

# Optimizacija procesa izmjene alata

---

**Gregurić, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:235:011588>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTETA STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Petar Gregurić**

Zagreb, 2017

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTETA STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

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

Student:

Petar Gregurić

ZAGREB, 2017

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

Posebno bih se želio zahvaliti svom mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću koji mi je svojim znanjem i savjetima pomogao pri pisanju ovog rada.

Također bih se zahvalio gospodinu Dejanu Sokoloviću te svim zaposlenicima Feroimpexa na odličnoj suradnji i savjetima.

Petar Gregurić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **PETAR GREGURIĆ**

Mat. br.: **0035195394**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **OPTIMIZACIJA PROCESA IZMJENE ALATA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **TOOL CHANGES PROCESS OPTIMIZATION**

Opis zadatka:

Proces izmjene alata sastavni je dio tehnološkog procesa izrade proizvoda i njegovo vrijeme trajanja značajno utiče na ukupnu efikasnost proizvodnje. Proizvodna poduzeća sve više trebaju efikasne metode za skraćivanje vremena izmjene alata. Najefikasnija metoda koja se koristi za izmjenu alata je SMED metoda koja je sastavni alat Lean metodologije.

U radu je potrebno:

- opisati pojam Lean menadžmenta te objasniti Lean principe i alate
- detaljno objasniti SMED metodu
- razviti metodologiju izmjene alata u proizvodnom poduzeću
- na primjeru jednog proizvodnog poduzeća primjeniti SMED metodu
- razviti softversku podršku SMED metodi

Zadatak zadan:  
30. studenog 2016.

Rok predaje rada:  
**1. rok:** 24. veljače 2017.  
**2. rok (izvanredni):** 28. lipnja 2017.  
**3. rok:** 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:  
**1. rok:** 27.2. - 03.03. 2017.  
**2. rok (izvanredni):** 30. 06. 2017.  
**3. rok:** 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić

v.d. predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

# Sadržaj

1. UVOD	1
2. LEAN MENADŽMENT	1
2.1. Što je "Lean"?	1
2.2 Povijest	3
2.3 Lean principi [2]	6
2.4. Pull proces proizvodnje [17]	7
2.5. Gubici [3]	8
2.6 Lean vodstvo	13
2.7 Lean u startupima	15
2.8. Lean alati	16
2.8.1 Kanban [14]	16
2.8.2. 5S [16]	17
2.8.3. Kaizen [14]	22
2.8.4. Poka-yoke	23
2.8.5. 5-Zašto	25
3. SMED	25
3.1 Izmjena alata	25
3.2 Što je SMED? [1]	28
3.3 Case Study - 1 [4]	30
3.4. Case study - 2 [5]	34
4. SMED METODOLOGIJA [6]	35
4.1 Prije početka	36
4.2 Odabir područja primjene	36
4.3 Prepoznavanje elemenata	37
4.4 Izdvajanje vanjskih elemenata	37
4.5 Pretvaranje internih u eksterne elemente	38
4.6 Pojednostavljanje ostalih elemenata	38
5. PRIMJENA SMEDa u FERIOIMPEXu	39
5.1. O poduzeću [7]	39
5.2 Proizvodni pogon	40
5.3 Alatnica	42
5.4 Način odvijanja proizvodnje	44
5.5 Primjena SMED metode	46
6. ZAKLJUČAK	51



# POPIS SLIKA

SLIKA 1. HENRY FORD [19].....	4
SLIKA 2. PRIMJENA LEANA U LOKALNOJ SAMOUPRAVI [20].....	5
SLIKA 3. LEAN PRINCIPI [3].....	6
SLIKA 4. PULL PROCES [4].....	8
SLIKA 5. PREKOMJERNA PROIZVODNJA [3].....	9
SLIKA 6. GUBICI U TRANSPORTU [3].....	10
SLIKA 7. ZASTOJI [3] .....	10
SLIKA 8. PREKOMJERNA OBRADA [3] .....	11
SLIKA 9. ZALIHE [3].....	11
SLIKA 10. NEPOTREBNI POKRETI [10].....	12
SLIKA 11. ŠKART [3].....	12
SLIKA 12. JAMES P.WOMACK [21].....	14
SLIKA 13. ELON MUSK [12].....	14
SLIKA 14. THE LEAN STARTUP [9].....	15
SLIKA 15. KANBAN KARTICE [11].....	17
SLIKA 16. PRIJE PRIMJENE 5S [10].....	18
SLIKA 17. POSLIJE PRIMJENE 5S [10] .....	18
SLIKA 18. PRIJE PRIMJENE 5S [10] .....	21
SLIKA 19. POSLIJE PRIMJENE 5S [10] .....	22
SLIKA 20. POKA-YOKE [13] .....	24



SLIKA 21. SMED [22].....	26
SLIKA 22. SMED - F1 [22].....	27
SLIKA 23. IZMJENA VIJAKA [4].....	31
SLIKA 24. KONEKTOR [4].....	32
SLIKA 25. FERROIMPEX LOGO [7] .....	40
SLIKA 26. ALATNICA .....	41
SLIKA 27. DIO LEŽAJA [7] .....	41
SLIKA 28. MJERENJE .....	42
SLIKA 29. ALATNICA.....	43
SLIKA 30. ALATNICA.....	43
SLIKA 31. ALATNICA.....	43
SLIKA 32. ALATNICA.....	43
SLIKA 33. ALATNICA.....	44
SLIKA 34. ALATNICA.....	44
SLIKA 35. TOKARENJE.....	45
SLIKA 36. TOKARILICA.....	46
SLIKA 37. MJERNE URICE.....	49
SLIKA 38. KONTROLA KVALITETE.....	51
SLIKA 39. LEAN FILOZOFIJA [3].....	52

# POPIS TABLICA

TABLICA 1. USPOREDBA [9].....	2
TABLICA 2. UKUPNI GUBITAK.....	29
TABLICA 3. CASE STUDY[5] .....	34
TABLICA 4. IDEALNI SUSTAV [6] .....	36
TABLICA 5. SPECIFIKACIJA IZRADKA .....	45
TABLICA 6. SMED PRIMJENA.....	47

# Sažetak

U današnje vrijeme povećanje efikasnosti i efektivnosti proizvodnje jedno je od najvećih globalnih problema. Cilj svake grupacije, organizacije ili poduzeća je vrlo jasan - uspjeti. Lean je prije svega filozofija, a tek onda alatnica moćnih alata. Kako bi se lean metode shvatile, a nakon toga i uspješno primijenile, ključno je u potpunosti ući u taj način razmišljanja. Treba uključiti svakog pojedinca, slušati bazu, a kako bi se dostigao taj nivo razvitka, nužno je da poduzeća vode lean menadžeri.

SMED, jedan je od najmoćnijih lean alata. SMED je sustav za smanjenje vremena izvršenja promjene opreme. Bit SMED sustava je pretvoriti što više koraka promjene opreme u eksterne, odnosno, one koji se mogu odvijati tijekom rada opreme te pojednostaviti i ubrzati preostale korake. Samo ime SMED je akronim engleskih riječi single minute exchange of die, u prijevodu smanjenje svih vremena promjene na jednoznačnu vremensku jedinicu (single digit).

U ovom radu primjenio sam SMED metodu na procesu izmjene alata kod tokarilice u poduzeću Feroimpex. Implementaciju možemo smatrati uspješnom pošto smo vrijeme izmjene smanjili za 38,6%.

# Summary

In these days increasing efficiency and productivity is crucial in getting ahead of competitors. Goal of every company or organisation is to succeed. Lean is primary a philosophy and after that set of powerful tools. To understand lean methods, one first needs to understand its way of thinking. Every individual, from bottom to top, must be included in lean cycle, for it to be successful. For this to happen, new era of lean managers has to happen.

SMED is one of the most powerful lean tools. It is a system for dramatically reducing the time it takes to complete equipment changeovers. The essence of the SMED system is to convert as many changeover steps as possible to “external” (performed while the equipment is running), and to simplify and streamline the remaining steps. The name Single-Minute Exchange of Dies comes from the goal of reducing changeover times to the “single” digits (i.e. less than 10 minutes).

In this seminar, I implemented SMED in company called Feroimpex. SMED was applied to tool changeover in the lathe machine. The operation was successful since we had reduced changeover time for 38,6%.



# 1. UVOD

U današnje vrijeme povećanje efikasnosti i efektivnosti proizvodnje jedno je od najvećih globalnih problema. Cilj svake grupacije, organizacije ili poduzeća je vrlo jasan - preživjeti i uspjeti, a to znači prilagoditi se tržištu koje je dinamično te se mijenja svakim danom. Tržište zahtijeva pristupačnu cijenu, visoku kvalitetu te rokove isporuke koje zadovoljavaju korisnike. A upravo nam lean proizvodnja to omogućava. Nove tehnologije, globalne promjene, novi proizvođači i dobavljači, sve veći zahtjevi kupaca uvjetuju novi stil upravljanja poslovnim sustavima, gdje uprave i menadžment moraju pronaći brza i učinkovita rješenja. Samo sustavi koji kontinuirano poboljšavaju svoje poslovanje, ispravljaju pogreške i prethode konkurenciju imaju šansu popraviti poslovanje i tržišni položaj.

No usprkos uvaženom mišljenju, najvažniji resurs poslovanja nije novac, jer je on reverzibilan. Može se potrošiti, ali može se i zaraditi. Najbitniji resurs je onaj koji je ograničen i nepovratan. A što je to? Vrijeme. Jedan dan traje 24h nevezano upravljate li Toyotom, Teslom ili Končarom. Zato se lean ili vitka proizvodnja osim uštedom resursa posebno bavi uštedom vremena.

## 2. LEAN MENADŽMENT

### 2.1. Što je “Lean”?

Lean je prije svega filozofija. Filozofija upravljanja, filozofija proizvodnje, ali i filozofija prodaje. S leanom možemo uskladiti cijelokupnu strategiju poduzeća. U širem smislu to je koncept upravljanja proizvodnjom, razvojem proizvoda i uslugama koji ima za cilj stvoriti točno određenu i ciljanu vrijednost za kupca, odnosno robu ili uslugu. Zadatak leana je kontinuirano poboljšavati sigurnost, kvalitetu, uštedu vremena, cijenu i moral ljudi unutar poduzeća. Bitno je za naglasiti da lean nije više vezan striktno za proizvodnju kao što je bio prije 30tak godina, ne, lean je u 21.stoljeću primjenjiv i u privatnom životu, javnom sektoru, bolnicama, ministarstvima, a i vladi. Jezgra principa je ista, razlike su površinske.

Lean	Tradicionalni
<b>Strategija</b>	
<b>Biznis model</b> Vođen hipotezama	<b>Poslovni plan</b> Vođen-implementacijom
<b>Proces razvoja novog proizvoda</b>	
<b>Razvoj korisnika</b> Izaći izvan ureda i testirati hipoteze	<b>Upravljanje proizvodima</b> Priprema ponude za tržište slijedeći linearan, korak-po-korak, plan
<b>Razvoj</b>	
<b>Agilni razvoj</b> Razvoj proizvoda je iterativan i inkrementalan	<b>Agilni ili "Waterfall" razvoj</b> Razvoj proizvoda iterativno, ili u potpunosti specificiran proizvod prije nego je izrađen
<b>Organizacija</b>	
<b>Timovi za razvoj korisnika i agilni razvoj proizvoda</b> Zapošljavanje za učenje, spretnost i brzinu	<b>Odjeli po funkcijama</b> Zapošljavanje za iskustvo i sposobnost izvršenja
<b>Financijsko izvještavanje</b>	
<b>Metrika koja vrijedi</b> Troškovi pridobivanja korisnika, doživotna vrijednost korisnika, broj korisnika koje startup gubi ( <i>churn</i> ), viralnost	<b>Računovodstvo</b> Račun dobiti i gubitka, bilanca, izvješće o novčanom toku
<b>Greška</b>	
<b>Očekivana</b> Riješena sa iteriranjem na prvotnu ideju i pivotiranjem od onih koje ne funkcioniraju	<b>Iznimka</b> Riješena otpuštanjem izvoditelja
<b>Brzina</b>	
<b>Rapidna</b> Radi se sa "dovoljno dobrim" podacima	<b>Mjerena</b> Radi se sa kompletnim podacima

**TABLICA 1. USPOREDBA[9]**

Bit ove metodologije je razlučivanje 3 vrste procesa. One koji pridodaju vrijednost konačnom proizvodu, oni koji oduzimaju vrijednost i one procese koji su neutralni. Tek kada se jasno napravi prethodna klasifikacija ide se u sljedeće korake.

Lean filozofija u prvi plan stavlja principe:

- vrijednost koja se isporučuje korisnicima
- uklanjanje svih vrsta zastoja i gubitaka

- čekanja i kašnjenja u procesima
- težnja savršenstvu

U središtu lean metodologije nisu rezultati, već procesi i izvrsnost procesa. Lean je kao voda. Bez tvrdih granica i oštih rubova, uvijek prilagodljiv novim izazovima, potrebama i zahtjevima. Lean non stop napreduje i adaptira se u skladu sa surovim, grubim i dinamičim tržištem gdje samo najjači opstaju kao pobjednici.

## 2.2 Povijest

Drugi Svjetski rat devastirao je Japan. Uništeno gospodarstvo, nedovoljna količina resursa, malo tržište. Loš položaj u ekonomskim, ali i političkim krugovima. Situacija vrlo slična Njemačkoj. Nešto se trebalo mijenjati i to pod hitno. Jedino rješenje nalazilo se u promijeni pristupa proizvodnje i novim načinima upravljanja.

Henry Ford, vlasnik Forda mogao je T-model završiti u nešto više od 30h te je to privuklo pažnju Toyotinih menadžera koji 1949.godine odlaze u posjetu Fordovim tvornicama u SAD. Ford je konceptualno usporedio montažnu liniju s rijekom koja teče i sve što remeti njen tok mora biti eliminirano. U biti, to je bio prvi korak prema lean proizvodnji te je Ford otkrio jedan od 5 temeljnih principa leana, takozvani kontinuirani tijek.

