

Unapređenje proizvodnih procesa primjenom alata Lean menadžmenta

Gregurić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:940918>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marko Gregurić

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

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

Student:

Marko Gregurić

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem se profesoru Nedeljku Štefaniću na pomoći u pisanju završnog rada te odgovaranju svih mojih pitanja vezanih uz gradivo.

Također zahvaljujem se Ivanu Biondiću, mag. ing. mech., koji mi je pomogao u obavljanju praktičnog dijela te razjasnio sve nejasnoće na koje sam naišao.

Marko 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

Cenjed Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur. broj: 15 - 1703 - 21 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MARKO
GREGURIĆ**

Mat.
Br.: **0035216738**

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: **UNAPREĐENJE PROIZVODNIH PROCESA PRIMJENOM
ALATA LEAN MENADŽMENTA**

Naslov rada na
engleskom jeziku: **PRODUCTION PROCESSES IMPROVEMENT USING
LEAN MANAGEMENT TOOLS**

Opis zadatka:

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

U radu je potrebno:

- Sistematizirati i opisati koncepte i metode Industrijskog inženjerstva
- Detaljno opisati procesni pristup proizvodnji te sistematizirati pokazatelje uspješnosti
- Razviti pristup unapređenju proizvodnih procesa primjenom najmanje dva alata Lean menadžmenta (napr. Kaizen, Standardizacija, 5S, Mapiranje toka procesa, SMED, Jidoka, Poka Yoka..)
- Na realnom primjeru iz prakse primijeniti razvijeni pristup te kvantificirati postignute rezultate

Zadatak zadan:
30. studenog 2020.

Datum predaje rada:
1. rok: 18. veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. - 26.2.2021
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KONCEPTI I METODE INDUSTRIJSKOG INŽENJERSTVA	2
2.1. ŠTO JE INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO	2
2.2. POVIJEST INDUSTRIJSKOG INŽENJERSTVA [2]	2
2.3. METODE INDUSTRIJSKOG INŽENJERSTVA [48]	3
2.4. LEAN MENADŽMENT	5
2.4.1. Značenje pojma lean [4].....	5
2.4.2. Početak lean menadžmenta.....	6
2.4.3. Principi lean metode [1]	8
2.4.4. Gubitci u procesima.....	10
2.4.5. Alati lean menadžmenta	14
2.4.5.1. 5S [11].....	14
2.4.5.2. Kanban.....	17
2.4.5.3. Poka yoke	18
2.4.5.4. SMED	19
2.4.5.5. Kaizen	19
2.4.5.6. VSM – Mapiranje toka vrijednosti	19
3. PROCESNI PRISTUP PROIZVODNJI	21
3.1. ZNAČENJE POJMA PROCES U PROIZVODNJI [15].....	21
3.2. VRSTE POSLOVNIH PROCESA	23
3.3. POVIJEST POSLOVNIH PROCESA	24
3.4. VRSTE ORGANIZACIJE PROCESA	25
3.5. REINŽENJERING KOD POSLOVNIH PROCESA	26
3.6. METODE SNIMANJA POSLOVNIH PROCESA	27
3.6.1. Mapiranje toka vrijednosti.....	27
3.6.2. Vrste mapiranja procesa [30].....	28
3.6.2.1. Blok dijagram (Flow Chart) [33].....	28
3.6.2.2. Funkcijska mapa (Cross - functional) [35].....	29
3.6.2.3. SIPOC mapiranje.....	30
3.6.2.4. BPMN (Business Process Modeling Notation) [40].....	31
3.6.2.5. VSM (Value Stream Mapping) [42].....	32
3.6.2.6. Process Mining – Rudarenje procesa [8]	33
3.7. POKAZATELJI USPJEŠNOSTI [18]	35
3.7.1. Definiranje ključnih pokazatelja uspješnosti	35
3.7.2. Kategoriziranje ključnih pokazatelja uspješnosti.....	36
3.7.3. Ključni pokazatelji uspješnosti u proizvodnji [45].....	36
3.7.3.1. Volumen proizvodnje	37
3.7.3.2. Vrijeme zastoja proizvodnje	37
3.7.3.3. Troškovi proizvodnje	37
3.7.3.4. Sveukupna efikasnost procesa	38
3.7.3.5. Sveukupna efikasnost opreme	38
3.7.3.6. Iskorištenost kapaciteta	38
3.7.3.7. Količina grešaka	38
3.7.3.8. Mjera vraćenih predmeta.....	39
3.7.3.9. Dostavljanje na vrijeme	39
3.7.3.10. Točnost iz prve	39
3.7.3.11. Koeficijent obrtaja imovine	39
3.7.3.12. Trošak elementa.....	40
3.7.3.13. Prinos na imovinu.....	40
3.7.3.14. Troškovi održavanja.....	40
3.7.3.15. Zarada po zaposleniku.....	40
4. PRIMJENA VSM MAPE I STANDARDIZACIJE U PODUZEĆU FERIOIMPEX	41

4.1.	OPIS PODUZEĆA [49].....	41
4.2.	PRIMJENA STANDARDIZACIJE U PROIZVODNJI	41
4.2.1.	<i>Postojeći proces</i>	42
4.2.2.	<i>Novi proces</i>	49
4.3.	USPOREDBA STVARNOG I STANDARDIZIRANOG POSTOJEĆEG NAČINA OBRADE	53
4.4.	PRIKAZ PROCESA U PROCESNOJ MAPI.....	54
4.4.1.	<i>Postojeći proces obrade prikazan u procesnoj mapi</i>	54
4.4.2.	<i>Novi način obrade prikazan u procesnoj mapi</i>	55
5.	ZAKLJUČAK	57

POPIS SLIKA

Slika 1.	Organizacija industrijskog inženjerstva [19].....	3
Slika 2.	Konstrukcija leana [4]	6
Slika 3.	Henry Ford [7].....	7
Slika 4.	Lean u Toyoti [6].....	8
Slika 5.	Lean principi [27].....	9
Slika 6.	Prekomjerna proizvodnja [9].....	11
Slika 7.	Nepotreban pokret [9]	11
Slika 8.	Transport [9].....	12
Slika 9.	Prekomjerna obrada [9]	12
Slika 10.	Čekanje [9]	13
Slika 11.	Zalihe [9]	13
Slika 12.	Škart [9].....	14
Slika 13.	Faze 5S metode [10].....	15
Slika 14.	Radiona prije i nakon uvođenja 5S metode [20]	17
Slika 15.	Kanban kartica [21]	18
Slika 16.	Prevenција grešaka Poka Yoke metodom [23]	18
Slika 17.	VSM model [26].....	20
Slika 18.	Princip procesa [31].....	22
Slika 19.	Razine procesa [32]	23
Slika 20.	Koraci reinženjeringa [28].....	27
Slika 21.	Prikaz blok dijagrama [34]	29
Slika 22.	Funkcijska mapa – dijagram [36].....	30
Slika 23.	SIPOC dijagram [39].....	31
Slika 24.	BPMN dijagram [41].....	32
Slika 25.	VSM dijagram [43]	33
Slika 26.	Rudarenje procesa [44].....	34
Slika 27.	Logo poduzeća Feroimpex [49]	41
Slika 28.	Izgled poduzeća Feroimpex [49].....	41
Slika 29.	CNC stroj za 1. tehnološku operaciju.....	42
Slika 30.	CNC stroj za 2. tehnološku operaciju.....	43
Slika 31.	1. mjerna urica	44
Slika 32.	2. mjerna urica	44
Slika 33.	3. mjerna urica	45
Slika 34.	Dugačke strugotine koje izlaze iz CNC stroja tijekom obrade	48
Slika 35.	Prikaz robotske ruke s CNC strojevima i pokretnom trakom	49
Slika 36.	Robotska ruka s podignutim obratkom	50
Slika 37.	Držać pomoću kojeg robotska ruka orijentira obradak na stranu koja mu je potrebna	50
Slika 38.	CNC stroj u novom pogonu.....	51
Slika 39.	3D prikaz pogona za novi način obrade	52
Slika 40.	Procesna mapa postojeće obrade zupčanika.....	54
Slika 41.	Procesna mapa novog načina obrade zupčanika	55
Slika 42.	Pokretna traka koja omogućuje kretanje robota između strojeva.....	56

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vremena procesa postojeće obrade zupčanika	45
Tablica 2. Standardizirani procesi postojećeg načina obrade zupčanika	47
Tablica 3. Vrijednosti procesa u postojećem načinu obrade zupčanika.....	47
Tablica 4. Prikaz troškova škarta na mjestu izrade zupčanika	48
Tablica 5. Standardizirani procesi novog načina obrade zupčanika	51
Tablica 6. Vrijednosti procesa u novom načinu obrade zupčanika.....	53

SAŽETAK

Tema ovog rada je unaprjeđenje proizvodni procesa alatima Lean menadžmenta. U radu je opisana povijest industrijskog inženjerstva i lean menadžmenta te detaljnije razrađeni alati leana. Nakon pregleda literature i teorije, u praktičnom djelu razrađena je metoda kojom je povećana produktivnost u proizvodnom poduzeću Feroimpex. Metoda se sastojala od snimanja trenutnog stanja kroz vremensko - funkcijsku mapu, prepoznavanja i kategoriziranja gubitaka te standardizacije procesa uz pomoć standardnih operativnih procedura. Postupak je proveden na klasičnom i poboljšanom procesu te su potom rezultati uspoređeni. Na kraju je dan zaključak kako nastaviti s unaprjeđenjem navedenog procesa.

Ključne riječi:

Razvoj industrijskog inženjerstva, metode i tehnike industrijskog inženjerstva, standardizacija

SUMMARY

The topic of this paper is the improvement of the production process with the tools of Lean management. The paper describes the history of industrial engineering and lean management and elaborates on lean tools in more detail. After reviewing the literature and theory, in the practical part, a method was developed which increased productivity in the production company Feroimpex. The method consisted of recording the current state through a time - function map, recognizing and categorizing losses, and standardizing the process with the help of standard operating procedures. The procedure was performed on a classical and improved process and then the results were compared. Finally, a conclusion was given on how to continue to improve this process.

Key words:

Development of industrial engineering , methods and techniques of industrial engineering, standardization

1. UVOD

Poduzeća svakodnevno teže povećanju efikasnosti te poboljšanju procesa. Ako se ne teži poboljšanju te nedovoljno konkurira tržištu poduzeća zaostaju za drugima te u konačnici propadaju. Kako bi se postigli zahtjevi kupaca te zadržale prihvatljive cijene do sniženja troškova treba doći rješavanjem nepotrebnih troškova unutar poduzeća, a to se postiže uporabom lean menadžmenta.

Novo tržište, nova potražnja te novi načini proizvodnje također traže i nove načine shvaćanja problema te njihovih rješavanja, a to se postiže novim načinom uprave i razmišljanja. Treba se stvoriti način razmišljanja u poduzeću koji teži njegovom unaprjeđenju. Sve to postiže se primjenom lean proizvodnje.

2. Koncepti i metode industrijskog inženjerstva

2.1. Što je industrijsko inženjerstvo

Industrijsko inženjerstvo je pojam koji se počinje koristiti krajem 18. stoljeća te predstavlja granu inženjerstva koja se bavi analizom faktora vezanih uz proizvodnju kako bi se proizvodnja poboljšala. Ciljevi inženjerstva su snižavanje troškova proizvodnje, povećavanje iskoristivosti te poboljšanje kvalitete proizvoda i usluga. [2]

Industrijsko inženjerstvo definira se na više načina:

- Inženjerstvo usredotočeno na projektiranje, primjenu i unapređenje integriranih sustava ljudskih potencijala, materijala i opreme.
- Grana inženjerstva koja se bavi istraživanjem poboljšanja procesa – smanjenjem troškova proizvodnje, povećanjem efikasnosti, poboljšanjem kvalitete proizvoda i usluga, osiguravanjem sigurnosti radnika te zaštitom okoliša [50]
- Inženjerska profesija koja se bavi optimizacijom kompliciranih procesa i sistema, poboljšanjem te implementacijom integriranih sistema ljudi, znanja, informacija i opreme [46]
- Definicija kroz povijest [47]:
 - Maynard – inženjerski pristup koji se primjenjuje na svim faktorima: proizvodnju, distribuciju proizvoda i usluga, uključujući ljudski faktor
 - Lehrer – to je plan situacija za bolju koordinaciju zaposlenika, materijala i strojeva kako bi se postigli željeni rezultati
 - Nahler – umjetnost korištenja posebnih principa, podataka i informacija za planiranje, poboljšavanje te integraciju industrijskog menadžmenta te procesa koje obavljaju ljudi
 - Yamashina – to je sistem metoda gdje su rezultati rada maksimizirani pomoću eliminiranja nepotrebnih procesa
 - Narayana Rao – to je inženjerstvo efikasnosti sistema koje ima primjenu u svim granama inženjerstva

2.2. Povijest industrijskog inženjerstva [2]

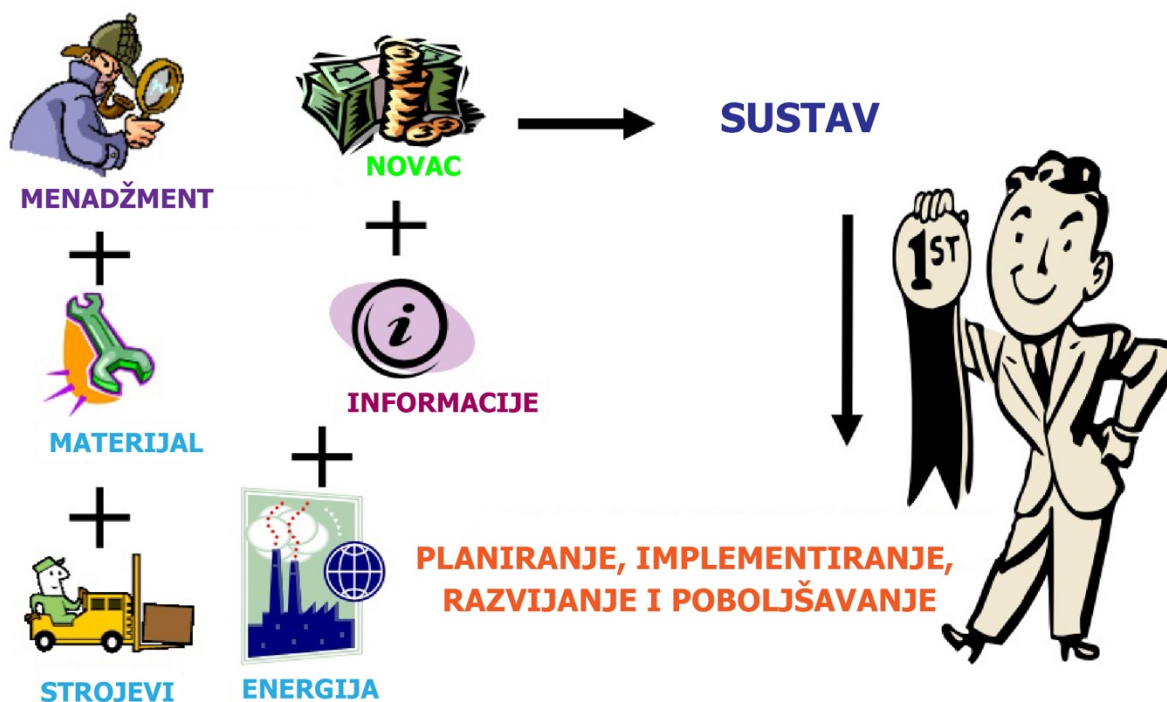
Industrijsko inženjerstvo počinje se spominjati početkom industrijske revolucije krajem 18. stoljeća. U najranijim danima, industrijsko inženjerstvo vodilo se motivom povećanja

iskoristivosti i povećanjem profita proizvodnih procesa. Od tada, razvojem tehnologije, stvarali su se razni novi izazovi s kojima su se susretali inženjeri te su trebali naći nove načine optimizacije kako bi se povećala produktivnost.

Frederick Taylor smatra se začetnikom industrijskog menadžmenta jer prvi uvodi sistem u kojem se proces rastavlja na manje dijelove te se poboljšava efikasnost svakog dijela zasebno.

Početkom 40-tih godina 20. stoljeća javlja se koncept potpunog upravljanja kvalitetom (Total Quality Management - TQM) koji je postao osnovnim dijelom industrijskog inženjerstva.

