda. Proizvodi trebaju biti takvi da se mogu izrađivati na radnim stanicama s taktom proizvodnje. Sve radne stanice trebaju biti fizički povezane (ovime se dobiva i ušteda prostora) i opremljene potrebnom opremom i ako je potrebno kvalificiranim radnikom. Primjena jednokomadne proizvodnje zahtijeva više pripreme ali kada je implementirana osigurava povećanje produktivnosti i kraća vremena izrade [11].

Usporedba tradicionalne i serijske proizvodnje prikazana je na slici 6.



Slika 6. Usporedba serijske i jednokomadne proizvodnje [12]

3.2.4. SMED

SMED (*eng. single minute exchange of dies*) je još jedan alat koji pomaže organiziranju toka proizvodnje. On definira načine za brzu izmjenu strojnih alata [4]. Može se reći i detaljnije da je to skup tehnika za minimiziranje pripremnih vremena, sprječavanje zastoja i povećanje propusnosti proizvodnje [13].

Ovaj alat je koristan u slučajevima kada postoji potreba za većim obujmom proizvodnje s različitim proizvodima ili varijantama proizvoda. Osnovni problem koji nastaje u tom slučaju i koji predstavlja veliki gubitak je čekanje tj. zastoj proizvodnje. Osnovne prednosti koje SMED alat donosi su povećanje fleksibilnosti, brže isporuke jer su manje serije, povećanje učinkovitosti i veći povrat na uloženi kapital.

Kako bi se izmjena alata ubrzala osnovna pravila primjene SMED alata uključuju [13]:

1. Mjerenje različitih vremena trenutnih procesa izmjene alata.
2. Organiziranje i identificiranje unutarnjih (internih) i vanjskih (eksternih) operacija.
3. Pretvaranje unutarnjih u vanjske operacije i reduciranje vremena.
4. Standardiziranje i provođenje izmijenjenih procesa.

Unutarnje operacije su one operacije u procesu izmjene alata koje se moraju provoditi kada je stroj ugašen i one su zbog toga gubitak jer uzrokuju zastoj u procesu proizvodnje. Vanjske operacije u procesu izmjene alata se mogu provoditi dok je stroj u pogonu i zbog toga one ne

uzrokuju gubitak. Za smanjenje gubitka korisno je pokušati sve operacije koje su unutarnje pretvoriti u vanjske ukoliko je moguće. Osim toga korisno je razmotriti i unutarnje i vanjske operacije i smanjiti njihovo trajanje. Kako bi se SMED uspio implementirati potrebno je široko znanje o opremi, alatu, organizaciji rada, zaposlenicima i karakteristikama proizvoda [14].

3.2.5. VSM

Kako je već ranije navedeno svaka aktivnost prema leanu treba biti takva da dodaje vrijednost. Ako se na jednom mjestu žele prikazati aktivnosti te vidjeti gdje se stvaraju gubici korisno je stvoriti mapu toka vrijednosti. Ona na jednom mjestu prikazuje tok materijala i tok informacija tj. obuhvaća sve aktivnosti. Mapa je prikazana različitim simbolima koji olakšavaju vizualni pregled i omogućavaju široku sliku vidjeti na jednom listu papira. Osnovni koraci za izradu VSM mape obuhvaćaju [15]:

1. Određivanje glavnog proizvoda ili familije proizvoda (proizvodi koji u svom toku vrijednosti imaju većinu sličnih operacija).
2. Stvaranje sadašnje mape toka vrijednosti.
3. Stvaranje buduće mape toka vrijednosti koja se stvara na temelju analize problema.
4. Implementacija predloženih unapređenja i testiranje uspješnosti provedenih mjera (npr. kroz PDCA)

Kao dobra mjera za učinkovitost nekog poslovnog procesa je *PCE – process cycle efficiency* koji se računa prema izrazu [15]:

$$PCE = \frac{VAT}{VAT + NVAT + WT} \quad (3)$$

Što je veći udio aktivnosti koje dodaju vrijednost veća je i učinkovitost procesa. Postoje različiti načini koji se mogu upotrijebiti za povećanje *PCE* indeksa. Kroz VSM mapu korisno je uvesti takt, kontinuirani tok proizvodnje, supermarket (zamjena za kontinuirani tok tamo gdje on nije moguć), pacemaker (vrijeme prema kojemu se planira proizvodnja ovisno o narudžbama), ujednačenu proizvodnju i slično. Kako bi se odgovorilo na pravi način potrebno je kroz različite i redovite kaizen radionice naći prava rješenja koja trebaju biti usklađena s mogućnostima poduzeća. To mogu biti financijski, tehnološki, tehnički ili ljudski resursi [15]. VSM mapa je samo podloga prema kojoj se ostvaruju konkretni koraci koji mogu unaprijediti poslovanje nekog poduzeća.

VSM pomaže u shvaćanju procesa do u najsitnije detalje dajući informacije o svim aktivnostima i povezanostima među njima na temelju toka materijala i informacija. Kada se prepoznaju mjesta gdje nastaju gubici može se pristupiti i njihovom otklanjanju. Kako bi se prepoznala učinkovitost provedbe nekog od alata potrebno je pronaći vrijednost *KPI* – ključni pokazatelj uspješnosti (*eng. key performance indicator*). Kao jedan od gubitaka koji se prepoznaje su često zalihe koje za *KPI* pokazatelj mogu imati omjer broja pohranjenih stavki i broja njihovih dnevnih potreba. Osim za zalihe *KPI* pokazatelj može se postaviti za različite ciljeve koje poduzeće može imati (ozljede na radu, broj proizvoda s greškom i slično) [16].

Ključni podaci u VSM dijagramu vezani su za različita vremena prisutna u procesu, a ona se dijele na [17]:

- Vrijeme takta – T_t je vrijeme koje je dostupno za proizvodnju na temelju zahtjeva kupca, a računa se prema (4). Uloga mu je uskladiti proizvodnju sa zahtjevima kako bi se uklonili gubici vezani uz skladištenje.

$$T_t = \frac{\text{dostupno vrijeme za proizvodnju}}{\text{zahtjev kupca}} \quad (4)$$

- Vrijeme ciklusa – CT je vrijeme koje je potrebno za proizvodnju nekog dijela ili za završetak nekog procesa. Ovo je vrijeme koje se zapravo mjeri, a uključuje vrijeme potrebno operatoru da prođe kroz sve elemente rada za jednu operaciju.
- Vodeće vrijeme – LT je vrijeme potrebno nekom dijelu (komadu) da prođe kroz cijeli tok vrijednosti od početka do kraja.

Obično vrijedi relacija:

$$VAT < CT < LT \quad (5)$$

3.3. Standardizacija rada

Ako se nešto obavlja već duže vremena i dovoljno učinkovito, dobro je to na neki način zapisati i tako sačuvati. Ovo znači zapisati slijed rada, proizvodne operacije, sredstva za rad i vremena rada. U ovome može biti koristan USA model [1]:

1. razumjeti (*eng. understand*)

2. pojednostaviti (*eng. simplify*)
3. automatizirati (*eng. automate*).

3.3.1. TPM

TPM (*eng. total productive maintenance*) je alat koji je vezan uz održavanje. Osnovni zadatak održavanja je osiguranje visoke kvalitete konačnog proizvoda. Kako bi se postigla dobra kvaliteta konačnog proizvoda nužno je da i proizvodna oprema bude visoko učinkovita. Naglasak ovog alata je prije svega na osiguravanju konstantnog održavanja i unapređenja proizvodne opreme. U održavanju proizvodne opreme ili općenito procesa proizvodnje potreban je sustavan i strateški pristup svih razina zaposlenika od operativnih radnika do menadžera [18]. Kako bi se provodilo pravilno održavanje u tvrtkama postoje manji timovi koji su zaduženi za određene aktivnosti. Pred njima je izazov postizanja što manje kvarova, nesreća, prekida rada ili otpada.

Za povećanje kvalitete potrebno je izvući najbolje od opreme, a to se odvija u dvije osnovne faze [19]:

1. Faza analize koja ima za cilj poboljšati ukupnu učinkovitost proizvodne opreme.
2. Faza poboljšanja svih koncepata održavanja opreme.

Često se uz ovaj alat primjenjuju i drugi lean alati. Tako za povećanje ukupne učinkovitosti proizvodne opreme potrebno je smanjiti zaustavljanja rada strojeva što je detaljnije opisano pod SMED alatom. Pareto dijagrami mogu pomoći u određivanju najkritičnijih dijelova stroja, a 5S pomaže u organiziranju radnih stanica.

Do smanjenja otpada doći će povećanjem performansi stroja, a povećanje brzine poboljšava i proizvodnost. Do povećanja brzine (smanjenja vremena proizvodnje) često dolazi zbog poboljšanja kvalifikacija osoblja jer ono postaje sposobnije prilagoditi i oblikovati proizvodne pogone.

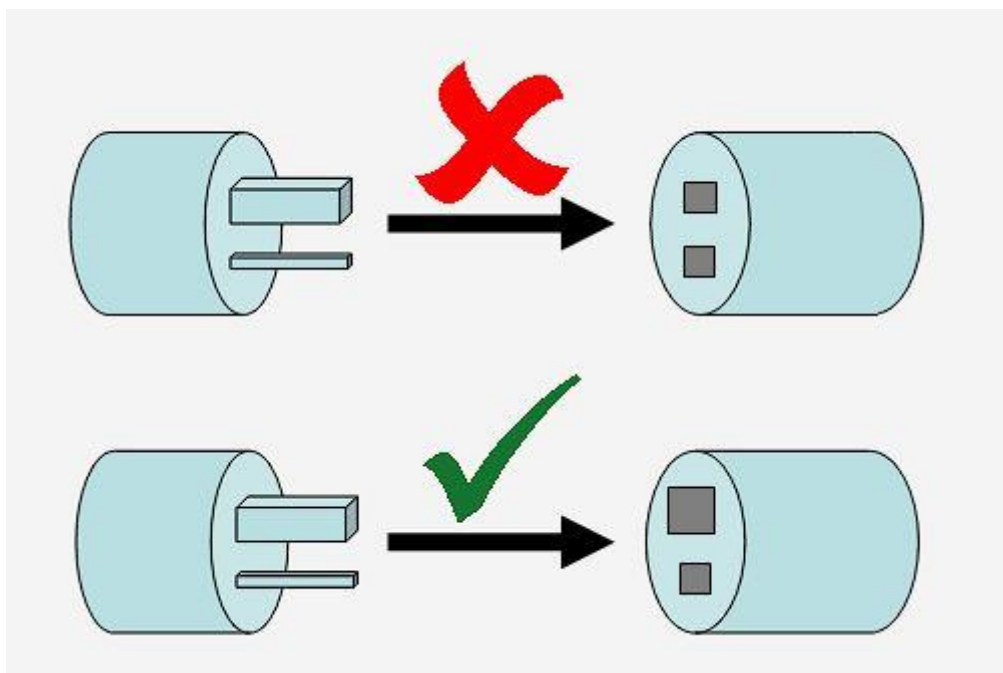
Kako bi se mogla pratiti učinkovitost proizvodne opreme koriste se različiti indeksi. Na taj način vidi se napredak primjene TPM alata. Neki od njih su [19]:

- *OEE* – ukupna učinkovitost opreme koja pokazuje koliko dobro oprema radi s obzirom na puni potencijal opreme. Umnožak je operativne dostupnosti, operativnog učinka i operativne kvalitete.
- *OA* – operativna dostupnost je odnos vremena rada i vremena zahvata alata.
- *OP* – operativni učinak je odnos vremena ispravnog rada i ukupnog vremena rada.