Japanski menadžeri ostali su oduševljeni načinom proizvodnje, brzinom i tehnološkim razvojem, no Fordov je sustav masovno proizvodio te je došlo do nakupljanja prekomjernih zaliha. Intenzivnijom analizom doneseni su zaključci o nizu jednostavnih inovacija koje bi osigurale kontinuitet u toku procesa. Glavne mane vidljive nakon posjeta Fordu bile su mnogo kooperanata koji pridonose nepouzdanosti i smanjenoj kvaliteti, zatim svega 10% vremena koji predmet provede u procesu zaista je potrošeno na obradu, proizvodilo se mnogo neispravnih dijelova koji se kasnije ugrađuju u procesu, bila je prisutna velika količina nedovršene proizvodnje i previše je vremena potrošeno na promjenu alata, te je dolazilo do uskih grla u proizvodnji. Nadogradnjom izvornih Fordovih ideja, industrijski inženjeri Taiichi Ohno te Eiji Toyoda kreiraju TPS (Toyota Production System). To nije samo skup alata i metoda za rješavanje problema, TPS je cijeli sustav razmišljanja i filozofija koja

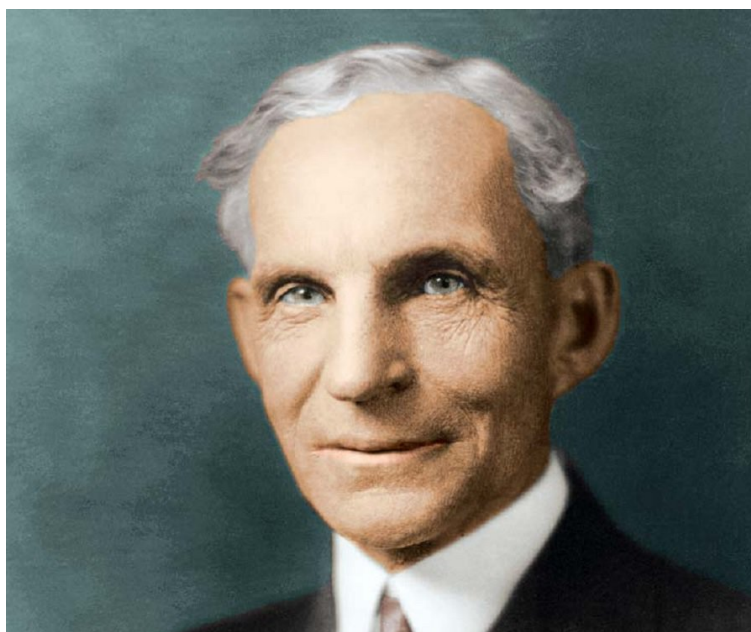


zagovara odgovornost i vraćanje vrijednosti kupcu, zaposleniku, imovini i društvu, a upravo razumijevanjem načina razmišljanja ljudi u Toyoti moguća je njena uspješna primjena.

Osnivačem se smatra Taiichi Ohno, koji je 1950. osigurao svim inženjerima u Toyoti kopije Fordove knjige, *Today and Tomorrow*, koja je predstavljala temelj za nadogradnju i realizaciju novog, poboljšanog sustava proizvodnje. Dakle, Toyota je izgrađena na Fordovim konceptima zadržavši metodičnost, jednostavnost i efikasnost, te promijenivši pristup fleksibilnosti koja se kod Fordovog načina pokazala iznimno lošom. Sam termin “Lean” definirala su dva profesora s MIT-a (Massachusetts Institute of Technology) James Womack i Daniel T. Jones 1992. u knjizi “*The Machine That Changed the World*” koja je pisana na temelju zapažanja u Toyotinim tvornicama u Japanu.

Lean tok, realiziran u Toyoti, povezo je svoj proizvodni sustav s potražnjom kupca u realnom vremenu i dopunom neophodnih materijala. Time je samo točna količina potrebnih proizvoda i materijala proizvedena u određenom trenutku. Ovo je vrlo usko povezano, moglo bi se reći analogno, Just In Time proizvodnoj paradigmi koja zamjenjuje ustaljeni model “isporuka – pa – potražnja” modelom “potražnja – zatim – isporuka”.

Just in time je predstavlja način redukcije troškova u proizvodnji, gdje se proračunom omogućava minimizacija vremena skladištenja dijelova, materijala (sirovina), ili samo izbjegavanje skladištenja uopće na način da se u najkraćem mogućem roku šalju izravno u proizvodni proces. Dakle, glavni je zadatak eliminacija svakog viška koji se ne smatra korisnim ili upotrebljivim. Sam concept JIT-a seže još u 1920.-e godine, a postoje pretpostavke o tome da ga je i Ford koristio kada je sirovina



SLIKA 1. HENRY FORD[19]



**SLIKA 2. PRIMJENA LEANA U LOKALNOJ SAMOUPRAVI[20]**

dolazila koristivši rudaču točno u vrijeme kada se treba pretvoriti u željezo za izradu karoserije. Unatoč dugom periodu postojanja pojma i same strategije, upravo je Toyota u 1970.-ima pokazala da je koncept univerzalan i primjenjiv na sve industrije. [18]

Drugim riječima, JIT se odnosi na proizvodnju onoga što je potrebno, kada je potrebno i koliko je potrebno. U Toyotinom slučaju, cilj koji se postavlja u skladu s opisanom JIT metodom je u što kraćem vremenu klijentu isporučiti naručeno vozilo. Proces od narudžbe do isporuke, prema ovom konceptu, ima sljedeći tijek - Nakon zaprimanja narudžbe za novo vozilo, napatuk za proizvodnju mora biti izdan što prije kako bi počeo proces pripreme proizvodnje. Montažna linija mora biti opskrbljena minimalnom, ali ipak dovoljnom količinom svih vrsta dijelova da bi se naručeno vozilo moglo sastaviti, time se osigurava fleksibilnost proizvodnje. Dijelovi utrošeni na montažnoj liniji moraju biti nadoknađeni istim brojem novih dijelova iz procesa proizvodnje dijelova, odnosno iz prethodnog procesa, prethodni proces mora biti opskrbljen malom količinom svih vrsta dijelova, a proizvoditi samo dijelove koji su upotrijebljeni ili iskorišteni u sljedećoj operaciji.

Po svemu sudeći, Toyota je danas vodeći primjer uspješne Lean proizvodnje, odnosno Lean upravljanja kao takvog, što pokazuje i njena dominantnost na svjetskom tržištu automobila, visoka kvaliteta kao i vodeća uloga u hibridnoj tehnologiji. S postupnim širenjem Lean filozofije svijetom i njenim probijanjem svaku državu svijeta, menadžeri i vlasnici kompanija usavršavaju znanja i tehnike Leana koja se počinju primjenjivati i izvan same proizvodnje: u uslužnim djelatnostima, logistici, distribuciji, održavanju, zdravstvu, te je vidljiva čak i u vladi, odnosno politici.

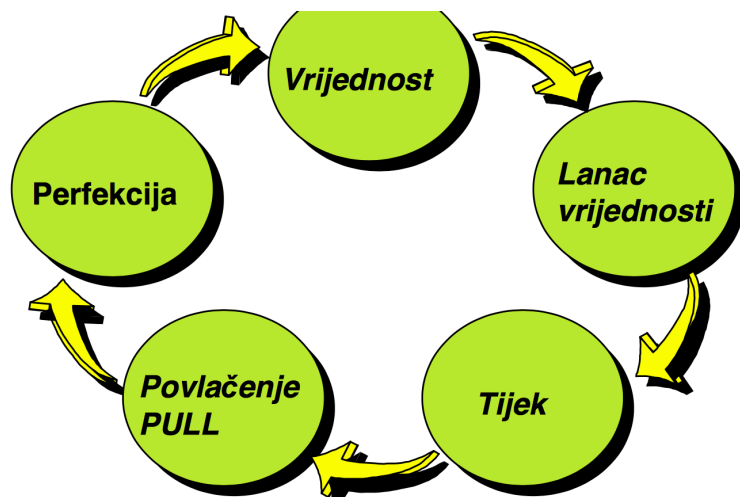
## 2.3 Lean principi [2]

Bit leana je eliminacija nepotrebnih procesa, povećanje kvalitete proizvoda ili usluge, bolja efikasnost i produktivnost zaposlenih te brži prolaz kroz proizvodni proces. Vrijeme je najbitniji resurs lean filozofije.

1997.godine James Womack i Daniel T.Jones pokrenuli su “školu” za lean metodologiju pod nazivom Lean Enterprise Institute te su u svojoj knjizi Lean Thinking naveli 5 osnovnih načela lean proizvodnje.

To su:

- vrijednost
- lanac vrijednosti
- tijek
- povlačenje/pull
- perfekcija



SLIKA 3. LEAN PRINCIPI[3]

1. Vrijednost - kupci odnosno tržište uvijek definira konačnu vrijednost. Vrijednost je ono što je kupac spreman platiti za nešto što poduzeće nudi. Studije su pokazale da u prosjeku samo 5% potrošenog vremena direktno utječe na konačnu vrijednost. Ostatak vremena troši se načelno na gubitke kao što su čekanja, transport, zastoji, dodavanje funkcija koje nitko od kupaca ne treba niti će koristiti..
2. Lanac vrijednosti - ukupni skup svih aktivnosti, procesa i tokova u proizvodnji, bilo materijalnih ili informacijskih, potrebnih da se od sirovine dobije gotov proizvod. Lean alatima pokušavamo ukloniti ili skratiti procese koji ne dodaju na vrijednosti.
3. Tijek - cilj je neprekidan i kontinuirani tok. Vrijednosni lanac mora biti ugladen i bez smetnji od samog početka do kraja, teči fluidno kao što rijeka teče nizvodno. Prekidi tijeka pridonose gubitcima zastoja i smanjuju konačnu vrijednost.
4. Povlačenje - primjena just in time sistema, odnosno zamjena push u pull procese gdje god je moguće. Ideja koncepta je da se ne stvaraju zalihe i nepotrební inventar bazirano na projekcijama već da se u proizvodnju ide tek nakon dobivanja narudžbe ili pronalaska kupca. Preveliki inventar jedan je od najštetnijih 7 gubitaka za lean poduzeća. Nepotrebne zalihe opterećuju poduzeća financijski, logistički i vremenski.
5. Perfekcija - zadnji od 5 principa proizvodnje je težnja prema savršenstvu. Neprestana iteracija. Nužno je zapamtiti da lean nije statična platforma te zahtjeva konstantno poboljšavanje. Svaki zaposleni mora biti upoznat sa stečevinama leana.

## **2.4. Pull proces proizvodnje [17]**

Povlačenje (pull) kroz proces proizvodnje jedan je od temeljnih lean principa poslovanja.

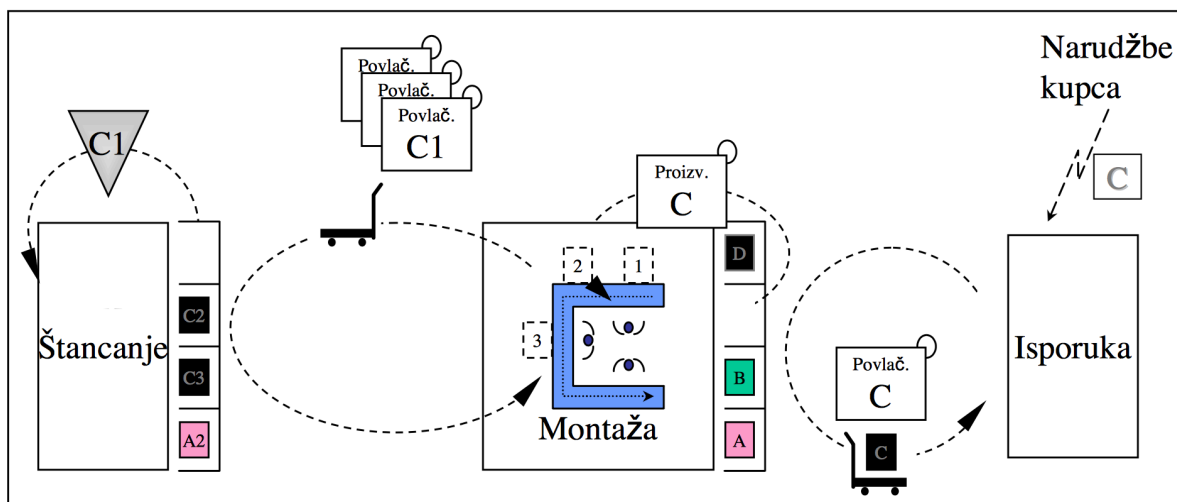
Osnovna stavka pull proizvodnje je da proces započinje s kupcem, odnosno kupnjom ili narudžbom proizvoda. Prije tog trenutka nitko u lancu vrijednosti ne proizvodi niti se stvaraju zalihe. Takav sustav je prilagodljiv dinamičnom tržištu jer promptno reagira na zahtjeve kupaca. Pull proces je obično implementiran uz pomoć Kanban kartica.

Česti naziv za povlačući proces je i JIT (Just in time) zato što se prethodni dijelovi dostavljaju taman na vrijeme za sljedeći korak kako se ne bi stvarale zalihe.

Ova vrsta proizvodnog sistema znatno je pridonijela povišenju profita poduzeća jer više nije bilo potrebe za godišnjim ili kvartalnim prognozama potrebnog inventara koja su se često znala pokazati pogrešnim. Rezultat pogrešnih prognoza bio je višak neprodanog inventara te manja dobit poduzeća. Naravno uz uštedu novaca dolazi i do uštede prostora.

Primjer vrlo pojednostavljenog pull procesa je proizvodnja kave u ugostiteljskom objektu. Kupac prvo sjeda za stol te naručuje kavu od konobara, koji zatim “provlači” materijal kroz aparat za kavu te dobiva finalni proizvod koji biva isporučen kupcu. Ako narudžbi nema finalni proizvod (kava) se ne proizvodi.

SLIKA 4. PULL PROCES [4]



## 2.5. Gubici [3]

Gubici su elementi proizvodnog procesa koji ne sadrže nikakvu vrijednost. U lean filozofiji postoji 7 vrsta gubitaka, a to su prekomjerna proizvodnja, transport, zastoji, nepotrební pokret, zalihe, prekomjerna obrate i škart.

Zarada po proizvodu je prodajna cijena umanjena za cijenu proizvodnje proizvoda. Prodajnu cijenu u pravilu određuje tržište. Postavimo li je previsoko kupci će otići konkurentima, dok preniska cijena stvara percepciju proizvoda niže kvalitete, stoga je jedina solucija za povećavanje zarade rezanje troškova; uklanjanje svih gubitaka iz procesa.

