Implementacija Lean Six sigma metodologije u proizvodno poduzeće

Buntak, Branimir

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:355317

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

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







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Branimir Buntak

Zagreb, 2019. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Biserka Runje

Komentor:

Dr. sc. Amalija Horvatić Novak

Student:

Branimir Buntak

Zagreb, 2019. godina.

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

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Biserki Runje na ukazanom povjerenju, savjetima i stručnom vođenju kroz izradu diplomskog rada.

Zahvaljujem se komentorici dr. sc. Amaliji Horvatić Novak na strpljenju, pruženoj pomoći i savjetima.

Zahvaljujem se poduzeću Oprema d.d. na pruženoj pomoći i svim njegovim zaposlenicima koji su pomogli savjetima.

Također, zahvalio bih se obitelji i prijateljima na pruženoj podršci tokom studija.

Branimir Buntak

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **BRANIMIR BUNTAK** Mat. br.: 0035195459

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Implementacija Lean Six sigma metodologije u proizvodno poduzeće**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Implementing the Lean Six sigma methodology in a manufacturing company**

Opis zadatka:

Lean Six Sigma je suvremeni poslovni sustav koji koristi napredne statističke alate za postizanje efikasnog, racionalnog, vitkog "Lean" procesa. Metodologija Lean Six sigma se u literaturi još definira kao filozofija menadžmenta, kulturološki pristup upravljanju organizacijama, proces projektnog menadžmenta za rješavanje problema i mjerni sustav za analizu performansi. Radi se o sofisticiranom i naprednom konceptu unaprjeđenja poslovanja koji se može primijeniti kako u industriji tako i šire.

Za odabrano proizvodno poduzeće opisati i primijeniti koncepte Lean Six sigma metodologije. Kako bi se primjenom Lean Six sigma metodologije postigli što bolji pokazatelji uspješnosti u odabranom poduzeću, potrebno je detaljno analizirati proizvodne i poslovne procese poduzeća. U postupku provođenja Lean Six sigma koncepata konzultirati norme ISO 13053-1: 2011 i ISO 18404:2015 godine.

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

Zadatak zadan:	Rok predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
26. rujna 2019.	28. studenog 2019.	04. prosinca 2019. 05. prosinca 2019. 06. prosinca 2019.

Zadatak zadao:	Komentor:	Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje	Amalija Horvatić Novak	prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

POPIS TABLICA III

POPIS OZNAKA IV

SAŽETAK V

SUMMARY VI

1. UVOD 1

1.1. Konkurentske strategije i kvaliteta 2

2. PROCES RJEŠAVANJA PROBLEMA 4

2.1. Strukturirano rješavanje problema 4

2.2. Stalna poboljšanja pomoću normi 9

2.3. DMAIC proces rješavanja problema 10

2.4. Definicija problema 12

2.5. DMAIC projektni menadžment 13

3. LEAN SIX SIGMA METODOLOGIJA 15

3.1. Povijesni razvoj Lean Six Sigma metodologije 15

3.2. Definicija Lean Six Sigme 18

3.3. Ključne pozicije (funkcije) u Lean Six Sigma sustavu 21

3.4. Usuglašavanje Lean Six Sigma metodologije s ISO standardima 24

3.4.1. Kvantitativne metode u poboljšavanju procesa – Six Sigma (Norma ISO 13053-1:2011) 24

3.4.2. Kvantitativne metode u poboljšavanju procesa – Six Sigma – kompetencije ključnog osoblja i njihovih organizacija vezano uz implementaciju Six Sigme i Lean-a (Norma ISO 18404:2015) 27

4. LEAN SIX SIGMA PROJEKT 29

4.1. O poduzeću 29

4.2. Proizvodni proces u poduzeću 30

4.3. Implementacija projekata poboljšanja u poduzeću Oprema d.d. 37

4.4. Iniciranje projekta poboljšanja Lean Six Sigma – faza definiranja 43

4.5. Faza mjerenja 47

4.6. Faza analize 55

4.7. Faza poboljšanja i kontrole 61

5. ZAKLJUČAK 65

LITERATURA 66

POPIS SLIKA

Slika 1. Tok procesa [2] ... 4
Slika 2. Organizacija kao crna kutija [2] ... 5
Slika 3. Funkcijska organizacijska struktura [2] ... 6
Slika 4. Organizacijska struktura s definiranim funkcijskim zadacima [2] ... 7
Slika 5. Funkcijski zadaci sortirani u procesne aktivnosti [2] ... 7
Slika 6. Strukturirani pristup rješavanju problema [2] ... 8
Slika 7. Pet faza DMAIC procesa [2] ... 10
Slika 8. Tvrtka u kojoj je započeo razvoj Six sigme – Motorola [16] ... 15
Slika 9. Tvrtka u kojoj je razvijen Lean – Toyota [17] ... 16
Slika 10. Taichii Ohno, otac Toyota proizvodnog sustava[18] ... 16
Slika 11. Četiri stupa Lean Six Sigma metodologije [3] ... 20
Slika 12. Shematski prikaz glavnih i sporednih procesa u poduzeću ... 30
Slika 13. Dijagram toka proizvodnog procesa [10] ... 32
Slika 14. Raspored unutar proizvodnog pogona ... 36
Slika 15. PDCA krug [3] ... 38
Slika 16. Grafički prikaz 5S metode [12] ... 39
Slika 17. Primjer ploče za alate ... 40
Slika 18. Utjecaj SMED-a na vrijeme izmjene alata [14] ... 41
Slika 19. Kamera za očitanje 2D koda aparata s kočnicom ... 42
Slika 20. Zaslon za praćenje broja proizvedenih aparata ... 42
Slika 21. Povelja o projektu ... 43
Slika 22. SIPOC mapa ... 44
Slika 23. Lanac toka vrijednosti ... 46
Slika 24. Dijagram tijeka proizvodnog procesa ... 48
Slika 25. Dijagram tijeka završne kontrole ... 49
Slika 26. Vremena rada u procesu po radnim mjestima unutar prve montažne ćelije ... 50
Slika 27. Vremena rada u procesu po radnim mjestima unutar druge montažne ćelije ... 51
Slika 28. Ishikawin dijagram za posljedicu velikog broja nesukladnosti ... 52
Slika 29. Ishikawin dijagram za posljedicu dugog vremena čekanja ... 53
Slika 30. Individualni dijagram koji prikazuje izvedbe rada na svakom radnom mjestu kroz proces unutar montažne ćelije 1 ... 55
Slika 31. Individualni dijagram koji prikazuje izvedbe rada na svakom radnom mjestu kroz proces unutar montažne ćelije 2 ... 56
Slika 32. Analiza varijance za vrijeme rada u montažnoj ćeliji 1 ... 56
Slika 33. Analiza varijance za vrijeme rada u montažnoj ćeliji 2 ... 57
Slika 34. *p* – kontrolna karta procesa ... 58
Slika 35. Pareto dijagram vrsta nesukladnosti ... 59
Slika 36. Broj neispravnih lemljenih spojeva po radnim tjednima ... 60
Slika 37. Matrica prioriteta za poboljšanja ... 62

POPIS TABLICA

Tablica 1. Sinergijski učinak Lean i Six Sigma metodologija, preuzeto iz [3] 19
Tablica 2. Osnove Six Sigme [7] 26
Tablica 3. Analiza potencijalnih problema 54
Tablica 4. Poboljšanja koja bi uvelike pomogla tvrtki Opreme d.d. u slučaju implementacije Lean Six Sigma metodologije 61
Tablica 5. Implementacijski plan 63

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\bar{p}$	-	Srednja vrijednost omjera loših komada
k	-	Broj uzorka
n	-	Veličina uzorka
${}_{D}^{G}KG$	-	Kontrolne granice procesa

SAŽETAK

Lean Six Sigma moderan je, vrlo učinkovit i najbitnije široko primjenjiv poslovni sustav. U današnje vrijeme sve više tvrtki prakticira provođenje metodologije Lean Six Sigma kako bi se što lakše suočile sa svakodnevnim problemima u dnevnom upravljanju obavezama, ali i kontinuiranim malim koracima se približavale poslovnoj izvrsnosti. Poslovni alat Lean Six Sigma omogućuje povezivanje Japanske filozofije vitkog, tj. Lean upravljanja sa sofisticiranim statističkim metodama koje su preuzete od Six Sigma metodologije uz istovremeno izbjegavanje ograničenja koja metodologije od kojih potječe imaju. U radu je dan primjer implementacije Lean Six Sigma metodologije u poduzeću Oprema d.d..

Ključne riječi: poslovni sustav, upravljanje kvalitetom, upravljanje projektima, kontinuirana poboljšanja, Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma

SUMMARY

Lean Six Sigma is a modern, highly efficient and most importantly widely applicable business system. Nowadays, more and more companies are practicing the Lean Six Sigma methodology in order to cope with day-to-day problems in day-to-day management of obligations, but also to approach business excellence with continuous small steps. The Lean Six Sigma business tool enables linking Japan's lean philosophy, i.e. Lean management, with sophisticated statistical methods taken from Six Sigma methodology while avoiding the limitations of the methodologies they originate from. This paper gives an example of the implementation of the Lean Six Sigma methodology in Oprema d.d. company.

Key words: business system, quality management, project management, continuous improvements, Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma

1. UVOD

Poslovanje u današnjem svijetu nailazi na mnoge prepreke, odnosno uvjete koji su neophodni kako bi kompanija ostala konkurentna na tržištu. Uvjeti na tržištu konstantno se mijenjaju, a frekventnost promjena je sve češća. Kako bi se ostvarila i zadržala konkurentnost kompanije na tržištu, poboljšali poslovni rezultati i osigurao rast kompanije, potrebno je prilagoditi poslovanje svim uvjetima te, ako je ikako moguće, stvoriti vlastite trendove koji će dići ljestvicu na tržištu. Konkurentnost na tržištu obično se veže uz kvalitetu kompanije. Kvaliteta je jedan od tri osnovna kriterija uspjeha proizvoda na tržištu. Preostala dva kriterija su cijena i rok isporuke, a oni, nisu u tolikoj mjeri povezani sa samom organizacijom unutar kompanije. Tako, rok isporuke najviše ovisi o upravljanju lancem opskrbe u koji su uključeni ne samo kompanija koja dostavlja proizvod, već i svi dobavljači te distributeri određenog proizvoda. Cijena uvelike ovisi o ulaganju tvrtke u određeni proizvod, ali je najčešće definirana na tržištu u određenom intervalu, tj. kada bi kompanija podigla cijenu na razinu koja je puno viša od one koja je određena tržištem, konkurencija bi bila u prednosti zato što se uvijek teži kupnji jeftinijeg proizvoda, dok u slučaju snižavanja cijene proizvoda ispod tržišne, kompanija ne ostvaruje najveću moguću dobit koju može ostvariti prodajom određenog proizvoda. Nadalje, time bi se moglo zaključiti da jedini kriterij uspjeha na koji kompanija može utjecati unutar vlastitog kruga organizacije je kvaliteta. Implementacijom učinkovitog sustava upravljanja kvalitetom postiže se niz prednosti u poslovanju. Lean Six Sigma jedna je od metodologija koja se koristi za ostvarivanje kontinuiranih projekata poboljšanja u poduzeću.

1.1. Konkurentske strategije i kvaliteta

Konkurentnost kao pojam u poslovanju označava koliko je uspješno jedno poduzeće na tržištu u usporedbi s drugim poduzećima koja nude slične ili iste proizvode. Kako bi uspješno prodavala svoje proizvode, poduzeća moraju biti konkurentna. Svako poduzeće razvija i primjenjuje vlastitu konkurentsku strategiju pri čemu kao temelj služe Porterove generičke strategije troškovnog, odnosno cjenovnog vodstva, diferencijacije te usmjerenosti na posebne ciljne grupe, segmente ili tržišne niše [1].

Troškovno vodstvo ostvaruje se najracionalnijim mogućim trošenjem svih resursa u svim fazama stvaranja proizvoda. Nadalje, ne mora značiti da ako poduzeće koje ima najniže troškove, da će baš ono nuditi proizvod po najnižoj prodajnoj cijeni. Poduzeće koje ima najniže troškove, a nema najnižu cijenu, uživa beneficije kroz natprosječnu profitabilnost u svojoj industriji. No, najčešći slučaj na tržištu je taj da poduzeće s najnižim troškovima bude ono koje nudi proizvod po najnižoj prodajnoj cijeni kako bi privukli korisnike, a struktura niskih troškova im to omogućuje.

Diferencijacija se temelji na načinu na koji proizvođači proizvoda svoje proizvode pokušavaju napraviti različitim od konkurencije. To se može provesti na dva načina. Prvi način je različitim varijacijama, tj. promjenama u fizičkom izgledu i svojstvima proizvoda temeljem razlika u dizajnu, boji i pakiranju, ali i razlikama u kvaliteti, sastavu i inovativnim karakteristikama. Drugi način je diferencijacija specifičnim načinom reklamiranja i promotivnim tehnikama prodaje. Svrha diferencijacije proizvoda jest stvaranje i održavanje potražnje za proizvodima poduzeća tako da se njeguje lojalnost potrošača za određenu vrstu proizvoda, ali i određene trgovačke marke (eng. *brand loyalty*) [1]. Diferencijacija proizvoda je mnogo efektnija strategija konkurentnosti od one koja se temelji na niskim troškovima. To je zato što smanjenje cijene proizvoda konkurencija često lako i brzo može oponašati, dok inovativnost implementirana u proizvode i stvaranje novih proizvoda zahtjeva puno više vremena za oponašanje. S druge strane, dok konkuriranje kroz cijene snižava profitabilnost poduzeća (ako se to čini bez prethodnog smanjenja troškova), primjena strategije diferenciranja proizvoda čuva profit ili ga u nekim slučajevima čak povećava.