- *OQ* – operativna kvaliteta je odnos sukladnih komada i ukupnog broja komada.
- *MTBF* – srednje vrijeme između kvarova je indeks koji pokazuje pouzdanost opreme. To je prosječno vrijeme između dvije greške tj. dva kvara.
- *MTTR* – srednje vrijeme za popravak je omjer vremena utrošenog za popravke i broj kvarova.
- *A* – raspoloživost je sposobnost stroja da ispuni traženu funkciju pod određenim uvjetima, u danom trenutku ili vremenskom intervalu uz uvjet da je opskrbljen potrebnim materijalima.

3.3.2. *Poka-Yoke*

Poka-Yoke je alat koji se brine za održavanje dobre kvalitete. On sprječava da dijelovi neprimjerene kvalitete napuste proces [4]. Već je ranije navedeno kako je svako čekanje gubitak. U slučaju pojavljivanja kvara ili neke druge greške potrebno je uložiti dodatne napore za uspješno otklanjanje kvara i nastavak proizvodnje [20]. Ovo sve troši vrijeme ali i resurse koji se trebaju odvojiti samo za ove situacije što znači da novac neće biti likvidan za druge potrebe. Kako bi se spriječili ovi gubici najbolje rješenje je spriječiti i pojavljivanje greški [21]. Primjena ovog alata omogućuje takvo okruženje radniku ili stroju da mu maksimalno olakša provedbu potrebnih operacija i spriječi provedbu pogrešnih operacija [20]. Ne postoji neki univerzalni način kako ovo osigurati nego je potrebno uložiti određeni trud u razvoju proizvoda. Jedan primjer primjene lean alata prikazan je na slici 7. Oblik proizvoda u ovom primjeru daje samo jedan način za sklapanje. Često se pojavljuju i određene boje jer slovne oznake brzo postanu zamorne za praćenje.



Slika 7. Poka-Yoke [22]

U tablici 1. iznesena je klasifikacija različitih primjena Poka-Yoke alata u praksi. Osim temeljnog cilja za sprječavanje pojavljivanja greški ima i ulogu otkrivanja i ispravljanja već pojavljivanih grešaka.

Tablica 1. Klasifikacija Poka-Yoke rješenja [20]

FUNKCIJA	ZADATAK	CILJ
Tehnički uređaji		
Preveniranje	Isključivanje grešaka	Sprječavanje grešaka
Ispravljanje	Zaustaviti proces u slučaju greške	Spriječiti daljnje pojavljivanje nesukladnih proizvoda
Informiranje	Informirati o vjerojatnosti pojavljivanja greške	Sprječavanje grešaka
Upozoravanje	Informirati o grešci	Otkrivanje područja za poboljšavanje
Organizacijska rješenja		
Informiranje	Informirati kako izbjeći greške	Sprječavanje grešaka
Ispravljanje	Informirati što učiniti u slučaju pojave greške	Sprječavanje pojavljivanja iste greške

3.4. Optimizacija serija

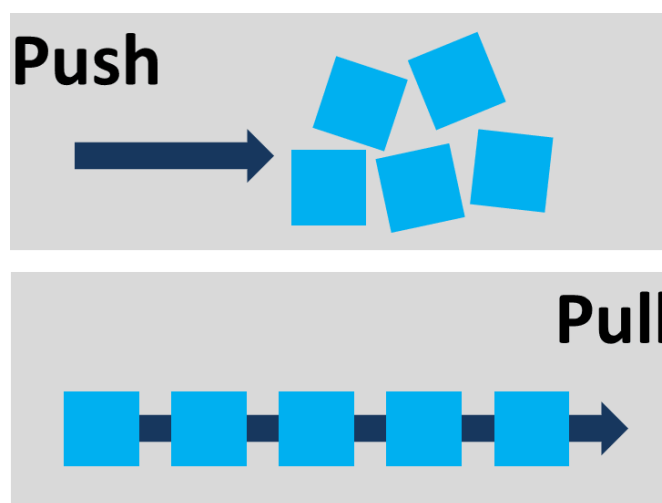
Prema leanu serija proizvoda treba biti onakva da zadovolji očekivanja kupaca, a to vrlo često znači da treba biti fleksibilna. Idealno za tvrtku je da skladište ne postoji tj. da čim prije resursi dođu u tvrtku i iz nje izađu preoblikovani prema kupcu. Ovo je teško postići ali tome se teži. Potrebno je djelovati na tržište preko marketinga ali također i poznavati potrebe kupaca što se postiže čestim kontaktima. Dobre prognoze mogu povećati moć tvrtke [1].

Pojam koji je vezan za optimizaciju serija je i *Just in time*. Najlakše je *Just in time* definirati na način da se proizvodi ono što je potrebno, kada je potrebno i koliko je potrebno [4].

Postojanje skladišta je često neophodno ali svako skladištenje predstavlja gubitak. Zbog toga je cilj smanjiti skladišta na način da svaki naredni korak definira koliko čega mu je potrebno. Ovo zahtjeva dobru suradnju s dobavljačima jer je bitno uspostaviti uspješan sustav upravljanja lancem dobave (*eng. supply chain management*).

3.5. Pull sustav

Postoje dva osnovna pristupa za slanje proizvoda na tržište. Prvi je *push* gdje je model MKS (*eng. make to stock – izrada na zalihu*) koji proizvodi određene količine i nameće ih tržištu. Ovo je odlika masovne proizvodnje. Kod leana vlada *pull* gdje je model MKO (*eng. make to order – izrada po narudžbi*) koji daje proizvode onako kako su naručeni tj. kada ih kupac želi [1]. Pojednostavljeno govoreći kupac povlači proizvode. Kada kupac naruči proizvod svaki korak prenosi informaciju prethodnom da postoji potreba za određenim resursima. Informacije pokreću specifične aktivnosti što sprječava prekomjernu proizvodnju koja je „najbitniji gubitak“ [4] jer se tada pojavljuju razmjerno i ostali gubici koji su prisutni. Razlika između *push* i *pull* sustava prikazana je i na slici 8.

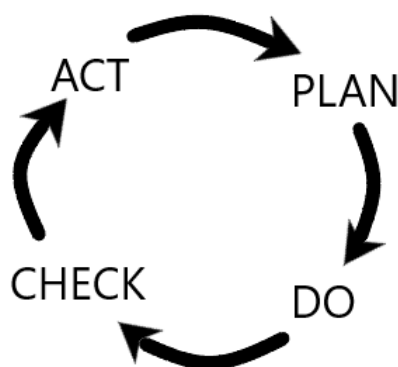


Slika 8. Razlika između push i pull sustava [23]

3.6. Kontinuirano poboljšanje

Promjene koje utječu na tržište, razvoj tehnologije i nove spoznaje uvijek otvaraju mogućnost napretka. Važno je nikad ne prestati s poboljšavanjem jer to može biti pogubno za tvrtku. Konkurencija je vrlo brzo korak ispred. Kako bi se mogao održavati napredak važno je da su promatrani procesi mjerljivi. Na taj način može se vidjeti jesu li promjene donijele korist ili ipak nisu imale smisla. Za uspješno provođenje poboljšanja može pomoći i alat *5 Why* [4]. Ako se pitanje „zašto“ postavi pet puta moguće je postupno dolaziti do uzroka problema pa lakše pronaći i rješenje.

Još jedan od alata koji može biti koristan za kontinuirano poboljšanje je alat PDCA. On olakšava sustavan pristup za poboljšanje stvaranjem tzv. kruga poboljšanja koji se sastoji od koraka prikazanih na slici 9.



Slika 9. PDCA

PDCA koraci označavaju [6]:

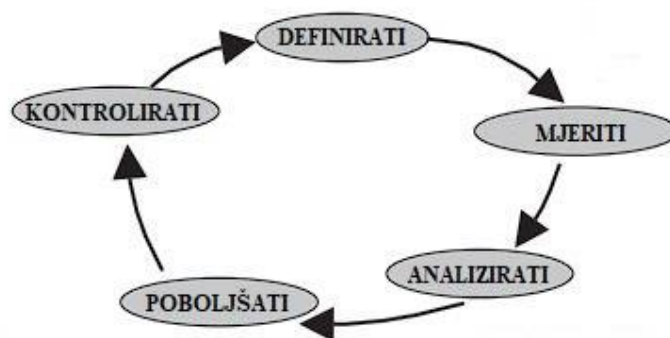
- Planiraj (*eng. plan*) – na temelju postojećeg stanja stvara se plan unapređenja s konkretnim rokovima i mjerilima koji mogu dokazati učinkovitost planiranih mjera poboljšanja.
- Učini (*eng. do*) – provođenje u praksi potrebnih koraka ovisno o ranije definiranom planu.
- Provjeri (*eng. check*) – stvara se analiza kako bi se usporedili postignuti rezultati s onim koji su planirani

- Djeluj (*eng. act*) – u slučaju učinkovitosti planiranih aktivnosti novu metodu je potrebno standardizirati i postaviti redovitu u poslovnim procesima, a u slučaju neučinkovitosti planiranih aktivnosti potrebno je reducirati plan i ponoviti PDCA ciklus.

3.7. Six Sigma

Nedostatak leana je slabost u mjerenjima i analizi što se može poboljšati primjenom alata iz metodologije Six Sigma. Ova metodologija koristi statističke alate kako bi se eliminirale pogreške. Alat osigurava analizu i smanjenje varijacija u procesu koje mogu biti vezane uz kvalitetu, učinkovitost, troškove ili slično. Može se analizirati trenutna razina spremnosti ili uspješnosti tvrtke prije početka procesa poboljšanja [24]. Slična je leanu po tome što teži kontinuiranom poboljšanju kvalitete. Nedostatak je taj što je teško shvatiti iz statistike što se konkretno događa u procesu. Zbog toga je nastao alat Lean Six Sigma koji objedinjuje sve prednosti ovih alata [1].

Na slici 10. predložen je okvir za implementaciju Lean Six Sigma modela u neku organizaciju.



Slika 10. Implementacija Lean Six Sigma modela [25]

U tablici 2. su opisani koraci po fazama.

Tablica 2. Koraci za implementaciju Lean Six Sigma modela [25]

DEFINIRATI	<ul style="list-style-type: none"> • inicijative menadžmenta • definirati probleme • brainstorming • razviti šire slike • project charter
MJERITI	<ul style="list-style-type: none"> • definirati standarde • analizirati mjerne sustave • pratiti procese • odrediti kapacitete procesa
ANALIZIRATI	<ul style="list-style-type: none"> • pareto analize • odabrati ključne mjerljive karakteristike • dijagram uzroka i posljedica • brainstorming • identificirati izvore varijacija
POBOLJŠATI	<ul style="list-style-type: none"> • stvoriti eksperimente • prikazati potencijalne uzroke • otkriti odnose među parametrima • uspostaviti radne tolerancije • uspostaviti 5S sustav • implementirati TPM
KONTROLIRATI	<ul style="list-style-type: none"> • raditi kontrolne karte • podijeliti iskustvo • vježbati otkrivanje grešaka • stvoriti plan održivosti

4. INDUSTRIJA 4.0

Industrija 4.0 integrira u procese nove tehnologije koje imaju za cilj automatizirati i optimizirati proizvodnju. Ovo su na prvom mjestu informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT). Prednosti koje one donose vezane su uz korištenje velikog broja podataka prisutnih u procesima. Postoji mogućnost brzog prikupljanja podataka, njihove obrade, razmjene među strojevima i optimiziranog djelovanja koje se temelji na rezultatima obrade. Pri tome se i zaposlenici povezuju sa strojevima koji ih okružuju. Cijela tvornica se povezuje na „inteligentni okoliš“ i postaje „pametna tvornica“ [26]. Zapravo tvornica postaje digitalizirana i može se reći kako su povezani fizički i virtualni svijet (CPS – kibernetско fizički sustav).