No uklanjanje gubitaka, uz snižavanje troškova utječe i na zadovoljstvo krajnjih kupaca. Kupci žele dostavu na vrijeme, savršenu kvalitetu i konkurentnu cijenu. Nešto što ne možemo postići bez eliminacije gubitaka.

### • **2.5.1. PREKOMJERNA PROIZVODNJA**

Prekomjerna proizvodnja, koja uključuje i preranu proizvodnju je jedna od najopasnijih, ako ne i najopasnija vrsta gubitaka. Rezultat je krivih procjena zahtjeva tržišta, loše komunikacije s dobavljačima, izvođenja neophodnih operacija, prevelikih serijama...

Rješenje je prebacivanje s push na pull proces proizvodnje.

**SLIKA 5. PREKOMJERNA PROIZVODNJA [3]**



### • **2.5.2. TRANSPORT**

Prijevoz materijala od jedne lokacije do druge. Ne pridonosi vrijednosti proizvoda te se stoga klasificira kao jedan od gubitaka. Transport može biti vrlo visok izdatak u troškovima jer uključuje skupu opremu i radnike koji njome upravljaju te obavljaju prijevoz.



**SLIKA 6. GUBICI U TRANSPORTU[3]**

### • 2.5.3. ZASTOJI

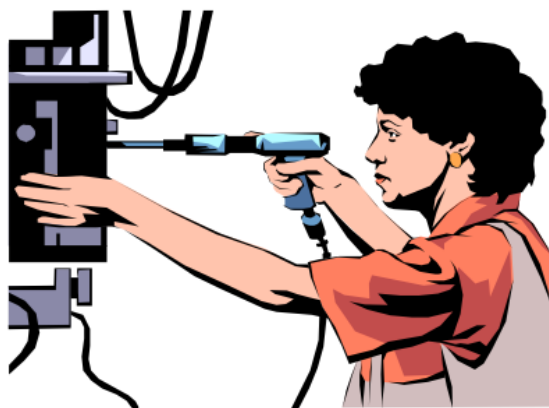
Čekanje uzrukoje prekidanje toka. Obuhvaća vrijeme koje je moglo biti iskorišteno za sljedeći proces kad nam ne bi nedostajala neka informacije, materijal ili proizvod koji čekamo.



**SLIKA 7. ZASTOJI[3]**

### • 2.5.4. PREKOMJERNA OBRADA

Slučaj kada koristimo krivu opremu, predimenzionirane strojeve, pogrešne tehnike obrade ili neprihvatljive tolerancije. Događa se u fazi obrade no može biti i rezultat pogrešnog konstruiranja proizvoda koje prethodi obradnom procesu.



**SLIKA 8. PREKOMJERNA OBRADA[3]**

#### • 2.5.5. ZALIHE

Visoke zalihe u inventaru najčešće su posljedica prekomjerne proizvodnje. Svaki proizvod u inventaru posjeduje svoju cijenu proizvodnje koja indirektno košta poduzeće dok se ne proda kupcu. Kapital dobiven od prodaje tih proizvoda bi se potencijalno mogao koristiti za unaprijeđenje poduzeća, no u ovom slučaju je blokiran u obliku proizvoda. Nema protoka novca.

**SLIKA 9. ZALIHE[3]**



#### • 2.5.6. NEPOTREBNI POKRETI



Sve nepotrebne radnje i pokrete koje usporavaju tok proizvodnog procesa te dovode do manje produktivnosti radnika. Loš raspored strojeva dovodi do nepotrebnog gibanja radnika. Loša ergonomija te nepreglednost radnog mjesta rezultira otežanim dolaska do informacija te sporijim reakcijama operatera. Bespotrebne radnje smanjuju produktivnost te dovode do stresa i pada morala zaposlenika.



SLIKA 10. NEPOTREBNI POKRETI[3]

### · 2.5.7. ŠKART

Vizualno najočitiji od svih vrsta gubitaka, no vrlo ga je teško detektirati prije izlaska iz proizvodnog procesa. Defektni proizvodi ne smiju se isporučiti kupcima nego se ili vraćaju u proizvodnju na popravak, što uzrokuje dodatni materijalni i vremenski trošak ili se bacaju. Ako škart završi kod krajnjeg potrošača postoji velika mogućnost da se taj kupac doživotno izgubi. Cilj je da se škart ne detektira kada je već kasno nego da se sprječi na vrijeme gdje god je moguće.



SLIKA 11. ŠKART[3]

## 2.6 Lean vodstvo

Pojam lean menadžmenta u užem smislu obuhvaća vodstva kompanija, odnosno izvršne rukovodeće pozicije unutar kompanija koje primjenjuju lean metodologiju.

Na lean vodstvu je da odaberu koje su metode najprimjerenije za upotrebu u tom poduzeću. Poduzeća su kao otisak prsta, apsolutno unikatna te isti pristup ka 2 različite kompanije nikada nije izvediv.

Prioritet lean menadžera su kupci te doživotni rast i poboljšavanje. Ultimativni cilj im je kupcu odnosno korisniku pružiti savršeni proizvod kroz proces proizvodnje bez ikakvih gubitaka. Kako bi to postigli, fokus menadžmenta preusmjerava se s optimiziranja različitih tehnologija i odjela na optimiziranje toka proizvoda i servisa kroz cijeli sistem, vertikalno i horizontalno. Bitan element vitke filozofije je i društveni faktor, točnije poslovna kultura, a ona je rezultat direktnog utjecaja vodstva. Na menadžerima je da stvore kvalitetnu, pozitivnu i radoholičarsku poslovnu kulturu. Međuodnos radnika mora biti sličniji startup atmosferi nego striktnoj hijerarhijskog postavi tradicionalnih poduzeća. Lean vođe ne sjede u uredima izolirani od ostatka radnika nego znaju svaki dio poslovanja od prodaje do proizvodnje. Jedino tako mogu uočiti greške u toku i potrebne izmjene.

No lean menadžment nije skup pravila, već filozofija koja nije primjenjiva samo u proizvodnji, već i u kompletnom poslovanju poduzeća, startupima te državnoj upravi. Stoga lean vođa može biti poduzetnik, može biti direktor, može biti političar, ali i činovnik u državnoj upravi. Potpuni i kompletni lean vođa ne smije gledati na lean kao skup taktika, nego viziju koju u potpunosti živi skupa s organizacijom ili grupacijom kojom rukovodi.

**SLIKA 12. JAMES P.WOMACK[21]**



**SLIKA 13. ELON MUSK[12]**



Lean vođa mora se voditi s 3 glavna fokusa, takozvana 3P ( Purpose, people, process). U prijevodu to bi bila svrha, ljudi i proces. Svrha je bitna jer govori što je dodatna vrijednost koja se proizvodi te kome je i zašto potrebna. Ljudski potencijal se stalno nadograđuje te je iskorištavanje maksimalnog potencijala ljudi jedan od velikih prepreka u dostizanju maksimalne produktivnosti. Tok procesa, koji može uključivati i proizvodnju i prodaju i marketing mora biti što glađi u svim smjerovima.

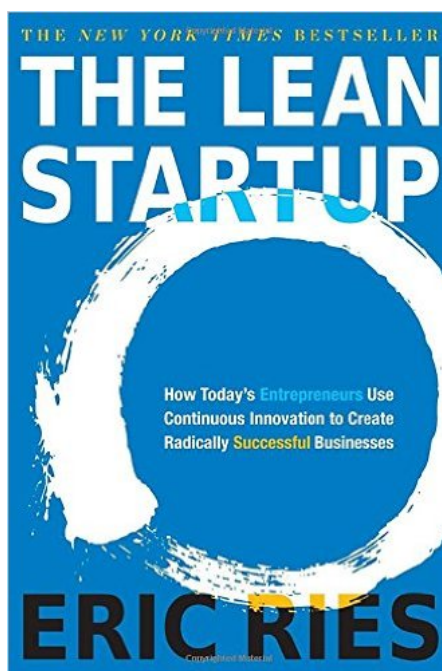
Biti dobar lean vođa težak je zadatak, no nije nemoguć.

Kako bi rekao James P. Womack, osnivač Lean Enterprise Instituta: “Dok kovač treba viziju završnog kovanog proizvoda kako bi iskoristio potpuni potencijal čekića, tako i lean vođa mora imati buduću viziju kompanije kako bi znao koje lean alate koristiti”.

## 2.7 Lean u startupima

Lean metodologija prvotno je osmišljena za primjenu u većim korporacijama i proizvodnim sistemima. No 2011. godine, Eric Ries je u svojoj knjizi *The Lean Startup*, koristeći osobna iskustva lean menadžmenta objasnio kako ih primijeniti i uspješno aplicirati na visokotehnološke startup kompanije. U najširem mogućem značenju startup je mlada tvrtka koja traži svoj poslovni model odnosno način da radi što svaka tvrtka u konačnici mora raditi: profitirati.

SLIKA 14. THE LEAN STARTUP[9]



Slično kao u lean proizvodnji, lean startup metodologija ima za cilj ukloniti procese koji ne pridonose vrijednost konačnom proizvodu ili usluzi, a povećati vrijednosne procese prilikom razvoja proizvoda. Ključ uspjeha su iskustva kupaca prilikom korištenja prototipa. Prvi korak je izrada najjednostavnijeg prototipa proizvoda (mvp - minimum viable product). Drugi korak je slušati želje, primjedbe i prijedloge potencijalnih kupaca. To je validacijska faza. Treći korak je implementacija konstruktivnih prijedloga i ideja, a izbacivanje nepotrebnih i nekorištenih opcija iz prototipa. Nakon toga krug se ponavlja koliko god puta treba dok se ne dobije valjani proizvod.

Sve u svemu, glavna ideja je da startupi odnosno mikropoduzeća sa striktno ograničenim resursima ne mogu ovisiti o puštanju jednog proizvoda na tržište, već da prethodno u skladu s potrebama kupaca dobiju savršeni proizvod koji zadovoljava potrebe samog tržišta.

## 2.8. Lean alati

Lean principi su sami po sebi apstraktni i teško primijenjivi laiku, stoga su razvijeni brojni lean alati koji pomažu u implementaciji tih principa. Neki od njih su jednostavniji, a neki kompliciraniji no svaki ima svoj cilj. Bitno je za napomenuti da nije svaki alat primjenjiv u svim okolnostima. Ovisno o okolnostima treba znati koji alat iskoristiti. Napoznatiji lean alati su Kanban, 5S, Kaizen, SMED, Poka- yoke i 5-Zašto.

---

### 2.8.1 Kanban [14]

Riječ “kanban” potječe iz japanskog i doslovno prevedeno znači natpis. Osnovni je alat za implementaciju JIT (just in time) principa. Just in time filozofija temelji se na tome da se ne stvaraju zalihe nego se proizvod proizvede tek onda kada je potreban, bilo od kupca ili sljedeće točke proizvodnje. Stoga izlazi da je kanban povlačući sistem, dok je primjerice ERP/MRP potiskujući (push) sistem.

Kanban sistem eliminira gubitke te smanjuje količinu rada. Kanban kartica sadržava na sebi sve korake koji se moraju izvesti na proizvodu u trenutnoj fazi te informacije o potrebnim djelovima za sljedeći korak u procesu.

Povijesno gledajući, nastao je u američkim supermarketima u kojim se police nisu nadopunjavale kada bi se ispraznile do kraja već kada bi se količina na njima smanjila na određenu količinu.

Zaposlenik bi u tom trenutku nadređenima odnio karticu s brojem preostalih proizvoda koji bi potom odobio nadopunu police te bi se prodaja nastavila bez poteškoća.

Uspješna implementacija kanbana u poduzećima dovodi do:

- smanjenja troškova rada
- standardiziranja proizvodnih ciljeva
- povišenja efektivnosti i produktivnosti
- smanjivanju bespotrebnih zaliha
- bolje iskoristivosti radnog prostora
- poboljšanja tijeka
- prevencije prekomjerne proizvodnje
- poticanja timskog rada
- moguće smanjivanje inventara do 75% u nekim industrijama

**SLIKA 15. KANBAN KARTICE[11]**




---

### 2.8.2. 5S [16]

U osnovi svake organizacije proizvodnje možemo naći pokušaj usavršavanja radnog mjesta i radnog okruženja, pripremu za proizvodnju, ergonomičnost i učinkovitost. Prilično je očito da se time nameće potreba za uređenjem i održavanjem radnog mjesta i okruženja urednim, čistim i ugodnim za rad. Potrebno je uložiti trud da bi se to postiglo, a i kada se postigne, podložno je promjenama koje postupno dovode do neurednosti, pretrpanosti, nesustavnosti, a sve to rezultira onemogućenim učinkovitim radom i smanjenjem poboljšanja kako proizvoda, tako i procesa.

Koncept 5s potječe iz Toyotinih pogona, a za glavni cilj postavlja poboljšanje načina rada i radnih uvjeta unutar tvornice, ili bilo koje druge organizacije. Ona je začetak i preduvjet uvođenja Lean metodologije odnosno preduvjet svih uspješnih unapređenja u proizvodnji, kao i preduvjet uspješnog procesa stalnih poboljšanja. Metodom 5s omogućava se da se svi nepotrebni predmeti na radnom mjestu uklone, te se osigurava da radno mjesto bude uredno i čisto. Također, uvodi red na način da diktira što se, kako i kada radi, što je karakteristika isključivo sređenih okruženja. Dakle, metoda 5s donosi načela čijim se usvajanjem postiže, ali i zadržava radno okruženje onakvim kakvim se zaista želi. Sastoji se i provodi kroz 5 faza. Prve tri faze u osnovi su upute za postizanje novog izgleda radnog mjesta i okruženja, dok posljednje dvije faze služe za održanje postignutog.

**SLIKA 16. PRIJE PRIMJENE 5S[10]**



**SLIKA 17. POSLIJE PRIMJENE 5S[10]**



Akronim 5S dolazi od prvih slova japanskih riječi kojima je označeno pet faza u provedbi metodologije:

### **SEIRI (SORT) – SORTIRANJE**

Osnovna aktivnost u ovoj fazi je odvajanje onoga što je nužno potrebno za obavljanje dnevnih radnih zadataka od onoga što je nepotrebno. Potrebno je identificirati sve što je potrebno za funkcioniranje procesa ili za izvođenje pojedine operacije ili zadatka. Nepotrebne alate, opremu, dijelove, dosjee, mape, te ostale predmete iz radnog okruženja potrebno je ukloniti. Uklanjanjem nepotrebnih artikala olakšava se pristup svemu onome što je na radnom mjestu neophodno.