Pod tim pojmom podrazumijeva se orijentacija prema konstantnom poboljšanju kvalitete u svakoj fazi proizvodnje. To je upravljanje koje zahtijeva sudjelovanje svih djelatnika na organizacijskim razinama. Glavni zadatak je unaprjeđenje kvalitete te stalna težnja poboljšanju.



Slika 1. Organizacija industrijskog inženjerstva [19]

2.3. Metode industrijskog inženjerstva [48]

Metode industrijskog inženjerstva dijele se na tehnike inženjerstva s ljudskim učinkom te na tehnike inženjerstva za poboljšanje učinkovitosti.

Tehnike inženjerstva s ljudskim učinkom su:

- Principi ekonomije kretanja
- Studija kretanja

- Dizajn radne stranice
- Primjene ergonomija i biomehanike
- Proučavanje umora
- Planiranje uređaja za produktivnost, sigurnost i udobnost
- Standardizacija metoda i procesa
- Trening zaposlenika
- Poticajni sustavi
- Procjena poslova
- Učenje učinka skupljanja
- Mjerenja na radu – studij vremena

Tehnike inženjerstva za poboljšanje učinkovitosti su:

- Analiza procesa
- Analiza rada
- Studij radnog stroja
- Proučavanje metoda
- Lean six sigma
- Inženjerstvo vrijednosti
- Statistička kontrola kvalitete, procesa
- Poboljšavanje procesa koristeći statističke podatke
- Statistička kontrola zaliha
- Six sigma
- Istraživanje procesa
- Eliminiranje raznolikosti
- Standardizacija
- Eliminacija gubitaka/grešaka
- Poboljšanje poslovnih procesa
- Analiza ekonomije inženjerstva
- Kontinuirano unaprjeđenje – Kaizen

- Standardiziran proračun troškova te kaizen proračun troškova
- 5S
- SMED
- Lean sistemi – „just in time“
- Programiranje – linearno, nelinearno, dinamičko te heurističko
- Tehnike mrežnog planiranja
- Tehnike repova
- Upravljanje zalihama
- Simulacije
- Predviđanje i prognoziranja
- Metoda odlučivanja
- Metode generiranja ideja

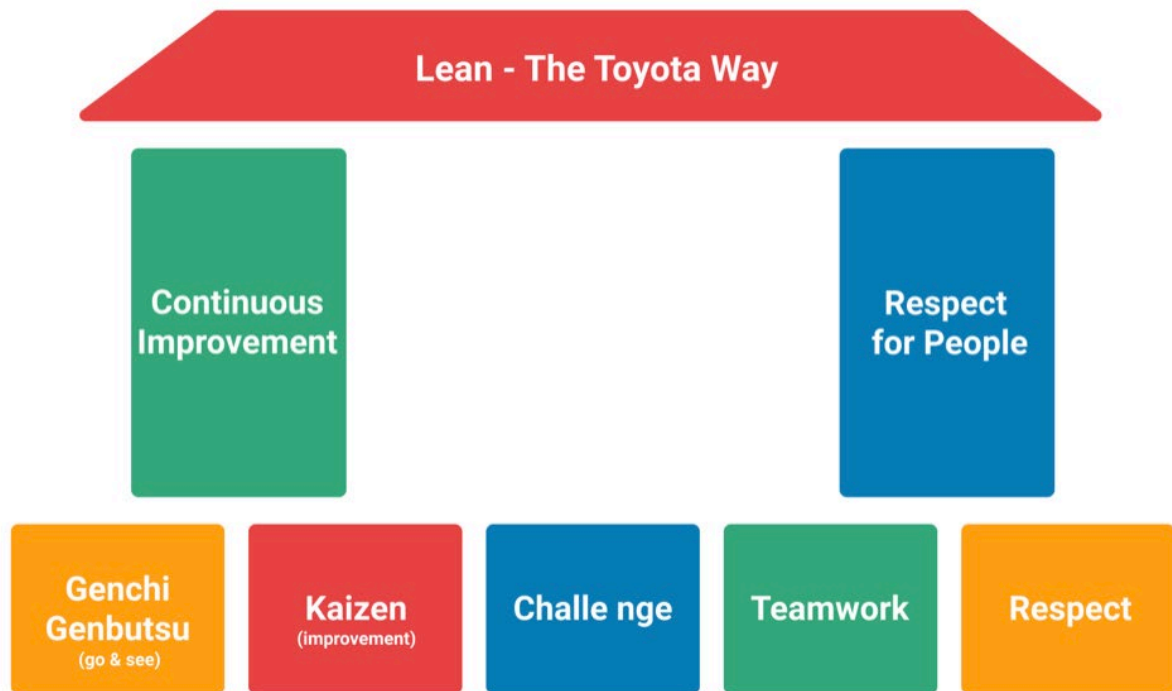
2.4. Lean menadžment

2.4.1. Značenje pojma lean [4]

Lean je metodologija koja se bavi konstantnim poboljšanjem procesa, poslovanja te zaposlenika. Glavni zadatak lean menadžmenta je konstantno poboljšavanje sigurnosti, uštede vremena, kvalitete te poboljšanje stanja zaposlenika.

Stoga se glavnim „stupovima“ lean metodologije smatra:

- poštivanje zaposlenika
- Kontinuirano unaprjeđivanje.



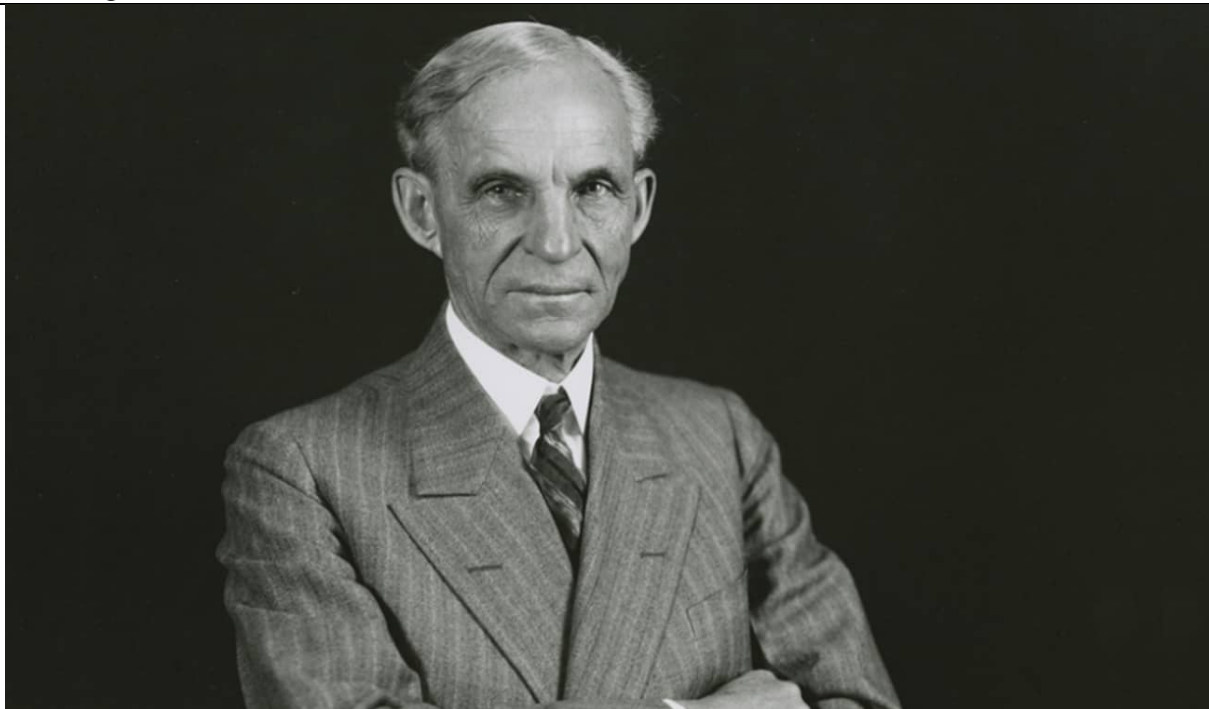
Slika 2. Konstrukcija leana [4]

U lean poduzećima potiču se radnici da iznose svoje ideje za poboljšanjem poduzeća te se time dodatno podiže moral radnika te volja za radom.

Lean proizvodnja se vodi time da se proizvodi ono što i koliko kupac želi tj. količinu proizvoda diktirana je tržištem.

2.4.2. Početak lean menadžmenta

Prva osoba koja je u potpunosti integrirala cijeli produkcijski proces bio je Henry Ford. On 1913. godine uvodi novi pojam koji naziva „flow production“, a predstavlja montažnu liniju u kojoj svi procesi koji usporavaju proizvodnju moraju biti izbačeni. To su bili početci razmišljanja u smjeru lean proizvodnje – takozvani kontinuirani tijek. [3]



Slika 3. Henry Ford [7]

Jedan od nedostataka njegovog načina proizvodnje bio je taj da se nije mogla postignuti raznolikost u proizvodnji. Također problem je bio taj da je proizvodnja bila masovna te je dolazilo do prekomjernih zaliha te je tu također dolazilo do velikih trošaka.

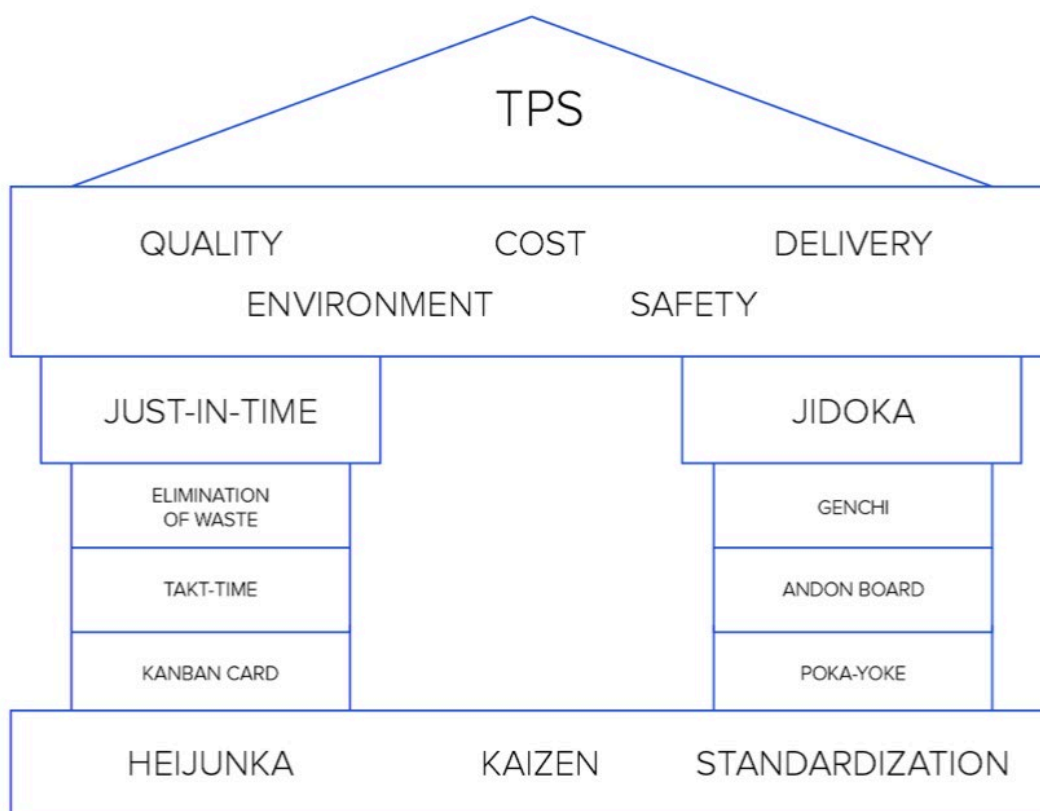
Japan se nalazio u poslijeratnom razdoblju razorenog gospodarstva i niskog BDP-a. To je rezultiralo time da se nije mogla koristiti masovna proizvodnja već se trebalo ići u smjeru Lean proizvodnje.

Inspirirani Fordovim modelom japanski menadžeri iz Toyote ustanovili su da s nekoliko inovacija primijenjenih na Fordov model proizvodnje možda bude moguće proizvoditi kontinuiranim tijekom uz moguće postizanje raznolikosti proizvoda. Tako su nadogradnjom Fordove originalne ideje osmislili su Toyota Production System (TPS). Neki od tvoraca tog sistema bili su Kiichiro Toyoda i Taiichi Ohno.

To je filozofija koja se bazira na vraćanju vrijednosti kupcu, zaposleniku i društvu. Razumijevanje razmišljanja zaposlenika u Toyoti omogućilo je uspješnu primjenu tog načina razmišljanja. Toyotin način proizvodnje temelji se na Fordovim konceptima opisanih u Fordovoj knjizi *Today and Tomorrow*.

Uvodi se novi način fleksibilnosti u proizvodnju gdje se proizvodni sustav povezao s potražnjom kupaca te s nadopunom materijala. Ovim načinom nije dolazilo do gomilanja zaliha koje su značile novčane gubitke. Tako se dolazi do novog koncepta poslovanja - *upravo na vrijeme* (Just In Time

– JIT) koji znači novi model proizvodnje i potražnje. Mijenja se *stari* model isporuka – potražnja s novim modelom potražnja, a zatim isporuka.+ odnosno pružanje usluga i proizvoda samo kada je to potrebno. Tim načinom smanjili su se troškovi proizvodnje jer nije bilo potrebno skladištenje proizvoda. [5]



Slika 4. Lean u Toyoti [6]

2.4.3. Principi lean metode [1]

Lean organizacija se definira kao organizacija koja je orijentirana prema kupcu, teži se kontinuiranom poboljšanju te općenito ka savršenstvu.

Lean se sastoji od pet osnovnih koraka poboljšanja izabranog procesa, a to su:

- Vrijednost
- Lanac vrijednosti
- Tijek
- Princip povlačenja
- Težnja savršenstvu



Slika 5. Lean principi [27]

Vrijednost:

Vrijednost se određuje s obzirom prema tržištu tj. tržište određuje vrijednost, a ono se definira kao ono što je kupac voljan platiti za uslugu ili proizvod koji određeno poduzeće nudi. Uklanjanje rasipanja u svakom dijelu poslovanja pruža pravu vrijednost za kupca pošto je svega 5% vremena utrošenog u stvaranje proizvoda ono koje određuje konačnu vrijednost dok je ostatak potrošen na razne procese poput prijevoza, zastoja i slično. Ovo zahtjeva dobro razumijevanje kompleksnih zahtjeva kupaca.

Lanac proizvodnje:

Potrebno je prepoznati lanac proizvodnje odnosno procese od početka proizvodnje do kraja kroz koje proizvod prolazi te nastojati eliminirati sve one procese kojima se ne pridonosi vrijednosti proizvoda.

Tijek:

Cilj je postići da lanac procesa teče neprekidno odnosno standardizirati procese tako da se izvršavaju glatko pružajući dodatno vrijeme za inovacije pošto svaka smetnja i prekid znače dodatne gubitke.

Princip povlačenja:

To je strategija koja kaže da kada se aktivira potražnja određenog resursa također se aktivira i nadopuna istog. Želi se izbjeći stvaranje zaliha proizvoda tako da je pull ustvari primjena just in time sistema koji proizvodnju počinje tek nakon potražnje kupaca. Prelazi se na taj način poslovanja pošto je prekomjerna proizvodnja jedan od 7 vrsta gubitaka lean poduzeća koji dovodi do financijskih i vremenskih gubitaka poduzeća.

Težnja savršenstvu:

Svi navedeni principi služe za postizanje savršenstva u poduzeću, a oni nam govore kako je stalno potrebno unaprjeđivati poduzeća te odbacivati sve otpatke kako bi postigli kontinuirani protok.

Unatoč tome što su svih pet principa nužni za implementaciju Leana, smatra se kako je najvažniji element određivanja vrijednosti.

2.4.4. Gubitci u procesima

U procesima poznajemo slučajne i čiste gubitke. Slučajni su oni koji se odnose na rad potreban u trenutnom stanju procesa koji nema vrijednost, ali se i dalje mora napraviti u tom procesu dok su čisti gubitci oni poput mijenjanja lokacija materijala nekoliko puta.