Fokusiranje je usredotočenje na posebne ciljne grupe, segmente ili tržišne niše. Kada se koncentrira na tržišne niše, usmjerenost poduzeća na troškove, odnosno cijene ili diferencijaciju, označava alternativu. Kod usmjerenja na troškove, tj. cijene, poduzeće nudi

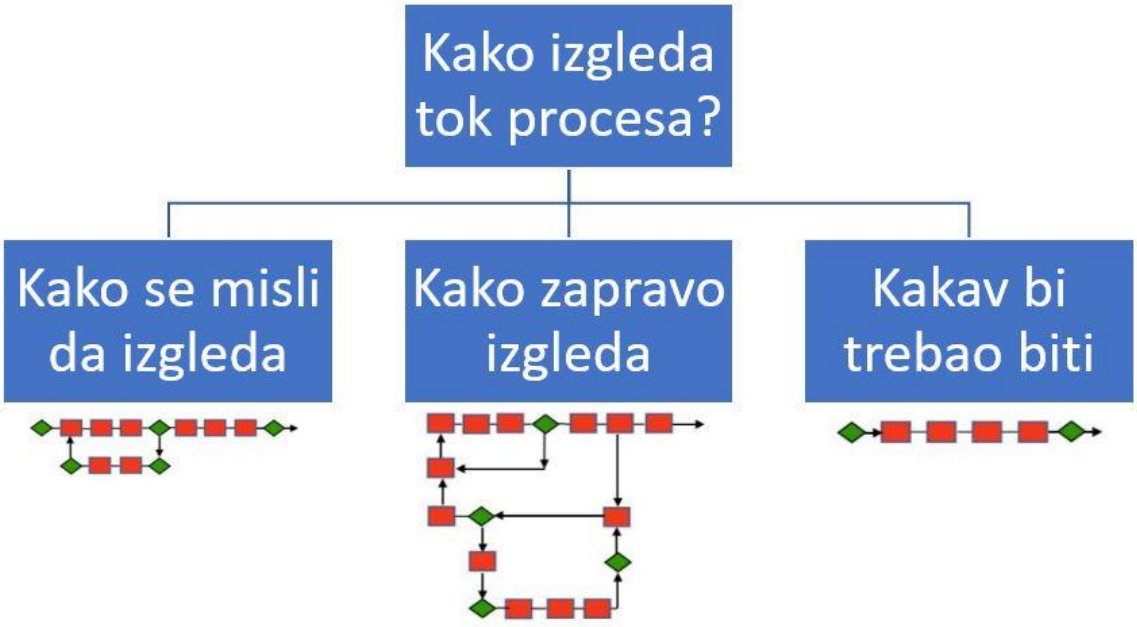
proizvode određenom tržišnom segmentu po cijenama nižim od konkurenata. Kod usmjerenosti na diferencijaciju, poduzeće nudi tržišnom segmentu proizvod koji se bitno razlikuje od svih drugih usporedivih proizvoda konkurencije.

Poduzeća uobičajeno ostvaruju samo jednu konkurentsku strategiju. Visoka razina kvalitete, inovativnost, efekti učenja i ekonomija osnovni su uvjet za postizanje obiju konkurentskih strategija. Kada je riječ o kvaliteti, njezina besprijekornost i sustavi koji ju takvom stvaraju, glavni su način da se istodobno ostvaruju niski troškovi i diferencijacija [1].

2. PROCES RJEŠAVANJA PROBLEMA

2.1. Strukturirano rješavanje problema

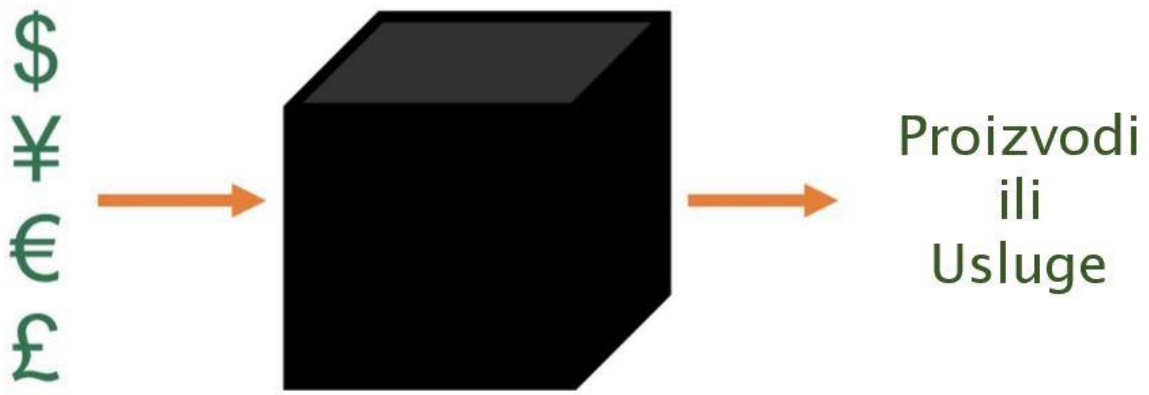
U modernom poimanju kvalitete, poslovanje se sagledava kao proces. U tom smislu, ako se proces odvija na način na koji je predviđeno, može se tvrditi da u procesu nema problema. Tok procesa na način kako je on projektiran, u sklopu Lean Six Sigme naziva se norma. Ukoliko kod procesa postoji odstupanje od norme, dolazi do problema. Kada se problem pojavi, proces je potrebno vratiti u stanje norme ili naći adekvatno poboljšanje procesa. U Lean Six Sigma metodologiji suočavanje s problemima se vrši na strukturiran način. Kada se sagledava normirani proces, može ga se promatrati kao rutinski posao koji o organizacija obavlja. Takav rutinski posao sadrži tri komponente, a to su: efikasnost koju definira ciklus rada, efektivnost na koju utječe razina produktivnosti te troškovi koji su potrebni za izvođenje procesa. Tok procesa može se biti izveden na beskonačan broj načina, ali cilj je stvoriti proces čiji je tok lako pratiti. Na slici 1. je grafički prikazano kako se tok procesa može razlikovati prema perspektivi osobe koja ga planira.



Slika 1. Tok procesa [2]

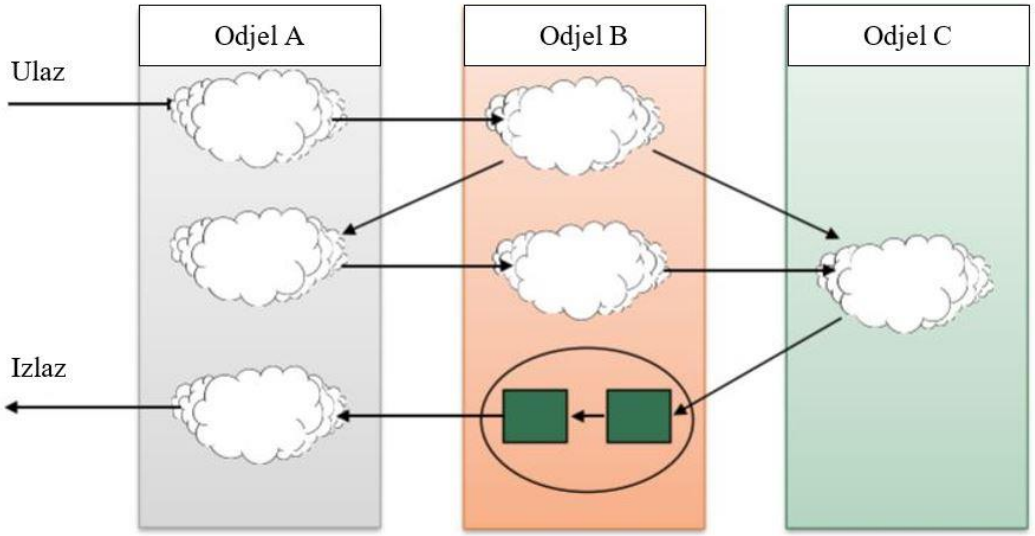
Kada odgovorna osoba projektira proces, može se dogoditi da ne uzima dovoljno faktora u obzir. Na primjer, za vrijeme projektiranja moguće je da se dogodi da proces izgleda prikladno, no u stvarnom svijetu, puno više faktora na njega utječe te se on ponaša drugačije kao što se vidi na slici 5. Idealno bi bilo kada bi se proces mogao teći linijskim tokom.

Problem se događa kada se u obzir uzmu i stranke koje ulažu u proizvod ili uslugu koji se stvaraju prethodno navedenim procesom. Te stranke mogu biti ili investitori koji ulažu u tvrtku ili krajnji korisnici proizvoda. Njihov interes je isključivo u dobiti ukoliko se radi o investitorima ili o produktu procesa ukoliko je riječ o krajnjem korisniku proizvoda ili usluge. Njih ne zanima što se događa na putu stvaranja proizvoda ili usluge u organizaciji, već isključivo ono što dobiju za vlastiti uloženi novac. Figurativno prikazano na slici 2. njihov pogled na organizaciju je kao na crnu kutiju koja od uloženog stvara proizvod ili uslugu.



Slika 2. Organizacija kao crna kutija [2]

S druge strane, menadžment tvrtke mora znati sve detalje u „crnoj kutiji“, tj. organizaciji. Prije primjene procesnog pristupa organizaciji, funkcijska organizacijska struktura je nedovoljno dobro povezana i netransparentna. Svaka sastavnica organizacijske strukture, odnosno svaki odjel u tvrtki upoznat je isključivo s dijelom poslovanja koji se odnosi na njegov posao. Takav kaotičan način rada prikazan je na slici 3. ovakvu organizacijsku strukturu najjednostavnije je napraviti zato što su isti profili ljudi podijeljeni u iste skupine, prema svom znanju, tj. zanimanju.

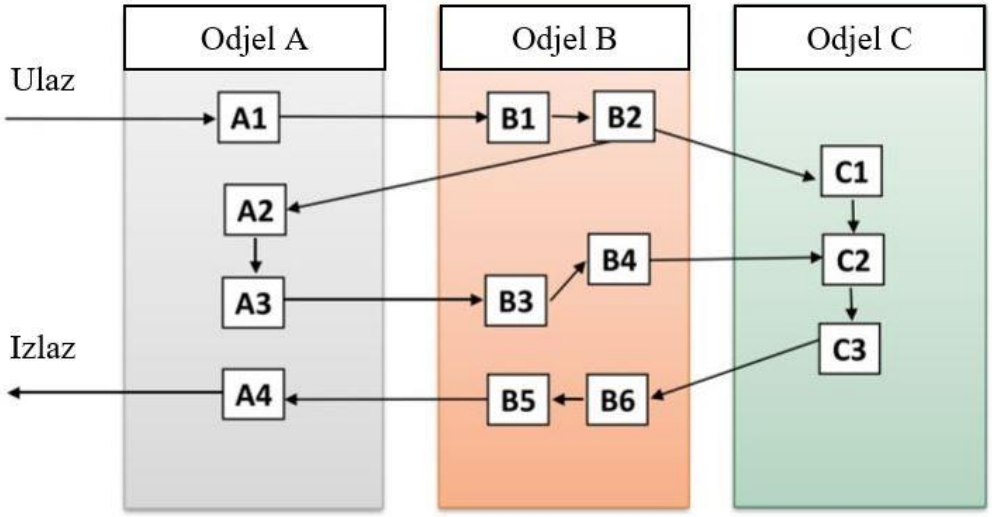


Slika 3. Funkcijska organizacijska struktura [2]

U ovakvoj organizacijskoj strukturi teško je definirati tok posla, ukloniti gubitke i stvoriti efektivan i efikasan sustav. Zbog toga je potrebno takvu organizacijsku strukturu transformirati u organizacijsku strukturu koja je temeljena na procesnom pristupu. Transformacija organizacijske strukture izvodi se u tri koraka [2]:

1. Stvaranje procesa vidljivim

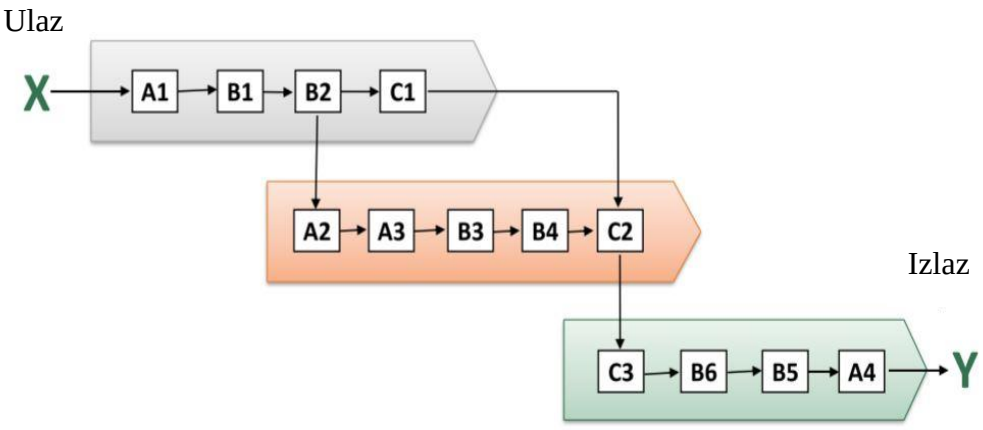
   U ovom koraku točno se definiraju svi funkcijski zadaci koji se odvijaju unutar organizacije. Dijeljenje poslova na najmanje moguće jedinice prvi je korak kako bi se stvorila slika o procesu. Na slici 4 grafički je prikazana prethodna funkcijska struktura kojoj su aktivnosti definirane prema odjelu u kojem se nalazi i prema broju koji označava koja po redu je to aktivnost koja se događa u odjelu.



Slika 4. Organizacijska struktura s definiranim funkcijskim zadacima [2]

2. Sortiranje funkcijskih zadataka u procesne aktivnosti

Nakon što su funkcijski zadaci definirani, moguće je od njih stvoriti aktivnost u procesu. Kako bi se prikladno uklopili funkcijski zadaci u aktivnosti procesa, potrebno je dobro poznavati ciklus stvaranja proizvoda ili usluge. Kao što se vidi na slici 5. ovakvom metodom, svaka od procesnih aktivnosti zahtjeva angažman nekoliko radnih mjesta s različitim potrebnim znanjima i vještinama iz različitih odjela.

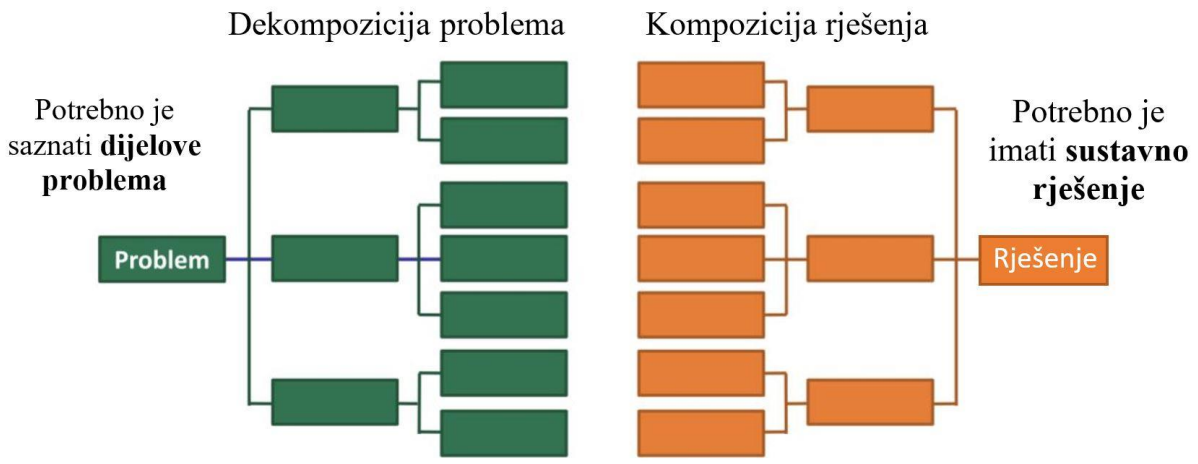


Slika 5. Funkcijski zadaci sortirani u procesne aktivnosti [2]

3. Validacija mape toka vrijednosti

   U zadnjem, trećem koraku, preostaje sustavno provjeriti cijeli proces kako bi se saznalo kako je točno izgrađena vrijednost proizvoda ili usluge kroz svaku aktivnosti procesa. Rad koji se provedi u obavljanju aktivnosti klasificira se u tri kategorije, a to su: rad koji dodaje vrijednost proizvodu ili usluzi, rad koji je potreban za stvaranje proizvoda ili usluge, no ne dodaje vrijednost te rad koji je čisti gubitak, odnosno onaj rad koji niti je uistinu potreban niti dodaje vrijednost proizvodu ili usluzi. U ovom koraku, same aktivnosti se često provjeravaju na licu mjesta te se nakon provjere donose zaključci o mogućnostima optimiranja rada.