Ako se sortiranje ne provede na odgovarajući način mogu se pojaviti slijedeći problemi: tvornica postaje pretrpana i teško se u njoj radi, troši se vrijeme za traženje materijala, dijelova i alata, materijal se gomila na policama i ormarima koji se nalaze u pogonu, nepotreban inventar i proizvodna oprema se održavaju bez potrebe i nepotrebna proizvodna oprema otežava postizanje poboljšanja u tijeku odvijanja procesa.

### **SEITON (SET IN ORDER) – SLAGANJE**

U ovom koraku je potrebno odrediti poziciju za sve ono što je prepoznato kao potrebno. Najbolji je način pokušati organizirati predmete na radnom mjestu prema očekivanoj učestalosti upotrebe. Slaganjem i označavanjem doprinosi se tzv. vizualnoj kontroli. Vizualnom kontrolom se, na prvi pogled, može utvrditi na koji se način posao mora obaviti. Dakle, svaki predmet ima samo jednu poziciju na koju se može odložiti, i ta pozicija je odmah vidljiva i prepoznatljiva svima, a ne samo radniku na tom radnom mjestu.

Osnovni koraci koji se preporučaju da bi se pojednostavnilo slaganje su identificirati neophodnu opremu i zalihe, odrediti lokaciju za svaki artikl, ocrtati lokacije opreme, zaliha, zajedničkih zona, sigurnosnih zona, šifrirati/označiti potrebne artikle, odrediti potrebne količine, dokumentirati raspored radnog mjesta, opreme i zaliha. Potrebno je naglasiti da je aktivna uloga zaposlenika na radnom mjestu ključna za uspjeh.

### **SEISO (SHINE) – SPREMANJE**

Neophodno je provoditi dnevna čišćenja i preglede radnog okruženja i opreme kako bi se utvrdilo stanje i postojanje potrebe za korektivnim i preventivnim aktivnostima. Spremanje je potrebno iz dva osnovna razloga: učiniti radno mjesto čistim i urednim te ugodnim za raditi, te držati sve u pripravnom stanju tako da bude uvijek spremno za uporabu. Cilj je da se godišnja ili sezonska spremanja i čišćenja zamijene svakodnevnim spremanjem i čišćenjem. Dnevne zadatke, prema prije dogovorenom planu, izvršavaju zaposlenici na radnom mjestu.

### **SEKETSU (STANDARDIZE) – STANDARDIZIRANJE**

Standardizirati odnosno normirati znači definirati i propisati način na koji će se uobičajeno odvijati aktivnosti. Osnovna svrha provedbe ove faze 5S metode je u sustavnom definiranju i podržavanju ostvarivanja prva tri S-a tj. Sortiranja, Slaganja i Spremanja, te osiguravanja njihovog



svakodnevnog i potpunog izvršavanja. Ono omogućava sustavan pristup te potiče određivanje i korištenje najučinkovitijih procesa i metoda. Također, standardiziranjem se smanjuje varijabilnost u procesu te njen utjecaj na kvalitetu i učinkovitost.

Pri standardiziranju potrebno je dokumentirati sve usvojene postupke i rutinske preglede u radnom okruženju, standardizirati nove metode, te uspostaviti standardizirane metode u sličnim radnim okruženjima.

### **SHITSUKE (SUSTAIN) – SAMODISCIPLINA**

Samodisciplina ili održavanje stečenog stanja i daljnje poboljšavanje peta je faza u primjeni 5S metode. Samodisciplina znači i steći naviku. Usvojiti 5S aktivnosti kao nešto normalno i, samo po sebi, prihvatljivo. Bez samodiscipline, bez usvajanja 5S aktivnosti, sve postignuto na primjeni metode vrlo brzo će nestati i stvari će se vratiti u prvobitno stanje. Rezultati implementacije Samodiscipline, za razliku o prethodnih S, nisu odmah vidljivi i nisu jednostavno mjerljivi. Samodisciplina se najviše očituje u ponašanju zaposlenika. Implementacija samodiscipline i održavanja postignutog sigurno je jedan od težih, ako ne i najteži zadataka u implementaciji 5S metode.

U implementaciji samodiscipline sugerira se stvaranje poticajnih uvjeta, primjerice, na način da se naglašava važnost i značaj 5S, osigura dovoljno vremena za 5S, osigura i dobije kontinuirana potpora vodstva, nagradi postignuto, stvori pozitivno ozračje, zadovoljstvo i motiviranost. Neki primjeri postizanja Samodiscipline i promoviranja 5S su slogani, poster, izložbe i oglasne ploče, obilasci odjela koji su uspješno primijenili. Također je bitno analizirati rezultate rutinskih pregleda, te mjeriti i planirati stalni napredak.

Možemo zaključiti da 5S metoda omogućava sustavan pristup aktivnostima uređenja i upravljanja radnim okruženjem. Osnovne prednosti koje se mogu prepoznati i ostvariti uvođenjem 5S metode su kraće vrijeme prelaska s jednog proizvoda na drugi, manja mogućnost pogreške u radu, viša razina kvalitete proizvoda, uklonjen nepotreban inventar, više slobodnog prostora, manje čekanja na transport, traženja potrebne opreme, nepotrebnih kretnji, i dr., isporuke na vrijeme, zadovoljavanje postavljenih rokova, smanjenje povreda uslijed zatrpanih prolaza, neurednog skladištenja na povišenim mjestima, masne i prljave proizvodne opreme, te zadovoljniji kupac uslijed povišene kvalitete proizvoda i isporuke u dogovorenim rokovima.

**SLIKA 18. PRIJE PRIMJENE 5S[10]**



**SLIKA 19. POSLIJE PRIMJENE 5S[10]**



### 2.8.3. Kaizen [14]

Nakon Drugog svjetskog rata u Japanu je nastao i Kaizen, kao jedan od temeljnih principa Leana. Značenje te riječi dolazi od japanskog “kai” (“promjena”) i “zen” (“dobar” ili “na bolje”). Dakle, Kaizen filozofija definira se kao kontinuirano poboljšanje – inkrementalno, no konstantno. Pojam je postao popularan nakon izlaska istoimene knjige 1986. godine. Od tada je prihvaćen kao jedan od ključnih koncepata menadžmenta.

Kada je u prvom desetljeću 21. stoljeća Toyota Motor Company premašila General Motors i postala vrhunski proizvođač automobila u svijetu, povećala se svijest o Kaizen pristupu kao prekretnici u uspjehu Toyote. Metoda uključuje sve razine zaposlenih da se angažiraju oko poboljšanja procesa, bilo gdje je to moguće, te podrazumijeva i aktivno uključivanje u radionice gdje se radi na rješavanju konkretnih problema. Najjednostavnije rečeno – ne traži se krivac, traži se rješenje problema. Glavna misao je donositi razumne odluke na temelju prirodno zdravog rasuđivanja. To Kaizen čini praktičnim alatom koji najbolje funkcioniра u kriznim situacijama. Dok se drugi alati

koriste pojedinačno, Kaizen nastoji promijeniti kulturu i procese kroz korištenje mnogih principa Lean koncepta. Jedna od temeljnih ideja je da se počinje s malim problemima, dok se veći postupno rješavaju kasnije kada je izgrađen zalet i kada je Kaizen u potpunosti shvaćen.

Dakle, možemo reći da je upravo Kaizen ono što čini fundamentalnu razliku između Zapada i Japana. Dok Zapad daje značaj velikim idejama i doprinosima pojedinaca, Japan potiče timski rad i svakodnevna manja poboljšanja. To znači da na Zapadu najviše zasluga i odgovornosti pripada menadžmentu ili inženjerima, dok su u Japanu pripisane gotovo jednako radnicima iz pogona, dok menadžment više služi kao podrška u tom ozračju u kojem svatko ima jednako pravo ukazati na problem i priznati pogrešku.

Postoje tri koristi od izvršavanja Kaizena koje je potrebno posebno naglasiti, a prati ih menadžment. Prva je vrijeme, a postavlja se pitanje “Kada stvarno imamo dovoljno vremena za napraviti poboljšanje?”. To znači da se vrijeme događaja (primjene Kaizena) treba planirati, jer čekanje nedostatka vremena za okupljanje tima u svrhu poboljšanja nema smisla. Druga korist koja se posebno naglašava jest timski rad, odnosno svojevrsni izvještaj o tome kako je bilo raditi i sudjelovati unutar tima. Taj komentar signalizira promjenu u stavu od početka do kraja, odnosno usporedbu samostalnog rada s timskim ili unutar različitih timova. Da je ovaj čin konstruktivan govori nam činjenica da su ljudi koji su već radili u Kaizen timu više nego voljni doprinijeti na svaki mogući način. Na ovaj se način Lean promiče na temelju osobnih mišljenja pojedinaca zasnovanih na iskustvu. Treći bitan faktor je dokaz da Lean zaista radi posao. Ljudima je neophodno dati dokaz kako bi uistinu povjerovali. Možemo zaključiti da ovaj koncept uvijek zagovara praktičan rad prije nego suhoparnu teoriju ili niz pravila koji kod većine pojedinaca mogu djelovati kontraproduktivno. Dakle, prikazom neposrednih rezultata iz Kaizen događaja, ljudi shvaćaju da je najveći dio kontrole njihove vlastite radne sredine u njihovim rukama. Ovo uključuje i dokumentaciju aktivnosti koja također može poslužiti kao indikator poboljšanja rada i prisutstva napretka, što potiče porast motivacije radnika i čini da ne odrađuju posao, već uživaju u tome što rade.

---

#### 2.8.4. Poka-yoke

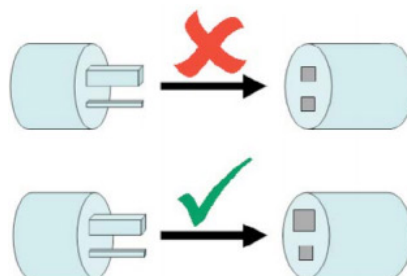
Poka-yoke je japanski termin koji označava nešto što se ne može koristiti na pogrešan način. U doslovnom prijevodu yoka je korisnik, a poka pogreška.

Poka-yoke alat je lean proizvodnje koji pod sobom zahvaća sve mehanizme (konstrukciju, dizajn, izradu, montažu) kojima je zadatak spriječiti operatora u pogrešnom korištenju proizvoda. Ustvari onemogućuje korištenje opreme na krivi način.

Koncept je prvi primjenio otac leana Shigeo Shingo u Toyoti. Gotov proizvod s greškom naziva se škart. Jedan je od 7 glavnih gubitaka u leanu. Shingo je poka-yoke iskoristio kako bi proces proizvodnje bio tako dizajniran da se pogreške detektiraju i popravljaju gotovo instantno te na taj način eliminirao škart.

[15] Poka- yoke se dijeli na 2 tipa:

- kontrolni - kao primjer može se uzeti vaga za prtljagu na aerodromima koja ne dopušta prijam prtljage preko određene težine.
- upozoravajući - kao primjer može se uzeti alarm u autu koji upozorava korisnika ukoliko je ostavio svjetla upaljenim.



**SLIKA 20. POKA-YOKE[13]**

Najprimitivniji primjer poka-yoke u masovnoj proizvodnji jest punjač za mobitel. Punjač je dizajniran tako da ima unikatni izlaz te onemogućava spajanje s drugim uređajima osim onog za koji je napravljen. Tako sprječava korisnika koji je u ovom slučaju krajnji kupac, da barata s opremom na krivi način te napravi pogrešku koja bi potencijalno rezultirala kvarom uređaja.

---

## 2.8.5. 5-Zašto

5-zašto jednostavan je, ali vrlo moćan lean alat čija aplikacija vrlo široka. Sva mudrost iza metode je postavljanje pitanja zašto i ponavljanje 5 puta kako bi se ušlo u srž problema.

Kreće se od početnog problema, no svakim ponavljanjem uklanjamo jedan simptom i ulazimo sve dublje i dublje. Zna se pokazati da solucija konačnog problema ustvari nema veze s početnim pitanjem.

Metoda se odvija u 4 koraka:

1. Treba zapisati specifični problem. Zapisivanje je bitan korak jer formalizira problem i drži pažnju tima.
2. Zapitati se “Zašto se to događa?” te zapisati odgovor ispod pitanja
3. Ako taj odgovor ne rješava srž problema iz prve točke zapitati se ponovno zašto te zapisati odgovor
4. Ponoviti kružni proces koliko puta je potrebno da se dođe do rješenja

5-zašto alat je koje moguće koristiti u svim sferama poslovanja. Radilo se o proizvodnji, razvoju i inovacijama, prodaji ili marketingu. Zbog svoje jednostavnosti, a široke primjenjivosti korisno je upoznati sve zaposlenike s njezinom primjenom. Lean vodstvo može ovu tehniku iskoristiti kao uvod zaposlenika u svijet lean filozofije.

## **3. SMED**

### **3.1 Izmjena alata**

Na tržištu uspijevaju samo najbolji. Fundamentalna stavka poduzećima je povećati proizvodnost te smanjiti troškove kako bi margina dobiti bila veća. Veća dobit omogućuje širokopojasno raspolaganje kapitalom koji je moguće nanovo uložiti u modernizaciju proizvodnog procesa. Veća modernizacija dovodi do višeg stupnja automatizma i veće efektivnosti proizvodnje. Možemo reći da je to jedan kružni proces koji ne smije stati ako poduzeće želi napredovati.

No gdje u tom krugu nalazimo izmjenu alata? Svugdje!