Korištenjem CPS-a organiziraju se procesi u proizvodnji, a primjenom internet stvari (*eng. Internet of Things*) omogućena je razmjena podataka u realnom vremenu [27]. Na slici 11. prikazane su tehnologije koje su pokretači industrije 4.0.



Slika 11. Tehnološki pokretači industrije 4.0 [28]

Osnovne karakteristike djelovanja novih tehnologija u tvornicama su [28]:

1. povećanje performansi samih strojeva
2. upravljanje povezano s djelovanjem okoline
3. prikaz podataka u stvarnom vremenu
4. kontrola procesa.

Inteligentni objekti (gledano sa strane proizvodnje) koordiniraju i nadziru različite razine proizvodnje kao što je npr. praćenje zaliha na skladištu. Zbog velikog broja podataka i velike brzine obrade podataka moguće je u realnom vremenu dobiti korisne informacije. Proizvodnja

postaje dinamičnija, fleksibilnija i kontroliranija. Svaki događaj ili promjena se može lakše sačuvati kao znanje poduzeća. [26]

Osnovne tehnologije industrije 4.0 dijele se prema namjeni na [29]:

1. prikupljanje i obrada podataka
2. komuniciranje među strojevima
3. interakcija između čovjeka i strojeva.

U većini slučajeva primjena tehnologija industrije 4.0 dijeli se na sljedeće faze [29]:

1. Sensorima se prikupljaju podaci iz procesa.
2. U realnom vremenu podaci se šalju preko IoT-a na *cloud* (računarstvo u oblaku).
3. Obrada podataka na *cloudu*.
4. Obrađeni podaci se vraćaju nazad u proces opet preko IoT-a.
5. Novi podaci aktiviraju neko djelovanje kako bi se proces unaprijedio.

4.1. Veza leana i industrije 4.0

Globalizacijom raste broj novih proizvoda ali i tvrtki koje proizvode slične proizvode. Postaje sve veći izazov pobijediti konkurenciju i uspješno plasirati proizvod na tržište. Ranije je pokazano kako lean alati u tome mogu pomoći. Postavlja se pitanje može li kombinacija leana i industrije 4.0 donijeti još bolji položaj poduzeća na tržištu?

Lean je već dobro poznat i detaljno opisan, ali kombinacija s industrijom 4.0 je još uvijek velikim dijelom nepoznanica. U zadnje vrijeme pojavili su se određeni znanstveni članci koji su obradili ovu problematiku, a među njima su i oni koji su citirani u ovom radu.

Industrija 4.0 može se implementirati kroz sve faze životnog vijeka proizvoda, a isto vrijedi i za lean. Također industrija 4.0 olakšava komunikaciju među fazama i kontrolira gubitke kako ih definira lean metodologija. Tehnologije koje nudi industrija 4.0 mogu brže donositi odluke i u kraćem vremenu odgovoriti na promjene. Na taj način zadovoljava se težnja leana za kontinuiranim unapređenjem. Zapravo lean alati vrše istu ulogu ali s novim tehnologijama su ojačani i ubrzani [29].

Svaka tvrtka trebala bi vidjeti isplati li se ovisno o onome što i u kojim količinama proizvode implementirati uz lean i industriju 4.0. Ako je industrija 4.0 svrha sama sebi onda će sigurno donijeti gubitke. Može se dogoditi i da primjenom novih tehnologija fokus prijeđe na samu tehnologiju, a ne na zaposlenike ili kupce što se ne slaže s lean principima. Potrebno je osigurati kvalitetnu strukturu koja će zaposlenicima biti još veći poticaj za zalaganje u radu koji donosi

dodatne benefite za cijelu tvrtku [29]. Ispravnom uporabom ovih alata moguće je smanjiti troškove i povećati vrijednost proizvoda. Ova suradnja otvara put u izvrsnost.

Kombinacijom leana i industrije 4.0 nastao je novi pojam koji se naziva *Lean 4.0*. Različiti autori navode i još neke nazive kao što su: *Lean Automation*, *Smart Lean* ili *Lean Industry* [30].

Razvoj Leana 4.0 počiva na tri hipoteze koje se sve više dokazuju u praksi, a one su [30]:

1. Pojednostavljenje proizvodnih procesa automatizacijom i digitalizacijom.
2. Opisivanje procesa prikupljanjem informacija u stvarnom vremenu.
3. Optimizacija procesa.

4.2. Lean 4.0 alati

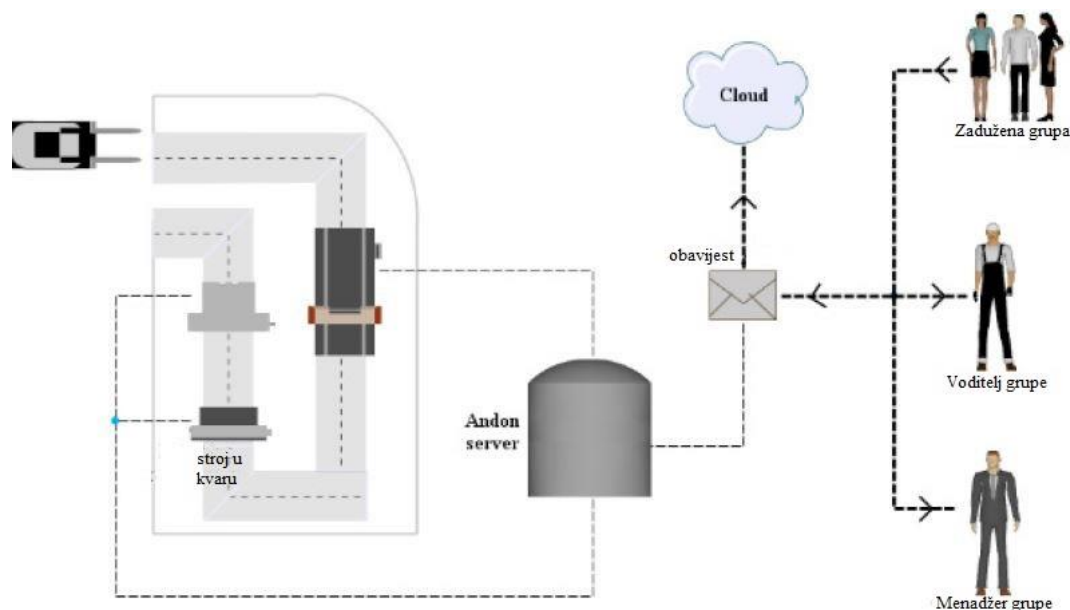
Neki od najpoznatijih lean alata su primjenom tehnologija industrije 4.0 dodatno poboljšani. Pri tome nisu izmijenjeni principi njihovog rada kao ni njihova namjena. Oni su:

4.2.1. Andon 4.0

Osnovna namjena ovog alata je zaustavljanje proizvodnje pri dojavljivanju grešaka. Razlog zaustavljanja je sprječavanje daljnjih pojavljivanja grešaka i otklanjanje osim konkretnog problema i njegov uzrok koji bi mogao dovesti do narednih pogrešaka. Sustav obavještava o prekidu svjetlosnim i zvučnim signalom. Pojavljivanjem industrije 4.0 u realnom vremenu je moguće operateru poslati detaljan opis onoga što se dogodilo. Ovo smanjuje vrijeme koje je ranije bilo potrebno za otkrivanje problema [30].

Prvo se otkriva izvor problema (elektronički, hidraulički, mehanički, senzori...) i onda se pomoću *Big Data* pretražuje baza podataka kako bi se problem opisao i izdalo objašnjenje za njegovo rješenje. U slučaju da se neki problem ne može riješiti pomoću povijesti iz ove metode ona se može poboljšati unosom novih podataka o tome kako je novi problem riješen [30]. Tako se ubrzava rješavanje problema u budućnosti.

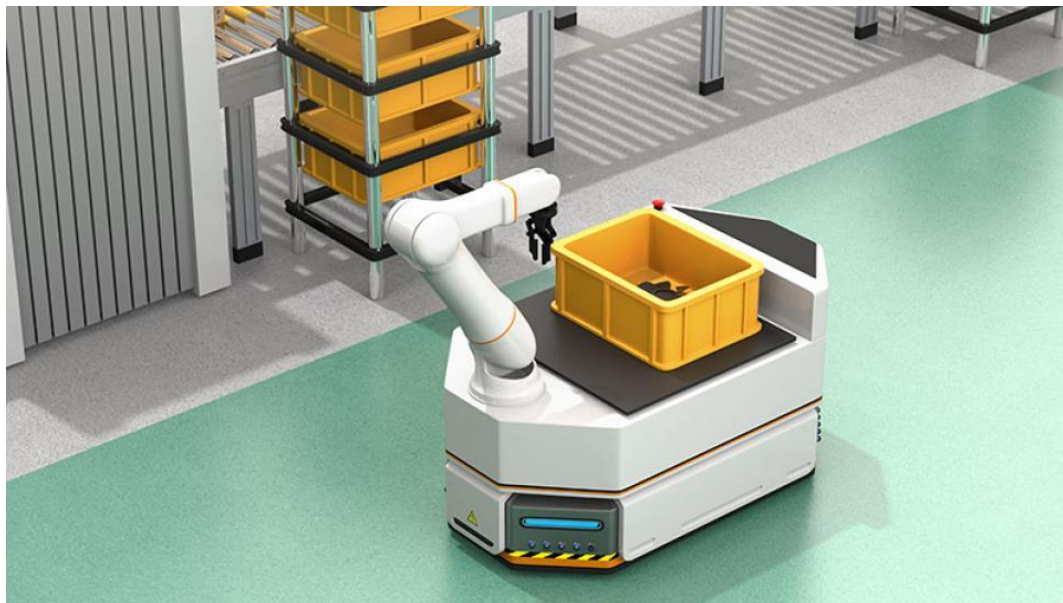
Posebnost novih tehnologija je osiguravanje veze između čovjeka i stroja na kojemu je greška nastala. Pri tome radnik ne treba stalno nadzirati proces nego bude obaviješten kada se greška pojavi. Kada se prepozna problem obavijest se istovremeno šalje svima koji su potrebni za njegovo rješavanje i svima koji trebaju biti upoznati s onim što se dogodilo. Obavijest može stići na mail, pametni telefon, pametni sat i slično. Ne treba se slati samo obavijest o kvarovima nego u svakom trenutku radnici mogu vidjeti stanje na strojevima, napredak proizvodnje, status narudžbe ili iskorištenost kapaciteta [27]. Na slici 12. prikazan je način rada Andon 4.0 sustava.