Nakon što se dogodi problem u tvrtki, filozofija Lean Six Sigme nalaže da se problem izvidi na licu mjesta. To znači da menadžment sudjeluje u rješavanju problema, definira nastalu problematičnu situaciju i razlaže problem na sastavne dijelove kako bi došao do potencijalnih uzroka te zatim slaže rješenje koje će utjecati na sve uzroke problema koji su se dogodili kao što je prikazano na slici 6. Na takav način problemi se rješavaju strukturirano.



Slika 6. Strukturirani pristup rješavanju problema [2]

2.2. Stalna poboljšanja pomoću normi

U prethodnom odlomku definiralo se rješavanje problema kako bi se omogućilo vraćanje procesa pod normu. Ukoliko norme ne postoje, logičan način uočavanja problema i suočavanje s njima nisu mogući. Drugim riječima, norme su temelj koji omogućuju poboljšanja. Kao temelj poboljšanja, norme omogućuju definiranje najboljeg načina obavljanja aktivnosti, odnosno postaju upute djelatnicima. Kvalitetnim definiranjem aktivnosti, omogućuje se svim radnicima obavljanje iste kako bi se stvorila vrijednost za krajnjeg korisnika [2]. Norma definira jedan najbolji način za obavljanje određene aktivnosti [2]. Taj način rada mora biti detaljno objašnjen kako bi se efikasno dodala vrijednost proizvodu ili usluzi. Normiranim radom omogućuje se stalno stvaranje proizvoda ili usluge sa željenom razinom kvalitete uz uvijek jednake troškove kroz balansirani tok procesa što znači da norma daje konzistentne rezultate. Ono što je za normu bitno jest da je utemeljena znanstvenim pristupom, odnosno na način da se svaki element aktivnosti koja se normira pažljivo proučio te se kroz primjenu statističkih alata donijela odluka o definiranju najboljeg načina za izvršavanje aktivnosti. Kako bi se norma efektivno primijenila, djelatnici također moraju razumjeti na koji način je norma stvorena te što ona omogućuje. To se postiže tako da djelatnici aktivno sudjeluju u stvaranju norme. Stvaranje norma je ključno kako bi se dnevne rutinske provjere rada mogle referencirati s normom, odnosno standardom rada.

2.3. DMAIC proces rješavanja problema

DMAIC proces temelj je Lean Six Sigma metodologije. U ovom odlomku, o DMAIC procesu pisat će se kao o alatu za rješavanje problema. Na DMAIC kao alat za upravljanje projektima kod rješavanja problema može se pristupiti kao skupu analitičkih smjernica koje vode kroz sagledani proces i predlažu koje alate u tom procesu kroz skup pitanja o procesu kako bi se što bolje upoznali s njegovom problematikom [2]. DMAIC kao proces za rješavanje problema sastoji se od pet faza koje su strukturirane kao linearni proces.



Slika 7. Pet faza DMAIC procesa [2]

U stvarnosti, proces nije u potpunosti linearan, već se sastoji od mnogo povratnih petlji i iteracija. Proces je prikazan kao linearan kako bi se što jasnije prikazali koraci koje je potrebno poduzeti kako bi se došlo od prepoznavanja problema do kontroliranja predloženih rješenja.

U fazi definiranja (eng. *define phase*) ulaz određuje smjer menadžmenta u kojem želi pokrenuti promjene. Mogući ulazi su i podaci o zadovoljstvu ili nezadovoljstvu korisnika te podaci o abnormalnom ponašanju procesa u prošlosti. U ovoj fazi želi se dati odgovor na pitanja kao što su: što je bitno korisniku, što je bitno za poslovanje ili strategiju poduzeća, koja su očekivanja od procesa te koji podaci već postoje o promatranom procesu. Nakon faze definiranje na izlazu je potrebno imati sastavljenu povelju o projektu (eng. *project charter*) i formuliran tijek projekta. Ono što je napravljeno na izlazu iz faze definiranje koristi se kao ulaz u fazi mjerenja (eng. *measure phase*). U ovoj fazi potrebno je odrediti najbolju internu praksu za određeni problem, provjeriti izvedbu referentne vrijednosti, sagledati dugoročne i kratkoročne posljedice te odrediti veličine koje se mogu pratiti. Na izlazu iz faze mjerenja potrebno je imati prikupljene podatke o trenutnoj osnovnoj vrijednosti i karakteristikama izvedbe procesa koji su osnova za fazu analize (eng. *analyze phase*). U fazi analize ključna su pitanja što je unutar granica varijacije, koji podaci su dostupni i praktični za korištenje te jesu li promatrane veličine

varijabilne ili atributne. Nakon ove faze identificirani su kritični izvori varijacija i prioritetne mogućnosti poboljšanja. Dobivenim podacima u fazi analize moguće je odgovoriti na ključna pitanja sljedeće, faze poboljšanja (eng. *improve phase*), među kojima su: kako znati je li se poboljšanje dogodilo, jesu li se ispunili ciljevi, koje varijable daju koje odgovore te koje su uštede ostvarene. Uspješnom provedbom faze poboljšanja dolazi se do provjerene poboljšane izvedbe. U posljednjoj, fazi kontrole (eng. *control phase*), potrebno je odgovoriti na ključna pitanja kao što su: kako zadržati poboljšanja, što sljedeće napraviti, gdje se još primijenjene radnje mogu upotrijebiti te što je u revidiranoj mapi procesa. Nakon uspješne kontrolne faze na izlazu bi trebalo sadržavati potvrđenu izvedbu, ostvarene prednosti te sačuvane lekcije o učinjenom kroz cijeli proces.

2.4. Definicija problema

Osnovna zadaća kod rješavanja problema je prije svega dobro definirati problem. Početna razmatranja u definiranju problema započinju traženjem simptoma koji mogu biti žalbe korisnika, vraćeni proizvodi ili jednostavno osjećaj da u procesu nešto nije kako bi trebalo biti [2]. U ovom dijelu procesu treba shvatiti što se promijenilo u odnosu na standardni način postupanja. Također potrebno je identificirati gdje je taj simptom uočen, tko ga je uočio i zašto je baš taj simptom od kritične važnosti. Korisno je i znati kada se to dogodilo, kako se to dogodilo i je li utjecalo na krajnje korisnike ili na produktivnost tvrtke i koliku je novčanu štetu prouzročilo. Zbog toga, odmah na početku je potrebno identificirati početni opseg projekta. Osim definiranje simptoma i identifikacije početnog opsega projekta, treba u obzir uzeti i ograničenja, odnosno mogućnosti koje se mogu u projektu koristiti. Kako bi se problem što bolje definirao, potrebno je izbjeći zadavanje ciljeva u smislu koliko poboljšanje se može postići dok se nije napravila potrebna karakterizacija procesa. Osim toga, ne smije se pretpostaviti specifično rješenje u definiranju problema, a ono što je potrebno napraviti definiranjem problema jest težiti popunjavanju praznine između trenutne razine izvedbe procesa i željene (teoretske) razine izvedbe procesa.

2.5. DMAIC projektni menadžment

Upravljanje projektima poboljšanja DMAIC procesom učinkovit je i strukturiran način. Tijek upravljanja projektom poboljšanja teče od prekretnica u procesu, odnosno od iniciranja projekta te se postavljaju pitanja koja povlače podatke iz prekretnica u procesu [2]. Postoje određene metode kojima se pristupa pitanjima, a specifične aktivnosti i alati se implementiraju u metode kako bi se našli odgovori. Lean Six Sigma projekti se odabiru tako da se započinje s projektima poboljšanja koji su prioritet po hitnosti. Zatim osoba odgovorna za projekte poboljšanja inicira projekt dodjeljivanjem tima kroz povelju o projektu (eng. *project charter*) i u njoj dodatno opisuje projekt. Proces mora biti pod nadzorom odgovorne osobe koja ga je inicirala, a sami projekt vođen je timskim radom pod zelenim pojasom (eng. g*reen Belt* – razina znanja implementiranja Lean Six Sigme određena certifikatom o kojem je kasnije pisano u ovom radu) kako bi se ispravno provela svaka faza DMAIC procesa. Metode koje se koriste uvijek su prilagođene specifičnom problemu, a prije implementacije, solucije se uvijek provjeravaju kako bi se osigurala funkcionalnost. Nadalje, svaka solucija koja se implementira, mora biti dokumentirana i integrirana u poslovanje, kako bi se izvukle vrijednosti znanja koje ostaje poduzeću nakon projekta, ne samo za proces na kojem se radilo, već i na slične procese na koje je specifična solucija primjenjiva i napravio konačni izvještaj u kojem se dokumentira sve naučeno i postignuća te navodi tim koji je odradio projekt.

Kada se DMAIC proces koristi kao alat za upravljanje projektima poboljšanja, u svakoj fazi odgovara se na specifičnija pitanja nego što je to bio slučaj u rješavanju problema kako bi se na njih moglo reagirati adekvatnom metodom. Korištene metode često se koriste u više faza ili nekoliko puta te su opisane kroz projekt koji se razrađuje u ovom radu. Kod upravljanja projektima poboljšanja u fazi definiranja traže se odgovori na pitanja o tome što je problem ili oko čega postoji zabrinutost te koliko je velik taj problem za poslovanje, gdje nastaje te utječe li na krajnje korisnike proizvoda ili usluge i tko u poduzeću bi trebao riješiti taj problem. U fazi mjerenja određuje se gdje je problem nastao, koliko je dobra izvedba procesa i koliko bi dobra potencijalno mogla biti, može li proces sam detektirati probleme, kako dolazi do neizvršavanja procesa, koji su potencijalni uzroci, koji su troškovi loše kvalitete te može li proces biti pojednostavljen. U fazi analize sagledavaju se najutjecajniji faktori na varijaciju, i traže se odgovori na pitanja kao što su: gdje proces gubi vrijeme, zašto proces košta previše, koliko je varijacija objašnjena, koji su uzroci, postoje li skrivene varijable te kako definirati eksperiment

procesa. U fazi poboljšanja određuje se koji faktori utječu na izvedbu i koji utječu na varijaciju, koji faktori pomiču srednju vrijednost, koji je operativni okvir faktora, što se događa s njima izvan okvira, kako su faktori provjeravaju, kako bi proces mogao biti vođen i kako sve radi u stvarnom svijetu. U fazi kontrole provjeravaju se poboljšanja iz ranije faze. Pitanja na koja treba dati odgovor su koji normirani posao treba raditi, koji faktori moraju biti promijenjeni, koje je polje tolerancije, kako se proces održava, kakva edukacija ili treninzi su potrebni osoblju, kako izbjeći greške ubuduće koji akcijski plan implementirati, kako proširiti taj plan te kako zabilježiti sve ostvarene prednosti.

3. LEAN SIX SIGMA METODOLOGIJA

Lean Six Sigma je metodologija, a pod metodologijom često ju se spominje kao: filozofiju menadžmenta, kulturološki pristup upravljanju organizacijama, proces projektnog menadžmenta za rješavanje problema i mjerni sustav za analizu performansi [3]. Očekivani ishodi primjene Lean Six Sigma metodologije uključuju kraće vrijeme ciklusa, smanjenje višaka i gubitaka te dizanje razine kvalitete na višu razinu, što olakšava prihvaćanje proizvoda ili usluge korisniku (kupcu) te smanjuje troškove uz poboljšane rezultate poslovanja.

3.1. Povijesni razvoj Lean Six Sigma metodologije

U poslovnom svijetu varijantnost proizvoda može se smjestiti na krivulju. Koncept "normalne" (Gauss-ove) krivulje prema kojoj se kreće varijantnost proizvoda uspostavio je Carl Friedrich Gauss u 18. stoljeću. Kao standard mjerenja u varijaciji proizvoda, Six Sigma seže u 1920. godine. Tada je Walter Shewhart postavio standard tri sigme čime je definirano da ukoliko je odstupanje proizvoda veće od tri sigme u odnosu na srednju vrijednost, potrebna je provesti korekciju u procesu. Kao pojam, "Six Sigma" je osmišljena od strane inženjera Billa Smitha koji je bio zaposlenik Motorole.



Slika 8. Tvrtka u kojoj je započeo razvoj Six sigme – Motorola [16]

Sredinom 1980-ih, predsjednik Motorole Bob Galvin sa svojim je timom inženjera razvio mjerni sustav Six Sigma. Ovo nije bio samo standard za mjerenje produktivnosti, već i temelj za uvođenje promjena u načinu razmišljanja u tvrtki kod zaposlenika. Six Sigma je Motoroli,

uz potrebne uložene napore implementacije, omogućila ostvarivanje izvrsnih rezultata u poslovanju, koji su primijećeni kroz uštedu od 16 milijuna američkih dolara.

Nakon 1980-ih i ostvarenog uspjeha Six Sigma metodologije u Motoroli, princip je usvojen od strane brojnih američkih, a kasnije i svjetskih kompanija. Metodologija Six sigma pokazala se vrlo uspješnim alatom za poboljšavanje poslovanja, a zbog toga je i primijenjena u toliko svjetskih kompanija. Six sigma je metodologija koja se razvija s vremenom, a uz Lean dobiva još bolji razvitak.

Pojam Lean najčešće se veže uz Toyotu i Taichiia Ohnoa, industrijskog inženjera i poduzetnika koji se smatra začetnikom Toyota proizvodnog sustava (eng. *Toyota Production System* – TPS). Toyota proizvodni sustav ujedno je i temelj Lean-a koji godinama razvijao u holistički sustav koji se primjenjuje i u proizvodnim sustavima, ali i u uslužnom sektoru.



Slika 9. Tvrtka u kojoj je razvijen Lean – Toyota [17]



Slika 10. Taichii Ohno, otac Toyota proizvodnog sustava[18]

Kada se Six sigma i Lean kombiniraju, nastaje Lean Six Sigma metodologija. Od 1990-ih godina, Lean Six Sigma je postala sustav upravljanja poslovanjem koji poboljšava kvalitetu, uklanja gubitke i maksimizira profit. Ovakav napredak postiže se stvaranjem osnovnih procesa i alata kojima se potiču uspješnost poslovanja i poboljšanja svakog sektora tvrtke. Lean i Six sigma sastavni su dio razvoja upravljanja kvalitetom u tvrtkama diljem svijetu [3].