Gubitci su dijelovi procesa koji ne posjeduju vrijednost te ih stoga nastojimo eliminirati. 1960-ih godina Taiichi Ohno je definirao 7 vrsta gubitaka [8]:

Prekomjerna proizvodnja – Overproduction (O):

Govori se o proizvodnji koja je veća od potražnje kupaca te tako dolazi do gomilanja proizvoda. Taj problem nije samo financijski problem već također vremenski i logistički. Do prekomjerne proizvodnje dolazi zbog loših procjena tržišta te se to može riješiti prelaskom na pull proces.



Slika 6. Prekomjerna proizvodnja [9]

Nepotrební pokret – Motion (M):

Dolazi do gubitka zbog raznih nepotrebnih radnji poput gibanja zaposlenika zbog lošeg rasporeda strojeva koji usporavaju proces te smanjuju produktivnost. Time se otežava obavljanje zadataka radnika te to rezultira demotivacijom što dalje dovodi do manje produktivnosti.



Slika 7. Nepotreban pokret [9]

Transport:

Kada se proizvod, oprema, materijali i slično kreću više od potrebnog dolazi do gubitka uzrokovanog transportom. Također prijevozom može doći do oštećenja proizvoda te se stoga proizvodi prije transporta trebaju zaštititi što također rezultira dodatnim troškovima.



Slika 8. Transport [9]

Prekomjerna obrada – Overprocessing (O):

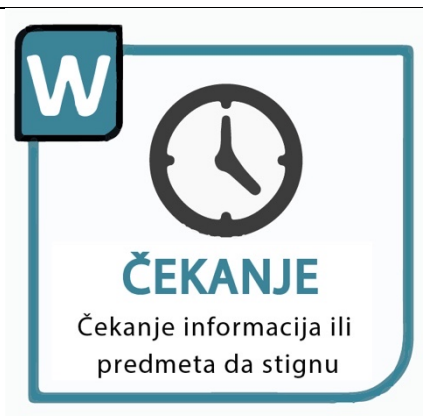
Pojavljuje se kada u procesu proizvodnje ima nepotrebnih koraka ili komponenata koje kupac ne zahtijeva. To se može pojaviti korištenjem pogrešne opreme, obrade ili predetaljne obrade.



Slika 9. Prekomjerna obrada [9]

Čekanje – Waiting (W):

Zaposlenici koji čekaju materijale ili opremu te ne mogu nastaviti sa svojim zadacima – dolazi do prekida toka te gubitka vremena što rezultira gubitkom profita



Slika 10. Čekanje [9]

Zalihe – Inventory (I):

Posljedica su prekomjerne proizvodnje. Inventar je bilo koja vrijednost - materijal ili gotov proizvod koji čeka daljnju obradu ili prodaju. Dok god ti proizvodi stoje u inventaru koštaju poduzeće cijenu proizvodnje tog proizvoda.



Slika 11. Zalihe [9]

Škart – Defects (D):

Najprepoznatljiviji oblik gubitaka u proizvodnji. Gotovi proizvodi nisu iskoristljivi ili trebaju na dodatnu obradu što dovodi do dodatnog troška vremena, materijala te u suštini i profita. Veliki problem ovog gubitka je taj da škart vodi prekomjernoj obradi te tu dolazi do dodatnog gubitka.



Slika 12. Škart [9]

2.4.5. Alati lean menadžmenta

Koncept lean proizvodnje ne možemo gledati kao projekt koji se implementira te tako donese pozitivne rezultate i da je tu kraj. Lean je poseban po tome što je to njegovo implementiranje u poduzeće kontinuirani proces te se s njime trebaju upoznati svi zaposlenici kako bi se što efikasnije iskorištavao. [12]

U metodologiji lean menadžmenta prisutno je više alata kojim se lean može primijeniti u poduzeću. Svako poduzeće ima posebne zahtjeve tako da nema univerzalnog najboljeg lean alata te se također ne može svaki alat primijeniti u bilo kojem području – treba poznati sve alate te primijeniti one koji će dati najbolja rješenja.

Neki od tih alata su: 5S, Kaizen, Kanban, SMED, Poka yoke, VSM...

2.4.5.1. 5S [11]

5S – jedna od najpoznatijih metoda koja potječe iz Toyote te se smatra početkom uvođenja Lean metodologije u poduzeća.

Kao što sam naziv kaže metoda 5S sastoji se od 5 faza procesa kod kojih je svaka faza označena japanskom riječi:

- Seiri – Sort (sortiranje)
- Seiton – Set in order (slaganje)
- Seiso – Shine (spremanje/čišćenje)
- Seiketsu – Standardize (standardizacija)
- Shisuke – Sustain (samodisciplina)



Slika 13. Faze 5S metode [10]

5S je sistem organizacije prostora kako bi se posao mogao obavljati efikasnije i sigurnije. Temelji se na stavljanju stvari na mjesta gdje pripadaju te držanju radnog mjesta urednim – preglednijim. Tako se dolazi do uštede vremena u obavljanju posla te se smanjuju mogućnosti ozljeda.

SEIRI:

Sortiranje je početna faza u kojoj se pronalaze stvari koje se koriste svakodnevno u tom procesu te onih stvari koje se ne koriste te ih se može eliminirati.

U toj početnoj fazi bitno je prepoznati sve potrebno za izvođenje određenih zadataka dok se preostale nepotrebne stvari odstranjuju. Time se reducira količina stvari te je radni prostor pregledniji, uredniji te je omogućen lakši pristup potrebnim stvarima. [3]

Koriste se pitanja koje olakšavaju procjenu potrebnosti određenih stvari poput:

Koja je svrha određenog dijela?, Kada je zadnje korišten?, Koliko često se koristi?, Tko ga koristi?, Treba li zaista biti prisutan?

Pomoću ovih pitanja može se procijeniti vrijednost te korisnost svakog dijela.

SEITON:

Nakon uklanjanja nepotrebnih dijelova u prvoj fazi, u drugoj fazi dolazi do slaganja preostalih potrebnih dijelova u određeni red. Tijekom ove faze svi zaposlenici u ovoj fazi trebali bi donijeti najbolje zaključke prolazeći kroz proces te imajući u vidu koji se predmeti koriste više od drugih te ih slagati tim redom. Predmeti bi trebali imati svoje posebno označeno mjesto kako bi se odmah mogli uočiti te kako bi se gubitci u vremenu traženja predmeta smanjili na minimum. Potrebno je prepoznati opremu koja se neprestano koristi, pozicije za predmete, označiti sigurnosne zone, te sve to dokumentirati. U ovom dijelu najveću ulogu imaju zaposlenici koji rade na tim pozicijama pošto imaju najbolji uvid u proces te u korištenje određenih predmeta i njegovih najboljih pozicija.

SHEISO:

Spremanje se često zanemaruje, ali ono se mora obavljati iz dva glavna razloga, a to su:

- Održavanje mjesta urednim kako bi radni uvjeti bili ugodniji za rad
- Održavati sve u spremnom stanju za korištenje

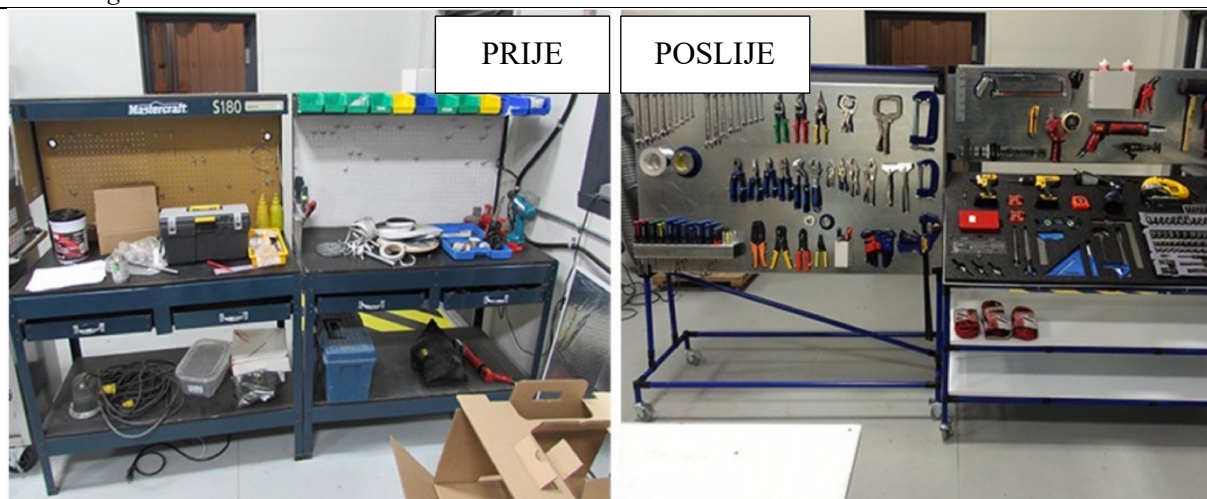
Čišćenje bi se trebalo održavati što je češće moguće, te se stavlja odgovornost na zaposlenike da održavaju svoj radni prostor urednim.

SEIKETSU:

Proces standardizacije postoji kako se prethodne tri faze ne bi zanemarile te kako bi se definirale aktivnosti kako će se svi procesi odvijati u postrojenju. Na taj način održava se kvaliteta prethodnih faza.

SHITSUKE:

Zadnja faza, faza samodiscipline, služi kako bi cijeli 5S model funkcioniralo glatko. Svi zaposlenici trebaju sudjelovati, neovisno na kojoj poziciji se nalaze. Samodisciplina služi za održavanjem 5S modela poslovanja dugoročnim procesom, a ne procesom koji nakon implementacije i kratkog vremena isparuje te se postepeno gube svi benefiti. Cilj je postići naviku obavljanja svih prethodnih faza te se to smatra najtežim dijelom pošto svi zaposlenici moraju biti potpuno posvećeni inače metoda neće opstati.



Slika 14. Radiona prije i nakon uvođenja 5S metode [20]

2.4.5.2. Kanban

Kanban u prijevodu s japanskog glasi: natpis.

To je alat Lean menadžmenta koji se bazira na filozofiji da se ne proizvode zalihe te gomilaju proizvodi već se proizvodi izrađuju kada se traže od strane kupaca ili su potrebni u nastavku proizvodnje. Kanban je ustvari osnova principa – just in time. [12]

Kod kanban filozofije nema fiksnih petlji koje se izvršavaju već se on vodi kontinuiranim tokom gdje se materijali/proizvodi izvlače iz jedne faze u drugi. Kanban zbog tog spada u pull sisteme (sisteme povlačenja). [14]

Izrađuje se kanban kartica na kojoj se nalaze svi koraci koji se trebaju provesti u pojedinoj fazi te podaci vezani za sljedeći korak.

[12] Kanban metoda sastoji se od 4 glavna principa:

- Ograničenje rada u procesu
- Vizualizacije posla
- Fokusiranje na tok
- Kontinuirano poboljšavanje

Kada se kanban metoda uspješno provede u poduzeću dolazi do povišenja efikasnosti, poticanja timskog rada, smanjuju se troškovi te nepotrebne zalihe...



Slika 15. Kanban kartica [21]

2.4.5.3. Poka yoke

Alat je lean metode kojim se onemogućuju greške u proizvodnji odnosno služi za sprječavanje radnika kako ne bi napravili greške.

U prijevodu s japanskog poka znači pogreška, a yoka znači korisnik.

Poka Yoke osigurava dobra svojstva proizvoda prije odlaska iz trenutne faze u sljedeću kako bi pritom izbjegli pojavu škarta. Vrijednost te metode je da pomaže ljudima tako da sve procese napravi točno prvi put kako bi se izbjegle pogreške i potrebno ponavljanje.

Postoje dva tipa – kontrolni i upozoravajući. [22]



Slika 16. Prevencija grešaka Poka Yoke metodom [23]

2.4.5.4. SMED

Naziv dolazi od skraćenice: „Single-Minute Exchanger of Dies“.

Cilj ove metode postizanje je sniženja vremena izmjene alata ili ostale opreme u proizvodnji. Nastoji se prepoznati sve elemente izmjene od prvog do zadnjeg procesa proizvodnje proizvoda. Zatim se vanjski ili tzv. eksterni elementi prepoznaju te izdvajaju. Ti elementi se mogu mijenjati za vrijeme rada stroja. Već samim prepoznavanjem tih elemenata i provedbom izmjene za vrijeme rada stroja dolazi do drastičnih smanjenja vremena izmjene elemenata. [13]

Drugi dio je ostale inertne elemente pretvoriti u eksterne ako je to moguće te nakon toga sve ostale operacije pojednostaviti.

Nakon provedbe SMED metode u dolazi do velike uštede vremena što na kraju znači manje troškove i veće profite.

2.4.5.5. Kaizen

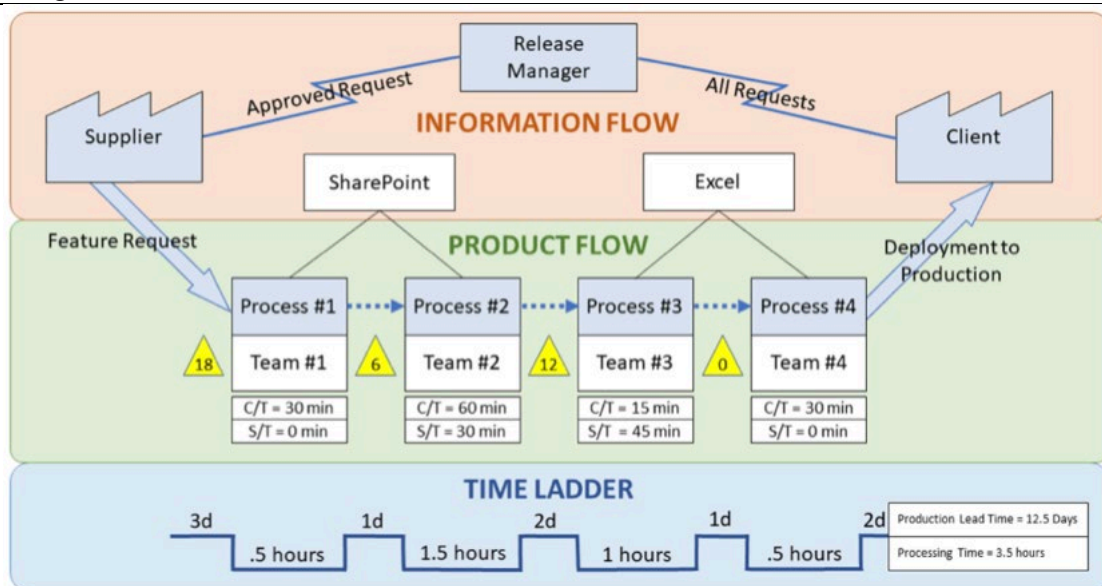
Također nastaje u Japanu te u prijevodu znači kai – promjena + zen – dobar tj. iz toga možemo shvatiti da se teži kontinuiranom poboljšanju. Temelji se na tome da se u sva područja poduzeća – menadžerski dio marketing, financije pa sve do same proizvodnje moraju angažirati vezano uz poboljšanje procesa. Filozofija Kaizena kaže da se kreće s rješavanjem manjih problema te da se onda postepeno rješavaju veći problemi. [24]

Treba se postići timski rad i timski duh u poduzeću pa se kod grešaka ne traži krivac već se traže rješenja. [3]

2.4.5.6. VSM – Mapiranje toka vrijednosti

Puni naziv dolazi od riječi Value Stream Mapping te predstavlja alat s vizualnim dokumentiranjem svakog koraka procesa. Koristi se kao sredstvo identifikacije grešaka i implementaciju poboljšanja procesa. [25]

Izgled dobivenog grafa:



Slika 17. VSM model [26]

3. PROCESNI PRISTUP PROIZVODNJI

3.1. Značenje pojma proces u proizvodnji [15]

Poslovni procesi definirani su na drugačije načine kod svakog autora, dok neki nude konkretnu definiciju procesa drugi se koriste neodređenim. Neki pojam poslovnog procesa definiraju kao niz aktivnosti koje služe postizanju krajnjeg rezultata. S druge strane konkretnija definicija poslovnog procesa kaže da proces treba uključivati sve što zadovoljava zahtjeve i očekivanja tržišta – kupaca. Sve to možemo povezati u definiciju da poslovni procesi opisuju odnos ljudi, metoda i opreme sa svrhom postizanja određenog cilja.