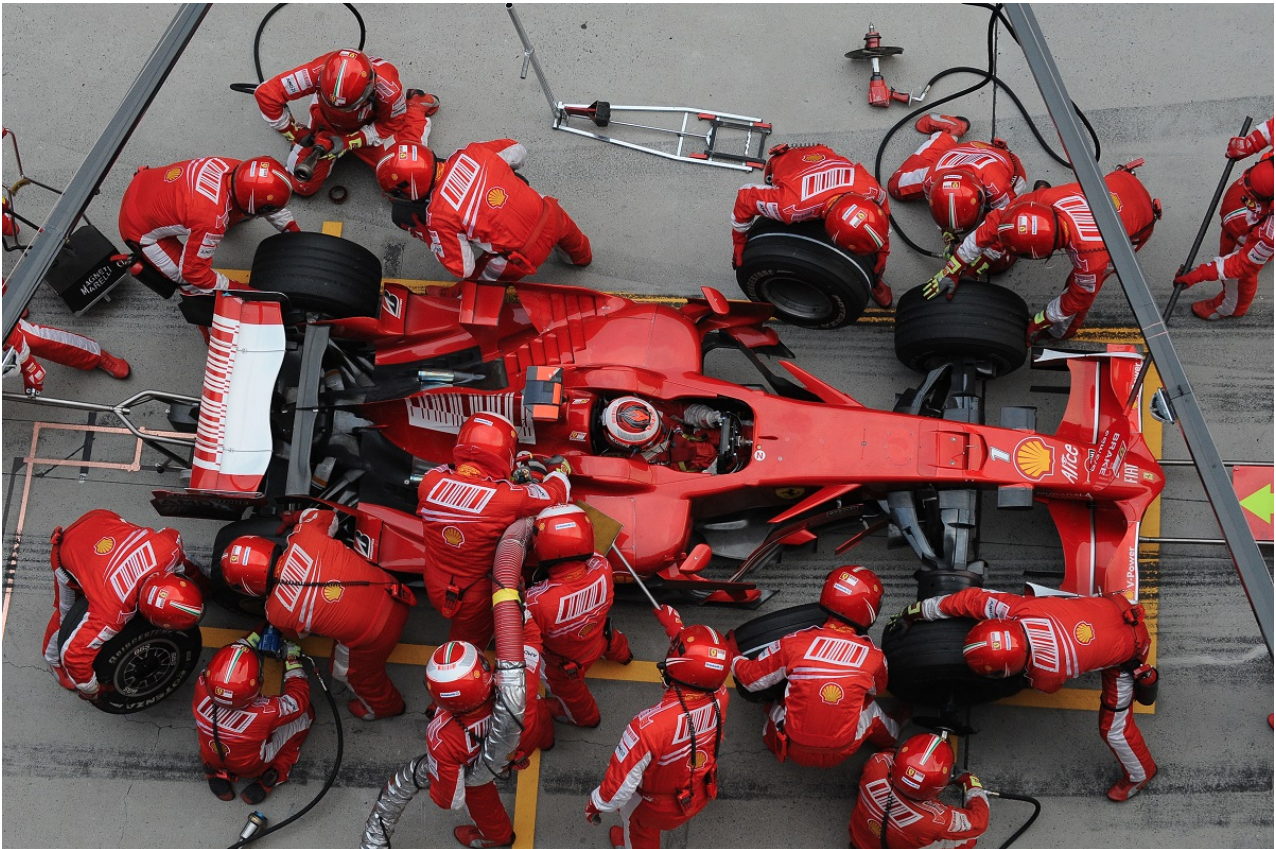
**SLIKA 21. SMED [22]**

Alat u ovom kontekstu nije samo oruđe za oblikovanje materijala i izvođenje radnih operacija. Pod alat odnosno na engleskom “tool” u ovom slučaju obuhvaćamo sve strojeve, naprave, oruđe, kalupe... Lakše je shvatiti obujam pojma alata definiranjem procesa izmjene alata, a definicija glasi: potrebno vrijeme za promjenu opreme od završetka proizvodnje zadnjeg dobrog proizvoda A do završetka proizvodnje prvog dobrog proizvoda B. Ovo je definicija za izmjenu alata u proizvodnom pogodu, no ako se radi o uredu, bolnici, gradilištu potrebno je samo izmjeniti riječi “zadnji dobar proizvod” sa “zadnjim potezom jedne vrste posla”.

Zanimljiv primjer brze izmjene alata je zaustavljanje formule 1 u boksu te proučavanjem brzih poteza mehaničara. Prije 40 godina stajanje u boksu znalo je trajati preko minute te je bilo primjer neefektivnosti i slabe organiziranosti. Danas stanke u boksu mogu trajati manje od 4 sekunde. Par sekundi uštede vremena u ovoj vrsti “izmjene alata” mogu značiti pobjedu ili poraz na kraju utrke.

Primjer F1 banalan je, vrlo slikovit. Isto se odnosi na bilo kojeg proizvođača ili ponuđača usluga.

SLIKA 22. SMED - F1 [22]



Pretpostavimo da poduzeće proizvodi proizvod A na CNC glodalici te da je upravo uspješno proizvedeno 10 dijelova, potrebna dnevna zaliha. Sada je potrebno na istoj mašini proizvesti 10 proizvoda B. Operator zaustavlja stroj te započinje proces izmjene alata te prilagođavanja CNC mašine za proizvodnju drugog proizvoda. Za cijelo to vrijeme mašina ne radi. Proces izmjene alata može uključivati skupljanje potrebnih dijelova, alata, skica, crteža, uputa za korištenje, traženje kolege radnika kako bi mu pomogao... Sve to rezultira sa zastojem rada te mašine, što je čisti primjer jednog od ranije navedenih 7 glavnih gubitaka lean proizvodnje. Konačno, nakon nešto vremena, operater uspijeva pokrenuti mašinu te proizvesti prvi proizvod B. Tek nakon što je drugi proizvod uspješno proizveden proces izmjene alata je dovršen. [16]

No zamislimo najgori scenarij. Proizvod B je proizveden no na provjeri kvalitete zaposlenih uviđa da je proizvod B škart. Je li u tom slučaju proces izmjene alata dovršen? Nije. Po definiciji, završen je tek nakon proizvodnje prvog dobrog proizvoda B.



## 3.2 Što je SMED? [1]

SMED je sustav za smanjenje vremena izvršenja promjene opreme. Bit SMED sustava je pretvoriti što više koraka promjene opreme u eksterne, odnosno, one koji se mogu odvijati tijekom rada opreme te pojednostaviti i ubrzati preostale korake. Samo ime SMED je akronim engleskih riječi single minute exchange of die, u prijevodu smanjenje svih vremena promjene na jednoznaменkastu vremensku jedinicu (single digit).

Kod uspješnog izvođenja SMED programa mogu se očekivati sljedeće promjene:

- Niži proizvodni troškovi zbog brzih izmjena opreme
- Smanjuje se vrijeme zastoja
- Brži i bolji odgovor na potrebe potrošača, fleksibilnije promjene na proizvodu
- Manje veličine serija odnosno smanjena potreba za skladišnom površinom
- Lakše započinjanje proizvodnje novog proizvoda

Jedan je od najjačih i najpoznatijih alata lean proizvodnje korišten vrlo često u naprednim poduzećima. 60ih godina prošlog stoljeća razvio ga je japanski inženjer Shigeo Shingo koji je radio kao vanjski konzultant za Toyotu. U to vrijeme, Toyotin problem bile su prevelike zalihe odljevaka te je tražila načine efektivnijeg provođenja izmjene alata. Shino je izmislio metodu kojom je skratio promjenu na preši s 4 sata na manje od 3 minute. Cijeli proces opisao je i dokumentirao u svojoj knjizi "A Revolution in manufacturing: The SMED System".

Vrlo česta primjedba SMED sistema je navodna potreba za visokim investicijama u novu i skuplju opremu, što je skroz netočno i dezinformirajuće. Bitno je za naglasiti da se 50% SMED optimizacije svodi na organiziranje radnog mjesta po natuknicama 5S sistema, što znači bez financijskih ulaganja.

No zašto je potrebna i zašto bi se lean menadžeri zamarali optimizacijom izmjene alata?

Prvi razlog je zato što rezultira skraćivanjem vremena vođenja (“lead time”). Vrijeme vođenja je količina proteklog vremena od trenutka postavljanja narudžbe od strane kupca do dostave finalnog proizvoda tom kupcu. Drugim riječima vrijednost se stvara brže kad strojevi rade i nema zastoja. Lean poduzeća tu bi prednost trebali iskoristiti za povećanje zadovoljstva kupaca i rast poslovanja. Nadalje, veličine proizvodnih serija (“lot size”) mogu biti manje što je kraće vrijeme izmjene alata.

Imamo proizvod koji se sastoji od dijelova A, B i C te se svi dijelovi proizvode na istom stroju. Kako bi se apsorbiralo vrijeme izmjene alata proizvodnja se neće vršiti na način da se proizvede dijelovi jedan za drugim. Proizvodnja će se vršiti u serijama. Po završetku proizvodnje dovoljne serije A dijelova, doći će do izmjene alata i proizvodnje serije B. Sve u svemu kupac koji je naručio proizvod morat će čekati da se izvrši proizvodnja 21 komada (10 dijelova A, 10 dijelova B i jedan dio C) prije nego će njegov proizvod, za koji su u ovom primjeru dovoljni po jedan A, B i C dio, biti sklopljen i spreman za isporuku. Primjenom SMEDA odnosno kraćenjem vremena izmjene alata moguće je smanjiti veličinu serija te direktno skratiti vrijeme proizvodnje od trenutka narudžbe do dostave klijentu.

Stvar je u tome što čekanje i zastoji čine veliki postotak izgubljenog vremena u ukupnom vremenu vođenja.

Drugi razlog je povećanje fleksibilnosti proizvodnje. Veća fleksibilnost omogućava proizvodnju šireg dijapazona proizvoda te usluživanje većeg broja klijenata.

Treći razlog je značajno smanjivanje nepotrebnih zaliha. Rezultat je brži i dinamičniji protok novca.

SMED je jedan kompleksni proces koji se sastoji od više koraka. Cilj je postizanje što brže izmjene alata pri proizvodnji. Ukupni proces sačinjen je od različitih tehnika, uputa i metoda. Uključuje pripremu opreme i alata, isprobavanje, prilagodbu, eventualno i izradu probnih uzoraka. Ukupni gubitak sastoji se od nematerijalnih i materijalnih troškova.

Materijalni gubitci	Nematerijalni gubitci
probni uzorci	vrijeme odziva
defekti	rizik gubitka tržišnog udjela

**TABLICA 2. UKUPNI GUBITAK**

škart	stres zaposlenika
izgubljeni kapacitet i inventar	potrošnja opreme

Efikasnost izmjene alata ovisi o 3 bitna faktora, a to su upoznatost s tehničkim aspektom opreme, organizacija rada te znanje o metodi. Bitan čimbenik uspješnosti SMEDa jest količina motivacije radnika za suradnju te prihvaćanje novih metoda i načina rada. Čak ni s modernom opremom dizajniranom za brze izmjene, efektivni nivo rada se neće postići ako operatori ne surađuju i ne prepoznaju prednosti koje donose suvremenije metode. Pokazalo se da mnoga poduzeća uopće ne uzimaju u računicu gubitke koje donosi proces izmjene alata pa logikom slijedi da niti nisu u mogućnosti procijeniti dobit, bilo materijalnu, bilo nematerijalnu do koje može doći reduciranjem vremena izmjene. Ta činjenica predstavlja veliki problem pri širenju SMED potencijala.

SMED klasificira izmjenu alata u dvije faze, internu ili unutarnju te eksternu ili vanjsku. Interna predstavlja aktivnosti koje se mogu odvijati samo za vrijeme dok stroj odnosno alat nije u pogonu dok se eksterne mogu odvijati i za vrijeme rada alata. Cilj je pretvoriti što više internih operacija u eksterne, te na kraju skratiti interne na minimum minimuma. Korak kategoriziranja to jest razdvajanja aktivnosti na eksterne i interne smatra se najbitnijim jer donosi do skraćivanja izmjene alata za 30-50%. Vrlo se često mogu prepoznati aktivnosti koje se odvijaju interno, odnosno dok alat miruje, a mogle bi se bez ikakvih problema, odvijati za vrijeme rada stroja.

U drugom koraku, interne operaciju su detaljno analizirana te ukoliko je moguće, a često je moguće, pretvorene u eksterne. Zadnji korak jest racionalizacija i optimizacija svih operacija.

SMED je jedna od najproučavanijih lean metoda. Brojne su primjene vršene i na akademskom i na praktičnom nivou te se pokazao kao vrlo moćan alat uštede vremena, odnosno indirektno, povećanja profita.

---

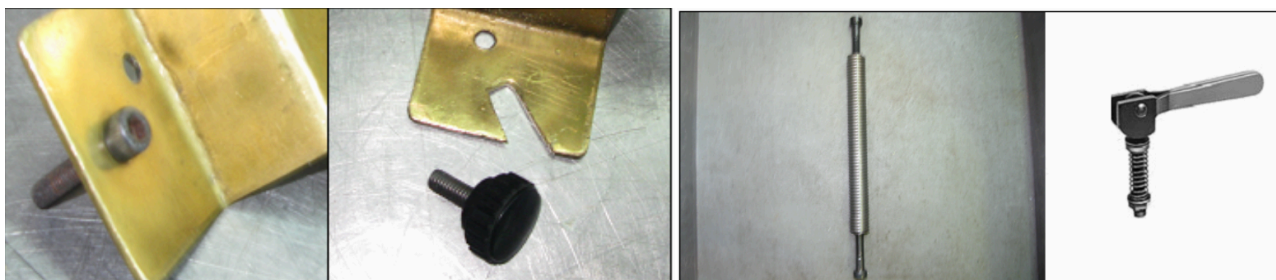
### 3.3 Case Study - 1 [4]

Ukratko ću objasniti kako se SMED primijenio na jedno portugalsko poduzeće koje se bavi proizvodnjom plastičnih i metalnih odljevaka. Glavni razlog implementacije SMEDa bilo je

poboljšanje performansi proizvodnje te smanjivanje zaliha. Kako bi u potpunosti razumjeli proces izmjene alata, par operacija je trebalo biti analizirano. Analizirale su se promjene na 2 stroja: udarnoj preši i injekcijskoj preši.

Svaka izmjena pažljivo je i kompletno evidentirana dokumentacijom i video snimkom. Odmah je bilo očito da izmjene nisu napravljene efektivno. Uz dugotrajne izmjene, uočena je i velika distanca koje radnici moraju proći kako bi pronašli i pokupili potrebne alate i popratnu opremu. Nadalje, uočen je veliki stupanj neorganiziranosti dokumentacije na radnom mjestu što značajno otežava odnosno usporava izmjenu. Nisu svi radnici jednako educirani. Svaki ima drugačiji nivo iskustva te nedostatak dokumentacija doprinosi oscilaciji vremena izmjene pod utjecajem ljudskog faktora. Alatnica se pokazala kao mjesto na kojem se primjenom jednostavnih 5S tehnika mogu zamjetiti velike razlike u vremenskoj duljini traženja alata i potrebnih dijelova. Sve je to zajedno značajno opteretilo vrijeme izmjene. Nakon detaljne analize upotunjene “brainstorming” sastancima s radnicima odnosno operaterima zabilježeni su prijedlozi za implementaciju.