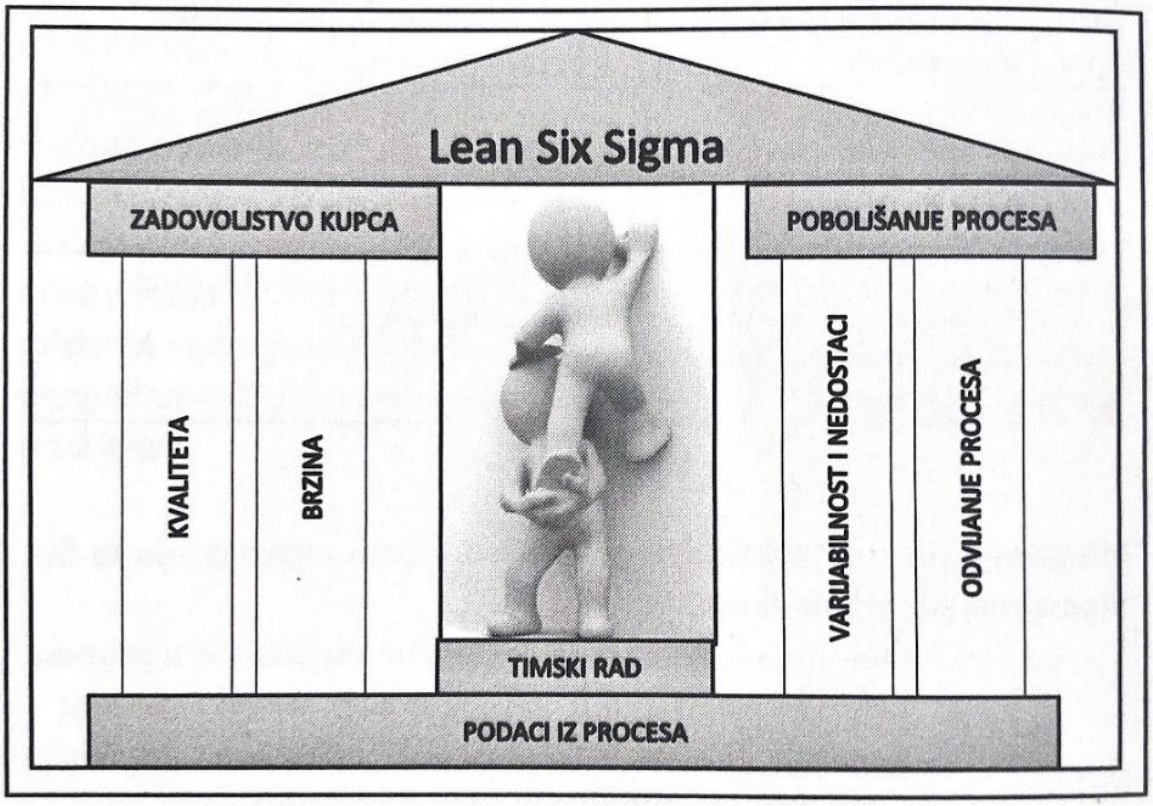
3.2. Definicija Lean Six Sigme

Lean Six Sigma je metodologija, a pod metodologijom često ju se spominje kao: filozofiju menadžmenta, kulturološki pristup upravljanju organizacijama, proces projektnog menadžmenta za rješavanje problema i mjerni sustav za analizu performansi. Očekivani ishodi primjene Lean Six Sigma metodologije uključuju kraće vrijeme ciklusa, smanjenje višaka i gubitaka te dizanje razine kvalitete na višu razinu, što olakšava prihvaćanje proizvoda ili usluge korisniku (kupcu) te smanjuje troškove uz poboljšane rezultate poslovanja. Six Sigma se provodi kroz strukturirani projektni pristup, a cilj poboljšanja može biti bilo koji proces važan za postizanje zadovoljstva kupca ili pozitivnih poslovnih rezultata. Lean proizvodnja se bavi smanjenjem gubitaka i poboljšavanjem toka proizvoda kroz proizvodni proces, a svoje aktivnosti temelji na jasno postavljenom skupu načela. Obje metoda visoke su razine efikasnosti kada se primjenjuju, no imaju svoja ograničenja. Tako će Six Sigma ukloniti nedostatke iz procesa, ali neće optimizirati tok proizvoda kroz proces proizvodnje. Nasuprot tome, načela Lean proizvodnje isključuju napredne statističke alate bez kojih se ne može postići željena sposobnost procesa koja je uvjet stvarne vitkosti procesa. Zbog toga se navedene metode objedinjuju u Lean Six Sigma metodologiju kako bi se izvuklo najbolje iz njih, a izbjegla ograničenja. Obično kod uvođenja Lean Six Sigme u sustav, tvrtke započinju poboljšanja primjenom načela iz metoda Lean proizvodnje kao što su 5S, normiranje aktivnosti te uklanjanje gubitaka, a usavršavaju primjenu korištenjem Six Sigma statističkih alata kroz primjenu DMAIC principa vođenja projekata i statističkih alata kako bi se procesi ili dijelovi procesa dodatno poboljšali. Sinergijski učinak Lean proizvodnje i Six Sigme prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Sinergijski učinak Lean i Six Sigma metodologija, preuzeto iz [3]

Doprinos Lean proizvodnje	Doprinos Six Sigma metodologije
Uspostavljanje metodologije poboljšanja	Metoda provedbe politike kvalitete
Usmjerenje na lanac nastanka vrijednosti za korisnika	Procjena i mjerenje zahtjeva kupaca, višefunkcijsko upravljanje
Primjena temeljena na projektnom pristupu	Vještine upravljanja projektima
Razumijevanje stvarnih uvjeta u proizvodnji	Prikupljanje znanja
Prikupljanje stvarnih podataka o proizvodu i procesu	Alati prikupljanja i analize podataka
Dokumentiranje postojećeg rasporeda proizvodne opreme i tijeka proizvodnje	Grafičko prikazivanje odvijanja procesa
Određivanje i usklađivanje trajanja elemenata procesa	Alati i metode prikupljanja podataka, statistička kontrola procesa
Izračunavanje sposobnosti procesa i vremena pomaka	Alati i metode prikupljanja podataka, statistička kontrola procesa
Stvaranje popisa normiranih poslova	Promovira i primjenjuje metode planiranja nadzora procesa
Procjenjuje mogućnosti poboljšanja	Uzročno – posljedični odnosi, FMEA metoda
Planiranje novog rasporeda proizvodne opreme	Razvija vještine timskog rada i upravljanja projektima
Provjeravanja i testiranja kako bi se, potvrdilo postignuto poboljšanje	Primjena statističkih metoda za valjane usporedbe, statistička kontrola procesa
Smanjenje vremena izrade, broja nesukladnih proizvoda, izmjene alata i podešavanja ,zastoja zbog otkazivanja proizvodne opreme i dr.	Osnovni i napredni alati kvalitete, planiranje pokusa

Osnovna značajka učinkovite primjene procesa neprekidnog poboljšavanja je postići da tim za poboljšavanje zajednički radi na poboljšavanju procesa značajnih za tvrtku i krajnjeg korisnika proizvoda ili usluge, tj. kupca. Teži se zadovoljstva kupca koje se ostvaruje kontinuiranom isporukom proizvoda sve više kvalitete i u što kraćem vremenskom roku. Ključ postizanja što više kvalitete i smanjenja roka isporuke leži u poboljšavanju ključnih procesa poslovanja, uklanjanju gubitaka i nesukladnosti te optimiranjem proizvodnih procesa i tijeka nastajanja vrijednosti [3]. Članovi tima za poboljšanja moraju biti različitih profila i iz različitih odjela u tvrtki kako bi se što bolje donosile odluke na temelju činjenica i stvarnih podataka. Lean Six Sigma oslonjena je na četiri stupa, odnosno četiri osnovna elementa kako je prikazano na slici 11. svi stupovi su potrebni kako bi se dolazilo do najboljih rješenja.



Slika 11. Četiri stupa Lean Six Sigma metodologije [3]

3.3. Ključne pozicije (funkcije) u Lean Six Sigma sustavu

Svaka je pozicija (funkcija) u infrastrukturi poduzeća koje primjenjuje metodologiju Lean Six Sigma važna, ali pojedinačno sama po sebi nedovoljna za dostizanje ciljeva koje organizacija očekuje od programa Lean Six Sigma. Svaka pozicija (funkcija) zahtijeva odgovarajuće školovanje, a nazivi funkcija su preuzeti iz istočnjačkih borilačkih vještina. Sami nazivi nisu toliko važni i mogu biti promijenjeni u skladu s potrebama poduzeća, ali su bitne njihove funkcije i stupanj osposobljenosti. Neke pozicije (funkcije), kao što su „zeleni pojas“ (eng. Green belt) „crni pojas“ (eng. Black belt) i „majstorski crni pojas“ (eng. Master black belt) podložne su certificiranju koje je uvjetovano uspješnim završetkom školovanja prema posebnom programu, izvođenjem određenog broja značajnih projekata i polaganjem pismenog i usmenog ispita.

Ključne su pozicije (funkcije) u programu Lean Six Sigma sljedeće [5][6]:

- Izvršni rukovoditelj:

  Ove pozicija (funkcija) nije nova i ona postoji u svim tvrtkama, ali bitno je da svi članovi izvršnog tima i menadžeri na svim razinama budu angažirani u programu Lean Six Sigma. Uloga svakog člana izvršnog rukovodstva koji djeluje u timu uključuje definiranje ciljeva, uspostavljanje infrastrukture, podršku projektima i nadzor njihovoga napretka, postavljanje pravih pitanja u svakoj fazi projekta, angažman u svim kritičnim promjenama, te školovanje i osposobljavanje u mjeri potrebnoj kako bi bili sposobni podržati i razvijati rad svih ostalih pozicija (funkcija) u infrastrukturi programa Lean Six Sigma.

- Šampion:

  Šampion je najčešće jedan od članova uprave. Njegovi su zadaci: komunikacija s izvršnim poslovodstvom, identificiranje projekata poboljšavanja, odabir kompetentnih „crnih pojaseva“ i članova projektnih timova, mentorstvo u određivanju prioriteta, planiranja i lansiranja Lean Six Sigma projekata, uklanjanje organizacijskih prepreka,

pribavljanje odobrenja i podrška implementaciji poboljšanja do kojih su došli projektni timovi te briga o priznanjima i nagradama nakon uspješnog završetka projekta. Šampion mora nužno razumjeti i podržavati metodologiju Lean Six Sigma. Učinkoviti šampioni uvijek su dobri vođe.

- Majstorski crni pojas (eng. *Master black belt*):

  Pozicija „majstorskog crnog pojasa“ uključuje sljedeće zadaće: interni Lean Six Sigma konzultant, trener i ekspert, upravljanje i koordiniranje kompleksnim projektima i njihovim „crnim pojasevima“, savjetovanje šampiona i izvršnog rukovodstva, tehnička podrška i mentorstvo prema potrebi. Školovanje za „majstorski crni pojas“ zahtjevnije je od onoga za „crni pojas“. „Majstorski crni pojasevi“ kvalificirani su za školovanje i osposobljavanje „crnih pojasa“.

- Crni pojas (eng. *Black belt*):

  „Crni pojas“ je stručnjak za implementaciju poboljšanja na mjestu događaja i radi svoj posao s punim radnim vremenom u poduzeću. On je osposobljen za formiranje, usmjeravanje i vođenje višefunkcionalnih timova za rješavanje problema i poboljšanje procesa. „Crni pojas“ mora razumjeti sve pojedinosti Lean Six Sigma filozofije, teoriju, strategiju, taktiku kao i alate u sklopu metodologije Lean Six Sigma. Školovanje za certifikat „crni pojas“ rigorozno je i zahtjevno. Ova funkcija uključuje ova područja: vođenje i moderiranje projektnog tima, metodologiju Six Sigma, alate za poboljšanje kvalitete, statistiku i upotrebu odgovarajućih statističkih programa, upravljanje projektima, upravljanje procesima, sustave kvalitete itd. Oboružan ovim znanjima koja se stječu najčešće u četiri bloka po tjedan dana s četiri do pet tjedana razmaka između svakog bloka, u kojima se sudjeluje u izvođenju stvarnih projekata Lean Six Sigme, crni je pojas zadužen za: vođenje projektnih timova, vođenje projekata, školovanje timova u metodologiji Six Sigma i upotrebi alata, stalno komuniciranje sa „šampionom“ i rukovoditeljima uključenima u projekt, te suradnju s ostalim „crnim pojasevima“.

- Zeleni pojas (eng. *Green belt*):

  „Zeleni pojas“ je školovan gotovo do iste razine Lean Six Sigma vještina kao i „crni pojas“, ali za razliku od njega većinu radnog vremena obavlja svoj „normalan“ posao. Povremeno, prema potrebi, član je nekog projektnog tima ili vodi projektni tim. Glavna je uloga „zelenog pojasa“ da u svakodnevne aktivnosti poslovanja neposredno uvodi nove koncepcije i Lean Six Sigma alate. Mnoge kompanije, od kojih je najpoznatiji General Electric, zahtijevaju od rukovoditelja na svim razinama da budu osposobljeni barem za „zeleni pojas“.

- Narančasti, žuti i bijeli pojas:

  Svi ostali u Lean Six Sigma infrastrukturi (svi koji nisu „šampioni“, „majstorski crni pojasevi“, „crni pojasevi“ ili „zeleni pojasevi“) postaju „narančasti“, „žuti“ ili „bijeli pojasevi“. Nije dopušteno navođenje detaljnih razlika među njima, već je dovoljno reći da različiti „pojasevi“ ovise o trajanju i sadržaju formalnog školovanja i aktivnoj ulozi koju svaki od njih ima u aktivnostima Lean Six Sigme. U idealnoj situaciji, svi se zaposlenici osposobljavaju na nekoj minimalnoj razini i dobivaju odgovarajući „pojas“. Tako svi osjećaju da su uključeni i svi razumiju o čemu je riječ. Nitko nije zapostavljen bez spoznaje o tome što je Lean Six Sigma, što inače izaziva protivljenje i otpor. To ujedinjuje čitavu tvrtku iza napora Lean Six Sigme. Ovisno o veličini tvrtke, pojedine se pozicije (funkcije) mogu spajati, ali neprihvatljiva je situacija da u tvrtki sa tisuću ili više zaposlenih postoji samo jedan profesionalac za kvalitetu, a infrastruktura uopće ne postoji.

3.4. Usuglašavanje Lean Six Sigma metodologije s ISO standardima

Svaka aktivnost vezana uz organizaciju trebala bi biti usklađena s ISO standardima. Kada se govori o Lean Six Sigma metodologiji, postoji nekoliko normi koje standardiziraju projekte poboljšavanja i određuju na koji način pristupiti metodologiji pri implementiranju u organizaciju te kako provjeravati kompetencije odgovornih osoba za provođenje Lean Six Sigma projekata.