Definicije pojma poslovnog proces nekoliko različitih autora:

- Deming 1986. godine:
 - Poslovni proces je proces koji od početka do kraja uključuje cijeli ciklus odvijanja operacija

- Burlton 2001. godine:
 - Poslovni proces je proces koji se sastoji od dijelova ili stvari koje se pružaju nekome tko ima očekivanja s obzirom na operacije tijekom odvijanja samog procesa

- Davenport 1993. godine:
 - To je poseban način organizacije poslovnih aktivnosti u vremenu i prostoru s početkom, krajem te jasno definiranim ulazima i izlazima procesa

Djelovanje poduzeća te njegova konkurentnost na tržištu definiraju poslovnu strategiju. Poslovni procesi izvršni su organi poslovne strategije. Proces se mogu shvatiti kao slijed povezanih djelatnosti čiji je cilj ispuniti uvjete kupaca za uslugama/proizvodima određene cijene.

U procesu poznajemo ulazne vrijednosti (input) i izlazne vrijednosti (output) te pomoću njihovog odnosa tj. vremenom i troškovima koje je potrebno da iz ulaznih vrijednosti dobiju izlazne vidimo kolika je učinkovitost pojedinog procesa.

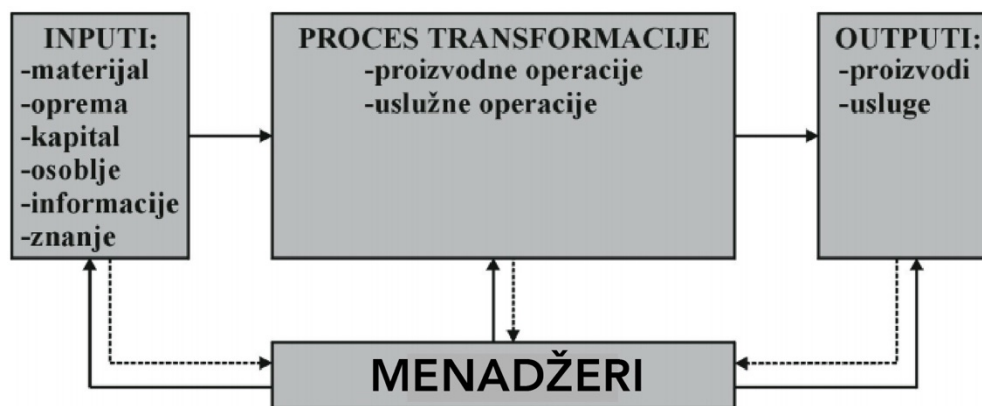
Ovaj model naziva se IPO (Input – Process – Output), gdje se pod ulazne vrijednosti smatraju zahtjevi od strane potražnje tj. zahtjevi kupaca dok su izlazne vrijednosti usluge/proizvodi čija je svrha zadovoljiti kupca, a to će biti ispunjeno pošto su ispunjeni zahtjevi s ulaza procesa.

Konkretne ulazne vrijednosti koje su uložene u obavljanje zadataka su: vrijeme, novac, trud, dok u izlazne vrijednosti spadaju proizvodi koje procesom dobivamo. Cilj je dobiti istu izlaznu vrijednost sa što manje uložene rada te se to onda smatra napretkom. [16]

Implementiranjem ovog sustava dolazi do velikih poboljšanja, a kako bi ga lakše primijenili treba se postaviti pitanja – Što se može promijeniti kako bi poboljšalo __?

To pitanje se postavlja kod:

- ulaznih vrijednosti, kako poboljšati: brzinu sistema, potrošnju vremena, potrošnju energije, potrošnju marketinga.
- procesa, kako poboljšati: prihvaćanje zahtjeva kupaca, organiziranje radnih naloga održavanja, dogovaranje poslova, prikupljanje uplata
- izlaznih vrijednosti, kako poboljšati: prihod, zadovoljstvo kupaca te profit



Slika 18. Princip procesa [31]

U polju poslovnih procesa uvedene su definicije koje se koriste zbog standardizacije:

- Proces:
 - o Može se podijeliti na manje procese, tzv. potprocese te je sastavni dio lanca vrijednosti

- Lanac vrijednosti:
 - Lanac kao što sama riječ kaže sastoji se od većeg broja poslovnih procesa od samog početka izrade pa sve do prodaje.
 -
- Aktivnost:
 - Sadrži zadatke koje nije potrebno daljnje raščlanjivati na manje procese te se zato smatra najmanjim dijelom procesa
 - Može prikazivati jednostavne i složenije operacije (složenije koje svejedno nije potrebno dalje razmatrati)



Slika 19. Razine procesa [32]

3.2. Vrste poslovnih procesa

Poslovne procese možemo podijeliti na razne načine s obzirom na koja načela gledamo. Mogu se podijeliti na temelju dimenzija:

- Položaj i smjer procesa
- Vrijednost procesa
- Priroda procesa

Ali najprihvatljivijom se uzima podjela na tri osnovna tipa procesa [15]:

- Upravljačke procese
- Procese potpore
- Glavne procese

Upravljački procesi:

- Važnost ovih procesa je ta da su važni i kod glavnih procesa te procesa potpore. Nazivaju se okomitim procesima zbog svog smjera djelovanja, ali i važnosti. Ovdje se postavljaju ciljevi i strategija poduzeća te općenito se upravlja cijelom organizacijom

Glavni procesi [16]:

- To su takozvani vidljivi procesi čiju glavnu riječ imaju kupci tj. kreću od zahtjeva kupaca te su direktno povezani sa uslugama/proizvodima.
- Sveukupna funkcija ovih procesa je zadovoljiti korisnika tako da se ispunjuju svi njegovi zahtjevi
- Za razliku od upravljačkih procesa koji se nazivaju okomitim, glavni procesi nazivaju se vodoravnim procesima zbog integriranosti proizvoda i plana tijekom procesa
- Imaju najveću vrijednost za kupce, ali i za organizaciju te stoga trebaju biti primarni kada se gleda unapređenje poduzeća i njegovih poslovanja
- Dijele se na primarne i sekundarne procese. Primarni se bave nabavljanjem, skladištenjem i prodajom te pridonose vrijednosti u poduzeću dok sekundarni ne dodaju nikakvu vrijednost, ali su ključni za poslovanje, a tu spadaju financije, upravljanje ljudski, resursima...

Potporni procesi [15]:

- Kako sam naziv kaže, služe kao potpora poslovanju te omogućuju odvijanje upravljačkih i glavnih poslovnih procesa bez smetnji
- Usmjereni su na dizanje morala tj. zadovoljstva zaposlenika i korisnika, ali indirektno te tako ostvaruju dodatnu vrijednost u poslovnim procesima

3.3. Povijest poslovnih procesa

Najveća važnost poslovnih procesa počinje se prepoznavati krajem 19. stoljeća iako se počinje koristiti u vrijeme industrijske revolucije krajem 18. stoljeća.

Detaljniju analizu proizvodnih procesa započeli su W.E. Deming i W.A. Schewart. Njihovi najveći nedostaci bili su ti da su promatrali proizvodni proces, a ne toliko međufunkcijske procese. Dodatnu pažnju provjere kvalitete uvode japanske tvrtke koji uvode inovacije u svakom dijelu poslovanja.

1990-ih godina na zapadu pojavio se odgovor na snažno i napredno japansko tržište te nastaje reinženjering poslovnih procesa (Business Process Reengineering – BRP) koji uvodi znatna poboljšanja. To je menadžerska filozofija koja se temelji na potpunom redizajnu poslovnih procesa kako bi postigli iznimno velika poboljšanja kod kvalitete, brzine te sniženja troškova. Prethodna praksa i metode se zanemaruju te se uvodi novi oblik poslovanja – reinženjering koji se temelji na 4 ključna pojma: temeljit, dramatičan, kvaliteta i brzina. [15]

3.4. Vrste organizacije procesa

Razlikuje se tradicionalni i procesni pristup poduzeću. Primjenom reinženjeringa tradicionalne jedinici poput službi i odjela prelaze u timove, upravitelji više nemaju samo nadzornu funkciju već preuzimaju ulogu mentora. Svaka funkcija procesa traži sastanak radnika vezanih uz tu funkciju te njihov timski rad u rješavanju problema. [15]

BPR je pristup koji ne može biti primijenjen na samo jedan proces ili organizacijski dio već mora biti implementiran na razini cijelog poduzeća ako bi se htio iskoristiti potpuni potencijal.

Procesna organizacijska struktura usko se veže s funkcijskom organizacijskom strukturom. Proces mora biti promatran kao jedna cjelina, od početka do kraja, kako bi vidjeli njegovu punu vrijednost. Promjene unutar svake funkcije procesa bit će vidljive na ostalim funkcijama. Pošto timski rad ima veliki utjecaj na ovaj način funkcioniranja poduzeća, organizacije će trebati biti spremne. U procesnom pristupu organizacije formiraju se manje jedinice – odjeli koji se orijentiraju na praćenje i kontrolu procesa tijekom poslovanja. Ovaj način poslovanja naziva se plitkim poslovanjem s decentraliziranim načinom upravljanja. Prednost zaposlenicima je što ima se pruža veće područje za napredovanjem pošto im je odgovornost unutar procesa velika. U ovom pristup veliku važnost ima procesni menadžment koji se odmiče od tradicionalnog principa gdje menadžer zaposlenike tretira samo kao predmete koji izvršavaju zadatke te slušaju upute nadležnih osoba. Menadžer treba poznavati cijelo poduzeće kako bi mogao pomoći zaposlenicima kada dođu do problema. [14]

S druge strane tradicionalni princip organizacija zaposlenika smatra kao ograničene bez obrazovanja te najveću ulogu ima menadžer. Sve prethodno navedeno za procesni princip organizacije suprotno je onom na čemu je baziran tradicionalni pristup organizacijama.

Zaposlenici imaju malo područje rada tako da dolazi do velikog broja grupa koje obavljaju određene male aktivnosti i to rezultira čestim pogreškama. [14]

3.5. Reinženjering kod poslovnih procesa

Reinženjerstvo se bazira na potpunoj rekonstrukciji sustava poslovanja kako bi se poduzeća unaprijedila te se to obavlja uz pomoć informacijske tehnologije. Cilj ovog pristupa poslovanja je svojim proizvodima/uslugama udovoljiti potrebama kupaca, smanjiti vrijeme isporuke te u konačnici povisiti profite. Poslovanje mora promijeniti način pristupa poslovanju te s tradicionalnoga prijeći na procesni pristup. [13]

Općenito se proces reinženjerstva prikazuje se u 6 koraka [16]:

- 1. Definiranje poslovnog procesa:
 - o Mapiranje trenutnog stanja procesa.
- 2. Analiza poslovnog procesa:
 - o Locirani nepovezanosti u strategiji poslovanja i druge greške procesa
- 3. Identifikacija i analiza mogućih poboljšanja:
 - o Nakon pronalaska grešaka u analizi procesa pronalaze se moguća poboljšanja i rješenja tih problema.
- 4. Osmišljavanje novih poboljšanih procesa:
 - o Odabrati najbolja moguća poboljšanja od dobivenih u 3. koraku – ona koja imaju najveći utjecaj na poboljšanje efektivnosti poduzeća. Treba odabrati rješenja koja se nalaze unutar budžeta poduzeća te mogućnosti provedbe.
- 5. Izrada novih procesa:
 - o Nove metode rješenja moraju se izraditi te testirati prije implementacije kako ne bi došlo do novih problema – financijskih i vremenskih.
- 6. Implementacija novih procesa u poduzeće:
 - o Implementacija novog načina procesa.



Slika 20. Koraci reinženjeringa [28]

3.6. Metode snimanja poslovnih procesa

3.6.1. Mapiranje toka vrijednosti

Mapiranje procesa jedna je od tehnika upravljanja poslovnim procesom koji omogućuje vizualan prikaz faza procesa te pokazuje kako proces treba teći od početka do kraja.

Mapiranjem poslovnog procesa definira se što proces radi, koje alate će se koristiti te daje uvid u uspješnost procesa, a glavni razlog potrebe mapiranja procesa je povećanje učinkovitosti poduzeća. To se postiže dijagramom koji daje vizualan prikaz procesa te tako olakšava uočavanje mjesta mogućih poboljšanja u procesu.

U organizaciji procesi se mogu razlikovati te ih dijelimo na:

- Vertikalne – dio su odjela organizacije
- Horizontalne – specifični za nekoliko funkcijskih jedinica
- Individualne – obavljaju ih zaposlenici pojedinačno

Prilikom mapiranja procesa važno je definirati svaki zadatak unutar procesa – njegov nivo (proces, potproces, aktivnost) kako bi se točno definiralo kada započinje koji zadatak. [29]

Mapiranje procesa pruža sliku svih gubitaka u procesu do kojih dolazi raznim kretnjama poput kretanja materijala ili informacija koje su nepotrebne te eliminacijom tih nepotrebnih radnji smanjuje se vrijeme procesa. Služi za snimanje procesa te tako olakšava eliminiranje svih

gubitaka. Njima se omogućuje uvid u proces, olakšava timu smišljanje novih ideja za poboljšanjem te nam pruža dokumentaciju procesa.

Mapiranje procesa provodi se u nekoliko koraka:

Određivanje finalnog proizvod, crtanje mape toka materijala od prvog do zadnjeg dijela procesa, poboljšanje trenutnog stanja, crtanje poboljšane mape.

Procesne mape su detaljni blok dijagrami u kojima su prikazani procesi putem simbola različitih boja koje pokazuju proces od početka – prve radnje kao kupovina materijala, do zadnjeg dijela procesa – prodaja gotovog proizvoda. [30]

Mape procesa korisne su zbog [30]:

- Kreiranja i ubrzavanja projekcije dizajna
- Pomažu u rješavanju problema i donošenja odluka
- Identifikaciji problema i mogućih rješenja
- Moguća brza i ekonomična izrada
- Prikazu procesa korak po korak u vizualnom obliku koji se lako prati i razumije
- Detaljnog prikaza povezivanja dijelova procesa
- Prikaza cijelog procesa od početka do kraja

3.6.2. Vrste mapiranja procesa [30]

Postoji nekoliko načina mapiranje procesa, neki od njih su:

- Blok dijagram (Flow Chart)
- Funkcijska mapa (Cross – functional)
- SIPOC mapiranje
- BPMN (Business Process Modeling Notation)
- VSM (Value Stream Mapping)
- Process Mining

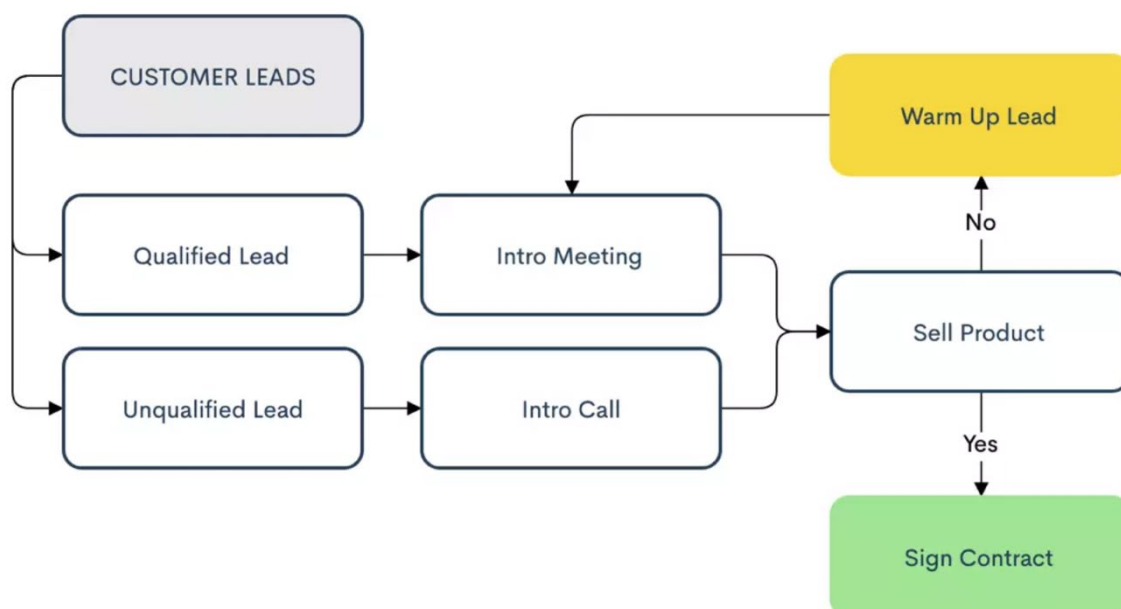
3.6.2.1. Blok dijagram (Flow Chart) [33]

Najpoznatiji prikaz procesa korak po korak u redoslijedu događanja. Koristi se za bolje razumijevanje odvijanja procesa, proučavanje poboljšanja procesa, komuniciranje s ostalim

zaposlenicima o procesu, bolju komunikacija zaposlenika koji rade u istoj fazi procesa, vizualnu dokumentaciju procesa te se koristi za planiranje procesa.