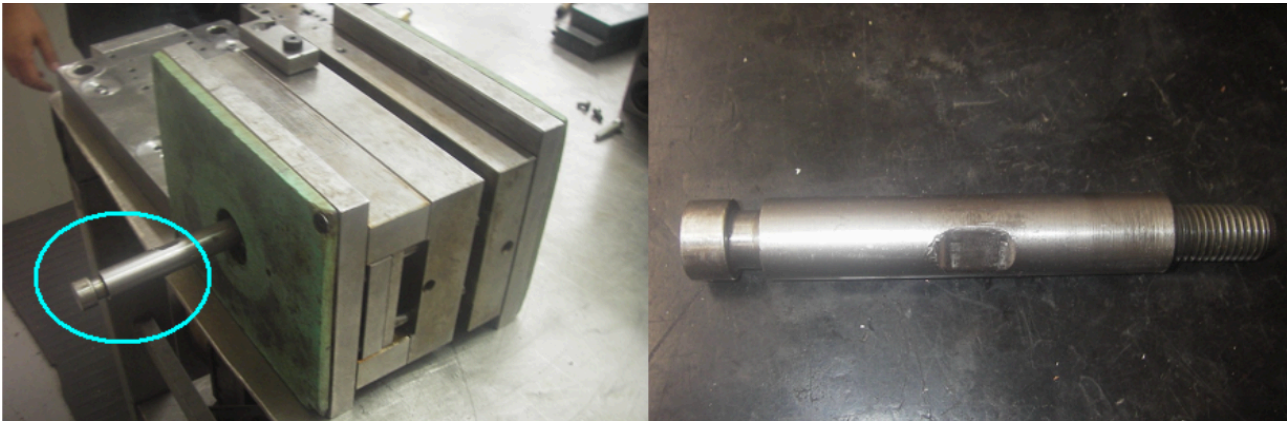
U udarnoj preši vanjski i unutarnji procesi su jasno razdvojeni. Traženje potrebnih dijelova, čišćenje i sklapanje alata počelo vršiti za vrijeme pogona stroja, kao vanjski proces. Neke interne operacije uspješno su transformirane u eksterne. Tipovi vijeka su izmjenjeni kako bi stezanje bilo jednostavnije i brže. Predloženo je uvođenje standardiziranih stalaka za alate.



**SLIKA 23. IZMJENA VIJAKA [4]**

U injekcijskoj preši, kao i prethodnima, sve pripreme opreme i alata sada se odvijaju za vrijeme rada stroja. Nadalje, dvije unutarnje operacije pretvorene su u vanjske. Jedna od tih operacija

zahtjevala je zaustavljanje preše kako bi se konektor prespojio na drugi alat. Do jednostavne optimizacije došlo je proizvodnjom još jednog konektora koji se mogao staviti na drugi komad još za vrijeme izrade prethodnog, čime je postignuta pretvorba iz internog u eksterni. Druga konverzija uključivala je predzagrijavanje, prethodno obavljano unutar kalupa.



**SLIKA 24. KONEKTOR [4]**

Nadalje, modificiran je sistem stezanja. Definirane su vrijednosti parametara na kontrolnom panelu preše te je nadodana alatna ploča. Parametri su uključivali temperaturu, količinu injektiranog materijala, vrijeme početka i završetka operacije i pritisak. Općenito je na svakom radnom mjestu provedena implementacija 5S lean sistema te je uvedena metodologija rada popraćena dokumentacijom.

Nakon uspješne implementacije SMEDA postigli su zadovoljavajuća poboljšanja performansi.

Izmjereno je vrijeme izmjena nakon promjena te je uspoređeno s prvotnim vrijednostima. Ušteda vremena je očita na prvu.

No promjena na bolje nije uočena samo u vremenu izmjene alata, već i u višoj ergonomiji radnog mjesta. Procesi su zabilježeni, metodologija izmjene dokumentirana te jasne upute istaknute na svakom koraku. Svaki radnik koji rukovodi strojem upoznat je sa striktnom procedurom izmjene te obavezan pratiti upute točku po točku. Procedura je sistematizirana te su s konciznim postupkom upoznati svi zaposleni čiji obujam posla obuhvaća rad na prešama. Na taj način minimaliziran je utjecaj iskustva i znanja na osciliranje performansi od radnika do radnika.

Očekivano, optimizacija vremena izmjene alata direktno je utjecala i na mogućnost smanjenja veličine serija proizvoda. Smanjenje serije rezultiraju kraćom količinom vremena potrebnog od samog početka proizvodnje dijela do gotovog proizvoda, odnosno vremenom vođenja.

Vrijeme vođenja kod proizvodnje metalnih odljevaka skraćeno je sa sedamnaest na manje od osam punih dana što je ušteda od 54,6%. Kod plastičnih odljevaka ušteda je još značajnija i iznosi ogromnih 78%. Shodno tome cijena izrade pala je s 439 eura (prije imlementacije SMEDa) na 87,80 eura nakon implementacije.

Na samom početku uočeno je da bi veliki problem moglo predstavljati neefikasno kretanje zaposlenika. Udaljenosti su bile prevelike, planovi kretanja su bili stihijski, a efektivnost svega toga gotovo nikakva. Shema kretanja zahtjevala je fundamentalnu promjenu iz korijena. Poboljšanja su postignuta sveobuhvatnim relociranjem strojeva u odnosu na alatnicu, postavljanjem radnih stolova odmah do preša, njihovim slaganjem po 5S kriterijima te sakupljanjem svih dijelova potrebnih za sljedeću operaciju još za vrijeme rada stroja prije zaustavljanja, kao eksternalni proces.

Hvatanje ritma s konkurencijom u današnje vrijeme je težak zadatak. Biti konkurentan zahtjeva stalnu nadogradnju, pažljivo trošenje resursa i povećanje stupnja efikasnosti. U proizvodnji to jako ovisi o fleksibilnosti odnosno sposobnosti da promijeni proizvodnju od jednog do drugog proizvoda sa što manjim troškovima. To koristi i kupcu i proizvođaču. Kupcu jer omogućuje brže dobivanje konačnog proizvoda od trenutka narudžbe. Proizvođaču jer omogućuje brzu reakciju i nižu cijenu konačne proizvodnje. Međutim fleksibilnost proizvodnje ne smije biti na uštrb proizvodnih kapaciteta. SMED je prvenstveno alat čiji je primarni cilj povećanje fleksibilnosti proizvodnog procesa. Osnovna ideja SMED-a jest smanjivanje potrebnog vremena zamjene alata i kasnijeg naknadnog podešavanja.

Implementacija novih metoda nužan je korak u razvitku poduzeća. Jedino tako poduzeća ostaju konkurentna na tržištu. Većina poduzeća u tu svrhu ulazi u partnersku suradnju sa specijaliziranim "consulting" kompanijama. No u tvrtkama s više tisuća zaposlenih, ukoliko u strukturi rada imaju odjele za istraživanje i razvoj moguće je raditi na nadogradnji i poboljšanju proizvodnje unutar kuće (in house). Globalni trend je investiranje sve većeg postotka prihoda u R&D (istraživanje i razvoj).

### 3.4. Case study - 2 [5]

Prije nego što krenem na metodologiju SMEDa želim navesti još jedan uspješan primjer implementacije toga moćnog alata u ljevaonici CIMOS u Buzetu. Kao što se vidi iz sljedeće tablice uštede su značajne. Najjednostavnijim dodavanjem uputa skraćeno je 4 od 8 procesa u izmjeni alata. Upute minimaliziraju mogućnost pogreške radnika, odnosno umanjuju vjerojatnost pogreške ljudskog faktora. Samo dodavanjem uputstva ukupno je uštedeno 52 min što je 11% ukupnog vremena. Ako tome pribrojimo standardizaciju uštedili smo 67 minuta. Preko jednog sata je napravljeno izmjenama koje imaju utjecaj samo na faktor ljudske pogreške i to bez kune ulaganja u modernizaciju opreme. Ne kaže se bez razloga da se većina vremena ne gubi na tehnološkim greškama već ljudskim. Do primjene SMEDa u ljevaonici CIMOS tjedno se izvodila samo jedna izmjena alata. Nakon implementacije povećali smo fleksibilnost proizvodnje jer se sada mogu tjedno izvesti dvije promjene alata što znači da je moguće proizvoditi 2 različita proizvoda.

Ukupna vremenska ušteda iznosi 223 minute. To, prije neiskorišteno vrijeme koje je predstavljalo oportunitetni trošak sada može biti iskorišteno za proizvodnju. Drugim riječima, povećali smo produktivnost rada. Dodavanjem uputstva za rad, primjenom 5S metodologije te standardizacijom, radna okolina postala je čišća i urednija.

Aktivnosti / Activities	Trajanje aktivnosti prije SMED-a / Activities before SMED implementation	Poboljšanja / Improvements	Trajanje aktivnosti nakon SMED-a / Activities after SMED implementation	Vremenska ušteda / Time savings
Transport / Transport	35	Uputstva za rad / Working manuals	15	20
Grijanje / Heating	90	Predgrijanje / pre heating	0	90
Pomoćni alati / Auxiliary tools	49	SMED stol / SMED table	9	40
Demontaža alata za odsjecanje / Cutting tools deinstalation	37	Uputstva / Manuals	27	10
Montaža alata / Tools instalation	64	Standardizacija / Standardization	49	15
Demontaža alata za lijevanje / Deinstallation of casting tools	58	Uputstva / Manuals	44	14
Montaža alata za lijevanje / Installa-tion of casting tools	115	Standardizacija / Standardization	89	26
Pokretanje procesa / Process starting	15	Uputstva / Manuals	7	8
Ukupno / Total	463	Ukupno/Total	240	223

**TABLICA 3. CASE STUDY[5]**

## 4. SMED METODOLOGIJA [6]

Jedno od važnijih pitanja prilikom sagledavanja neke proizvodnje je: “Što se želi postići?”, naravno odgovor na ovo pitanje je da je cilj svake proizvodnje smanjiti troškove. Budući da je ovo rad o LEAN proizvodnji, dobro je postaviti si neka pitanja prilikom bilo kakve reorganizacije proizvodnje, a to su:

Prije uvođenja bilo kakve promjene u postojeći sustav treba se znati koji je konačan cilj. Što točno želimo postići, u kojem vremenskom roku i pod kojim uvjetima.

- Kako sniziti troškove?
- Kako minimalizirati faktor ljudske greške?
- Kako povećati kvalitetu?
- Kako povećati fleksibilnost?
- Kako ostvariti konkurentsku prednost?

Tri su faktora potrebna kako bi se nešto uspješno proizvelo. To su oprema, ljudi i materijal. Najosjetljiviji faktor su naravno ljudi. Svaki faktor ima probleme koje uzrokuje te su izrazito kompleksni za analizu kod organizacije proizvodnje.

Kroz sljedeće točke pokušati ću transformirati relativno apstraktnu temu kao što je SMED u jednostavne korake za implementaciju.



---

## 4.1 Prije početka

Implementacija SMEDa uvijek ima pozitivan učinak na proizvodnju, no nije uvijek prioritet. Svako poduzeće ima ograničene resurse te se oni moraju usmjeriti tamo gdje će doprinjeti najbolje rezultate. Iz tog razloga prvi korak za svaku tvrtku bi trebalo biti oučavanje i analiza procesa u kojem se korisno vrijeme gubi.

Faktor koji se mjeri je OEE (Overall Equipment Effectiveness) u prijevodu “sveukupna efektivnost opreme”. Prema OEE gubitci se dijele u šest kategorija. U teoriji, cijelokupni sustav proizvodnje trebao bi se analizirati minimalno 2 tjedna kako bi se mogla dobiti jasna slika o gubitcima.

Ako promjena alata predstavlja barem 20% ukupnih gubitaka koristi se SMED.

---

## 4.2 Odabir područja primjene

U ovom koraku odabiremo mjesto primjene metode. Idealni sustav imat će sljedeće karakteristike.

vremenska duljina	izmjena je dovoljno dugačka da postoji mogućnost poboljšanja - idealno par sati
varijacija	vrijeme izmjene može značajno oscilirati
prilika	više prilika za izvođenje izmjene (ubrzano testiranje)
iskusni zaposlenici	motivirani i angažirani radnici
usko grlo	izmjena se vrši na uskom grlu što znači da će poboljšanja biti brzo uočljiva

**TABLICA 4. IDEALNI SUSTAV [6]**

U SMED projekt uključuju se svi zaposlenici promatrane izmjene te se stvara radna skupina unutar koje se raspravljaju svi mogući prijedlozi i odluke. Na prijašnjim primjerima određuje se bazno vrijeme potrebno za izmjenu.

---

### 4.3 Prepoznavanje elemenata

Radni tim oformljen u prijašnjem koraku radi zajedno na identifikaciji svih elemenata izmjene. Uz pomoć posebnih tablica bilježe se svi koraci u izmjeni. Uključujući sve događaje od završetka proizvodnje zadnjeg komada A, do kraja proizvodnje prvog dobrog komada B. Najbolji način je video snimanje cijele izmjene s paralelnim popisivanjem svih elemenata, a to uključuje opis i trajanje izvedenog rada.

- Prosječna izmjena rezultira dokumentacijom 30 do 50 elemenata
- Način za olakšati dokumentiranje izmjene bio bi ljepljenje kartice na zid po redoslijedu kojim se događaju elementi
- potrebno je jasno naznačiti, prepoznati i razdvojiti ljudski faktor i faktor opreme
- Tijekom snimanja bolje je kada nekoliko ljudi radi kao promatrači te bilježe izmjene iz više kutova
- ovo je faza čistog promatranja, bez ikakvih pokušaja promjena procesa

---

### 4.4 Izdvajanje vanjskih elemenata

Sljedeći, vrlo bitan korak je izdvajanje vanjskih elemenata. To su oni elementi procesa izmjene koji se mogu odvijati tijekom rada stroja. Nije neobično da se vrijeme izmjene skрати gotovo na pola implementacijom ovog koraka. Prolazimo redom po zabilježenoj dokumentaciji te za svaki element postavljamo pitanje, može li se ovaj element izmjene obaviti za vrijeme rada stroja odnosno opreme? Ako je odgovor na to pitanje da, onda element automatski klasificiramo kao eksterni.