3.4.1. Kvantitativne metode u poboljšavanju procesa – Six Sigma (Norma ISO 13053-1:2011)

Prema normi ISO 13053-1:2011 svrha Six Sigme je ostvarivanje poboljšanja u području poslovanja i kvalitete te ostvarivanje poboljšanog profita suočavajući se s poslovnim problemima koji su dugo vremena prisutni. Pokretačka sila iza pristupa za organizacije je postizanje konkurentnosti i eliminacija pogrešaka i gubitaka. Razlika Six Sigme, u odnosu na inicijative kvalitete, je ta da svaki projekt koji se pokreće mora biti vezan uz poslovanje. Sama filozofija je, prema ovoj normi, takva da se kroz Six Sigma metodologiju želi pojačati zadovoljstvo korisnika proizvoda ili usluge uklanjanjem i prevencijom nesukladnosti i time kao krajnji rezultat ostvariti povećanje profitabilnosti poslovanja. Sljedeća razlika u odnosu na inicijative kvalitete je infrastruktura. Kreiranje uloga te dodjeljivanje prikladnih odgovornosti svakoj ulozi daju robusno infrastrukturu metodologiji. Potražnja da svi projekti zahtijevaju odgovarajući poslovni slučaj, uobičajen je način provjere svih projekata, jasno definirana metodologijom (DMAIC) u kojoj su svi sljedeći projekti osigurani kroz elemente infrastrukture. Opseg prvog dijela norme ISO 13053-1:2011 ograničava primjenu Lean Six Sigma metodologije na poboljšavanja postojećih procesa. Ukoliko se to usporedi sa zadaćama ključnih funkcija koje su navedene u prethodnom poglavlju, jasno se određuje kako ova norma propisuje rad na procesima u razini „zelenog pojasa“, što znači da je cilj Lean Six Sigme provoditi DMAIC metodologiju kako bi se postigla poboljšanja u poslovnom sustavu, a ne stvarati nove procese.

Ovaj dio norme, odnosno prvi dio, opisuje metodologiju za poboljšanje poslovanja znanu kao Six Sigma. Prema normi, metodologija obično sadrži pet faza, a to su: definiranje, mjerenje, analiza, poboljšanje i kontrola (eng. DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve i Control*).

Norma sugerira poželjan ili najbolji način provođenja svake faze Six Sigma projekta. Preporučuje i kako upravljati Six Sigma projektom te opisuje pozicije, znanja i potrebne treninge osoblja uključenog u projekt. Metodologija je prema normi primjenjiva ne samo u organizacijama koje sadrže proizvodne procese, već i u uslužne i transakcijske procese.

Osnovna svrha Six Sigma procesa je otkloniti problem kako bi se doprinijelo organizacijskim poslovnim ciljevima. Six Sigma projekti bi se trebali provoditi samo onda kada rješenje problema još ne postoji. Specifične aktivnosti Six Sigma projekta mogu se prema normi sažeti u:

a) prikupljanje podataka
b) izvlačenje informacija iz podataka kroz analizu
c) stvaranje solucije i
d) osiguranje postizanja željenih rezultata.

Uvijek se treba zalagati za praktični pristup prilikom primjene gore navedenih aktivnosti, kao što je prikazano u tablici 2 u nastavku.

Tablica 2. Osnove Six Sigme **[7]**

Pitanje	**Six Sigma faza**	**Opis**
U čemu je problem?	Definiranje	Definiranje strateškog pitanja na kojem treba raditi
U kakvom je stanju proces?	Mjerenje	Mjerenje trenutne uspješnosti procesa
Koji je uzrok toga?	Analiza	Analiza procesa kako bi se odredio uzrok loše izvedbe
Što se može poduzeti?	Poboljšanje	Poboljšanje procesa kroz testiranja i proučavanje potencijalnih rješenja kako bi se dobio robustan poboljšani proces
Kako zadržati poboljšano stanje?	Kontrola	Kontrola poboljšanog procesa uspostavljanjem standardiziranog procesa koji će raditi i kontinuirano se poboljšavati te održavati performanse tijekom vremena

Prema normi, "Glas kupca" (eng. VOC – *Voice Of Customer*) trebao bi osigurati trajnu petlju za povratne informacije tijekom trajanja projekta Six Sigma. U kontekstu projekta Six Sigma, to može biti pokrovitelj projekta, unutarnji kupac ili vanjski kupac. Važno je da svaki projekt Six Sigma započne s potrebama i očekivanjima kupaca. Nakon toga, tekuće aktivnosti projekta trebaju se provjeriti u svakoj fazi kako bi se potvrdilo da ne odstupaju od izvornih očekivanja kupaca.

Također, metodologija poboljšanja Six Sigma trebala bi biti usmjerena na financijsku učinkovitost, ali također treba uzeti u obzir i razmotriti sigurnost i zadovoljstvo kupaca. U svim slučajevima treba uspostaviti računovodstveni model, kao prvi korak, tako da se financijski rezultati ispravno provjeravaju. Nakon toga, financijski odjel i odjel za poslovanje mogu razmatrati jedan skup podataka kako bi mogli predvidjeti slične ishode. Izvedbu projekta koji se provjerava treba ocjenjivati u smislu učinkovitosti i prilagodljivosti za kupca ili učinkovitosti poslovanja. To bi se trebalo redovito preispitivati s pokroviteljem projekta.

U ovoj normi govori se i o zrelosti procesa u organizaciji. Neprekidno usavršavanje uključuje skup akcija koje poboljšavaju rad organizacije. Koncept zrelosti uveden je radi procjene

različitih stupnjeva uspješnosti organizacije i davanja smjernica za projekte kontinuiranog unapređenja. Obično se razlikuje pet razina zrelosti procesa:

- 1. razina – početna zrelost (nijedan proces u organizaciji nije opisan).
- 2. razina – upravljan proces (postoji samo formaliziran proces reakcije na kupčev zahtjev).
- 3. razina – definirani procesi (svi procesi u organizaciji su definirani).
- 4. razina – upravljani kvantitativnim metodama (svim procesima iz razine 3 kvantitativno se upravlja indikatorima).
- 5. razina – optimirani (procese je moguće optimizirati korištenjem indikatora).

U ovom radu, metodologija Lean Six Sigma koja je korištena, usklađena je sa sugestijama ISO 13053-1:2011 norme. Sve procedure, kao i oznake i nazivi usklađeni su s ISO standardom, a sukladno tome metodologija će se provoditi u ograničenjima koja su zadana normom, ali i ograničenjima koja ima osoblje „zelenog pojasa“.

3.4.2. Kvantitativne metode u poboljšavanju procesa – Six Sigma – kompetencije ključnog osoblja i njihovih organizacija vezano uz implementaciju Six Sigme i Lean-a (Norma ISO 18404:2015)

Norma ISO 18404:2015 daje smjernice kako osigurati kompetentnost osoblja u organizaciji koja je prihvatila “Lean”, “Six Sigma” ili “Lean & Six Sigma” metodologiju te pokušava postaviti standard svake razine osoblja u metodologiji. Ova norma usko je vezana uz normu ISO 13053-1:2011 koja je obrađena u prethodnom odlomku. Prema normi, razina “Green belt” u Six Sigmi se podudara s razinom “Lean practitioner” u Lean-u, razina “Black belt” s razinom “Lean leader” te razina “Master black belt” s razinom “Lean expert”. Također, svrha ove norme je pomoći organizaciji kako odrediti adekvatnu strategiju Lean-a, Six Sigme ili Lean Six Sigme te ocijeniti kompetentnost organizacije. Prema normi, “Green belt” i “Lean practitioner” bi svake godine trebali biti provjeravani unutar organizacije od strane “Black belta” ili “Master black belta”. “Black belt” bi se unutar organizacije također trebao provjeravati svake godine, ali i jednom u tri godine od strane tijela s odgovarajućom ovlasti. “Master black belt” bi trebao

biti provjeren jednom u tri godine od strane tijela s odgovarajućom ovlasti. Sve razine svoju kompetentnost dokazuju svojim dokumentiranim odrađenim radom.

4. LEAN SIX SIGMA PROJEKT

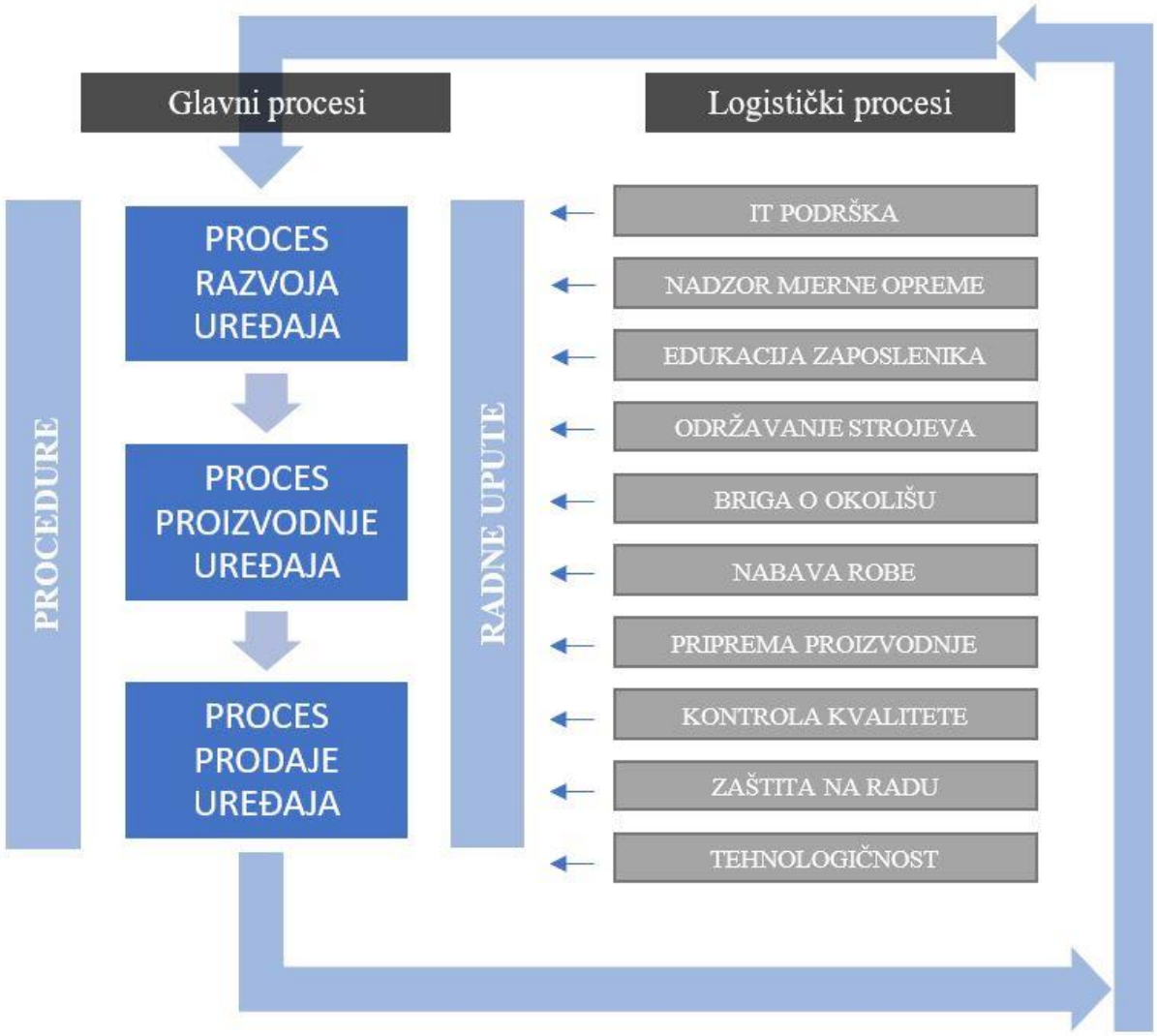
Lean Six Sigma projekt ima svoj tok i aktivnosti koje se moraju odraditi kako bi se metodologija ispravno koristila. U ovom radu, napravljen je jedan DMAIC ciklus u kojem su, sukladno normi ISO 13053-1:2011, provedeni potrebni koraci do implementacije, odnosno dani su prioritetni prijedlozi kako poboljšati poslovanje. Kako bi se što bolje demonstriralo na koji način provesti projekt poboljšanja koristeći Lean Six Sigma metodologiju, projekt je proveden u realnom poduzeću. Poduzeće u kojem se proveo projekt je Oprema d.d.

4.1. O poduzeću

Oprema d.d. je proizvođač aparata za ugostiteljstvo, prvenstveno rashladnih aparata za hlađenje i točenje piva te aparata za hlađenje i točenje sokova, vina, vode i gazirane vode. Poslovanje tvrtke je moderno organizirano, što podrazumijeva vrhunsku kvalitetu u razvoju proizvoda, u najmodernijoj tehnologiji proizvodnje i potpunom upravljanju kvalitetom proizvoda. Profesionalni aparati za hlađenje bezalkoholnih napitaka, piva, vina i vode odlikuju se visokim performansama, kvalitetom te vrhunskim dizajnom. Uz aparate, značajan dio su konzole za istakanje pića, te veliki asortiman rezervnih dijelova. Velik izbor rashladnih aparata kapacitetima odgovaraju manjim restoranima, barovima, ali i velikim potrošačkim mjestima kao što su dvorane, stadioni i sl. Najznačajniji udio u proizvodnom asortimanu, preko 75 %, čine aparati za hlađenje i točenje piva. Aparati za hlađenje i točenje pića u potpunosti su razvijeni u razvojnom sektoru tvrtke. Cijeli proizvodni proces, od ideje, istraživanja i razvoja, preko konstrukcije, dizajna, razvoja tehnologije i proizvodnje, pa do marketinga i prodaje, također se odvija u samoj tvrtki. Visoku kvalitetu, raznovrsnost i pouzdanost proizvoda omogućuje dugoročni "know-how", vlastiti laboratorij, te inovativan, kreativan i educirani stručni kadar odjela za istraživanje i razvoj [9].