Slika 12. Andon 4.0 [30]

4.2.2. Just in time 4.0

Ovaj pristup osigurava proizvodnju onoga što je potrebno, kada je potrebno i koliko je potrebno s određenom kvalitetom [4]. Jedna od tehnologija koja osigurava unaprjeđenje ovog pristupa je AGV (*eng. Automated guided vehicle*). Različita vozila samostalno mogu stvoriti robusne logističke mreže za proizvodnju [30]. Smanjuju se rukovanje (ljudski faktor) i nepotrebni pokreti (prazan hod). Vozila dolaze u pravo vrijeme na pravu lokaciju i transportiraju proizvode osiguravajući nesmetan tijek proizvodnje. U slučaju zastoja mogu pronaći i alternativne puteve. Digitalna memorija prati i pamti sve parametre proizvodnje i u kombinaciji s trenutnim stanjem omogućava uspješnu navigaciju AGV-a kroz proizvodni pogon [27]. Jedno AGV vozilo prikazano je na slici 13.



Slika 13. AGV [31]

Korisna je također i tehnologija RFID (*eng. Radio Frequency Identification*) koja može identificirati i pratiti materijale u realnom vremenu. Tako se može saznati gdje se što nalazi, koliko čega ima i koliko je slobodnog prostora u skladištu. Za ovo je potrebno imati i tehnologiju *Big Data* tj. mogućnost analize velike količine podataka. Prednost korištenja RFID-a je smanjenje vremena potrage za materijalima, pronalazak i uklanjanje komponenti s greškama i praćenje zaliha [30].

Primjenom industrije 4.0 i lean pristupom osigurava se veća transparentnost, kraće vodeće vrijeme i poboljšana fleksibilnost [27].

4.2.3. E-kanban (Kanban 4.0)

Uloga kanban sustava je poznavanje stanja materijala na zalihama i dostavljanje onoga što je potrebno kako bi se osigurao kontinuirani tok materijala. Ranije su se koristile različite fizičke kartice dok je sada moguće preko *clouda* (računarstva u oblaku) u realnom vremenu poslati potrebne informacije o stanju na zalihama. Također, čim se pojavi neki kvar sustavi mogu javiti potrebu za rezervnim dijelovima [27].

Sustav radi na način da se uspoređuju tražene i trenutne vrijednosti kako bi se stanje na zalihama držalo u ravnoteži. Moguće je imati na jednom mjestu uvid u sve materijale s detaljnim opisom karakteristika i namjene [30]. Ušteda je najviše na vremenu jer nije potrebno fizički prenositi informacije između različitih dijelova proizvodnog pogona.

Različite simulacije preko virtualnih blizanaca mogu pomoći u određivanju idealnih parametara (veličina zemljišta, zalihe, frekvencija dostave) ovisno o potrebnom toku proizvodnje, a tehnologije poput RFID-a omogućavaju konstantno nadgledavanje procesa [27].

4.2.4. Heijunka 4.0

Ovaj pristup teži prema ujednačenosti proizvodnog procesa i prilagođava proizvodnju prema potražnji. Ovo je potrebno kako bi se spriječio gubitak vezan uz prekomjernu proizvodnju. Jedan od softvera koji pomaže organizirati proizvodnju je *AnaPro*. Pomoću njega je moguće odrediti optimalan raspored proizvodnje prema specifikacijama proizvoda, tehnologiji izrade, radnim stanicama i narudžbama [30]. Moguće je i pratiti trend potrošnje materijala kako bi se prepoznalo u kojem trenutku će ga nestati. Ovo se može regulirati s RFID tehnologijom. Bez softvera bi čovjek potrošio više vremena za iste poslove i ne bi mogao odgovoriti na promjene istom brzinom.

Postoje i različiti softveri koji omogućavaju dublje proučavanje tržišta kako bi se prepoznale potrebe kupca [27].

4.2.5. Kaizen 4.0

Ranije je navedeno kako je jedan od temeljnih principa leana kontinuirano unaprjeđenje. Analiziranjem velikog broja podataka tijekom i nakon proizvodnje moguće je vidjeti gdje postoji prostor za napredak. Strojevi mogu biti povezani preko IoT-a i moguće je bolje mapirati tok vrijednosti. Ako se poznaje tok vrijednosti mogu se lakše locirati i gubici. Odluke o tome kako poboljšati proces sada se temelje na konkretnim činjenicama i lakše se mogu optimizirati. Poboljšanja i optimizacija se provode na dnevnoj bazi koristeći prednosti umjetne inteligencije. Kod alata 5S moguće je pomoću RFID-a i proširene stvarnosti osigurati lakšu identifikaciju i lokaliziranje objekata što umanjuje vrijeme traženja alata. Nadalje, na pametni telefon moguće je spremirati podatke o uputama za čišćenje kao i lokaciju te upute o odlaganju. Također moguće je pratiti svakog pojedinog zaposlenika i nagraditi ga za njegov trud.

Za definiranje kretanja po prostoru i druge vizualne oznake nije moguće napraviti puno toga jer se moraju poštivati i određena sigurnosna pravila. Postoje i druga područja gdje nije moguće puno učiniti jer čovjek mora odraditi određene poslove što je čest slučaj kod izmjene alata [27].

4.2.6. TPM 4.0

Ovaj alat pomaže u održavanju onoga što je kvalitetno u procesima ali i održavanje ispravnog funkcioniranja proizvodnje. Primjenom novih tehnologija moguće je predvidjeti pogreške što

prevenira pojavljivanje neke štete u narednim procesima. Cilj je povećanje životnog vijeka proizvoda i smanjenje troškova održavanja [27].

S razvojem složenijih proizvoda i oprema postaje sve složenija. Kvarovi mogu biti raznoliki i izazvati veće troškove. Kako bi se sanirali potrebno je poznavati svaki dio stroja. Zaposlenici mogu obuku vršiti pomoću virtualne i proširene stvarnosti. Također u slučaju kvara stručnjak koji nije fizički prisutan može sudjelovati u popravku strojeva [27].

5. PRIMJENA LEANA U KONČAR D&ST-U

Končar – Distributivni i specijalni transformatori d.d. kao glavnu djelatnost ima proizvodnju različitih transformatora. Svojim kupcima tvrtka nudi kompletnu uslugu projektiranja, proizvodnje, montaže, ispitivanja na terenu i puštanja u pogon. Materijali i oprema koji se koriste prate najnovije svjetske trendove razvoja, a proizvodnja i kontrola prate međunarodne standarde i norme. Od nedavno je formiran i tim za lean u odjelu za poslovnu izvrsnost koji nastoji dodatno doprinijeti kvaliteti proizvodnih i tehnoloških procesa te završnoj kontroli. Pazi se i na društvena pitanja te zaštitu okoliša kroz različite norme, humanitarne akcije i uspostavljeni sustav upravljanja kvalitetom [32].

Vrste transformatora koje tvrtka proizvodi su [32]:

1. Uljni distributivni transformatori – trofazni transformatori s nazivnom snagom od 50 do 8000 kVA i s maksimalnim pogonskim naponom od 36 kV. Tekućina u koju su uronjeni može biti: mineralno ulje, sintetski i prirodni ester. Mogu se koristiti i u otvorenom i u zatvorenom prostoru.
2. Suhi distributivni transformatori – dimenzionirani su za nazivne snage od 50 do 5000 kVA i s maksimalnim pogonskim naponom do 24 kV. To su trofazni, suhi i prirodno hlađeni transformatori. Koriste se samo u zatvorenom prostoru.
3. Specijalni transformatori – prepoznatljivi proizvod s dugom tradicijom u Končar D&ST-u. Njima je posvećena i posebna proizvodna hala u kojoj je svaki proizvodni proces posebno namijenjen za ovu vrstu transformatora (namatalice, postrojenja za sušenje, uređaji za obradu ulja i estera, ispitna stanica...)
4. Srednji energetske transformatori – osim što su uljni mogu biti i specijalni do 160 MVA najvišeg napona opreme 170 kV. Također su namijenjeni za vanjsku i unutarnju ugradnju. U posljednjih 40 godina isporučeno je preko 4000 jedinica u preko 110 zemalja.



Slika 14. Logo tvrtke Končar D&ST [32]

Važan dio svakog transformatora su izolacijski materijali. Oni su mineralno ulje koje je tekući dielektrik i kruta izolacija na bazi celuloze. Primjena ovih materijala nije se mijenjala od početka proizvodnje transformatora osim što su materijali konstantno usavršavani. Kruti izolacijski materijali imaju ulogu izolirati dijelove pod naponom kako bi se spriječio električni proboj, a tekućina ima ulogu osim izoliranja i prenositi toplinu kako bi se transformator hladio. Iz toga slijedi da je glavni zahtjev koji se postavlja na kruti izolacijski materijal temperatura koju treba moći podnositi [33].

Izolacija transformatora može se podijeliti na [34]:

1. Unutrašnju izolaciju (unutar namota, između namotâ, između namotâ i uzemljenih dijelova, izolacija izvoda...) gdje se kao materijali koriste ulje, papir i lak.
2. Izolaciju jezgre i komponenti gdje se kao materijali koriste ulje, papir, lak, porculan, staklo...
3. Vanjsku izolaciju gdje se kao materijal koristi zrak, ulje i SF6.

Izolacijski materijali se u Končar D&ST-u proizvode u odjelu za izolaciju. Odjel se sastoji od sektora za proizvodnju, sektora za ručnu predmontažu, skladišta i ureda za poslovođu. U sektoru za proizvodnju se vrši priprema dijelova koji se kasnije jednostavnim ručnim procesima predmontaže pripremaju za završnu montažu. Završna montaža se naknadno odvija u drugom dijelu pogona.

Izolacijski materijali koji se koriste su [34]:

1. Običan i krep papir – kao izolacija vodiča i priključaka namota. Krep papir se više koristi za izoliranje nepravilnih oblika jer je savitljiviji.
2. Nomex papir – skuplji je od običnog papira jer može podnijeti veće temperature. Primjenu ima prvenstveno kod specijalnih transformatora.

3. Prešani papir – posjeduje veću mehaničku otpornost, a koristi se kod slojne izolacije i kanalnog umetka.
4. Dijamantni papir – obični ili prešani papir koji dodatno na sebi ima dijelove epoksidne smole. Koristi se kao slojna izolacija u namotima distribucijskih transformatora.
5. Prešpan (transformatorski papir) – često korišten za izradu različitih dijelova. Izdvajaju se 2 tipa: tvrdi i formabilni. Tvrdi ima visoku krutost i mehaničku otpornost pa se koristi za izradu cilindara, letvica i podložnih pločica. Formabilni je mekši pa se koristi za izradu nepravilnih oblika npr. kapa i kutnika.
6. Drvo – ima ulogu steznog spoja.

5.1. Implementacija leana u odjelu za izolaciju

Prije izrade ovog projekta određen je projektni plan koji je iznio osnovne informacije o projektu te ciljeve koji se žele ostvariti (tablica 3).