Primjeri eksternih elemenata:

- vraćanje alata i materijala
- inspekcija alata i materijala
- čišćenje dijelova

- kontrola kvalitete u zadnjem ciklusu proizvodnje

Na kraju ovog koraka dobivamo popis s internim te eksternim (prije i poslije izmjene) elementima.

---

#### 4.5 Pretvaranje internih u eksterne elemente

Cilj ovog koraka metodologije je pretvaranje što većeg broja internih elemenata izmjene u eksterne. Prolazimo jedan po jedan interni element te za svaki postavljamo pitanje: “Postoji li nači da se ostvari pretvorba? Ako da, kako?”.

Rezultat je lista mogućih elemenata za pretvorbu. Listu je potrebno prioritizirati, odnosno odrediti one elemente kod kojih bi pretvorba bila najjednostavnija. U obzir se uzima trošak i isplativost pretvorbe. Mjere se i analiziraju dvije bitne stavke, trošak pretvorbe te potencijalna ušteda vremena. Shodno tome donosi se odluka ide li se u pretvornu elementa. Rezultat ovog koraka trebala bi biti lista s manje internih, a više eksternih elemata.

Tehnike koje se mogu koristiti za pretvorbu:

- Pripremanje dijelova unaprijed
- Poravnavanje prije izmjene
- modularizacija opreme
- modifikacija opreme

---

#### 4.6 Pojednostavljanje ostalih elemenata

Nakon dobivanja kraće liste internih elemenata, sljedeći korak je pojednostaviti odnosno simplificirati preostale operacije. Prioritet su naravno interni elementi, no vrši se i pojednostavljanje vanjskih. Kao u prethodnom koraku, radi se analiza troškova i benefita te prioritiziraju elementi.

Tehnike koje koristimo za pojednostavljivanje:

- uklanjanje vijaka
- eliminiranje podešavanja
- uklanjanje nepotrebnih pokreta
- smanjiti čekanja na minimum
- standardizacija alata i opreme
- automatizacija i mehanizacija

Kod implementacije SMEDa ključno je prepoznati dvije kategorije mogućih poboljšanja, ljudske i tehničke. Na ljudske se utječe boljom organizacijom i pripremom dok se na tehničke utječe inženjerskim metodama. Bitno je da radni timovi ne upadnu u zamku pretjeranog fokusiranja na tehničke aspekte. Povijest je pokazala da se mnogo jeftnije i značajnije uštede baziraju na poboljšanju ljudskog faktora. No pristup treba biti orijentiran na kompletnu sliku procesa.

Ovo je ukratko prikaz implementacije SMEDa po koracima, od početka do kraja. U sljedećem poglavlju primjeniti ćemo objašnjenu metodologiju na praktičnom primjeru iz industrije.

## **5. PRIMJENA SMEDa u FERIOIMPEXu**

---

### 5.1. O poduzeću [7]

Današnje poduzeće Feroimpex, nastalo je 1976. godine kao mala, kućna bravarska radionica koja se bavila proizvodnjom vijaka i opruga. Taj je mali pogon tijekom godina prerastao u radionicu za

proizvodnju dijelova za strojeve za tekstilnu industriju. Danas je Feroimpex moderno poduzeće, koje djeluje na hrvatskom i europskom tržištu. S više od 300 zaposlenih uspješno konkurrira na zahtjevnom tržištu. Bave se prvenstveno proizvodnjom ležajeva, dijelova za automobilsku i željezničku industriju, proizvodnjom alata i komponenta ležajeva za vjetroelektrane. Proizvodnja ležajeva i opreme za automobilsku industriju čini 70% plasmana te tvrtke koja cjelokupni prihod od gotovo 180 milijuna kuna ostvaruje u izvozu. Godišnje obrade 15 tisuća tona čelika i proizvedu između 12 i 15 milijuna raznih dijelova za autoindustriju. Proizvodni pogoni nalaze se na Jankomiru u Zagrebu te zauzimaju preko 10 000 metara kvadratnih. Poduzeće je u 100% privatnom vlasništvu obitelji Legac.



SLIKA 25. FEROIMPEX LOGO[7]

2013. godine dobili su jamstva Hrvatske agencije za malo gospodarstvo i investicije (Hamag Invest) za kreditiranje novog pogona. Radilo se o investicije vrijednoj 31 milijun kuna, od čega se kreditom pokrilo 23 milijuna. Hamag je dao jamstvo od 11.5 milijuna kuna, najveći iznos garancije te agencije do tada. Investicija je bila namjenjena za gradnju nove peći za toplinsku obradu komponenti ležajeva koja je u međuvremenu 2015. godine puštena u pogon. [8]

---

## 5.2 Proizvodni pogon

Praktični dio ovog rada, odnosno implementacija SMEDA obavljena je na jednoj tokarilici u proizvodnom pogonu. S obzirom na poslovnu tajnu, nije bilo moguće obaviti video dokumentaciju izmjene alata, već je dokumentiranje obavljeno bilježenjem u SMED tablicu.

Proizvodni pogon dijeli se na:

- obrađivanje tokarenjem
- obrađivanje glodanjem
- kontrolu kvalitete
- alatnicu
- toplinsku obradu



**SLIKA 26. ALATNICA**

- Glavna podjela ležajeva koji se izrađuju u toj proizvodnoj hali je na “inner ring” i “outer ring”. Inner ring, naziv koji se rabi, na njemačkom bi značio unutarnji prsten, dok je “outer ring” vanjski prsten ležaja. U ovom slučaju, vršila se izmjena proizvodnje na tokarilici s vanjskog prstena jedne dimenzije na vanjski prsten druge dimenzije. Načelno, to je najjednostavnija izmjena alata, no i dalje se može jednostavno zakomplicirati pošto je udio ljudskog faktora veliki.

**SLIKA 27. DIO LEŽAJA**



## SLIKA 28. MJERENJE



---

### 5.3 Alatnica

Alatnica je sastavni dio proizvodnog pogona. Bitan je faktor svake izmjene alata jer se svi dijelovi nužni za uspješnu izmjenu na stroju nalaze tamo, uključujući i pakne, prstene i stezne glave.

Stanje alatnica je uz konzultacije s radnicima detaljno analizirano. Ustanovljeno je da je u veoma dobrom stanju. Sva dijelovi, alati i oprema za strojeve uredno je organizirana po policama te grupirana po proizvodnoj liniji na kojoj se koristi pomoću oznaka. Dodatno, svaki komad na sebi ima oznaku specifikacije po kojoj se raspoznaje. Što se urednosti i čistoće tiče, odmah je vidljivo da se do alatnice iznimno drži te da radnici rabe neke metode 5S sustava.

Jedini problem alatnice je deficit prostora. Kvadratura prostorije je premala te bi cjelokupni asortiman bio još pregledniji kada bi prostora bilo više.



**SLIKA 29. ALATNICA**



**SLIKA 30. ALATNICA**

Nadalje, dio alatnice odjel toplinske obrade rabi kao skladište što umanjuje preglednost i otežava pristup rubnim dijelovima. S obzirom da su neki dijelovi sitni i osjetljivi postoji potencijalna



**SLIKA 31. ALATNICA**



**SLIKA 32. ALATNICA**



opasnost od oštećenja. Jedini prijedlog poboljšanja, jest pronalazak nekog alternativnog prostora, što je teško izvedivo ili uklanjanje nepotrebnih dijelova iz prostorije, što je praktičnije i realnije.



**SLIKA 33. ALATNICA**



**SLIKA 34. ALATNICA**

---

## 5.4 Način odvijanja proizvodnje

Prije primjene lean alata nužno je prethodno napraviti analizu postojećeg stanja. U ovom slučaju promatra se izmjena na tokarilici. Proces izmjene započinje s operaterem koji prilikom završavanja zadnjih komada prethodne serije uz pomoć radnog naloga sa specifikacijama sljedeće serije u alatnici locira te uzima potrebne dijelove. To su pakne, rezni noževi, stezni prsten, distantni prsten... Na ovoj izmjeni nije bilo zamjene reznih noževa već samo pakni pošto se radilo o prebacivanju proizvodnje na identični vanjski prsten različitih dimenzija.

## SLIKA 35. TOKARANJE

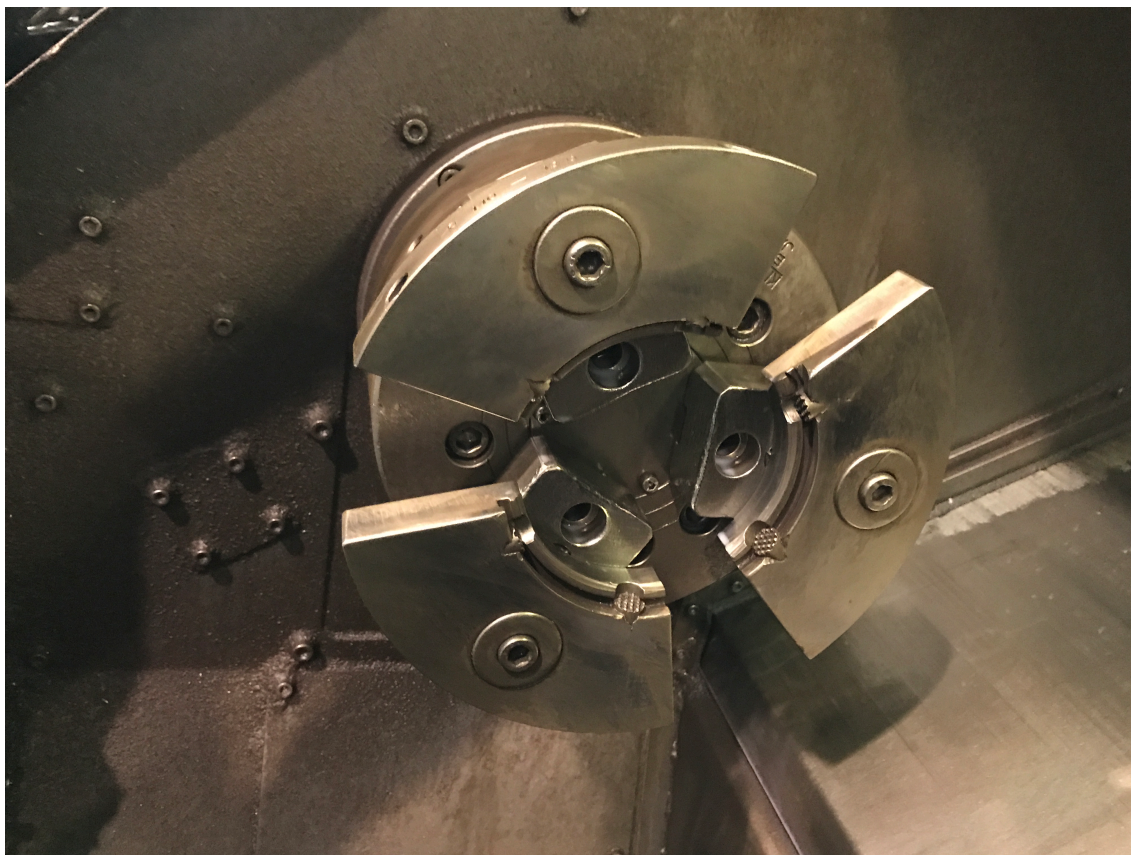


Radno mjesto sastoji se od 2 stroja, odnosno 2 tokarilice na kojima radi jedan operater. Radi se na 2 tokarilice jer jedna ne može napraviti potpunu operaciju obrade. Operacija na prvoj tokarilici je duža nego na drugoj te je normirano 15 sekundi za prebacivanje obratka s jedne na drugu tokarilicu. Ukupno vrijeme izrade obratka je jedna minuta.

**TABLICA 5. SPECIFIKACIJE IZRADKA**

Vrsta ležaja	AU T7FC055-E1-W241-2
napravljeno (komada)	1771
potpuna serija (komada)	2000
za obraditi (komada)	229
normirano vrijeme izmjene	1h

**SLIKA 36. TOKARILICA**



---

## 5.5 Primjena SMED metode

Kako bi SMED bio uspješan potrebno je snimiti odnosno dokumentirati kompletni proces izmjene, od ulaska u alatnicu, do proizvodnje prvog dobrog komada nove serije. Promatraju se svi elementi izmjene. U SMED formi jasno će biti naznačene eksterne i interne aktivnosti, odnosno one koje se obavljaju za vrijeme rada tokarilica i one za koje je nužno da stroj ne radi. SMED forma predstavlja tabličnu usporedbu internih i eksternih dijelova vremena pripreme i izmjene alata. Postoje razne modifikacije SMED formi no ono što uvijek mora sadržavati jest:

- promatrana aktivnost
- komentari aktivnosti
- vrijeme početka aktivnosti

- trajanje aktivnosti
- naznaku je li aktivnost interna ili eksterna
- trajanje aktivnosti u poboljšanom stanju sustava