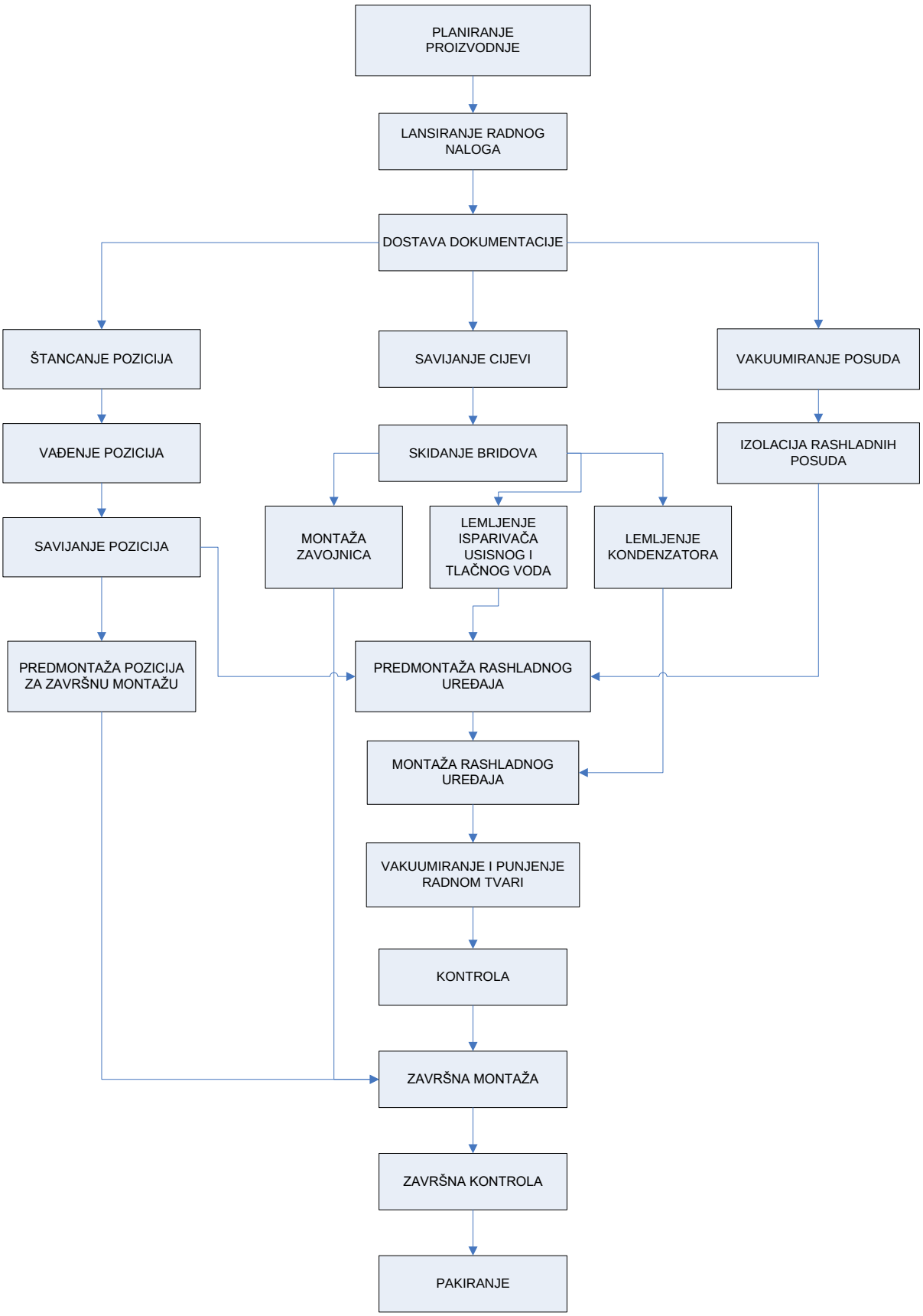
4.2. Proizvodni proces u poduzeću

Poduzeće Oprema d. d. organizacijski je strukturirano u više međusobno povezanih organizacijskih jedinica te ima utemeljenu funkcijsku hijerarhijsku organizacijsku strukturu. Poduzeće je organizacijski podijeljeno na jedinicu uprave, odjel proizvodnje, odjel komercijale, odjel istraživanja i razvoja, financijsko – računovodstveni odjel, IT odjel te odjel upravljanja kvalitetom. Na slici 12. prikazana je podjela na glavne i sporedne tj. logističke procese. Sporedni procesi jednake su važnosti kao glavni zato što se međusobno upotpunjuju. Ako dođe do zastoja u bilo kojem sporednom procesu, to ima utjecaj i na glavne procese. Iz tog razloga je za ispravan tijek glavnih procesa bitna funkcionalnost sporednih procesa.



Slika 12. Shematski prikaz glavnih i sporednih procesa u poduzeću

Sam odjel proizvodnje sastoji se od sljedećih organizacijskih jedinica: tehnološka priprema proizvodnje, nabava, skladište, održavanje, proizvodnja. Proces proizvodnje, prikazan je na dijagramu na slici 13. Proizvodni proces se pokreće narudžbom kupca čime se kreira narudžba proizvodnji, a time se otvara projekt za određenu šifru proizvoda koji se u proizvodnji izrađuje i određuje količina i rok isporuke. Projektom se upravlja u programskom paketu GoSoft, koji sadrži module za računovodstvo, prodaju, proizvodnju, konstrukciju i kontrolu kvalitete. GoSoft se koristi i kao svojevrsna baza podataka iz koje se odabirom proizvoda koji se proizvodi u određenom projektu, ispisuje potrebna dokumentacija za proizvodnju. Potrebna dokumentacija za proizvodnju sadrži zahtjevnice, nacrte, montažne nacrte, radne liste za štancanje te predatnice koje su dostavljene skladištu kada su pozicija ili potpuni sklop završeni u proizvodnji. Na kraju projekta daje se predatnica za gotov proizvod izrađen u točno određenoj količini te nakon što je pregledan u skladu sa zahtjevima kvalitete, označen i zapakiran.



Slika 13. Dijagram toka proizvodnog procesa [10]

Kao što je vidljivo na dijagramu toka proizvodnog procesa na slici 13. nakon planiranja proizvodnje lansira se radni nalog te se dokumentacija dostavlja na tri lokacije za sljedeće procese: obradu lima, savijanje cijevi te izradu rashladni posuda. Proces obrade lima uključuje sljedeće operacije:

- probijanje lima
- vađenje lima
- upuštanje lima na ekscentar preši
- savijanje lima.

Proces obrade lima započinje probijanjem lima na CNC probijačicama. Vrsta, debljina koja iznosi 0,7 mm – 1,5 mm i završna obrada lima ovise o željama kupaca. Bitno je napomenuti da tvrtka Oprema d.d. proizvodi uređaje isključivo prema narudžbe te se na taj način ne stvaraju viškovi i ne postoji prekomjerno skladištenje. Provjera programa se vrši tako da se kontrolira prvi obrađeni komad. Krivo probijeni komadi lima nakon provjere se odlažu na za to označeno mjesto, a dorađuju se prvom prilikom kada je CNC probijačica slobodna za rad. Nakon probijanja, lim se iz table probijene na CNC probijačici mora izvaditi, a s pozicija se skidaju mikrospojevi čija je svrha da pozicije ne ispadaju iz table lima po radnom prostoru probijačice. Osim vađenja, zadaća djelatnik je provjeriti količine potrebne za projekt te provodi vizualnu kontrolu kvalitete pozicija kako bi ih se vratilo na doradu ukoliko je potrebno. Nakon procesa vađenja slijedi upuštanje ili savijanje lima ovisno o potrebi. Ukoliko se provodi operacija upuštanja, proces se odvija na ekscentar preši, dok se savijanje odrađuje na tri vrste savijačica lima. Najveća savijačica ima duljinu radnog prostora tri metra i CNC upravljanje . Druge dvije savijačice su manje i NC upravljane. Za savijačice je potreban operater koji osim što pokreće programe na strojevima i provjerava rad, na kraju slaže pozicije na palete i vrši kontrolu pozicija. Cilj je otkriti nesukladnost odmah nakon obrade lima, dok pozicija nije došla do procesa montaže.

Proces savijanja cijevi odvija se na četiri savijačice. Sve savijačice imaju CNC upravljanje. Na svakoj savijačici radi po jedan operater. Cijevi koje se savijaju na savijačicama su od bakra ili nehrđajućeg čelika. Zadaća operatera je, kada dobije novi nalog, promijeniti alat u adekvatni te pokrenuti savijačicu kako bi napravio prvi komad. Nakon kontrole prvog komada operater unosi potrebnu količinu koju treba proizvesti ili vrši korektivne radnje nad programom ukoliko

je to potrebno. Gotove pozicije po završetku količina potrebnih za određeni projekt odlažu se u međuskladište unutar proizvodnje.

Proces izrade rashladnih kutija sastoji se od rezanja polistirenske ploče, termoformiranja rashladne posude i na kraju punjenja izolacijom. Ploče koje se režu mogu biti debljine 6 mm ili 8 mm, a nakon rezanja se od ploča izrađuju posude na tri termoformirke. Na dvije se izrađuju posude većih dimenzija, a na trećoj posuda manjih dimenzija. U fazi razvoja proizvoda teži se odabiru već standardiziranih dimenzija kutija kako bi se izbjegli troškovi izrade novog kalupa. Osim toga, svaka izmjena kalupa traje otprilike dva sata. Djelatnik ponovo izrađuje prvi komad te ako kontrolom utvrdi da je sve u redu, proizvodi se cijela serija. Zadnji korak izrade rashladnih posuda je izoliranje koje se odvija na dvije dinamičke linije. Na svakoj liniji rade dva djelatnika koji umeću posude u kalup koji zatim odlazi u tunel u kojem je temperatura 80 °C. Na izlazu iz tunela djelatnik puni kalupe izolacijom.

Sve prethodno navedene operacije potrebno je završiti prije početka procesa montaže. Proces montaže definiran je tjednim planom koji se određuje odstrane prodaje. Plan je najčešće definiran četiri do pet tjedana unaprijed zbog potreba naručivanja robe od dobavljača. Redoslijed montaže i raspoređivanje projekata na montažne ćelije obavlja koordinator proizvodnje u suradnji s dispečerima. Dispečeri dostavljaju svu potrebnu robu iz skladišta materijala koja je prema potrebama projekta unaprijed pripremljena na svaku ćeliju. Sva roba je složena na euro palete te se broji točno određena potrebna količina po svakom projektu. Njihove su zadaća i dostavljanje svih pozicije iz međuskladišta na radna mjesta, obavljanje transporta pozicija unutar proizvodnog pogona i radnih mjesta te sva ostala manipulacija robom unutar proizvodnog pogona. Montažni proces ne kreće dok nisu prikupljene sve pozicije iz međuskladišta i svi dijelovi koji se nabavljaju od dobavljača. Montaža aparata obavlja se unutar četiri montažne ćelije. Paralelne montažne ćelije spajaju se na liniju za punjenje uređaja radnom tvari. Nakon punjenja, linija se dijeli na dvije paralelne prije kontrole montaže, a potom na tri linije prije završne montažne linije.

Operacije od kojih se sastoji proces montaže aparata su:

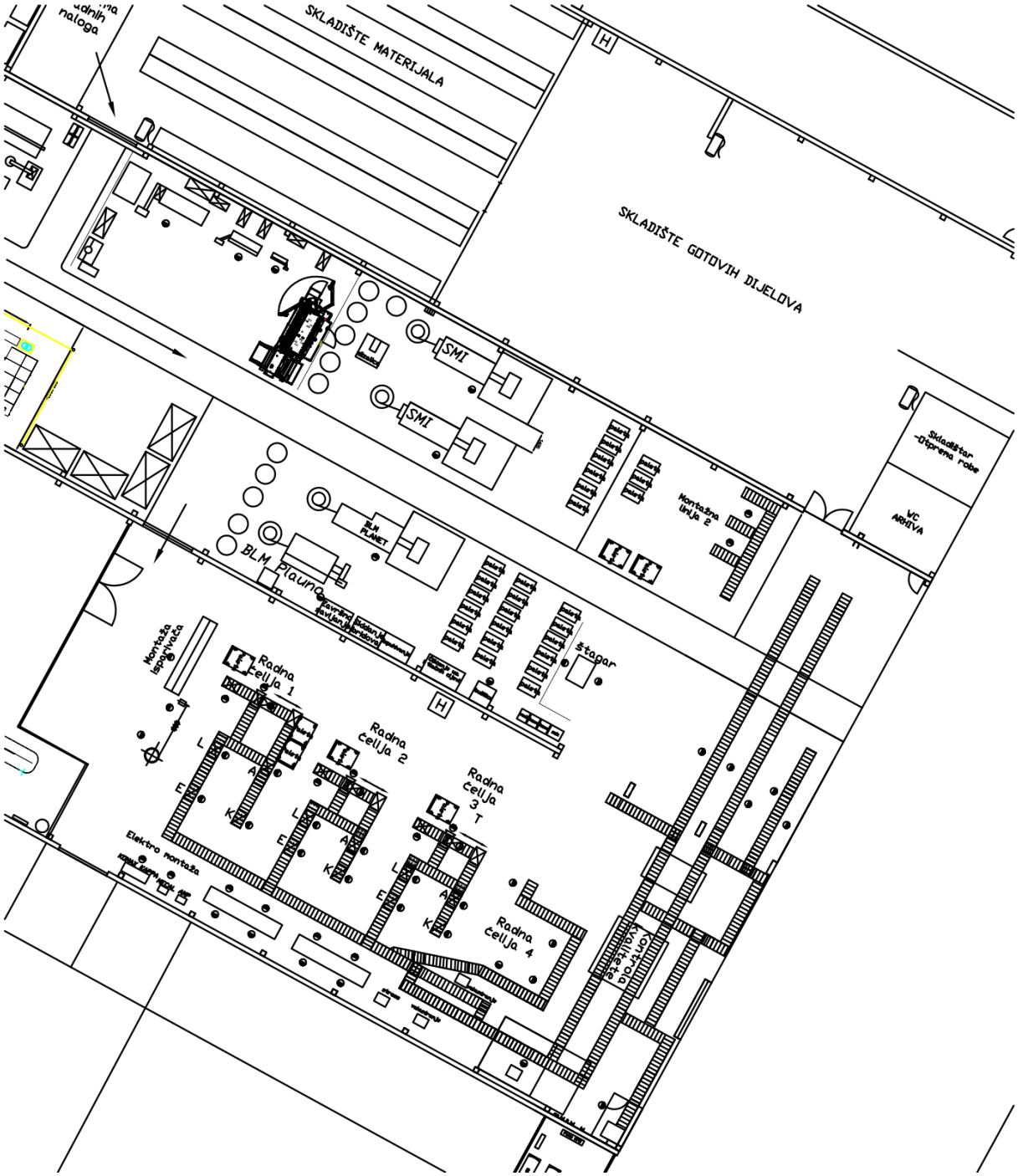
- predmontaža poklopaca, plašteva, stranica
- montaža pumpi ili mješača
- montaža zavojnica
- izrada elektroničkih sklopova
- montaža i izrada elektroinstalacija
- zavarivanje, brušenje i poliranje
- strojna obrada
- montaža na montažnoj ćeliji
- vakuumiranje i punjenje radnom tvari
- kontrola uređaja
- završna montaža i kontrola
- pakiranje i skladištenje.

Prethodno navedene operacije ne obavljaju se za montažu svih aparata, već izvršavanje operacija ovisi o aparatu koji se proizvodi.

Četiri montažne ćelije zamišljene su kao paralelne linije koje se spajaju s glavnom montažnom linijom a na njima se izvršavaju sljedeće operacije:

- montaža isparivača
- montaža i spajanje usisnog voda tvrdim lemljenjem
- spajanje usisnog voda i isparivača tvrdim lemljenjem
- spajanje isušivača s kondenzatorom
- montaža kondenzatora, kompresora, ventilatora na montažnu ploču
- montaža tijela rashladnog uređaja
- spajanje cijevi cjevovoda s kompresorom i usisnim vodom
- spajanje elektroinstalacije na rashladni agregat.

Raspored radnih mjesta i tlocrt cijelog proizvodnog pogona prikazan je na slici 14.