Tablica 3. Projektni plan

Projektna izjava	Ovaj projekt odnosi se na uvođenje leana za unapređenje procesa proizvodnje u odjelu za izolaciju. Posebna pažnja će biti usmjerena na organizaciju radnog mjesta, povećanje produktivnosti i smanjenje fizičkog napora zaposlenika.
Svrha projekta	Osnovni zadatak je vezan uz osmišljavanje i provođenje potrebnih koraka za povećanje vrijednosti smanjenjem nepotrebnih gubitaka u odjelu za izolaciju. Pregledom stanja utvrdit će se i potrebni alati iz područja leana. Pri uvođenju leana ispitat će se isplativost takvih poteza. Pretpostavka je da racionalne promjene dovode do povećanja produktivnosti i stvaraju ambijent stalnog rasta u kvaliteti i zadovoljstvu kupaca ali i zaposlenika.
Opseg projekta	Projekt će se sastojati od praćenja proizvodnje s posebnim naglaskom na one proizvode koji najviše utječu na produktivnost prema Pareto principu. Kada se utvrdi postojanje gubitaka napraviti će se plan i provođenje potrebnih koraka za povećanje produktivnosti. Lean alati koji će se koristiti ovisit će o stanju koje će biti prisutno u odjelu i mogućnostima same tvrtke (ulaganje, strategija, oprema). Pri provođenju projekta pažnja će se dati i zaposlenicima kako bi mogli izraziti svoja zapažanja i ideje.
Odgovorne osobe	Josip Tomić, student Miro Hegedić, mentor Špiro Cimera, voditelj odjela za poslovnu izvrsnost Tino Dorotić, voditelj projekta za implementaciju leana Niko Salatović, poslovođa u odjelu za izolaciju

Primjena lean alata uključivat će dio pogona za izradu izolacijskih materijala jer je on odabran od tvrtke kao dobar početak za uvođenje leana. Tvrtka planira kasnije lean provesti kroz cjelokupni proces proizvodnje.

Končar D&ST ima uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema normi ISO 9001 [32] što znači da postoji dobar temelj za implementaciju leana [6]. Prije svega ovo znači da već postoji jasno razrađen način poslovanja s pojedinim odgovornostima, ciljevima i strategijama. Uprava je donijela odluku o uvođenju leana u cjelokupno poslovanje te formirala ured za poslovnu izvrsnost koji će koordinirati uvođenje istog te imenovala voditelja projekta. Važno je da uprava prepozna lean jer u budućnosti ovo znači i povlačenje određenih poteza te nagrađivanje zaposlenika [6].

Kao jedan od prvih projekata odabran je odjel za izolaciju u kojemu se primjećuju određeni gubici, a također je pogodan za početak jer na njemu postoji manje proizvodno opterećenje. Zapravo bi najbolje bilo početi od mjesta koje je najviše opterećeno ali trenutno ne postoji svijest i formiran tim koji bi mogao odgovoriti na ove izazove. U budućnosti će biti formirani takvi timovi nakon obuke zaposlenika na različitim kaizen radionicama.

Važno je napomenuti kako je u odjelu za izolaciju prisutna radionička proizvodnja. Tome u prilog idu podaci o velikoj raznolikosti proizvoda ili usluga, obradi u prekidima, malim radnim mjestima, opremi opće namjene i visokoj fleksibilnosti. U odjelu vlada procesni raspored zbog raznolikosti zahtjeva obrade, isprekidanih tokova rada i isprekidanih obrada [35].

Prije donošenja nekih odluka potrebno je detaljno analizirati stanje u kojem se poduzeće nalazi. Podaci trebaju biti točni kako bi se utvrdilo stvarno stanje, a ne stanje temeljeno na subjektivnom mišljenju. Kasnije nakon promjena moguće je mjerenjima utvrditi jesu li ispunjena očekivanja, poboljšanja ili uštede. Analiza služi prvenstveno da se utvrde problemi koji će se kasnije rješavati [6].

Pri analiziranju proizvodnje korištene su metode lean alata Kaizen. Osim vizualnog pregleda i potrebnih mjerenja obavljen je i razgovor sa zaposlenicima jer su oni najviše upoznati s onim što se analizira. Svojim odgovorima pomogli su utvrditi probleme, a svojim savjetima utjecali su na odluke bitne za poboljšanja. Tim je posjedovao potrebnu širinu kako bi se s više strana moglo pristupiti problemu i njegovom rješavanju.

5.1.1. Prijedlozi za primjenu lean alata

Na temelju pregleda stanja u poduzeću (posebno u odjelu za izolaciju) i pregleda literature u nastavku će se dati neki prijedlozi za poboljšanje procesa primjenom lean alata. Kako je tvrtka u počecima primjene lean filozofije potrebno je puno vremena da se dođe do vidljivih rezultata s obzirom na veličinu tvrtke i uključenost zaposlenika novom pristupu. Prije svega potrebno je krenuti s obukom zaposlenika počevši od viših razina odlučivanja jer su oni osobe s većim

utjecajem na procese. Nakon prihvaćanja leana može se krenuti i u njegovu provedbu. Prijedlozi za primjenu lean alata su:

1. 5S – na više mjesta osjeti se poteškoća s organizacijom radnog mjesta jer su ponekad zakrčeni transportni putevi, otežan je pristup ormarima s alatom i postoji mnogo alata koji se ne koriste. Spremišta su pretrpana i još ne postoji do kraja definiran način označavanja podova, prostorija, alata, zaduženja i slično. Na samom početku potrebno je odrediti 5S koordinate i definirati jasne protokole kako bi se moglo ispravno postupati i kako bi se znalo tko treba donijeti koje odluke.
2. Kanban – osiguranje protoka informacija često se odvija usmenim putem, preko maila ili radnih naloga. Poslovi se izmjenjuju svaki dan i često se javlja potreba za različitim „intervencijama“ čime se teško dobiva slika tko ima koji zadatak i s kojim rokom. Uvođenje kanban ploče koja sadrži stupce sa stanjem procesa i kartice s poslovima, rokovima i odgovornim osobama može olakšati tijek informacija i dati jasniji prikaz stanja izvedbe procesa. Kanban ploča može biti fizička ili u online formatu čime se dodatno mogu povezati i drugi odjeli. Neki zadaci imaju prioritet za obavljanje, a oni se ponekad prekidaju jer ne postoji jasna svijest o tome koji je važniji što se također može olakšati primjenom kanbana.
3. Kaizen – zaposlenici koji rade u odjelu za izolaciju su vješti radnici koji imaju dugogodišnje iskustvo te prepoznaju poteškoće i imaju ideje za njihovo rješenje. Ovaj lean alat je na neki način temeljni i sigurno da uključivanje zaposlenika u kreiranje poslovnih procesa može doprinijeti rastu cijele tvrtke. Korisno može biti i dijeljenje uspjeha cijele tvrtke sa zaposlenicima jer često oni na nižim pozicijama ne mogu imati svijest o cjelokupnim procesima u drugim odjelima. Treba svima dati priliku da redovito iznose svoje poteškoće i ideje kako bi svi stekli osjećaj zajedništva i kako bi posao smatrali više svojim. Ovo će u konačnici povećati razinu zadovoljstva i unapređenje cjelokupnog poslovanja.
4. Jednokomadna proizvodnja (*eng. one-piece flow*) trenutno se ne čini kao put u odjelu za izolaciju. O tome govori broj različitih varijanti proizvoda i potreba za velikim brojem različitih operacija. Trenutno jedan zaposlenik prolazi zajedno s radnim nalogom kroz sve faze njegove proizvodnje. Ono što se može razmatrati je stvaranje radnih ćelija u kojima bi se obavljale slične operacije jer mnogi proizvodi prolaze slične obrade. Na taj način bi se uz minimalno truda za određivanje familija proizvoda smanjili

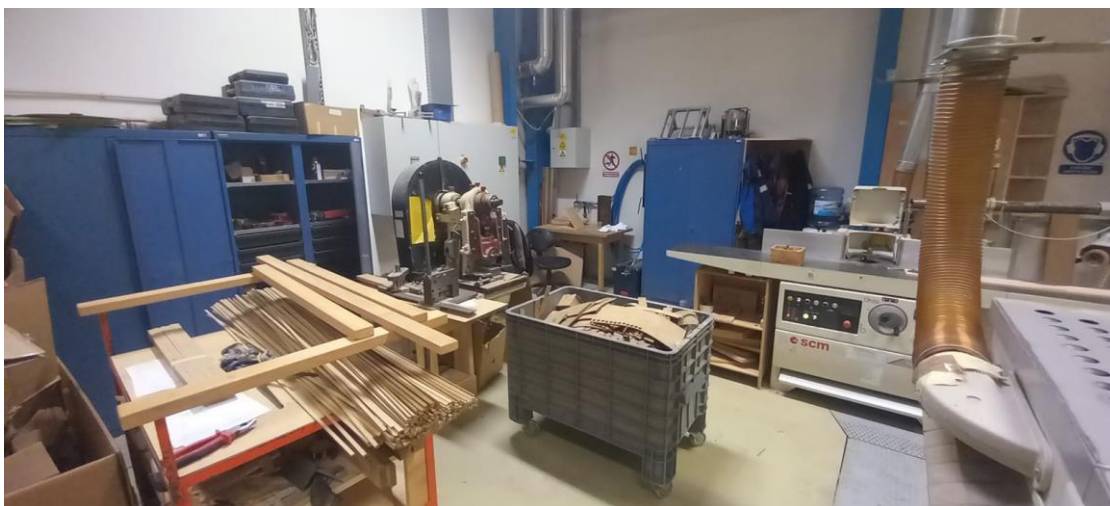
gubici povezani s prekomjernim radom i materijalom. Smanjilo bi se i ukupno vrijeme ciklusa i smanjila bi se potreba za prostorom koji je dosta ograničen u odjelu za izolaciju [35].

5. SMED je alat koji svoju primjenu može naći u drugim odjelima više nego u odjelu za izolaciju jer u ovom odjelu ne postoji potreba za čestom izmjenom alata. Tamo gdje postoji potreba kroz 5S alat može doći do poboljšanja te izmjene. Izmjena se na većini strojeva odvija kod potrebe za oštrenjem ili samo promjenom na druge dimenzije.
6. TPM sa svojim principima može utjecati također na osiguranje kvalitete proizvodnih procesa. Već postoje različiti protokoli za čišćenje i održavanje strojeva, a sigurno se može učiniti i više za održavanje kvalitete opreme, prostora i zaposlenika. Kako je riječ o odjelu gdje postoji mogućnost ozljeda na radu zbog nezaštićenih reznih alata dobro je imati redovito usavršavanje i promišljanje o poboljšanju sigurnosti na radnom mjestu. Neki strojevi su već i zastarjeli i često se koriste zato je dobro nastaviti ili dodatno poboljšati njihovo redovito održavanje.
7. Poka-Yoke ima za cilj spriječiti pojavljivanje pogrešaka ili barem smanjiti rizik za njihovo pojavljivanje. O pogreškama se treba govoriti i poticati zaposlenike da svojim savjetima doprinesu na ovom području. Korisno je napraviti analizu najčešćih pogrešaka, vidjeti njihov udio i na temelju toga krenuti u njihovo rješavanje. Jedan od primjera je namatanje papira gdje često dolazi do pucanja. Kroz kaizen radionice s različitim stručnjacima može se smanjiti broj pogrešaka i kroz alat 5 *Why*.
8. *Just in time* je veliki ideal koji trenutno nije ostvariv u ovom poduzeću. Treba svakako raditi na smanjenju vremena, zaliha i približavanju ostvarenja želja kupaca. Jedan široki sustav poznavanja stanja na zalihama, narudžbi, dobavljača, procesa i slično može olakšati hod prema *Just in time* proizvodnji. Već se i radi digitalizacija procesa koji je jedan dugotrajan izazov. Tim koji će biti zadužen za implementaciju leana svakako će trebat razvit strategiju i postupno početi od jednostavnijih stvari. Kroz PDCA moći će se i vidjeti napredak.