Koraci odvijanja procesa;

- Definiranje procesa
- Diskutiranje i određivanje granica procesa (početka i kraja procesa, detaljnost dijagrama...)
- Smišljanje aktivnosti koje će se obavljati u procesu
- Slaganje aktivnosti u redoslijed događanja
- Crtanje bloka dijagrama sa strelicama koje pokazuju tok procesa
- Korigiranje dijagramom ako je potrebno



Slika 21. Prikaz blok dijagrama [34]

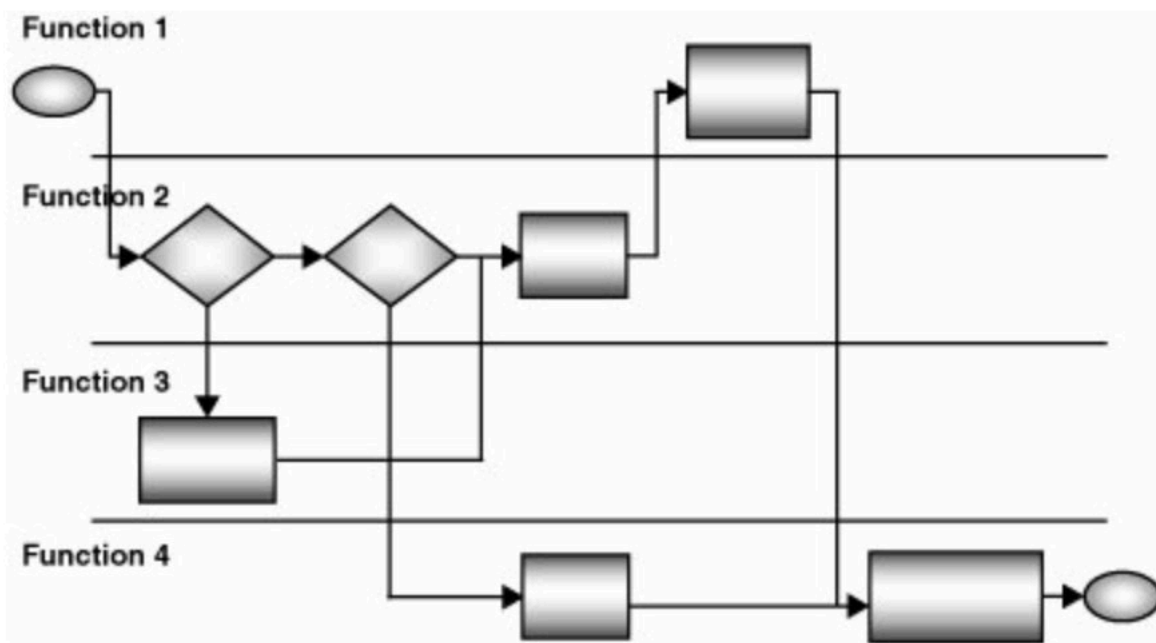
3.6.2.2. Funkcijska mapa (Cross - functional) [35]

Funkcijska mapa daje detaljan opis procesa na mikrorazini. Daje prikaz u razinama (linijama) procesa gdje je vidljivo tko obavlja koji zadatak.

Mana ove mape je ta je jako velika i detaljna te ju je teže shvatiti. Stoga ovaj način prikaza mogu čitati samo stručnjaci.

Koristi se kako bi uočili nepotrebne korake, praznine i probleme koje se onda rješava kako bi smanjili vrijeme procesa. Smanjenje vremena proces također omogućuje smanjivanje broja radnika.

Pošto je mapa jako detaljna uočljivi su problemi na određenim područjima procesa te se na taj dio procesa usmjeruje fokus.



Slika 22. Funkcijska mapa – dijagram [36]

3.6.2.3. SIPOC mapiranje

SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Customer) u prijevodu znači IUPIK (Isporučitelj – Ulaz – Proces – Izlaz – Kupac)

Problem s poduzećima da nemaju točno definiranu svrhu ili se ta svrha konstantno mijenja.

Prvi korak je razumijevanje procesa te njegovo uklapanje u cijeli sistem poduzeća. Treba se shvatiti trenutno stanje procesa te se na njemu treba procijeniti tržište odnosno tko su kupci te što im uistinu treba. Tu se ide onom misli da ako nekome želimo prodati bušilicu, on treba imati rupu. [37]

Skraćenica nam govori:

- Supplier – isporučitelj proizvoda (poduzeće)
- Input – ulazi u proces (materijali, informacije...)
- Process – pretvaranje ulaznih vrijednosti u izlazne
- Output – izlaz (proizvod/usluga) za kupca (tržište)
- Customer - kupac koji uzima proizvod

Kako bi izradili SIPOC dijagram svrhu procesa mora se gledati iz očiju kupaca. Treba se shvatiti što točno poduzeće nudi kupcima te će se dobiti uvid kako te proizvode poboljšati kako bi tržištu bili još potrebniji. [37]

Koraci u kreiranju SIPOC dijagrama [38]:

- Kreiranje
- Započeti proces – mapirati 4 do 5 glavnih koraka procesa
- Identificirati ulazne i izlazne vrijednosti
- Prepoznati tržište (kupce) kojima će izlazne vrijednosti (proizvodi) biti usmjereni
- Identificirati nužne ulazne vrijednosti bez kojih proces ne bi funkcionirao
- Identificirati nabavljače ulaznih vrijednosti
- Diskutirati sa sponzorima projekta



Slika 23. SIPOC dijagram [39]

3.6.2.4. BPMN (Business Process Modeling Notation) [40]

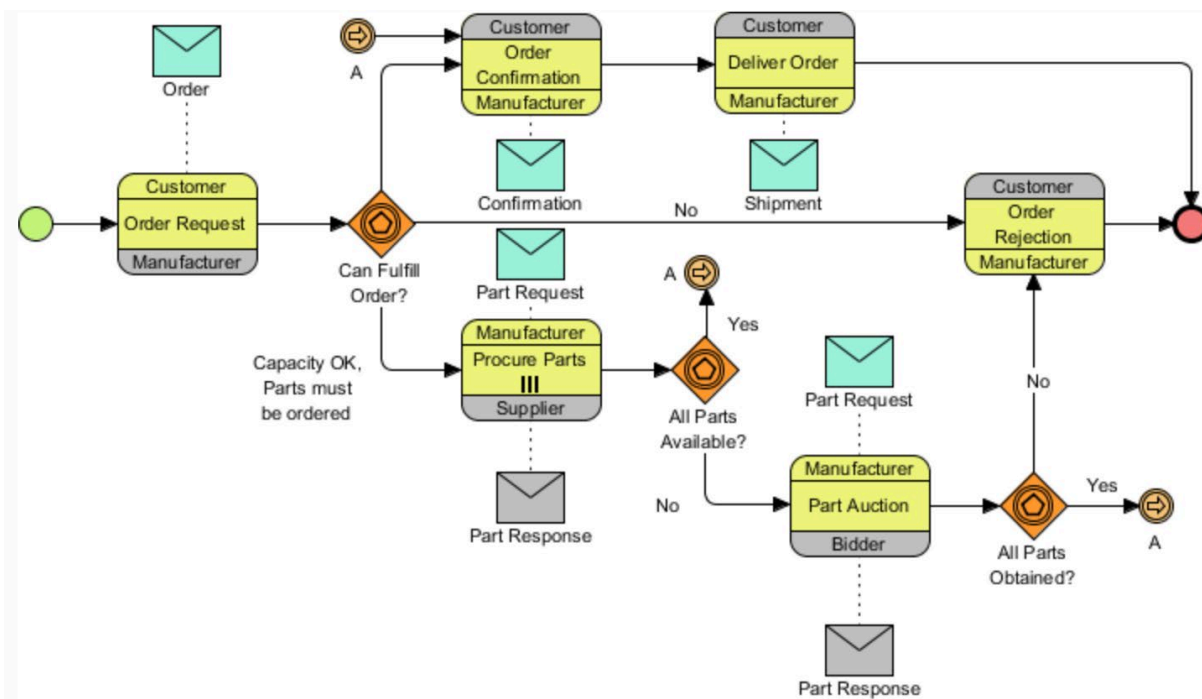
U prijevodu - Notacija i modeliranje poslovnih procesa

To je standardizirana metoda dijagrama koja omogućuje konstruiranje vizualne mape koja je globalno prepoznatljiva.

Mapiranje BPMN metodom omogućit će jasniji prikaz cijelog poslovanja, smanjit će vrijeme procesa eliminiranjem nepotrebnih zadataka te će reducirati pogreške radnika.

Ima mogućnost prikaza informacija između različitih timova, podatci se spremaju na Internet oblak (cloud) te određeni sektori rade paralelno na samom procesu što smanjuje vrijeme rada.

Aktivno se koristi od 2004. godine te je široko prihvaćena kao način crtanja mapa procesa zato što je jednostavna za shvatiti, nudi široki raspon simbola za svaku potrebu.



Slika 24. BPMN dijagram [41]

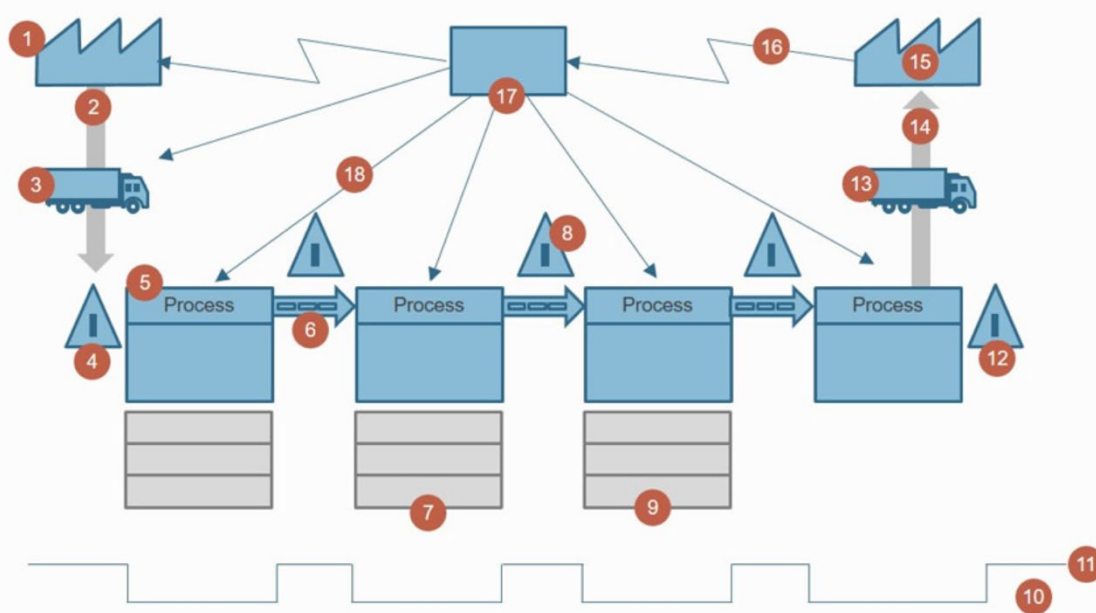
3.6.2.5. VSM (Value Stream Mapping) [42]

U prijevodu – Mapiranje toka vrijednosti

Koristi se za razumijevanje onog što je vrijedno za proces te onoga što nije. Za razliku od izrade BPMN mape, za izradu VSM mape zahtjevnije je veće znanje. Prikazuje tok informacija i materijala od početka do kraja procesa.

VSM mapa prikazuje točno trajanje pojedine aktivnosti u procesu te način transporta materijala i informacija u proizvodnji. Cilj je eliminirati sve gubite te maksimizirati vrijednost procesa. To se postiže pomoću:

- Jasne suradnje i komunikacije koju VSM omogućava
- Vizualiziranjem višaka zaliha, kašnjenja te ograničenja poduzeća
- Kontinuirano poboljšanje procesa



Slika 25. VSM dijagram [43]

3.6.2.6. Process Mining – Rudarenje procesa [8]

To je pristup kojim se otkrivaju stvarni procesi putem zapisnika događaja te ih se nadzire i radi na njihovim poboljšanjima. Proces mining je analitički pristup kojim se znanje izvlači iz sistema organizacije.

Ovim procesom organizacije mogu detektirati pogreške direktno preko podataka, a ne bazirajući se na pretpostavkama te općenito ova metoda obuhvaća:

- Provjeru slaganja poslovnih procesa
- Automatsko otkrivanje poslovnih procesa
- Analizu izvedbi

Procesno rudarenje je kombinacija analize, kontrole i poboljšanja procesa.

Vrste procesnog rudarenja:

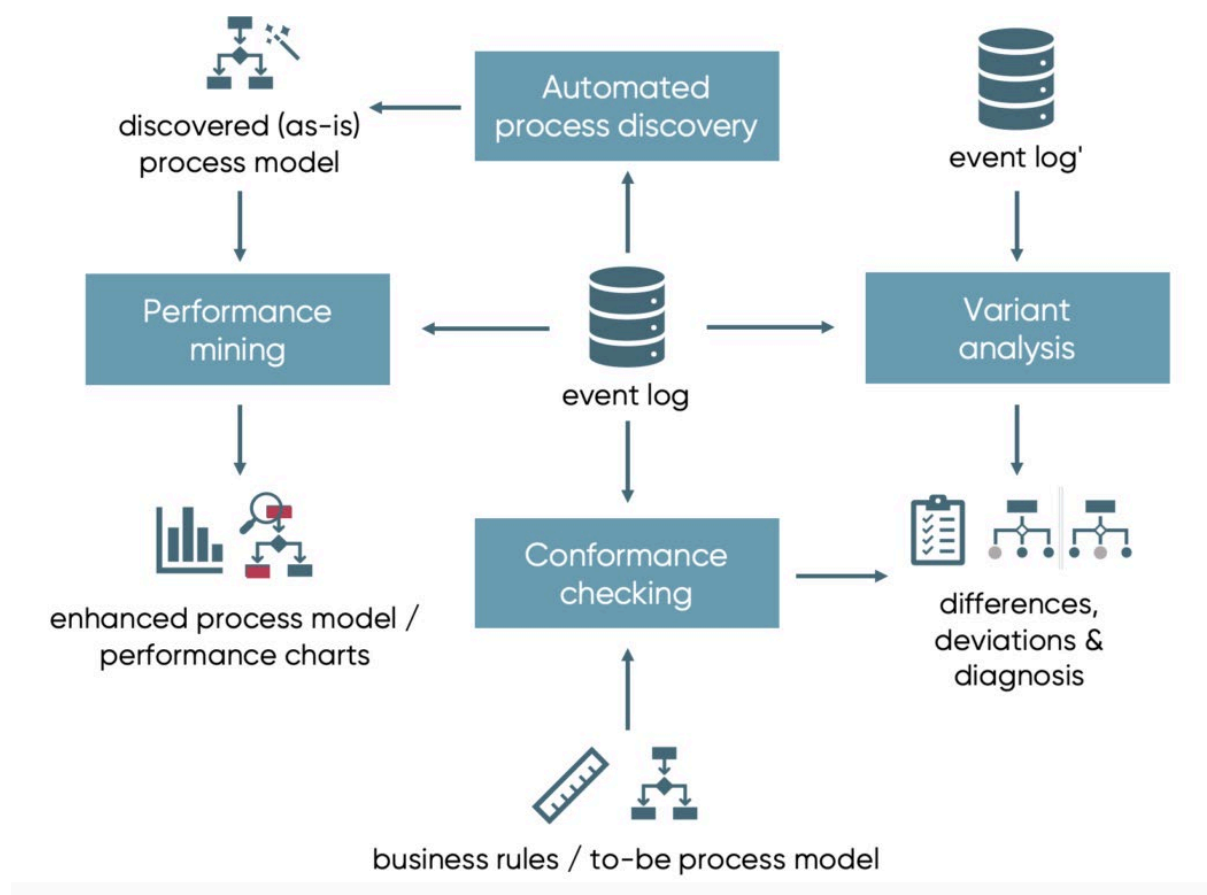
- Otkrivanje:
 - Nema prethodnih informacija već se model procesa bazira na zapisniku događaja
- Slaganje:
 - Usporedba realnih procesa te preddefiniranih procesa koja pomaže u pronalasku odstupanja te popravljanju istih

- Poboľšanje:
 - o Koriste se podaci realnih procesa za poboljšanje modela procesa

Razlozi primjene rudarenja procesa su:

- Ušteda vremena zbog automatizacije zbirke podataka
- Pomaže u nadziranju ključnih pokazatelja uspješnosti
- Daje prikaz velike slike procesa te daje mogućnost pronalaska razloga grešaka te odstupanja
- Pruža pripremu podataka
- Standardizira većinu poslovnih procesa
- Optimiziranjem procesa dolazi do bolje efikasnosti procesa

Rudarenje procesa u proizvodnji pomoći će u razumijevanju svakog dijela procesa te svih troškova. Također dobiva se i vrijeme potrebno za procese.