Slika 14. Raspored unutar proizvodnog pogona [18]

4.3. Implementacija projekata poboljšanja u poduzeću Oprema d.d.

Tvrtka oprema d.d. već ima uspostavljene određene prakse za kontinuirano ostvarivanje poboljšavanja unutar sustava. Kontinuirano poboljšavanje, odnosno unapređivanje, ključ je uspjeha na globalnom tržištu. Postoji više metodologija kontinuiranog unapređivanja kako bi se primicalo poslovnoj izvrsnosti, a u tvrtki se uglavnom koriste PDCA ciklusom koji se još naziva Shewartovim ciklusom prema izumitelju, odnosno Demingovim ciklusom prema čovjeku koji je potpuno afirmirao metodu u primjeni. PDCA (eng. *Plan-Do-Check-Act*) je ciklus operacija Planiraj-Učini-Provjeri-Djeluj prikazan na slici 15. upravo kroz primjenu PDCA ciklusa tvrtka je uvela primjenu alata nastavno navedenih u odlomku. Kroz ova četiri koraka ili faze procesa kontinuiranog unapređivanja provode se sljedeće aktivnosti:

1. Planiraj – Istraživanje i analiza postojećeg procesa, a potom standardizacija istog. Nakon toga se prikupljaju podatci zbog identifikacija problema i razvitka plana unapređivanja te se specificiraju mjerila za ocjenjivanje plana.

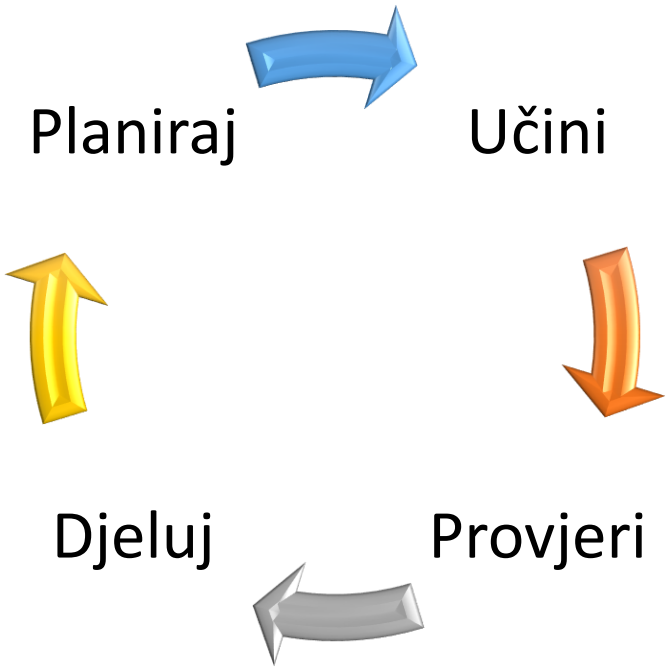
2. Učini – Provodi se plan, ako je moguće na testnom području, dokumentiraju se promjene i prikupljaju podatci za ocjenu.

3. Provjeri – Ocjenjuju se podatci prikupljeni 2. fazom te se provjerava jesu li ostvareni rezultati u skladu s ciljevima postavljenim u planu.

4. Djeluj – U slučaju uspješnosti rezultata u prethodnom koraku, standardizira se nova metoda te se ljudi na koje se ona odnosi upoznaju s njom i educira ih se na adekvatan način. Također, razmatra se mogućnost primjene istih promjena na sličnim procesima u sustavu. Ako rezultati u prethodnom koraku nisu zadovoljavajući, plan se ponovo gleda i revidira ako postoji mogućnost, ili se od projekta odustane i započinje se s novim.

PDCA je preporučljivo koristiti [11]:

- Kao model za kontinuirano unapređivanje
- Kada se započinje novi projekt unapređivanja
- Kada se razvija novi ili unapređuje postojeći dizajn procesa, proizvoda ili usluge
- Kada se definira ponavljajući radni proces
- Kada se planira prikupljanje i analiziranje podataka s ciljem potvrđivanja i
- Pri provođenju svih promjena.



Slika 15. PDCA krug [3]

Osim primjene kontinuiranog unapređivanja, tvrtka uvelike radi na implementaciji Lean menadžmenta kod upravljanja kako bi smanjili gubitke u poslovanju. Ovdje je bitno napomenuti metode 5S, SMED i TPM koje su već duboko usađene u proizvodne procese. 5S metoda je vezana uz organizaciju radnog mjesta. S obzirom na to da je prema filozofiji Lean-a radno mjesto osnovni element poslovnog sustava, potrebno je znati da ukoliko postoje nedostatci i neorganiziranost na radnom mjestu, svi budući procesi i projekti unapređenja neće uroditi plodom.

Naziv 5S došao je od pet Japanskih riječi [12]:

- Seiri – Sortirati,
- Seiton – Staviti u red,
- Seiso – Očistiti,
- Seiketsu – Standardizirati,
- Shisuke – Održati.



Slika 16. Grafički prikaz 5S metode [12]

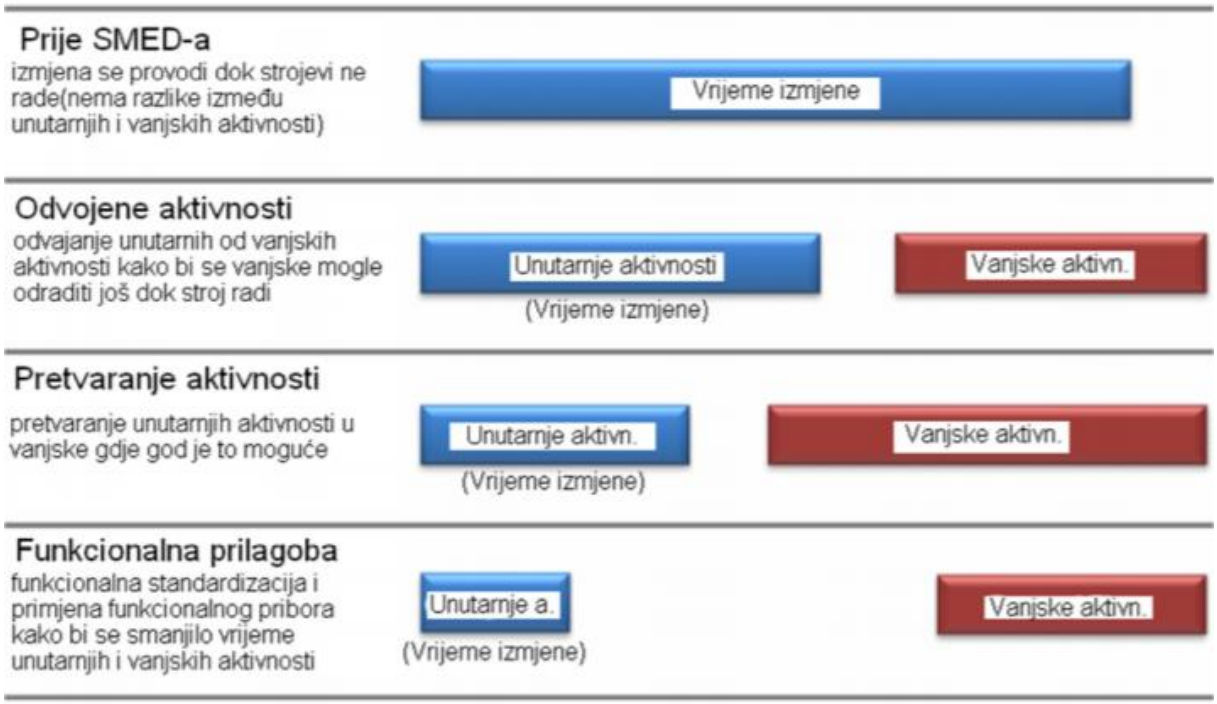
Najbolji primjer korištenja 5S alata je ploča na kojoj su složeni alati. Svaka montažna ćelija ima svoju ploču, a primjer ploče je na slici 17.



Slika 17. Primjer ploče za alate

Naziv SMED metode potječe iz engleskog, odnosno skraćenica je za „Single – Minute Exchange of Dies“. Cilj ove metode je smanjenje vremena potrebnog za izmjenu alata ili neke druge opreme u procesu proizvodnje. Već sam naziv ove metode poručuje da je cilj skraćenje vremena izmjene alata. Prednosti koje SMED metoda omogućuje su [13]:

- Smanjenje troškova proizvodnje (brža promjena alata skraćuje pripremno vrijeme stroja).
- Smanjenje dimenzija dijelova (brža promjena alata omogućuje češću promjenu proizvoda koji se izrađuje).
- Ubrzanje reakcije na zahtjeve kupaca.
- Lakše pokretanje (standardizirani procesi izmjene alata poboljšavaju konzistenciju i kvalitetu).



Slika 18. Utjecaj SMED-a na vrijeme izmjene alata [14]

TPM (eng. *Total Productive Maintenance*) označava cjelovito učinkovito održavanje. TPM predstavlja program kontinuiranog poboljšanja s glavnim fokusom u proizvodnji. Pri tom je primarni cilj pronalaženje gubitaka sa željom postizanja nula grešaka, nula zastoja, nula gubitaka u kvaliteti, nula ozljeda [15]. TPM je ujedno i program stalnog poboljšavanja uspješnosti pogona i strojeva. TPM zahtjeva djelotvorni rad u timu, razvoj vještina rukovatelja strojeva i održavatelja. Implementacija TPM-a relativno je jeftina, no zahtjeva podršku rukovodstva.

Ciljevi TPM-a su [15]:

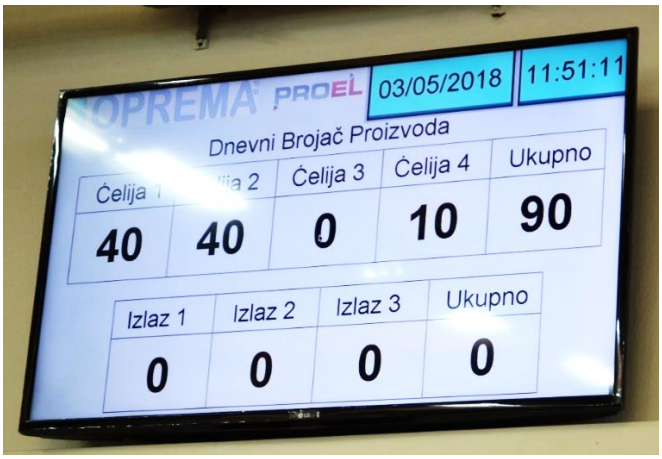
- poboljšanje kvalitete proizvoda
- smanjenje gubitaka
- poboljšanje stanja održavanja
- prenošenje ovlaštenja na djelatnike
- smanjenje troškova
- povećanje produktivnosti i
- prekidanje začaranog kruga reaktivnog održavanja – otklanjanja kvarova.

Osim Lean alata, uvelike se prednost daje digitalizaciji, pa se tako proces montaže vremenski prati preko petnaest kamera koje očitavaju 2D kodove na aparatima. Uz praćenje vremena, svrha kamera je automatizacija pozivanja programa za vakuumiranje aparata i punjenje plinom. Kamera s kočnicom koja se ne spušta dok aparat na liniji nije identificiran, prikazani su na slici 19.



Slika 19. Kamera za očitanje 2D koda aparata s kočnicom

Također, broj proizvedenih komada po montažnoj ćeliji prati se unutar proizvodnog pogona preko zaslona. Zaslon s prikazom proizvedenih aparata prikazan je na slici 20.



Slika 20. Zaslon za praćenje broja proizvedenih aparata

4.4. Iniciranje projekta poboljšanja Lean Six Sigma – faza definiranja

Na početku svakog Lean Six Sigma projekta potrebno je dokumentirati osnovne informacije o projektu. Dokumentiranje je potrebno kako bi se lakše prenosile informacije o projektu kroz poduzeće. Prvi dokument koji je potrebno sastaviti je povelja o projektu. U povelji o projektu (eng. *Project charter*) nalazi se osam bitnih informacija, a to su: problematično stanje, ciljevi, opseg projekta, ključno mjerenje procesa, vremensko ograničenje, isporučeni materijali, iskoristive mogućnosti i tim koji sudjeluje u provođenju projekta. Povelja o projektu koja je korištena za provođenje projekta u poduzeću Oprema d.d. prikazana je na slici 21.

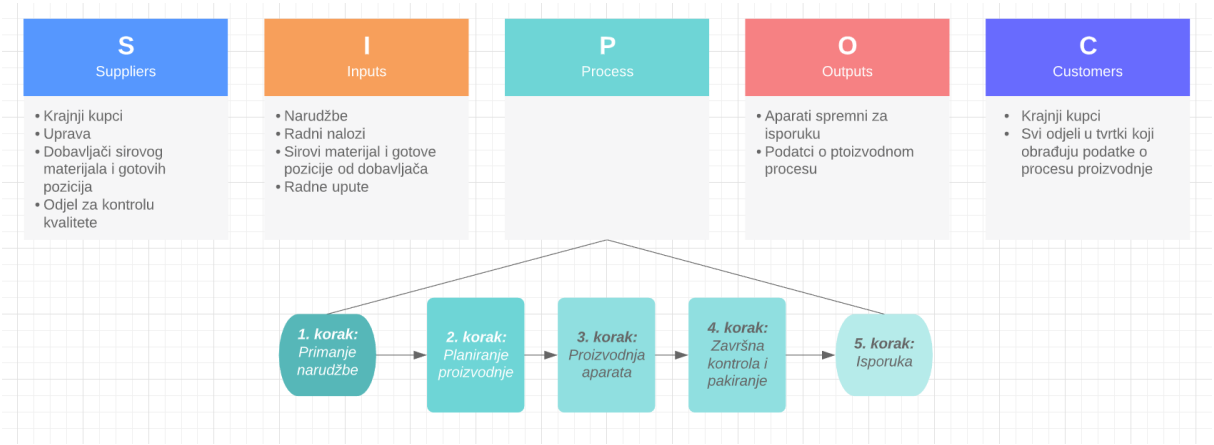


Slika 21. Povelja o projektu

U povelji o projektu su vidljive informacije o tome tko je u timu koji će pokrenuti projekt unapređenja u poduzeću Oprema d.d., kao i vrijeme u kojem je potrebno odraditi pojedinu fazu projekta. Osim toga, dan je opis problematičnog stanja, a to je da se u zadnjih godinu dana previše vremena rasipa u montažnim ćelijama, odnosno da ima previše gubitaka kao i čestih pojava nesukladnosti koje su najčešće povezane uz lemljene i elektroničke spojeve. Također, u povelji su podaci u ciljevima, a u konkretnom slučaju je cilj smanjiti vremena čekanja i ukloniti nesukladnosti proizvoda. Informacije koje je još potrebno unijeti su opseg projekta, koji će

primarno biti vezan uz montažnu liniju, ali indirektno može sezati u sve odjele poduzeća, ključna mjerenja procesa, koja će biti vremena rada i broj nesukladnosti te isporučeni materijali, odnosno dokumenti koji ostaju generirani nakon provedenog projekta te iskoristive mogućnosti koje uključuju implementaciju poboljšanja i primjena upotrijebljenih metoda na slične procese u poduzeću.

Sljedeći korak u fazi definiranja nakon iniciranja projekta dokumentiranjem povelje o projektu je stvaranje SIPOC mape. SIPOC (eng. *Suppliers – Input – Process – Output – Customers* u prijevodu na hrv. Dobavljači – Ulaz – Proces – Izlaz – Korisnici) je mapa na kojoj se na visokoj razini prikazuje proces i identificira zona fokusa projekta poboljšavanja. SIPOC mapa nalazi se na slici 22.