5.1.2. 5S u proizvodnom dijelu odjela izolacije

U razgovoru s voditeljem proizvodnje ustanovljeno je kako zadnjih nekoliko godina dolazi do velikog rasta proizvodnje. Rast proizvodnje znači i rast broja strojeva, zaposlenika i materijala. Tvrtka je prisiljena do izgradnje novih prostora koristiti one koji ne mogu na pravi način

odgovoriti svim potrebama. Ne postoji slobodan prostor za nove strojeve koji su tvrtki potrebni jer pojedini strojevi rade s punim opterećenjem. Tako u slučaju kvara postoji mogućnost zastoja. Zbog toga se proizvodi izrađuju nekoliko tjedana prije rokova te se stvaraju zalihe koje u kasnijim fazama također još dodatno opterećuju prostor. Na pojedinim mjestima spriječen je pristup skladištima za međuzalihe i ormarima za instalacije. Jedan takav primjer prikazan je na slici 15. Nadalje ne postoje definirana ni mjesta za pomične ormariće i kolica pa zaposlenici često moraju sami sebi praviti mjesto za rad.



Slika 15. Opterećenost prostora u proizvodnji

Lean alat 5S može pomoći u situaciji kada su proizvodni pogoni natrpani materijalima i strojevima. Radno mjesto je osnovni element poslovnog procesa. Ukoliko je na njemu prisutna loša organizacija svi budući procesi i poboljšanja neće uroditi plodom [3].

Postoji samo glavni transportni put, a postoji potreba i za sporednim transportnim putevima. Proizvodnja se na nekim mjestima zbog smanjenog prostora između dva radna stola organizira tako da nisu oba u funkciji u isto vrijeme kako bi zaposlenici mogli neometano obavljati poslove. Smanjen je i prostor za skladištenje gotovih poluproizvoda i ostalih potrebnih alata što je s vremenom dovelo do svakodnevne improvizacije bez jasnih pravila i oznaka.

Prije svega zbog vremenske i drugih resursnih nemogućnosti provedba 5S-a u cijelom odjelu u ovom projektu nije moguća. Zato će se na jednom primjeru (glodalica i ormari u bližoj okolini) pokazati kako primjena alata 5S može poboljšati efikasnost pojedinog radnog mjesta i dat će se upute za nastavak primjene alata 5S nakon ovog projekta.

Stanje prije provedbe

U proizvodnom dijelu odjela izolacije nalazi se glodalica na kojoj se obrađuju različiti dijelovi od drveta. Glodalica je dobar primjer za primjenu leana jer se na njoj često odvija i promjena

alata. Na glodalici se radnici izmjenjuju ovisno o planu proizvodnje. Jedan radnik obavlja poslove i na ostalim radnim stanicama. Zbog toga je još važnije imati određena pravila i dobar raspored alata jer se riskira svaki put iznova tražiti alate po radnom mjestu ili pogonu.

Vizualnim pregledom i razgovorom sa zaposlenicima utvrđeno je kako postoji nekoliko dijelova koji se ne slažu s postavkama leana i alata 5S tj. koji donose gubitak:

1. Postoji nepotrebno kretanje između radnog mjesta i ormara u kojem se nalaze glodala.
2. Na mjestu gdje se glodala odlažu postoje glodala koja se ne koriste i nisu posložena ni označena.
3. Već nekoliko godina postoji kvar na brojčanicima koji pokazuju poziciju vrha alata. Zbog toga radnici pri radu koriste metar i tako približno određuju dimenzije.
4. Na glodalici i oko nje postoje privatne stvari zaposlenika, dijelovi koji nisu jasni čemu služe i naprave koje se koriste u druge svrhe.
5. Glodalica nije čista (npr. nalaze se ostaci od piljevine)

Na slici 16. može se također vidjeti stanje u jednom od ormara prije provedbe 5S alata.



Slika 16. Stanje u ormaru s opremom za glodalicu

Napravljeno je i mjerenje vremena potrebnog za izmjenu alata (tablica 4.) kako bi se usporedilo s vremenom nakon provedbe alata 5S. Vrijeme koje je mjereno odnosi se samo na izmjenu

glodala druge veličine i ne uključuje ostale operacije prisutne pri pripremi glodalice za proizvodnju. Ovo je samo jedan pokazatelj uspješnosti primjene 5S alata koji se može izmjeriti. Postoje i mnogi drugi benefiti poput osjećaja ugone na radnom mjestu, povećanja kvalitete izrađenih proizvoda ili rasta pouzdanosti proizvodne opreme. Zapravo glavni cilj na ovom radnom mjestu nije toliko ubrzanje nego olakšanje procesa izmjene alata.

Tablica 4. Izmjena alata prije primjene alata 5S

OPERACIJA	VRIJEME [s]
Uzimanje alata za izmjenu glodala	2
Skidanje starog glodala	8
Kretanje prema i od ormara s glodalima	10
Potruga za novim glodalom	5
Postavljanje novog glodala	20
Vraćanje alata koje se koristilo za izmjenu glodala	2
UKUPNO:	47

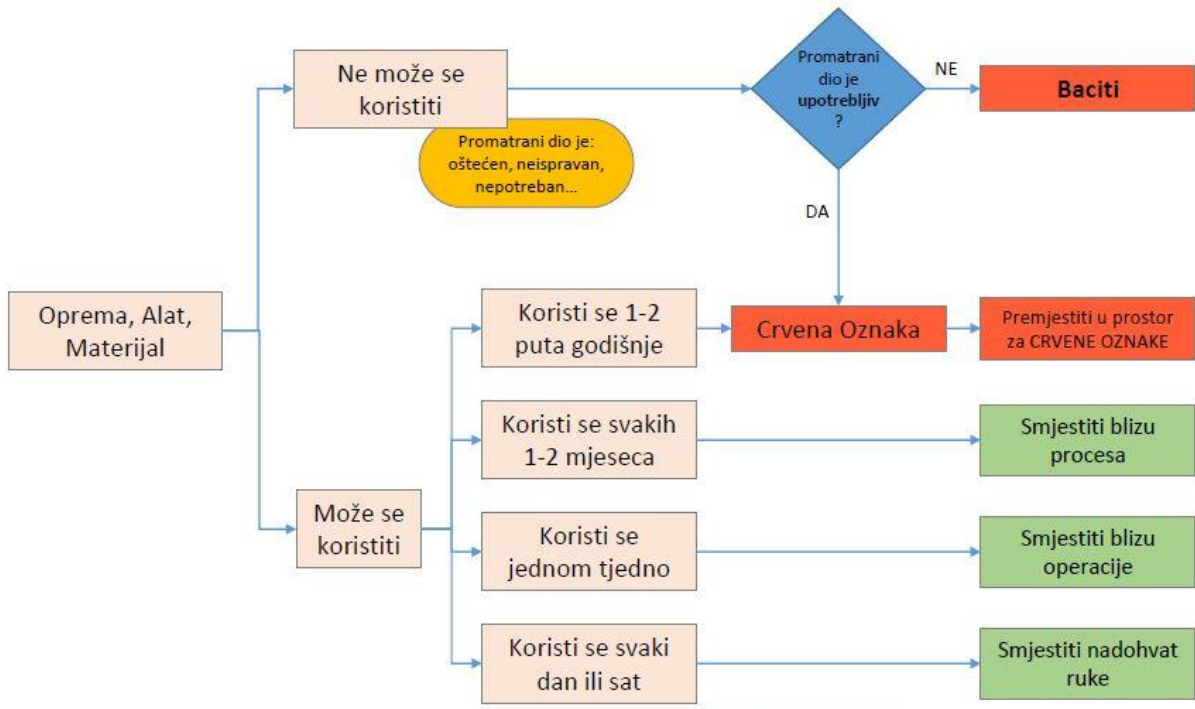
Provedba alata

Na temelju analize stanja određeni su zaposlenici s dugogodišnjim iskustvom u radu s glodalicom koji su dobili detaljnije upute o samom procesu i koji su sudjelovali u provedbi alata 5S.

U prvoj fazi pristupilo se sortiranju svih materijala na glodalici i u ormarima koji su s njom povezani. Predmete su zaposlenici odvojili u 3 kategorije [35]:

1. Predmeti koji se stalno koriste (svaki dan).
2. Predmeti koji se povremeno koriste (jednom tjedno ili jednom mjesečno).
3. Predmeti koji se ne koriste ili se jako rijetko koriste (jednom godišnje ili rjeđe).

Kriteriji su prikazani i na slici 17.



Slika 17. Kriteriji za sortiranje [35]

Kako je riječ o velikom sustavu koji ima svoje razine odlučivanja radnici u proizvodnji ne mogu donijeti konačnu odluku o tome može li se nešto baciti bez dozvole viših razina odlučivanja. Poteškoća se otklanja korištenjem crvenih oznaka. Izgled crvene oznake prikazan je na slici 18.

#	
5S CRVENA OZNAKA	
DATUM: 12.06.2012.	OZNAČIO:
RAZLOG OZNAČAVANJA	
<input type="checkbox"/> NEPOTREBNO	<input type="checkbox"/> NEPOTPUNO
<input type="checkbox"/> U KVARU	<input type="checkbox"/> OPASNO
<input type="checkbox"/> OŠTEĆENO	<input type="checkbox"/> ŠKART
<input type="checkbox"/> OSTALO:	
SLJEDEĆA RADNJA	
<input type="checkbox"/> BACITI	<input type="checkbox"/> PREPAKIRATI
<input type="checkbox"/> PREMJEŠTITI U PROSTOR ZA CRVENE OZNAKE	
<input type="checkbox"/> PREMJEŠTITI U:	
<input type="checkbox"/> OSTALO:	
DODATNI OPIS:	
ODOBRIO	
IME I PREZIME	DATUM
	POTPIS

Slika 18. Crvena oznaka [35]

One služe za opisivanje razloga koji su zaposlenici naveli za odbacivanjem određenog predmeta, a odgovorna osoba kasnije na istoj oznaci potpisom odobrava bacanje. Zbog toga je na samom početku postavljena crvena zona na koju će se odlagati takvi proizvodi koji čekaju odobrenje za bacanje, skladištenje na drugoj lokaciji ili opet u procesu ako se donese i takva odluka. Crvena zona prikazana je na slici 19.



Slika 19. Crvena zona

Odluku donose odgovorne osobe na preporuku zaposlenika, a sve je evidentirano preko popisa s predmetima koji su označeni crvenim oznakama.

U sljedećoj fazi nakon što su se maknule sve nepotrebne stvari i nakon što se provelo čišćenje pažnja je usmjerena na one predmete koji su potrebni. Pristupilo se organizaciji rasporeda alata i ostale opreme. Odluke o rasporedu donesene su također prema definiranim kriterijima:

1. Prema frekvenciji korištenja odrediti udaljenost opreme od radnog mjesta.
2. Sličnu opremu staviti blizu jednu drugoj i poredati je ovisno o vrsti ili namjeni (npr. prema dimenzijama, redoslijedu korištenja i slično).
3. Staviti oznake i spriječiti miješanje opreme.