Slika 26. Rudarenje procesa [44]

3.7. Pokazatelji uspješnosti [18]

KPI (Key Performance Indicators) ili u prijevodu ključni pokazatelji uspješnosti bitni su jer pokazuju koliko uspješno poduzeće teži ciljanom napretku. Daju uvid u strateška i operativna poboljšanja, kreiraju analizu za donošenje odluka te pomažu u fokusiranju najbitnijih aspekata procesa.

Upravljanje pokazateljima uspješnosti zahtjeva određivanje cilja koje se želi postići te praćenje napretka prema tom zadanom cilju.

Ključni pokazatelji uspješnosti korisni su jer:

- Omogućuju objektivni dokaz napretka u težnji ka planiranom cilju
- Mjere vrijednosti koje pomažu u donošenju odluka
- Nude usporedbu uspješnosti procesa tijekom vremena
- Prate efektivnost, korisnost, kvalitetu, ponašanja, financije, izvedbu procesa, te izvedbu zaposlenika

U razvijanju strategije ključnih pokazatelja uspješnosti potrebno je krenuti s osnovama te razumjeti koji su ciljevi poduzeća, koji je plan ostvarivanja tih ciljeva te tko ima potrebne informacije za sve te procese. Ovo je proces koji se ponavlja te uključuje timove analitičara te menadžera. Dok se ovaj proces događa dolaziti će se do boljeg razumijevanja poslovnih procesa koji moraju biti mjereni ključnim pokazateljima uspješnosti.

Kako bi bili efekti, KPI moraju biti dobro definirani i mjerljivi, moraju biti dobro prokomentirani u poduzeću, moraju težiti ostvarivanju cilja te moraju biti primjenjivi na posao kojim se poduzeće bavi.

Problem nastaje pošto postoji velika količina različitih ključnih pokazatelja uspješnosti tako da ako se odabere krivi KPI, mjeri se nešto što nije u potpunosti cilj poduzeća tako da se KPI moraju birati oprezno i promišljeno.

3.7.1. Definiranje ključnih pokazatelja uspješnosti

Definiranje pokazatelja uspješnosti olakšava se koristeći se ovim pitanjima:

- Koji je željeni ishod?
- Zašto je taj ishod bitan?
- Kako mjeriti napredak?
- Kako utjecati na ishod?

- Tko je odgovoran za ishod poslovanja?
- Kako znati kada je postignut ciljani ishod?
- Koliko često će se pratiti napredak procesa?

3.7.2. Kategoriziranje ključnih pokazatelja uspješnosti

- Inputs – ulazne vrijednosti:
 - o Mjere se vrijednosti (količina, vrsta, kvaliteta) ulaza u proces koji rezultiraju izlazima
- Proces:
 - o Mjeri se efikasnost, kvaliteta ili konstantnost određenog procesa koji se koriste u proizvodnji izlaznih vrijednosti.
- Outputs – izlazne vrijednosti:
 - o Mjerenja količine obavljenog posla
- Outcomes – ishodi:
 - o Fokusiranje na postignuća i utjecaje
- Projekt:
 - o Mjere se postignuća koja su obavljena u projektu

3.7.3. Ključni pokazatelji uspješnosti u proizvodnji [45]

Ključni pokazatelji uspješnosti u proizvodnji koriste se za nadziranje, analizu te optimiranje procesa proizvodnje te pritom pazi na količinu, kvalitetu te na troškove. Proizvođači dobivaju vrijedan uvid u poslovanje kako bi se mogli bolje usmjeriti proizvodnju u željenom cilju.

Vrste nekih ključnih pokazatelja uspješnosti u proizvodnji:

- Volumen proizvodnje
- Vrijeme zastoja proizvodnje
- Troškovi proizvodnje
- Sveukupna efektivnost procesa
- Sveukupna efektivnost opreme
- Iskorištenost kapaciteta

- Količina grešaka
- Mjera vraćenih predmeta
- Dostavljanje na vrijeme
- Točnost iz prve
- Koeficijent obrtaja imovine
- Trošak elementa
- Prinos na imovinu
- Troškovi održavanja
- Zarada po zaposleniku

3.7.3.1. Volumen proizvodnje

Pružajući uvid u mogućnost proizvodnje u poduzeću odnosno koliko se u poduzeću može proizvesti u mjesecu ili godini. Dobiva se velika slika čime se poduzeće bavi i kada.

Dobar volumen proizvodnje zadovoljava potražnju, ali ne ostavlja dovoljno inventara u zalihama.

3.7.3.2. Vrijeme zastoja proizvodnje

Jedan je od najbitnijih ključnih pokazatelja uspješnosti. Ako određeni uređaj prestane raditi znači da je rezultat prestanak zarade tako da se vrijeme zastoja mora staviti kao prioritet koji se mora izbjeći kako bi se spriječio budući gubitak profita.

Kada dođe do zastoja u proizvodnji nužno je dokumentirati razloge tog zastoja kako bi bili svjesni problema te ga riješili kako se ne bi ponovio u budućoj proizvodnji. Zastoji se također mogu kontrolirati u slučajevima održavanja opreme.

Cilj je vrijeme zastoja sniziti što je više moguće te to postizemo praćenjem procesa.

3.7.3.3. Troškovi proizvodnje

Trošak proizvodnje definira koliko svaka komponenta proizvoda košta te koliko pridonosi gotovom proizvodu. Praćenje ovih troškova proizvodnje kroz vrijeme pridonosi pošto pomaže u ostajanju unutar budžeta te ostvarivanju profita.

3.7.3.4. Sveukupna efikasnost procesa

Daje uvid u maksimalno vrijeme potrebno za operacije procesa. To znači da treba pomnožiti izvođenje s kvalitetom i dostupnošću gdje je dostupnost jednaka vremenu proizvodnje podijeljene s vremenom djelovanja.

Praćenjem ove metode pokazatelja uspješnosti dobiva se čišća slika kako teče proces proizvodnje te kako se poboljšava tijekom vremena.

3.7.3.5. Sveukupna efikasnost opreme

Ovaj mjerni sustav uključuje jedino vremena koja su unaprijed planirana tako da svaku radnju koja nije unaprijed planirana ova metoda ne ubraja u vrijeme. Ovom se metodom kombinira izvršavanje, kvaliteta i dostupnost te se osigurava da proizvodno poduzeće radi efektivno.

Koristeći se ovom metodom procjenjuje se sveukupna efikasnost opreme neovisno o tome gledali se pojedinačni dio ili cijela proizvodnja.

3.7.3.6. Iskorištenost kapaciteta

Iskorištenost kapaciteta odgovara na pitanje koliko dostupnih kapaciteta proizvodna linija koristi. Sve u proizvodnji košta, od smještaja poduzeća do opreme koja se koristi. Stoga je cilj da se maksimizira iskorištenost kapaciteta tako da strojevi rade u idealnom ciklusu. Dobiva se pregled a to treba li povećati proizvodnju ili potencijalno smanjiti ako se ne iskorištava te samo pridonosi troškovima.

Maksimiziranje kapaciteta provodi se kako bi se izbjegli nepotrebne gubitke te kako bi efektivnost strojeva i proizvodnje bila maksimalna.

3.7.3.7. Količina grešaka

Procjena defekata bitan je dio proizvodnje jer je glavni indikator kvalitete, a lagano se ocjenjuje. To je broj koji govori koliko ima grešaka na ukupnom broju proizvedenih proizvoda. Korisna je metoda pokazatelja uspješnosti pošto nam pokazuje u kojem dijelu proizvodnje dolazi do grešaka kako bi se razlozi tih grešaka mogli riješiti te kako bi izbjegli nepotrebne gubitke te povećali efektivnost procesa proizvodnje.

3.7.3.8. Mjera vraćenih predmeta

Mjeri se postotak vraćenih proizvoda. Povratak proizvoda gubitak je koji se može izbjeći pošto su to proizvodi koji trebaju ponovno proći kroz proces proizvodnje. Razlog povrata može biti greška na proizvodu, krivom pakiranju i slično. Razloge povratka treba analizirati te korigirati procese koji su doveli do tih grešaka.

3.7.3.9. Dostavljanje na vrijeme

Ovim mjerenjem prikazuje se postotak proizvoda koji su dostavljeni na vrijeme, a cilj je da taj postotak bude 100%. Kupci su bitni tako da se cilja na to da budu zadovoljni, a dostavom na vrijeme postiže se upravo to.

3.7.3.10. Točnost iz prve

Svaki put kada se proizvod treba popravljati to je dodatan trošak koji pokazuje neefikasnosti u procesu. Ova metoda daje uvid koliko često se može proizvesti nešto bez grešaka koje će se trebati doradivati te značiti dodatan trošak. Kao i u drugim KPI metodama treba se pronaći uzrok grešaka te ispraviti kako se greške ne bi ponovile.

Dobiva se formulom = $(\text{broj nepogrešivih proizvoda} / \text{ukupna količina proizvoda}) * 100$. Kada se dobije broj koji opisuje poduzeće zadaje se neki cilj kojemu se mora težiti kako bi se to poboljšalo.

3.7.3.11. Koeficijent obrtaja imovine

Ovaj pokazatelj uspješnosti više se fokusira na financijski nego proizvodni dio. Predstavlja vrijednost poslovnih prihoda u odnosu s vrijednosti imovine. Prikazuje je li imovina poduzeća generira vrijednost ili ne.

Dobiva se formulom = $\text{prihod} / \text{ukupna imovina (proizvodi)}$. Što je odnos viši to znači da se generira veća vrijednost po proizvodu.

3.7.3.12. Trošak elementa

Procjenjuje se ukupan trošak uključen u proizvodnju jednog dijela. Trošak jednog elementa može se podijeliti na sve ostale troškove (trošak rada, skladištenja, materijala i sl.). Nekada se ne može točno prikazati taj trošak pošto se ne mogu točno izračunati troškovi energije.

Identifikacijom procesa proizvodnje tijekom vremena mogu se smanjiti troškovi elementa.

3.7.3.13. Prinos na imovinu

Mjerna je metoda koja pokazuje koliko je poduzeće profitabilno u odnosu na sveukupnu imovinu (proizvode). Ovaj pokazatelj mjeri koliko efektivno poduzeće iz svoje imovine generira profit. Daje se uvid u zaradu koju je poduzeće postiglo iz investiranog kapitala.

Računa se formulom $\text{neto dobit} / \text{ukupna imovina}$. Što je ovaj odnos veći to znači da poduzeće dobro iskorištava svoju imovinu pri generiranju zarade.

3.7.3.14. Troškovi održavanja

Troškovi održavanja jedan je od pokazatelja uspješnosti te prikazuje na kojoj se opremi treba više raditi te koje mjere se mogu implementirati kako bi optimizirali buduće troškove održavanja.

3.7.3.15. Zarada po zaposleniku

Dobiva se dijeljenjem prihoda poduzeća s brojem zaposlenika. Ako je iznos velik to znači da je poduzeće produktivno tako da u suštini ono prikazuje uspješnost proizvodnog poduzeća te se povezuje s financijskim odjelom pošto govori o troškovima.

Cilj je tijekom vremena povećati zaradu po zaposleniku jer to znači i razvoj cijelog poduzeća.

4. Primjena VSM mape i standardizacije u poduzeću FERIOIMPEX

4.1. Opis poduzeća [49]

Tvrtka Feroimpex osnovana je 1976. godine te je njen temelj bila mala bavarska radionica koja je proizvodila vijke te opruge. Tijekom godina radionica je narasla u proizvodnju strojnih dijelova za automobilsku industriju. U današnje vrijeme Feroimpex je moderno poduzeće koje posluje na hrvatskom i Europskom području.

Sastoji se od timova različitih stručnjaka s više od 360 zaposlenika i postiže odlične rezultate u zahtjevnoj proizvodnji ležaja, dijelova za automobilsku i željezničku industriju te također u proizvodnji alata i dijelova ležaja za vjetroelektrane.

Tijekom nekoliko prethodnih godina poduzeće ulazi u vrh hrvatske industrije. Područje poduzeća proteže se na području od 10000 metara kvadratnih.

Poduzeće Feroimpex u privatnom je vlasništvu obitelji Legac.



Slika 27. Logo poduzeća Feroimpex [49]



Slika 28. Izgled poduzeća Feroimpex [49]

4.2. Primjena standardizacije u proizvodnji

U ovom poduzeću uvodi se novi način obrade materijala koji se želi potpuno automatizirati tako da se proveda usporedba postojećeg i novog načina obrade te su se prikazali rezultati i vidjele uštede te poboljšanja koja novi način obrade pridonosi.

4.2.1. Postojeći proces

Pratila se obrada zupčanika koja se provodi na dva CNC stroja. Obrada zupčanika sastoji se od 11 procesa koji su određeni te nakon procjene vremena standardizirani.

Procesi od kojih se obrada sastoji su:

1. Manipulacija obratkom:
 - Uzimanje obratka iz kutije te stavljanje na radni stol
2. Čišćenje CNC stroja:
 - Ispuhivanje špene iz stezaljke
3. Postavljanje obratka u steznu glavu 1. CNC stroja



Slika 29. CNC stroj za 1. tehnološku operaciju

4. 1. tehnološka operacija:
 - Sastoji se od obrade odvajanjem čestica – tokarenje, zabušivanje i bušenje
 - Ova obrada uključuje 7 različitih alata:
 - Alat 1 (tokarenje) – vanjska gruba obrada
 - Alat 2 (tokarenje) – gruba obrada utora
 - Alat 3 (tokarenje) – vanjska završna obrada + utor
 - Alat 4 (bušenje) – centralno bušenje, gruba obrada

- Alat 5 (tokarenje) – završna unutarnja kontura provrta
- Alat 6 (zabušivanje) – upuštanje
- Alat 6 (bušenje) – bušenje upuštenih rupa

5. Vađenje obratka nakon 1. tehnološke operacije

6. Postavljanje obratka u 2. CNC stroj



Slika 30. CNC stroj za 2. tehnološku operaciju

7. 2. tehnološka operacija:

- Obavlja čisto tokarenje
- Ova obrada uključuje 3 različita alata:
 - Alat 1 – gruba unutarnja obrada konture provrta
 - Alat 2 – završna obrada unutarnje konture provrta
 - Alat 3 – vanjska završna obrada

8. Vađenje obratka nakon 2. tehnološke operacije te postavljanje na mjerni stol

9. Mjerenje obratka:

- Sastoji se od tri mjerne urice:
 - 1. mjerna urica – mjere se 2 visine i provrt



Slika 31. 1. mjerna urica

- 2. mjerna urica – mjeri se promjer



Slika 32. 2. mjerna urica

- 3. mjerna urica – mjeri se visina



Slika 33. 3. mjerna urica

10. Odlaganje gotovog obratka u kutiju

Nakon što su se definirali svi procesi od kojih se sastoji obrada zupčanika provedo se mjerenje vremena tih procesa kako bi vidjeli gdje dolazi do gubitaka. Provelo se 5 mjerenja te se na temelju srednje vrijednosti proveo postupak standardizacije procesa.