SMED

Broj događaja	Opis događaja	Vrijeme	Trajanje / eksterno (u minutama)	Trajanje / interno (u minutama)	Komentari	Poboljšano eksterno vrijeme	Poboljšano interno vrijeme
1.	Alatnica - sakupljanje potrebne opreme	11:20	5		2 alata za svaki stroj	1	
2.	Transport do radnog mjesta	11:25	1			0,5	
3.	Provjera stroja	11:26	5		Imamo li sve potrebne dijelove	1	
4.	Izmjena pakni	11:31		20			15
5.	Umjeravanje mjernih urica	11:31		15		15	
6.	Čekanje programera	11:51		5		5	
7.	Ubacivanje programa u sustav tokarilice	11:56		5		0	
8.	Izrada prvog testnog komada	12:01		1			1
9.	Provjeravanje dimenzija na mjernim uricama	12:02		10	škart		10
10.	Izrada novog izradka	12:12		1			1
11.	Provjeravanje dimenzija na mjernim uricama	12:13		5	Ne dovoljno unutar tolerancije		5
12.	Izrada novog izradka	12:18		1			
13.	Provjeravanje dimenzija na mjernim uricama	12:19		5	Uočeno da su mjerne urice krivo kalibrirane		
14.	Čekanje i pokušaj lociranja kontrolora	12:24		12			
15.	Ponovno umjeravanje mjernih urica	12:36		5			
16.	Izrada četvrtog testnog uzorka	12:41		1			
17.	Provjeravanje dimenzija na mjernim uricama	12:42		2			
18.	Transport do odjela za kontrolu kvalitete	12:44		1			0,5
19.	Kontrola kvalitete	12:45		15	jedna dimenzija nije zadovoljavajuća		15
20.	Transport do radnog mjesta	13:00		1			0,5
21.	Izrada novog izradka	13:01		1			1
22.	Provjeravanje dimenzija na mjernim uricama	13:02		1			1
23.	Transport do odjela za kontrolu kvalitete	13:03		1			0,5
24.	2. kontrola kvalitete	13:04		15	treba prepraviti radijus		15
25.	Transport do radnog mjesta	13:19		1			
26.	Izrada novog izradka	13:20		1			
27.	Transport do odjela za kontrolu kvalitete	13:21		1			
28.	Kontrola kvalitete	13:22		5			
29.	Potvrda i potpisivanje radnog naloga	13:27		2			
30.	Transport do radnog mjesta	13:29		1			0,5
31.	Izrada prvog komada serijske proizvodnje	13:30		1			1
<b>Ukupno</b>			<b>11</b>	<b>135</b>		<b>22,5</b>	<b>67</b>

Promjena je postignuta analizom aktivnosti, pretvaranjem internih u eksterne te eliminiranjem gubitaka kao što je prazni hod. Dodavanjem uputstva odnosno checkliste na radni mjesto svih nužnih provjera koje je potrebno odraditi prije izmjene moguće je značajno skratiti prve tri aktivnosti. Transport od alatnice do radnog mjesta, odnosno od radnog mjesta do odjela za kontrolu kvalitete moguće je skratiti bržim kretanjem radnika. Oscilacije u iskustvu operatera zaduženih za podešavanje strojeva su prevelike. Radnicima s manjkom iskustva potrebno je i 4-5 pokušaja izrade obratka kako bi dobili zadovoljavajući dok je iskusnijima za to potrebno jednom do dvaput. Edukacijom i mentorstvom starijih kolega te dodavanjem detaljnih uputa koji će uključivati proces izmjene alata korak po korak, moguće je načelno skratiti broj potrebnih pokušaja do dobivanja obratka zadovoljavajuće kvalitete. Nadalje, fundamentalni problem je nedostatak komunikacija. S obzirom na veliku kvadraturu proizvodnog pogona nužno je bolje povezati sve čimbenike potrebne za kompletnu izmjenu alata, a to su operateri, kontrolori i informatičari. Pokazalo se da se za kratku implementaciju programa znalo čekati programera po više desetaka minuta. Boljom komunikacijom i lakšim lociranjem potrebnog osoblja to vrijeme se za početak prepoloviti. Daljnjom digitalizacijom, odnosno konstruiranjem centralnog HUBa te njegovim spajanjem sa strojevima

implementacija programa bi se mogla odvijati automatski bez potrebe za napuštanjem te sobe. Nadalje, broj potrebnih programera u tom slučaju mogao bi se reducirati.

**SLIKA 37. MJERNE URICE**



Problem s kojim sam se susreo je i nedostatak standardizacije. U proizvodnom pogonu Feroimpexa postoji više tipova numerike te čak 7 različitih tipova tokarilica. Rad, odnosno izmjena opreme na svakoj je drugačija, ne fundamentalno, no dovoljno da uspori operatera. Nadalje, vezano sa standardizacijom, svega par tokarilica ima funkcionalu mjernu ruku. Mjerna ruka pomoću senzora automatski nulira rezne noževe, što je nužan korak prilikom izmjene noževa. Ukoliko tokarilica ne

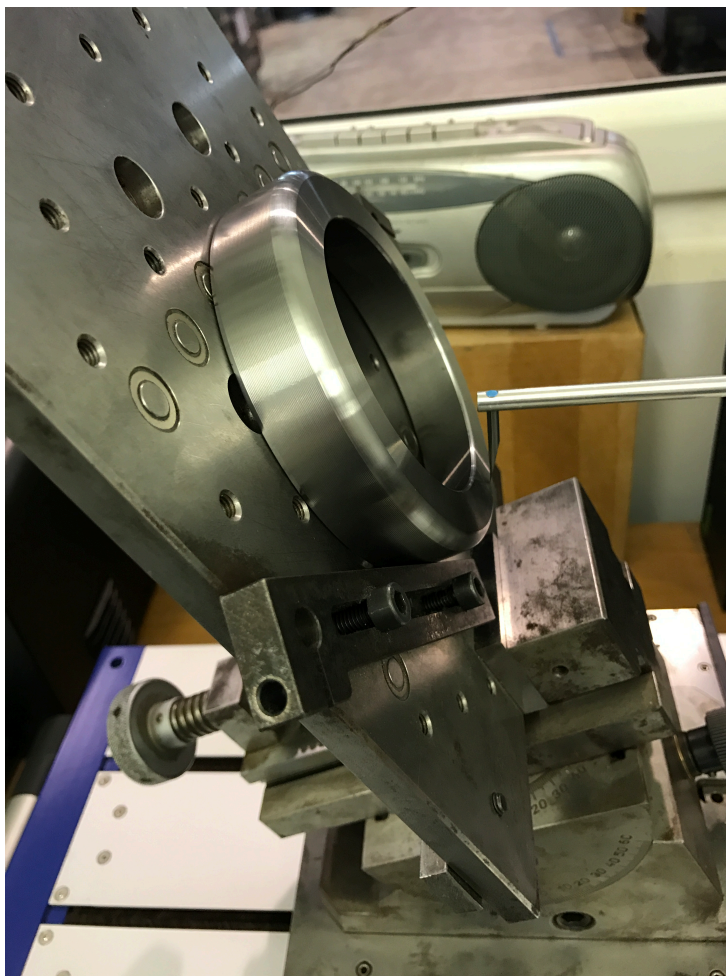
sadrži mjernu ruku, nuliranje se odvija ručno čime se cijeli postupak vremenski dodatno opterećuje. Nabavom eksterne mjerne ruke koja bi se koristila ovisno o potrebi skratili bi proces nuliranja noža.

Prijedlog poboljšanja:

- primjena 5S tehnika u alatnici
- dodatak checkliste potrebnih dijelova za sljedeću seriju
- dodavanje uputstva (drugačije za svaki tip tokarilice) s koracima za izmjenu alata
- dodatne edukacije i vježbe izmjene alata manje iskusnih operatera
- brže kretanje između radnih mjesta
- nabava eksterne mjerne ruke
- digitalizacije i umrežavanje opreme
- standardizacija strojeva

Prijedlogom poboljšanja smanjili smo vrijeme izmjene s početnih 146 minuta (11 minuta eksterno, 135 minuta interno), na 89,5 minuta. Proces je skraćen za 56,5 minuta, skoro sat vremena. Primjenom SMEDa reducirali smo izmjenu za 38,6%. Unatoč tome što SMED u Feroimpexu nije snizio vrijeme izmjene na jednoznamenasti broj minuta, možemo implementaciju smatrati uspješnom jer smo uštedili 38,6% vremena koje sada može biti iskorišteno za procese koji stvaraju vrijednost.

## SLIKA 38. KONTROLA KVALITETE



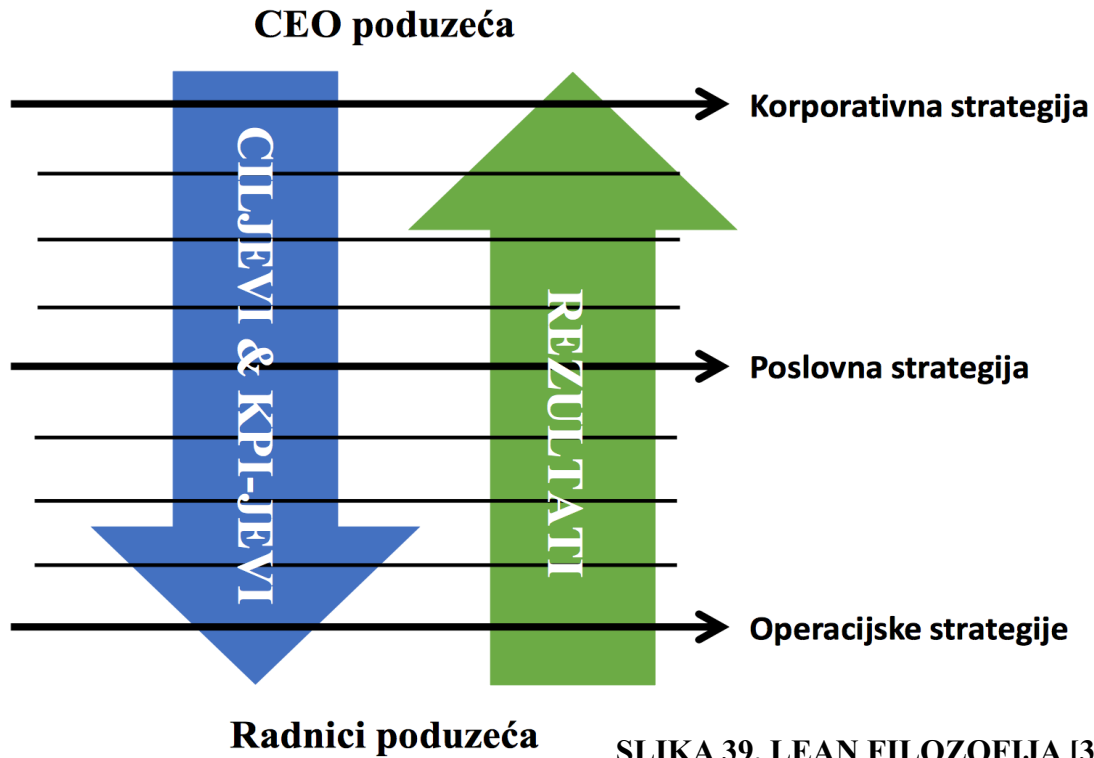
## 6. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme teško je biti konkurentan na tržištu. Nužno je kontinuirano unaprijeđivanje poduzeća. S obzirom da prodajnu cijenu određuje tržište, suvremena proizvodnja usmjerena je na snižavanje troška čime se povećava dobit.

Lean metode na prvu mogu biti malo apstraktne no dubljim ulaženjem u tematiku počinje se lakše shvaćati njihov smisao i uviđati mnoge situacije prigodne njihovoj uporabi. Lean filozofija potekla je s istoka, no njezini pozitivni atributi svakim danom postaju prepoznatljiviji na zapadnim tržištima. Hrvatska trenutno kaska i rijetko koje poduzeće prepoznaje kvalitete i pogodnosti koje donosi lean, no vjerujem da će se i to promijeniti s vremenom. Lean kao lean ništa ne znači ukoliko s idejom i implementacijom nisu upoznati svi zaposlenici uključeni u proces. Tradicionalni pristup



ide “odozgo”, od direktora prema bazi, bez osluškivanja ikakvih prijedloga. Srž leana je u bazi, odnosno idejama radnika koje idu “odozdo” prema “gore” te budu prihvaćene te naravno, pravilno implementirane.



SLIKA 39. LEAN FILOZOFIJA [3]

SMED je vrlo moćan alat leana, bez ustručavanja možemo reći i jedan od najmoćnijih. Metoda koja u teoriji omogućuje skraćivanje nekog procesa s par sati, na nekoliko minuta u velikom stupnju unaprijeđuje proizvodnju. Preduvjet za primjenu SMEDA su usvojene procedure rada bazirane na KAIZEN i 5S metodologiji. Stoga SMED sam po sebi uvodi filozofiju leana u poduzeće. Lean nema pozitivan učinak samo na dobit, već i na ukupnu razinu raspoloženja zaposlenih. Zaposlenici se više ne smatraju samo zubom zupčanika već bitnim čimbenikom koji može direktno utjecati na proizvodnju i poslovanje. Motivacija za rad je veća, a samim time i produktivnost. SMED nam omogućuje da uštedimo ono najbitnije, nezamjenjivo, ireverzibilno, a to je vrijeme.

## 7. IZVORI

- [1] Shingo Shigeo: A Revolution in Manufacturing: The SMED System
- [2] James P. Womack, Daniel T. Jones: Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated
- [3] Materijali s predavanja: „Osnove menadžmenta“, prof. Dr. Sc. Nedeljko Štefanić
- [4] <http://www.incdmtm.ro/mecahitech2011/articole/Pp47-55.pdf>
- [5] [hrcak.srce.hr/file/123487](http://hrcak.srce.hr/file/123487)
- [6] <http://www.leanproduction.com/smed.html>
- [7] <http://www.feroimpex.hr>
- [8] <http://www.poslovnih.hr/hrvatska/hamag-sa-115-milijuna-kuna-jamci-za-ulaganje-feroimpexa-tesko-31-mil-kuna-258148>
- [9] <http://www.netokracija.com/lean-startup-pokret-56980>
- [10] <https://totalqualitymanagement.wordpress.com/2010/03/23/some-images-of-5s-houskeeping-in-factories-and-offices/>
- [11] <https://www.creativesafetysupply.com/Kanban-Card-Racks/>
- [12] <https://twitter.com/elonmusk>
- [13] <https://www.aigroup.com.au/productivitycentreframe/systemsprocesses/continuousimprovement/mistakeproofing/index.html>
- [14] <https://www.epa.gov/lean/lean-thinking-and-methods-introduction>
- [15] <http://leanmanufacturingtools.org/494/poka-yoke/>
- [16] <http://leanmanufacturingtools.org/192/what-is-5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke/>

[17] Shingo Shigeo: Nova japanska proizvodna filozofija, 1986.

[18] <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>

[19] <http://www.thefamouspeople.com/profiles/henry-ford-122.php>

[20] <http://www.hgk.hr/zk-virovitica-upravljanje-proizvodnjom-i-poslovanjem-po-principima-lean-managementa-izvjestaj>

[21] <http://working-lean.blogspot.hr/2011/01/james-pwomack-phd.html>

[22] <http://leanconstructionblog.com/Single-Minute-Exchange-of-Dies-A-Neglected-Method-in-Lean-Construction.html>