U narednoj fazi kako bi ovo ranije napravljeno i dalje ostalo u dobrom stanju postavljene su oznake za predmet i označeno je njegovo mjesto. Već ranije je u pogonu definirano čišćenje koje se odvija na kraju radnog dana tako da će i ovaj dio biti uključen. Dane su i upute za lean razmišljanje. Na prvom mjestu je uputa da se što je moguće više spriječi stvaranje nečistoće jer

onda nema ni potrebe za čišćenjem. Primjećuje se kako je na mjestu usisa piljevine prisutno propuštanje čestica što povećava stvaranje nečistoća. Otklanjanje ovog problema smanjilo bi i potrebu za čišćenjem na samo osnovno čišćenje što bi ostavilo više mjesta za poslove u proizvodnji. Proces provođenja alata 5S prikazan je na slici 20.



Slika 20. Provođenje 5S alata (čišćenje)

Postignuti rezultati nakon provedbe alata

Izmjereno je da u slučaju kada se alat koji se često koristi postavi odmah uz glodalicu dolazi do uštede na vremenu njegove izmjene. Nema više nepotrebnog kretanja do ormara s glodalima i potrage za njim nego se alat nalazi na svom mjestu. Vrijeme koje je potrebno za uzimanje novog glodala smanjilo se na 3 sekunde s ranijih 15 sekundi (kretanje i potraga). Ovo je u ukupnom vremenu potrebnom za izmjenu glodala dovelo do uštede za 25 %. Vrijeme koje je sada potrebno za izmjenu alata iznosi 35 sekundi. Zbog toga je preporuka nabaviti novi ormar koji će biti odmah uz glodalo za spremanje često korištenih glodala, pribora za njihovu izmjenu i ostalih stvari koji se često koriste pri radu glodalice. Nije isplativo nabaviti samo jedan ormar za ovaj dio procesa ali kada se pristupi cjelovitoj provedbi alata 5S moći će se izdvojiti sredstva zajedno s ostalim potrebnim stvarima.

Nekoliko stvari koje su pronađene po ormarima su preusmjerene na druge lokacije gdje su potrebnije, druge stvari koje su škart su bačene, a za nekoliko skupih stvari koje više nisu potrebne donijet će se odluke o daljnjim koracima (prodaja, recikliranje i slično).

Na slici 21. prikazano je stanje u ormaru nakon provedbe 5S alata.



Slika 21. Stanje nakon provedbe 5S alata

5.1.3. VSM u proizvodnom dijelu odjela izolacije

U odjelu za izolaciju zbog velikog obujma proizvodnje različitih proizvoda koji se proizvode na različitim radnim mjestima gdje pritom dolazi do potrebe korištenja istog stroja za različite proizvode teško je prepoznati učinkovitost takvih procesa. Zbog toga strojevi nisu cijelo vrijeme iskorišteni. Nadalje gubici koji se prepoznaju i koji su komunicirani od zaposlenika su zalihe. Kako bi se dobio uvid u stvarno stanje i kako bi se predložila određena unapređenja korisno je napraviti VSM mapu trenutnog stanja. Moguće je tako vidjeti ozbiljnost određenih poteškoća, a možda i otkriti neke druge probleme koji su prisutni.












Na samom početku napravljena je matrica proizvod/proces kako bi se odredila familija proizvoda. Važnost prepoznavanja proizvoda koji dijele najveći dio procesa je u tome da se izrada VSM mape usmjeri na procese koji imaju veliki utjecaj na cjelokupno funkcioniranje proizvodnje. Poteškoća kod odjela za izolaciju je veliki broj različitih proizvoda i veliki broj varijanti proizvoda. Za matricu nisu uzeti svi proizvodi nego samo oni koji se najviše proizvode. Matrica je prikazana u tablici 5.

Tablica 5. Matrica proizvod-proces

PROIZVOD	PROCES	Rezanje poteznom pilom	Rezanje stolnom pilom	Rezanje tračnom pilom	Rezanje škarama	Blanjanje	Glodanje	Ravnanje	Bušenje	Brušenje	Piganje	Štancanje	Prešanje	Ručna montaža
		Jahač	X	X	X		X	X	X					
Bukova letva	X	X	X		X	X	X		X					
Prešpan letva		X		X										X
Zaštitna kutija		X							X		X			X
Vilica za reg. namote		X	X						X	X				
FR ploča		X					X		X					
Podloga		X										X	X	X

Iz tablice 5. vidljivo je da familiju čine proizvodi jahač i bukova letva. Kako je više vremena potrebno za izradu bukove letve i kako ona prolazi kroz više operacija ona će se i razmatrati kroz VSM mapu. Pri izradi VSM mape koristit će se različiti simboli koju se predstavljaju u tablici 6. i dio su paketa aplikacije *Lucidchart* u kojoj je mapa i izrađena.

Tablica 6. VSM simboli

	tablica s podacima		zalihe
	ulaz / izlaz (dobavljač / kupac)		kontrola proizvodnje
	push		informacije o procesu
	način transporta		operacija
	smjer transporta		vremenska traka
	smjer informacija	Text	dodatni opis

Prilikom izrade VSM mape sadašnjeg stanja mjerene su sve aktivnosti koje se događaju u procesu izrade bukovih letvica prije njihovog odlaska u montažu. Kao početak odabran je trenutak uzimanja drva bukve iz skladišta (slika 22). Ključne informacije preuzete su od poslovođe i zaposlenika te je izvršen vizualni pregled proizvodnje.



Slika 22. Bukva kao sirovina za izradu letvica

Priprema proizvodnje svaki dan šalje poslovođi informacije o potrebnom broju određenih proizvoda zajedno s radnim nalogima te se brine o nabavci materijala za proizvodnju. Poslovođa svaki dan određuje zaposlenika koji će obraditi radni nalog od početka do kraja. Ponekad se dogodi i da netko drugi preuzme izradu naloga od kolege ali to nije pravilo nego iznimka. Dva puta tjedno se s određene pozicije gotovi proizvodi transportiraju na montažu u drugi odjel. Proizvodnja se odvija kroz pet radnih dana u tjednu te u dvije smjene svaki dan. Kada se izuzme vrijeme za pauze i čišćenje ostane dnevno 13 sati i 50 minuta vremena za proizvodnju.

Podaci koji se nalaze u VSM mapi su:

- *LT* (vodeće vrijeme)
- *CT* (vrijeme ciklusa)
- broj smjena
- *C/O* (vrijeme izmjene alata).

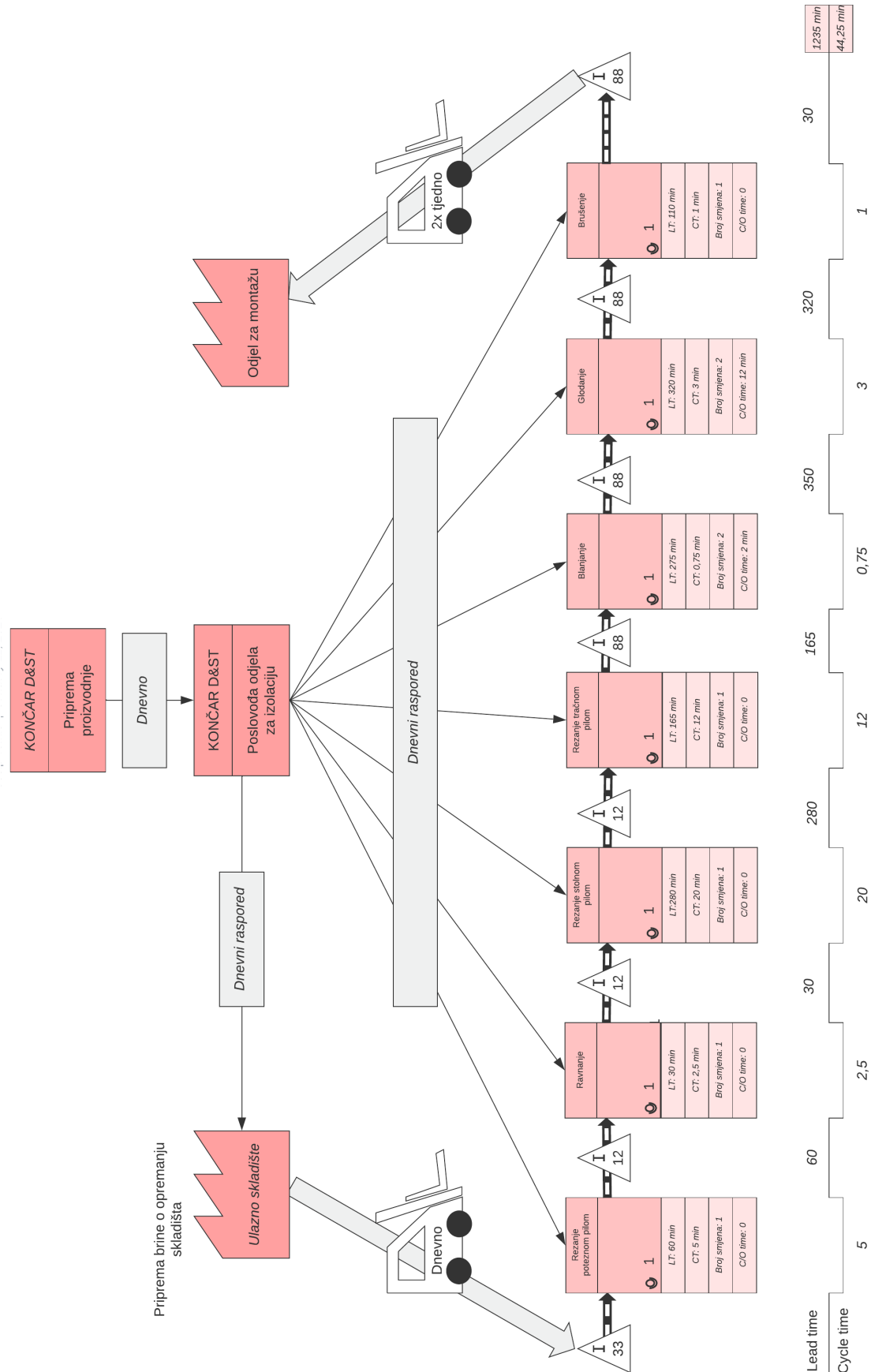
Ukupno vodeće vrijeme tj. vrijeme od početka prve operacije do trenutka kada gotov proizvod napusti odjel za izolaciju iznosi 1235 minuta ili 20,58 sati. Pojedinačna vremena na vremenskoj crti uključivala su i vrijeme provedeno na čekanju između dvije operacije i vrijeme potrebno za

izvođenje operacije za sve komade. Ukupno vrijeme ciklusa tj. vrijeme u kojemu se odvija obrada proizvoda iznosi 44,25 min. Iz ovoga slijedi da je ukupno vrijeme ciklusa zapravo 3,58 % ukupnog vodećeg vremena. Razlog ovog malog postotka je serijska proizvodnja u kojoj jedan komad čeka dok se ne obrade ostali komadi prije nego se krene na idući korak. Konačni proizvodi prije nego napuste odjel za izolaciju prikazani su na slici 23. zajedno s kolicima kojima se vrši transport između operacija.



Slika 23. Letvice spremne za montažu

VSM sadašnjeg stanja procesa prikazan je na slici 24.