U sljedećoj tablici prikazana su vremena ovih 10 procesa mjerenih 5 puta (rezultati izraženi u sekundama).

Tablica 1. Vremena procesa postojeće obrade zupčanika

Glavne operacije	Vrijeme 1.	Vrijeme 2.	Vrijeme 3.	Vrijeme 4.	Vrijeme 5.
1. Manipulacija (uzimanje obratka iz kutije i postavljanje na radni stol)	4	3.7	4.5	3.6	3.9
2. Čišćenje CNC stroja	2.7	2.4	3.1	3.3	2.8
3. Postavljanje obratka u steznu glavu 1. CNC stroja	4.7	4.4	5.2	5.0	4.8
4. - 1. Tehnološka operacija (tokarenje, zabušivanje i bušenje)	200	200	200	200	200
5. Vađenje obratka nakon 2. tehnološke operacije	7.9	7.4	8.3	7.8	8.1
6. Postavljanje obratka u 2. CNC stroj	21	24	22.6	23.8	22.7

7. - 2. Tehnološka operacija (tokarenje)	99	99	99	99	99
8. Vađenje obratka nakon 2. tehnološke operacije i postavljanje na mjerni stol	6.7	7.2	7.1	6.2	6.4
9. Mjerenje obratka					
9.1. - I.mjerna urica (2 visine i provrti)	23.5	22	21.7	22.1	22.5
9.2. - II.mjerna urica (promjeri)	9.2	10.8	9.4	8.9	11.2
9.3. - III.mjerna urica (visina)	10.5	9.8	9.1	10.1	8.7
10. Odlaganje gotovog obratka u kutiju	2.2	3.1	2.6	3.4	2.8

Nakon mjerenja vremena provedla se standardizacija tih postupaka te njihovih vremena. Standardizirana vremena postupaka dobila su se izračunom srednjih vrijednosti vremena postupaka te se ta vrijednost zaokružila na veći cijeli broj. Zapisana vremena podijeljena su u 4 kategorije:

- ručno, strojno, vrijeme čekanja te vrijeme kretanja

U ručno vrijeme spadaju procesi u kojima zaposlenik barata predmetom te su to procesi:

- manipulacija obratkom, postavljanje obratka u 1. CNC stroj, vađenje poluobrađenog obratka te njegovo postavljanje u 2. CNC stroj, vađenje obratka iz 2. CNC stroja te njegovo stavljanje na stol za mjerenje i mjerenje obratka

U vrijeme čekanja spada vrijeme čišćenja CNC stroja.

Strojno vrijeme je vrijeme u kojem se obradak obrađuje u CNC stroju, a vrijeme kretanja je vrijeme koje je potrebnom za odlaganje obrađenog i izmjerjenog obratka u kutiju s gotovim dijelovima.

Svi procesi s njihovim vremenima (u sekundama) uvršteni su u tablicu standardizacije gdje je i vizualni prikaz tih procesa na tlocrtu te radne postaje.

Tablica 2. Standardizirani procesi postojećeg načina obrade zupčanika

Standardizirani rad - tablica kombinacija			Poduzeće: Feroimpex		Proizvod: #8236 (zupčanik)	
			Područje: Zagreb, Jankomir		Operacija:	
			Proces: Obrada zupčanika		Strana:	
Datum:			Smjene: 3		Vrijeme ciklusa: 6,58	
Od:			Volumen: 330		Vrijeme takta:	
Odobrio:						
Broj operacije	Glavne operacije	Ručno vrijeme	Strojno vrijeme	Vrijeme čekanja	Vrijeme kretanja	
1	Manipulacija (uzimanje obratka iz kutije i postavljanje na radni stol)	4				
2	Čišćenje CNC stroja			3		
3	Postavljanje obratka u steznu glavu 1. CNC stroja	5				
4	1. tehnološka operacija (tokarenje, zabušivanje i bušenje)		200			
5	Vađenje poluobrađenog obratka	8				
6	Postavljanje obratka u steznu glavu 2. CNC stroja	23				
7	2. tehnološka operacija (tokarenje)		99			
8	Vađenje obratka nakon 2. tehnološke operacije i postavljanje na mjerni stol	7				
9	Mjerenje obratka					
9.1.	I. mjerna urica (2 visine i provrt)	23				
9.2.	II. mjerna urica (promjer)	10				
9.3.	III. mjerna urica (visina)	10				
10	Odlaganje gotovog obratka u kutiju				3	

Ukupno standardizirano vrijeme ove obrade iznosi 395 sekundi što je 6.58 minuta.

Kada su svi procesi standardizirani mogu se odrediti na one koje pridonose vrijednosti proizvoda, one koji ne pridonose vrijednosti, ali su nužni u procesu obrade te na one procese koje pridonose gubitcima.

Podjela procesa prema njihovim vrijednostima prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica 3. Vrijednosti procesa u postojećem načinu obrade zupčanika

Procesi koji pridonose vrijednosti proizvoda	Procesi koji ne doprinose vrijednosti proizvoda, ali su nužni u proizvodnji	Procesi koji su ne pridonose vrijednosti proizvoda, ali nisu nužni tako da donose samo gubitke
1. tehnološka operacija	Manipulacija obratkom	
2. tehnološka operacija	Čišćenje CNC stroja	
	Postavljanje obratka u CNC stroj	
	Vađenje obratka iz CNC stroja te postavljanje na stol za mjerenje	
	Mjerenje obratka	
	Odlaganje gotovog obratka u kutiju	

Poduzeće Feroimpex ovim načinom obrade u jednom danu obradi 330 proizvoda te se to događa u 3 smjene što znači da u jednoj smjeni bude izrađeno 110 komada. Škart se događa u količinama od 0.5% do 3%. Dnevni troškovi škarta na toj proizvodnoj jedinici iznose oko 37.12 eura za škart od 0.5%. To znači da za 3% iznosi 222.72 eura. To na mjesečnoj razini iznosi dodatne troškove u rasponu od 1000 do 6000 eura odnosno od 7500 do 45000 kn.

Tablica 4. Prikaz troškova škarta na mjestu izrade zupčanika

Razdoblje	Količina	Vrijeme (sati)	Škart (%)	Troškovi (euro)	Troškovi (hrvatska kuna)
Smjena	110	7	0.5 - 3	12.37 – 74.24	94 – 565
Dan	330	21	0.5 - 3	37.12 -222.72	285 - 1.700,00
Mjesec (28 dana)	9 240	588	0.5 - 3	1 040 – 6 240	7.895,00 – 47.500,00
Godina (300 dana)	99 000	6 300	0.5 - 3	11 150 – 67 000	84.625,00 – 50.8502,00

Veliki problem je nastanak velikih količina strugotina koje su nespretne za rukovanje. U ovoj izradi strugotina oštećuje strojeve, ozljeđuje radnike, zauzima prostor te je potrebno daljnje rukovanje tim strugotinama. Veliki problem je što izlazi u velikim komadima s kojima se onda teško rukuje te je to jedan od velikih razloga za potrebu novog načina obrade.



Slika 34. Dugačke strugotine koje izlaze iz CNC stroja tijekom obrade

4.2.2. Novi proces

Obrada procesa na novi način posebna je po tome što se teži potpunoj automatizaciji te eliminaciji ljudskog faktora kako ne bi dolazilo do pogrešaka te kako bi pogon mogao raditi 24 sata dnevno cijelu godinu. Naravno da se treba računati na vrijeme potrebno za servisiranje stroja, ali sveukupni trošak će se smanjiti pošto će biti manji postotak škarta zbog točnosti robota.



Slika 35. Prikaz robotske ruke s CNC strojevima i pokretnom trakom

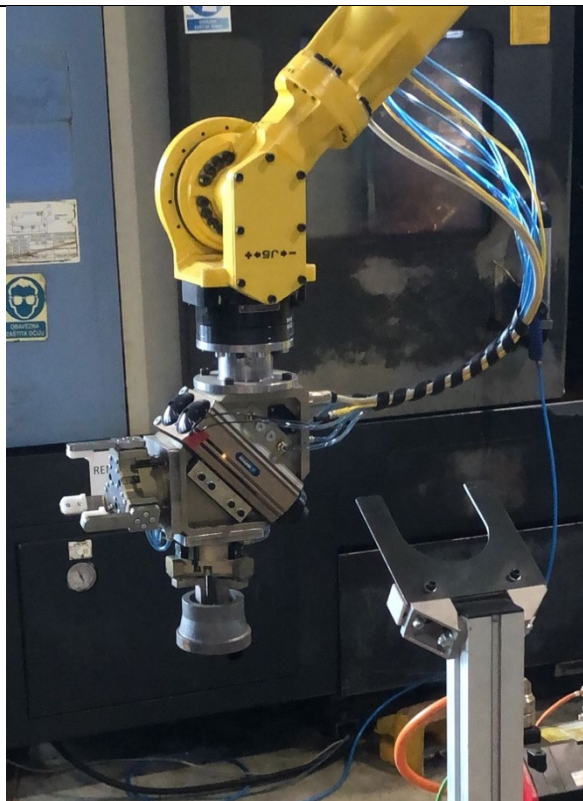
Obrada zupčanika na novi način sastojat će se od 11 procesa, ali razlika je u tome što je potpuno automatizirana. Sastoji se od:

1. Lociranje:

- Kamera slika položaj obratka te se po njoj orijentira robotska ruka prije uzimanja obratka

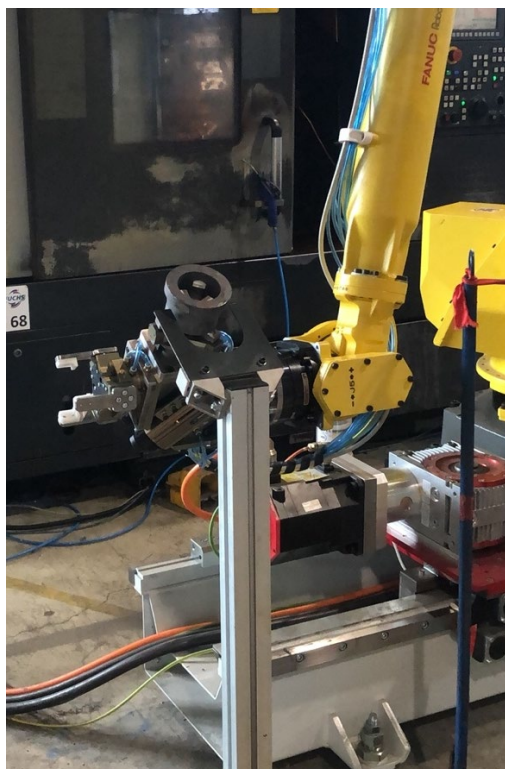
2. Uzimanje obratka:

- Odabrani obradak se uzima iz kutije te podiže



Slika 36. Robotska ruka s podignutim obratkom

- Ako je obradak okrenut na krivu stranu (suprotnu od potrebne za prvi proces) robot prvo okreće obradak na stranu koja mu je potrebna te nastavlja s radom



Slika 37. Držac pomoću kojeg robotska ruka orijentira obradak na stranu koja mu je potrebna

3. Postavljanje obratka u CNC stroj za 1. tehnološku operaciju
4. 1. tehnološka operacija (sastoji se od istih radnji i alata kao u postojećem procesu)



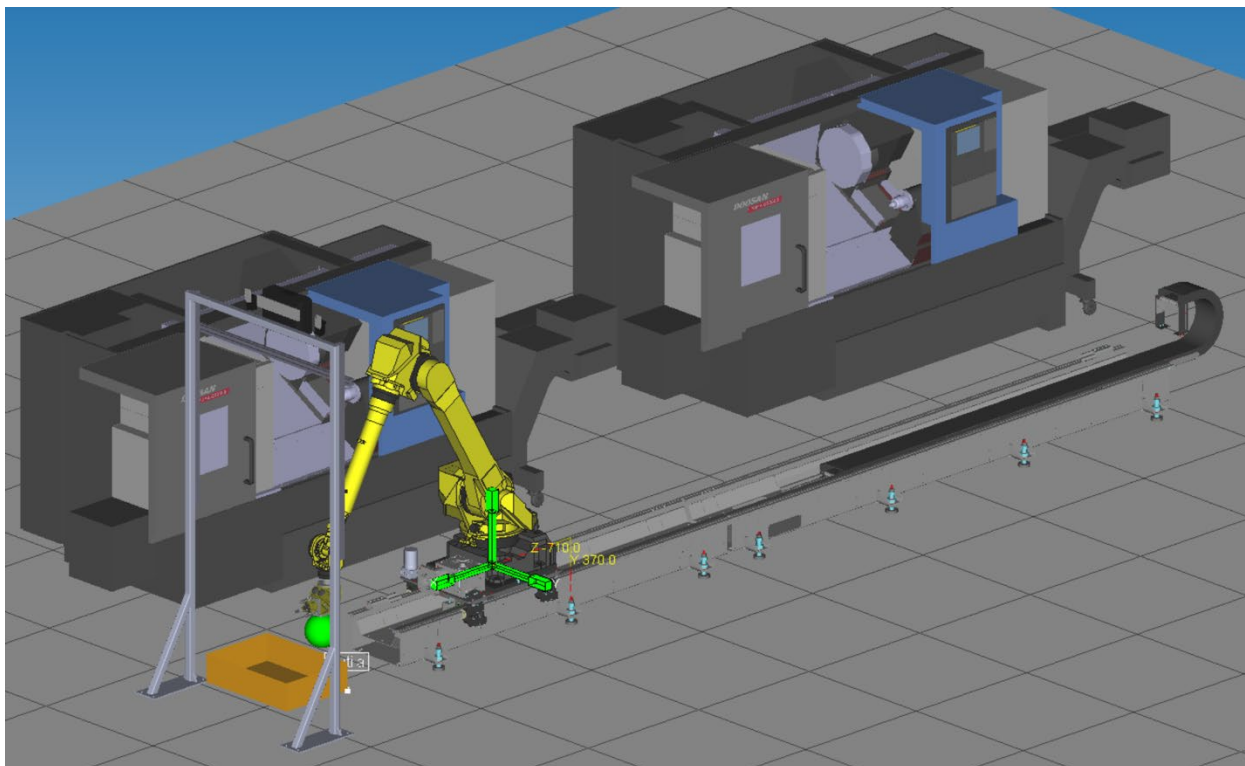
Slika 38. CNC stroj u novom pogonu

5. Vađenje obratka nakon 1. tehnološke operacije
6. Promjena položaja obratka:
 - o Rotiranje obratka na stranu potrebnu za 2. tehnološku obradu
7. Prijenos obratka između strojeva
8. Postavljanje obratka u steznu glavu 2. CNC stroja
9. 2. tehnološka operacija
10. Vađenje obratka nakon 2. tehnološke operacije i postavljanje na mjerni stol
11. Mjerenje obratka i njegovo odlaganje u kutiju

Tablica 5. Standardizirani procesi novog načina obrade zupčanika

Standardizirani rad - tablica kombinacija			Poduzeće: Feroimpex				Proizvod: #8236 (zupčanik)			
Datum:			Područje: Zagreb, Jankomir				Operacija: Strojna obrada			
Od:			Proces: Obrada zupčanika				Strana:			
Odobrio:			Smjene: 3				Vrijeme ciklusa: 6,67			
			Volumen:				Vrijeme takta:			
Broj operacije	Glavne operacije	Ručno vrijeme	Strojno vrijeme	Vrijeme čekanja	Vrijeme kretanja					
1	Lociranje (orijentiranje obratka)			13						
2	Uzimanje obratka	4								
3	Postavljanje obratka u CNC za 1. tehnološku obradu	10								
4	1. tehnološka obrada		200							
5	Vađenje obratka	10								
6	Promjena položaja obratka	9								
7	Prijenos obratka između strojeva				4					
8	Postavljanje obratka u CNC za 2. tehnološku obradu	10								
9	2. tehnološka obrada		99							
10	Vađenje obratka i stavljanje na mjerni stol	13								
11	Mjerenje i odlaganje u kutiju		28							

Ukupno standardizirano vrijeme za novi automatizirani način obrade je 400 sekundi što je 6.67 minuta.