Slika 24. VSM sadašnjeg stanja

Sljedeći korak je izrada buduće VSM mape. Potrebno je formirati tim i odrediti parametre po kojima će se moći prepoznati poboljšanje. Alat koji može u tome pomoći je PDCA. U nastavku će se dati nekoliko prijedloga za kaizen radionice na temelju pregleda stanja:

1. Čini se trenutno nemoguće osigurati jednokomadnu proizvodnju ali može se razmisliti o stvaranju radnih ćelija sa sličnim operacijama jer postoje operacije koje se ponavljaju osim ovog i za druge proizvode.
2. Zbog velike razlike vodećeg vremena i ciklusa proizvodnje komadi su često na čekanju što dovodi do pucanja drveta. Ovo je gubitak povezan s greškama jer ponekad komad postane neupotrebljiv ili je potrebna dodatna obrada što je također gubitak.
3. S obzirom da jedan radnik obavlja sve korake od početka do kraja prestankom njegove smjene proizvodi čekaju nastavak proizvodnje što je novi gubitak. Također kada je neki stroj zauzet potrebno je čekati na njegovo oslobađanje.
4. Kod blanjanja razmisliti o uključivanju još jednog radnika jer u svakom ciklusu je potrebno obilaziti oko stroja što stvara nepotrebne pokrete kao novi gubitak.
5. U pripremi proizvodnje osigurati i plan proizvodnje jer se gubi vrijeme u početnim fazama na sortiranje naloga po dimenzijama letvice. Naime potrebno je prvo rezati veće komade kako bi se od ostatka stvarali manji komadi. Dobra priprema može smanjiti i škart.

5.2. Očekivani i postignuti rezultati

Končar D&ST je tvrtka duge tradicije i već postoje definirani načini za odvijanje određenih proizvodnih i različitih drugih procesa. Primjena lean alata trebala bi dovesti do kontinuiranih unapređenja poslovnih procesa. Početna ideja bila je pronaći nekoliko mjesta na kojima su prisutni gubici i onda kroz lean alate ukloniti gubitke. Poteškoće su nastale već na početku jer za ispravnu primjenu leana bitno je da su svi upoznati s novim pristupom. To u ovoj tvrtki još nije slučaj i prilikom rada ili razgovora sa zaposlenicima pojavljivale su se situacije kada nije bilo razumijevanja i svijesti o dugoročnoj isplativosti određenih promjena. Pažnja je nakon toga usmjerena više na testiranje određenih alata i definiranje koraka koji u budućnosti mogu biti korisni onima koji će provoditi lean. Nakon što se provedu potrebne edukacije i nakon što više razine odlučivanja prihvate ovaj način rada alati će biti i lakše provedivi.

Najveća pažnja usmjerena je na provedbu lean alata 5S i VSM. Prilikom provedbe alata 5S zaposlenici su bili svjesni svih prednosti ovog alata i nakon provedbe pozdravili su uređenije radno mjesto. Također ostvarena su i manja vremena potrebna za izmjenu alata. Naknadnim

pregledom stanja utvrđeno je i pridržavanje definiranih pravila te se radno mjesto održalo u dobrom stanju. Postojale su poteškoće s nabavom potrebnih materijala za provedbu alata kao i s organizacijom zaposlenika jer ovo nije dio svakodnevnog posla. Zbog toga je potrebno kada se krene u nastavak izvedbe 5S alata posvetiti više pažnje samoj organizaciji.

VSM ima za cilj utvrditi stanje nekog proizvodnog procesa i kroz pregled stanja donijeti potrebne mjere kako bi se stanje poboljšalo. Uz angažman zaposlenika koji su izvodili operacije u ovom radu stvorena je trenutna mapa toka vrijednosti. U njoj je vidljiva velika razlika između ukupnog vremena koje proizvod provede u procesu proizvodnje i vremena u kojemu se vrši aktivnost koja donosi vrijednost. Samo se zadržati na uvidu u postojeće stanje ne donosi puno koristi i zbog toga je potrebno formirati tim stručnjaka koji će donijeti potrebne mjere. U radu su pokazana i mjesta na kojima nastaju gubici i na koje treba obratiti pažnju. Također pokazano je kako je moguće uz malo truda dobiti korisne podatke o onome što se zapravo događa u procesu. Primjenu alata potrebno je proširiti i na ostale odjele što je i najbolji način za iskorištavanje ovog alata.

6. ZAKLJUČAK

Nakon Toyotinog uspjeha u proizvodnji automobila lean menadžment se brzo proširio svijetom i postao sastavnim dijelom mnogih najpoznatijih kompanija. One pokušavaju opstati na zahtjevnom tržištu zadovoljavajući želje kupaca na način da eliminiraju sve ono što predstavlja gubitak. Lean menadžment postao je i sastavni dio nastave na fakultetima, a počinje se sve više primjenjivati i u hrvatskim kompanijama.

Lean menadžment je prije svega način razmišljanja koji teži kontinuiranom poboljšanju otklanjajući sve ono što taj rast otežava. Kroz godine nastali su različiti alati koji se slažu s temeljnim principima lean menadžmenta. Oni se odnose na organizaciju radnog mjesta, organizaciju toka, standardizaciju rada, organizaciju serija i slično. Alati poput poka-yoke ili 5S-a poznati su i često primjenjivani alati u različitim granama industrije.

Kompanija koja se nedavno odlučila na primjenu lean menadžmenta je i Končar D&ST. Formiran je ured za poslovnu izvrsnost koji će u budućnosti koordinirati širenje leana kroz edukacije zaposlenika i strategiju primjene lean alata. U ovom diplomskom radu predstavljena je trenutna situacija u jednom od odjela, provedeno je nekoliko lean alata i izneseni su prijedlozi za primjenu leana u budućnosti.

Za pravilnu primjenu lean menadžmenta nužno je da svi zaposlenici neovisno o razini na kojoj se nalaze budu upoznati s temeljnim idejama leana. Također bitno je shvatiti kako primjena lean alata može donijeti rast poslovanja i kako od toga svi trebaju profitirati. Nadalje bitno je dobro upoznati trenutnu situaciju jer se može dogoditi da se ne rješavaju uzroci problema nego samo posljedice. Prijelaz na lean menadžment ne može se dogoditi preko noći posebno u kompaniji koja ima preko 600 zaposlenika i dugu tradiciju koja je često povezana i s ustaljenim metodama rada. Ipak uz pomno planiranje i dobru organizaciju uz postizanje određenih pozitivnih pomaka rasti će i prihvaćanje lean menadžmenta.

LITERATURA

- [1] Womack JP, Jones DT, Roos D: The machine that changed the world. New York: Free Press; 1990.
- [2] Taiichi Ohno: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Taiichi_Ohno.jpeg, Pristupljeno: 14. studenog 2022.
- [3] Žvorc M: Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji. Ekonomski vjesnik, 2013;2(1):695-709
- [4] Piškorić M, Kondić V: Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu. Varaždin: Oprema-uređaji d.d.; 2010.
- [5] Womack JP, Jones DT: Lean thinking. New York: Free Press; 2003.
- [6] Piškorić M, Kondić V, Mađerić D: Proces implementacije lean-a u malim organizacijama. Varaždin: Oprema-uređaji d.d.; 2011.
- [7] Braga WLM, Naves FL, Gomes JHF: Optimization of Kanban systems using robust parameter design: a case of study. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020;106(1):1365-1374
- [8] Kanban ploča: <https://www.bocasay.com/>, pristupljeno: 28. prosinca 2022.
- [9] Sharma A, Bhanot N, Gupta A, Trehan R: Application of Lean Six Sigma framework for improving manufacturing efficiency: a case study in Indian context. International Journal of Productivity and Performance Management, 2022;71(5):1561-1589. doi.10.1108/IJPPM-05-2020-0223
- [10] Čelar D, Valečić V, Željezić D, Kondić Ž: Alati za poboljšavanje kvalitete [stručni članak]. Tehnical journal, 2014;8(1):258-268
- [11] Ioana AD, Maria ED, Cristina V: Case Study Regarding the Implementation of One-Piece Flow Line in Automotive Company. Procedia Manufacturing, 2020;46(1):244-248
- [12] One-piece flow: <https://safetyculture.com/>, pristupljeno: 28. prosinca 2022.
- [13] Vieira T, Sa JC, Lopes MP, Santos C, Felix MJ, Ferreira LP, Silva FJG, Pereira MT: Optimization of the cold profiling process through SMED. Procedia Manufacturing, 2019;38(1):892-899
- [14] Silva A, Sa JC, Santos G, Silva FJG, Ferreira LP, Pereira MT: Implementation of SMED in a cutting line. Procedia Manufacturing, 2020;51(1):1355-1362

- [15] Štefanić N, Gjeldim N, Mikac T: Lean concept application in production business. Tehnički vjesnik, 2010;17(3):353-356. Dostupno online: <https://hrcak.srce.hr/clanak/89899>
- [16] Rohac T, Januska M: Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study. Procedia Engineering, 2015;100(1):520-529
- [17] Takt time, cycle time, lead time: <https://www.lean.org/>, pristupljeno: 29. prosinca 2022.
- [18] Bakri AH, Rahim ARA, Yusof NM, Ahmad R: Boosting Lean Production via TPM. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2012;65(1):485-491
- [19] Ribeiro IM, Godina R, Pimentel C, Silva FJG, Matias JCO: Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. Procedia Manufacturing, 2019;38(1):1574-1581
- [20] Antonelli D, Stadnicka D: Predicting and preventing mistakes in human-robot collaborative assembly. IFAC PapersOnLine, 2019;52(13):743-748
- [21] Singh S, Kumar K: A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. Ain Shams Engineering Journal, 2021;12(1):1153-1162
- [22] Poka-Yoke: <https://pdcahome.com/english/>, pristupljeno: 29. prosinca 2022.
- [23] Push i pull: <https://www.allaboutlean.com/>, pristupljeno: 4. siječnja 2022.
- [24] Abbas N, Sejri N, Xu J, Cheikhrouhou M: New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry. Alexandria Engineering Journal, 2022;61(1):9079-9094
- [25] Kumar M, Antony J, Singh RK, Tiwari MK, Perry D: Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. Production Planning and Control, 2006;17(4):407-423
- [26] Ejsmont K, Gladysz B, Corti D, Castano F, Mohammed WM, Martinez Lastra JL: Towards 'Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. Cognet Business & Management, 2020;7(1)
- [27] Mayr A, Weiglet M, Kuhl A, Grimm S, Erll A, Potzel M, Franke J: Lean 4.0 – A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. Procedia CIRP, 2018;72(1):622-628
- [28] Štefanić N: Predavanja iz kolegija Upravljanje proizvodnjom. Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2022.

- [29] Tissir S, El Fezazi S: Industry 4.0 impact on Lean Manufacturing: Literature Review. 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management – LOGISTIQUA 2020; 02.-04.2020. Maroko: Sidi Mohamed Ben Abdellah University; 2020.
- [30] Naciri L, Mouhib Z, Gallab M, Nali M, Abbou R, Kebe A: Lean and industry 4.0: A leading harmony. *Procedia Computer Science*, 2022;200(1):394-406
- [31] AGV: <https://www.themanufacturer.com/>, pristupljeno: 4. siječnja 2022.
- [32] Končar - dst: <https://koncar-dst.hr/>, pristupljeno: 8. prosinca 2022.
- [33] Sitar I, Nedić S. Utjecaj novih izolacijskih materijala na karakteristike i izvedbu uljnih transformatora. Hrvatski ogranak međunarodnog vijeća za velike elektroenergetske sustave – Cigre, 9. savjetovanje HRO CIGRE, A2-03, Cavtat, 8. – 12. studenoga 2009.
- [34] Žarko D, Ćučić B: Transformatori u teoriji i praksi. Zagreb: Graphis; 2020.
- [35] Hegedić, M. Predavanja iz kolegija Upravljanje proizvodnjom. Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2022.