Slika 39. 3D prikaz pogona za novi način obrade

Vrijeme novog načina obrade sporije je u usporedbi s postojećim načinom obrade, ali sveukupni troškovi se smanjuju. Velika ušteda vremena u novom načinu obrade postiže se u mjerenju koje ne samo da je smanjeno s 45 sekundi na 28 sekundi već je uz smanjenje vremena razlika u točnosti koja je u novom načinu puno bolja. Razlog tome je što se u potpunosti miče ljudski faktor te ljudske pogreške koje se događaju pri mjerenju. Uz sve to bitno je reći što da ne samo da je zamijenjen čovjek sa strojem koji je u potpunosti točan, on je također puno brži.

To će rezultirati točnim dijelovima što znači manju količinu škarta te je zaključak najbitniji – smanjenje troškova.

Podjela procesa prema njihovim vrijednostima prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica 6. Vrijednosti procesa u novom načinu obrade zupčanika

Procesi koji pridonose vrijednosti proizvoda	Procesi koji ne doprinose vrijednosti proizvoda, ali su nužni u proizvodnji	Procesi koji su ne pridonose vrijednosti proizvoda, ali nisu nužni tako da donose samo gubitke
1. tehnološka operacija	Lociranje obratka	
2. tehnološka operacija	Uzimanje obratka	
	Postavljanje obratka u steznu glavu CNC strojeva	
	Promjena položaja obratka	
	Prijenos obratka između strojeva	
	Vađenje obratka iz CNC strojeva te postavljanje na stol za mjerenje	
	Mjerenje obratka	
	Odlaganje gotovog obratka u kutiju	

4.3. Usporedba stvarnog i standardiziranog postojećeg načina obrade

Standardizirani način obrade te njegova vremena odnose se na obradu jednog komada te procese kroz koje taj komad prolazi.

U stvarnoj obradi radnici dolaze do poboljšanja procesa tako da za vrijeme 2. tehnološke obrade prvog komada, drugi komad stavljaju u 1. CNC stroj na 1. tehnološku obradu te tako u jednakom vremenu obrade veću količinu obradaka. Usporedbu vremenskog takta na primjeru može se vidjeti u sljedećoj tablici.

	Vremenski period 10.2.-22.2.2020.	Smjena	Takt = komadi/sati	Količina
Realna narudžba	8 radnih dana	3 x 7h = 21h 8 x 21h = 168 h	2455/168 = 14,61 kom/h	2455 komada
Standard (komad)	8 radnih dana	3 x 7h = 21h 8 x 21 = 168 h	Iz standarda: 6.58 min/kom – 60min/6,58min = 9.1185 kom/h	9.1185 * 168 = 1531 komada

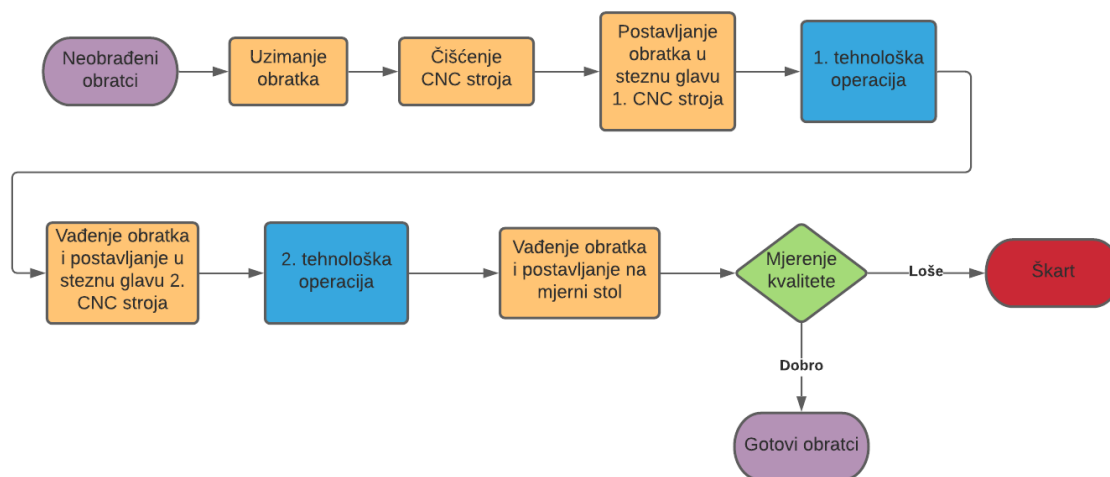
Razlika između vremena stvarne obrade komada po satu i standardiziranog vremena je $14.61/9.1185 = 1.6$ što znači da zaposlenici kombinacijom obrade dva komada u istom vremenu na dva stroja postignu 1.6 puta veću količinu obrade nego što bi bilo kada bi se obrađivao jedan po jedan obradak. U količini obradaka to bi značilo da bi se standardiziranim načinom obrade komada jedan po jedan u 8 dana po 3 smjene od 7 sati rada obradilo 1531 komad dok je obradom dva komada odjednom na tehničkim obradama u ovih 8 dana obrađeno 2455 komada tj. 924 komada više. Ako se ovaj način obrade ne bi primjenjivao te se ne bi ubrzao proces obrade rok se ne bi stigao ispuniti.

4.4. Prikaz procesa u procesnoj mapi

Prethodno objašnjene procese prikazat će se procesnom mapom kako bi se dobio bolji uvid u cijeli proces obrade.

4.4.1. Postojeći proces obrade prikazan u procesnoj mapi

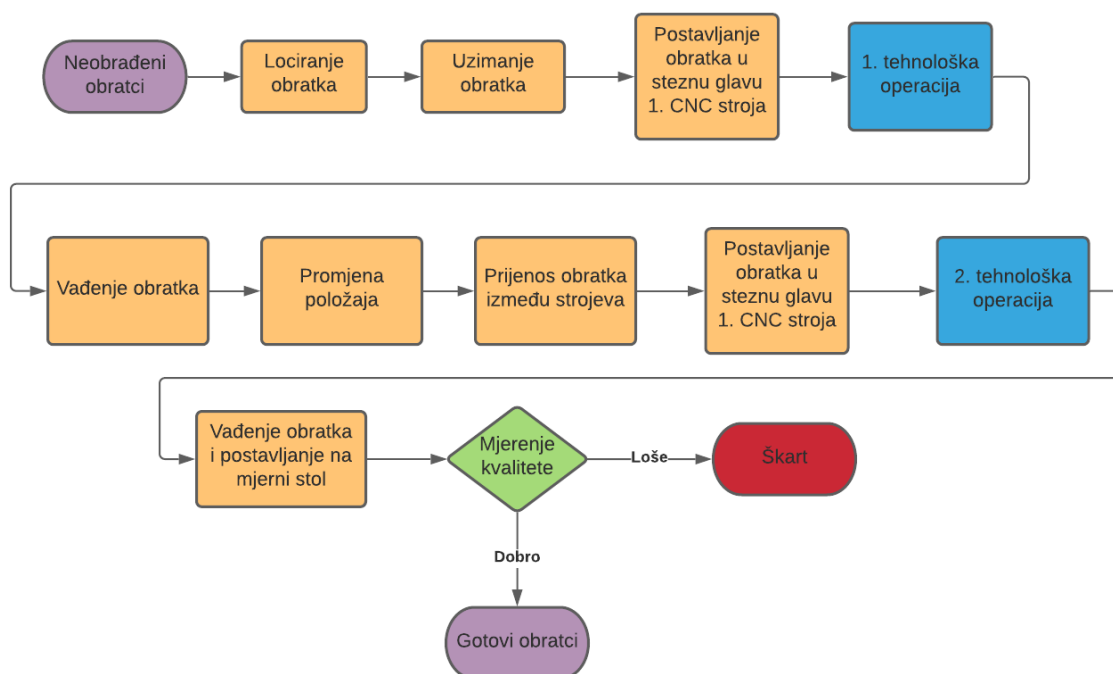
Vizualni prikaz postojeće obrade zupčanika s pripadajućim procesima u procesnoj mapi radi lakšeg proučavanja procesa te pronalaska mana i gubitaka. Vidljiv je proces od kutije s neobrađenim obradcima sve do mjerenja kvalitete obratka te njegovim odlaganjem u kutiju s gotovim proizvodima ako zadovolji uvjete kvalitete ili u kutiju sa škartom ako ne zadovolji.



Slika 40. Procesna mapa postojeće obrade zupčanika

4.4.2. Novi način obrade prikazan u procesnoj mapi

Vizualni prikaz nove obrade zupčanika s pripadajućim procesima u procesnoj mapi radi lakšeg proučavanja procesa te pronalaska mana i gubitaka. Sve kretnje koje se događaju u novom načinu obrade odvijat će se pomoću robotske ruke koja je u potpunosti automatizirana. Lociranje obratka vrši se pomoću kamere koja skenira položaj u kojem se obradak nalazi te prema tome određuje položaj ruke pri preuzimanju obratka. Ako obradak nije okrenut na stranu koja se obrađuje u 1. tehnološkoj operaciji robotska ruka podiže obradak te ga pomoću držača okreće na stranu koja mu je potrebna. Robot se nalazi na pokretnoj traci koja povezuje cijeli proces koji se nalazi na jednoj dužini. Tako ima pristup kutiji s obradcima, CNC strojevima te mjernom stolu nakon kojeg obratke odlaže u kutiju s gotovim proizvodima.



Slika 41. Procesna mapa novog načina obrade zupčanika



Slika 42. Pokretna traka koja omogućuje kretanje robota između strojeva

5. ZAKLJUČAK

Kako bi se postigla kompetitivna prednost nužno je kontinuirano unaprjeđivati poduzeća što se postiže optimizacijom procesa, odnosno snižavanjem troškova i eliminacijom gubitaka.

Korištenjem metode standardiziranja procesa u poduzeću definirani su postupci od kojih se obrada sastoji te su definirana njihova vremena kako bi se dobio efikasan pregled aktivnosti i njihovih trajanja. Kroz navedeni postupak prepoznata su uska grla i prostori za poboljšanje.

Projektiran je novi, poboljšani proces obrade zupčanika u kojoj se postupak obrade u potpunosti automatizirao te se tako uklonio ljudski faktor. Novi beskontaktni mjerni sustav pruža veću točnost od mjernih urica, eliminira utjecaj ljudskog faktora te omogućava stopostotnu kontrolu obradaka.

Kroz rad prikazane su mogućnosti koje pruža primjena lean alata u proizvodnji kroz transparentnu komparaciju tradicionalnog i poboljšanog toka procesa. Pokazalo se kako je primjenom mapiranja, optimizacije i standardizacije moguće značajno povećati produktivnost i skratiti vodeće vrijeme proizvodnih procesa.

LITERATURA

- [1] Cim Lean Six Sigma. 2021. *Principi - Cim Lean Six Sigma*. [online] Dostupno na: <<http://www.cimlss.rs/principi/>> [22. siječnja 2021].
- [2] livescience.com. 2021. *What Is Industrial Engineering?*. [online] Dostupno na: <<https://www.livescience.com/48250-industrial-engineering.html>> [24. siječnja 2021].
- [3] Gregurić, P., 2017. Optimizacija procesa izmjene alata. [online] Dostupno na: <http://repositorij.fsb.hr/7451/1/Greguric_2017_zavrzni_preddiplomski.pdf> [27. siječnja 2021]. [21. siječnja 2021.]
- [4] <https://kanbanize.com/lean-management/what-is-lean-management>
- [5] <https://www.lean.org/whatslean/history.cfm> 4
- [6] <https://econoshift.com/en/toyota-big-picture-2/>
- [7] <https://www.thehenryford.org/explore/stories-of-innovation/visionaries/henry-ford/>
- [8] <https://quixy.com/blog/all-about-process-mining/>
- [9] <https://www.shmula.com/28695-2/28695/>
- [10] [https://en.wikipedia.org/wiki/5S_\(methodology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/5S_(methodology))
- [11] <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- [12] <https://www.toptal.com/project-managers/agile/project-management-blueprint-part-1-agile-scrum-kanban-lean> -
- [13] Pankrac, A., 2017. Metode industrijskog inženjerstva. [online] Dostupno na: <<https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A3730/datastream/PDF/view>> [27. siječnja 2021.]
- [14] Švraka, T., 2009. Unaprjeđenje proizvodnih procesa u poduzeću [online] Repozitorij.fsb.hr. Dostupno na: <http://repositorij.fsb.hr/441/1/15_01_2009_Diplomski_rad-Tomislav_Svraka.pdf>
- [15] Peronja, I., 2014. Utjecaj promjena poslovnih procesa na organizacijske performanse velikih poduzeća. [online] Dostupno na: <<https://www.bib.irb.hr/925427>> [30. siječnja 2021.]
- [16] Vincek, I., 2017., Definiranje poslovnih procesa i modeliranje procesa prodaje u poduzeću Mikronis., [online], Dostupno: <<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1245/datastream/PDF/view>> [1. veljače 2021.]
- [17] <https://www.inteqgroup.com/blog/6-key-business-process-reengineering-steps>
- [18] <https://www.datapine.com/kpi-examples-and-templates/manufacturing>
- [19] <https://muhendislik.sdu.edu.tr/endustri/en/about-ie/what-is-ie-3517s.html>
- [20] <https://izimage.com/en/3-ways-your-organization-can-undertake-a-5s-audit/>

-
- [21] <http://blog.debugme.eu/history-of-the-kanban-method/>
- [22] <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke>
- [23] <https://www.processexam.com/six-sigma-tools-poka-yoke>
- [24] <https://www.lucidchart.com/blog/kaizen-methodology>
- [25] <https://asq.org/quality-resources/lean/value-stream-mapping>
- [26] <https://www.plutora.com/blog/value-stream-mapping>
- [27] <https://tataandhoward.com/not-just-manufacturing-lean-techniques-water-wastewater-utilities/>
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_re-engineering
- [29] <https://gorankrmpotic.eu/upravljanje-poslovnim-procesima/mapiranje-poslovnih-procesa/>
- [30] Razum, S., 2021. [online] Repozitorij.fsb.hr. Dostupno na: <http://repozitorij.fsb.hr/1906/1/06_07_2012_Završni_rad_Razum.pdf> [4. veljače 2021.]
- [31] Barković, D., 2011. Uvod u operacijski menagement 2. [online] Dostupno na: <https://www.researchgate.net/publication/281823150_UVOD_U_OPERACIJSKI_MANAGEMENT_II_dopunjeno_izdanje_Osijek_Ekonomski_fakultet_u_Osijeku_2011_monografija> [5. veljače 2021.]
- [32] <https://www.poslovnaucinkovitost.eu/kolumne/poslovanje/izvršnost-u-upravljanju-poslovnim-procesima-definiranje-digitalizacija-i-ro>
- [33] <https://asq.org/quality-resources/flowchart>
- [34] <https://www.zenflowchart.com/flowchart/>
- [35] <https://www.greycampus.com/blog/quality-management/process-maps-its-different-types-and-their-application>
- [36] <https://flylib.com/books/en/3.470.1.100/1/>
- [37] <http://www.consultecca.org/poslovni-procesi-zasto-ih-trebamo-kako-ih-izraditi/>
- [38] <https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipoc-diagram/>
- [39] <https://navvia.com/blog/sipoc-diagram-introduction/>
- [40] <https://www.microsoft.com/hr-hr/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/the-guide-to-using-bpmn-in-your-business>
- [41] <https://www.visual-paradigm.com/tutorials/businessprocessmodeling.jsp>
- [42] <http://project-management-srbija.com/value-stream-mapping-mapiranje-toka-vrednosti>
- [43] <https://slidemodel.com/value-stream-mapping-vsm-guide-for-manufacturing-leaders/>
- [44] <https://apromore.org/process-mining/>
- [45] <https://www.datapine.com/kpi-examples-and-templates/manufacturing>
- [46] https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_engineering
-

- [47] <http://nraoiekc.blogspot.com/2012/02/industrial-engineering-definitions-1911.html>
- [48] <https://nraoiekc.blogspot.com/2012/03/industrial-engineering-principles.html>
- [49] <https://feroimpex.hr/language/en/about-us/>
- [50] N. Štefanić, INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO, predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2011. godine

PRILOZI

I. CD-R disc