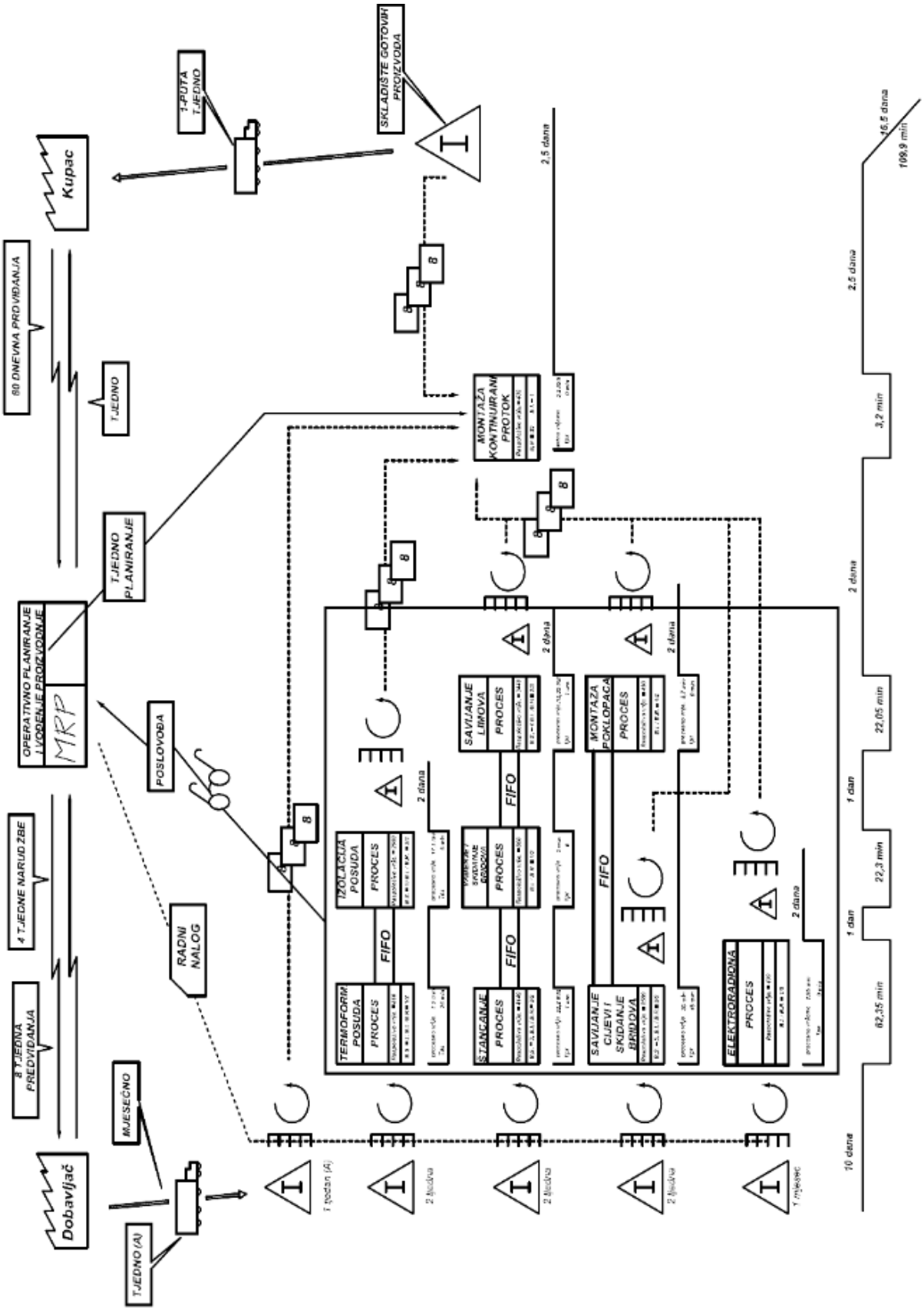


Slika 22. SIPOC mapa

U SIPOC mapi na slici 22 je vidljivo kako su dobavljači u projektu osim stvarnih dobavljača sirovog materijala i gotovih pozicija, uprava tvrtke koja donosi strategiju poslovanja te odjel za kontrolu kvalitete koji daje informacije o nesukladnostima u prethodnom projektu proizvodnje i krajnji kupci koji generiranjem narudžbe započinju proces planiranja proizvodnje. Ulaz u proces se sastoji od narudžbe preko koje se generira potrebna dokumentacija, radni nalozi sirovi materijal i gotove pozicije od dobavljača te radne upute. Sami proces započinje primanjem narudžbe, nakon čega se planira proizvodnja, a nakon što se aparati proizvedu provodi se završna kontrola nakon koje ukoliko ne postoje nesukladnosti proizvod se pakira i isporučuje. Ono što izlazi iz promatranog procesa su gotovi aparati spremni za isporuku te podatci o završenom proizvodnom procesu. Korisnici ovog procesa su krajnji kupci kojima se dostavljaju

naručeni aparati, ali i svi odjeli u tvrtki koji obrađuju podatke o procesu proizvodnje u svrhu na ponavljanja grešaka ili unapređivanju procesa.

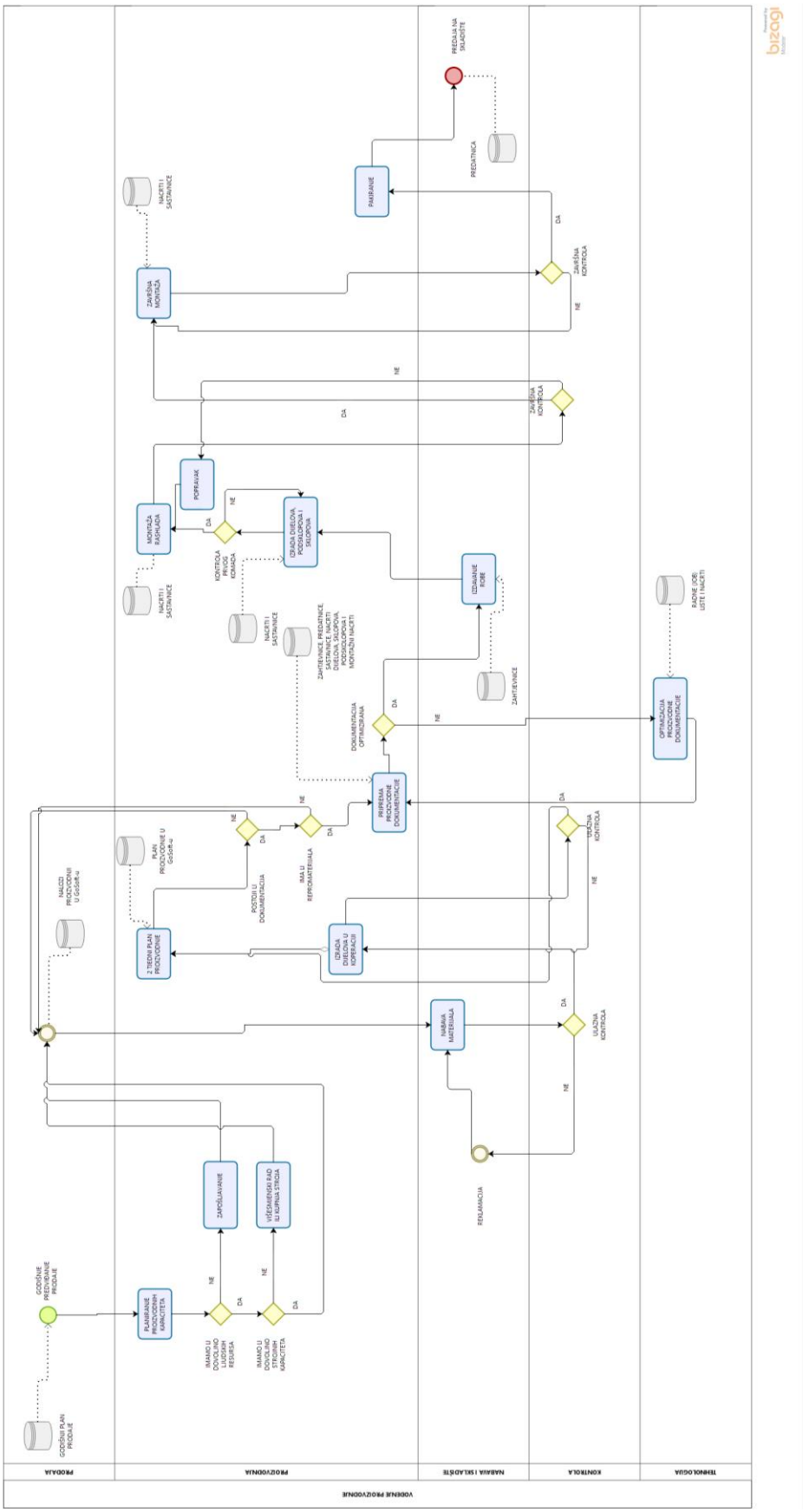
Treći korak faze definiranja bi trebao biti određivanje rada koji proizvodu dodaje vrijednost, određivanje rada koji proizvodu ne dodaje vrijednost, ali je neophodan za izradu i određivanje rada koji proizvodu ne dodaje vrijednost. Vrijednost je u ovom smislu definirana od strane kupca, što znači da dodavanje vrijednosti može biti obrada ili montaža koja je potrebna za funkcionalnost aparata ili ona koja je potrebna za ispunjavanje posebni želja kupca. S obzirom na to da tvrtka Oprema d.d. već ima primijenjene alate Lean menadžmenta u smislu optimizacije rada ovisno o tome koji donosi vrijednost, u ovom radu neće se odrađivati traženje rada koji ne donosi vrijednost proizvodu. Lanac toka vrijednosti je prikazan na slici 23.



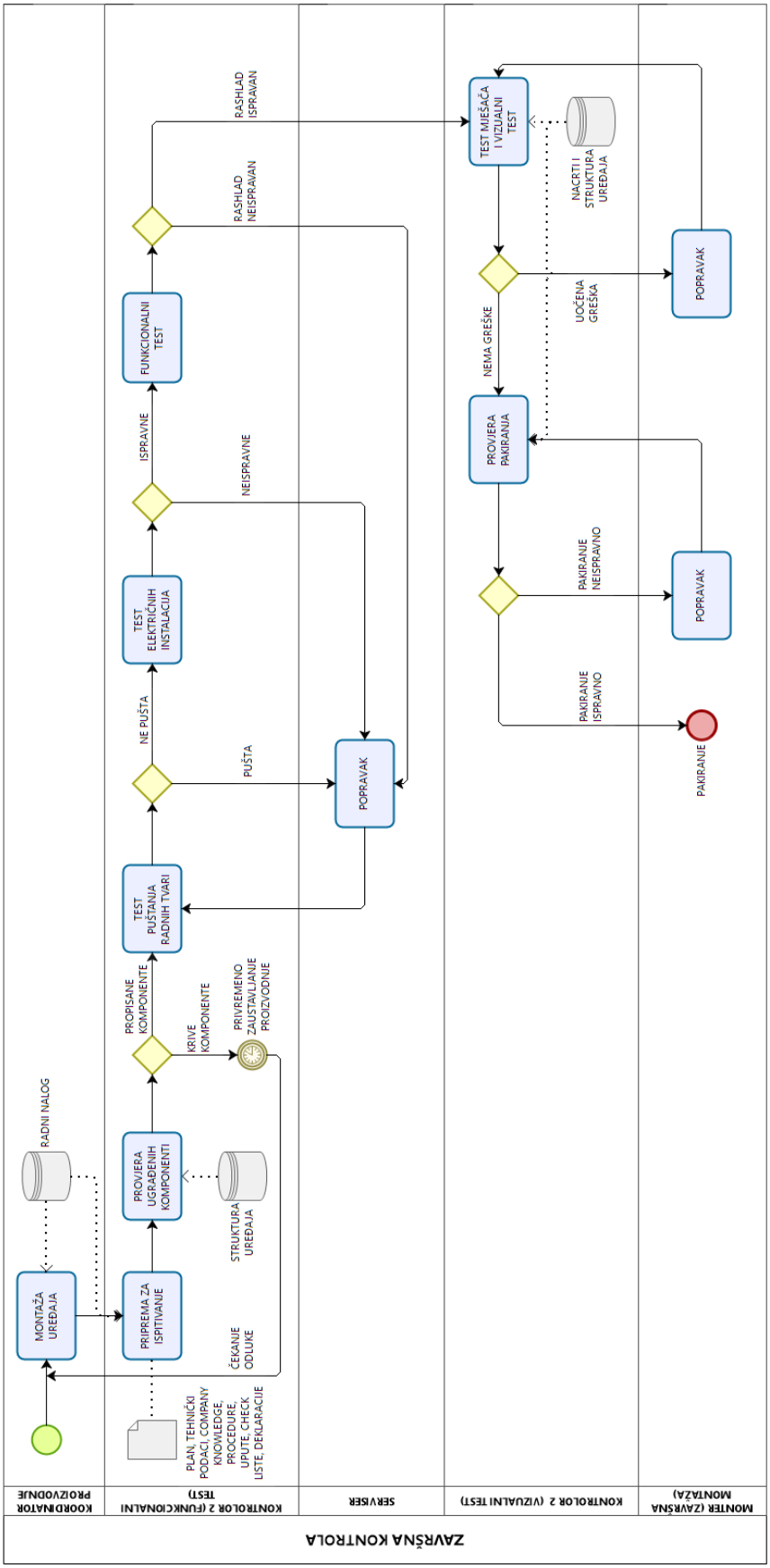
Slika 23. Lanac toka vrijednosti [18]

4.5. Faza mjerenja

Na početku faze mjerenja potrebno je napraviti analizu procesa te isti mapirati kako bi se što dublje ušlo u razumijevanje toka procesa. Proces se mapira tako da se kreira dijagram toka procesa. Razlika dijagrama toka, u usporedbi sa SIPOC mapom je taj što se u dijagramu toka dublje ulazi u strukturu cijelog procesa. Dijagram toka procesa je u ovom slučaju napravljen kako bi se što bolje pristupilo problemima koji su navedeni u povelji u projektu, a to su preduga vremena čekanja u montaži i broj nesukladnosti na proizvedenim aparatima. Iz tog razloga, napravljena su dva dijagrama tijeka procesa, prvi za proizvodni proces, a drugi za provođenje kontrole kvalitete. Bitno je napomenuti kako dijagram tijeka uključuje, osim operacija koje se odvijaju, kontrolne točke u kojima se donose odluke o tome nastavlja li se dalje s tijekom procesa ili je poziciju ili sklop potrebno vratiti unazad kako bi se učinile određene korektivne radnje. Dijagrami tijeka izrađeni su u besplatnom programskom paketu Bizagi. Dijagram toka za proizvodni proces nalazi se na slici 24, a dijagram toka kontrole kvalitete nalazi se na slici 25.. Kao što se može vidjeti moguće je napraviti distinkciju između operacija, donošenja odluka i točaka gdje se predaju informacije. Tako je početna točka označena zelenim krugom, operacije plavim pravokutnim oblicima, kontrolne točke su označene žutim rombovima, točke predaje informacija su označene sivim valjkastim oblicima, a završetak procesa je označen crvenim krugom.

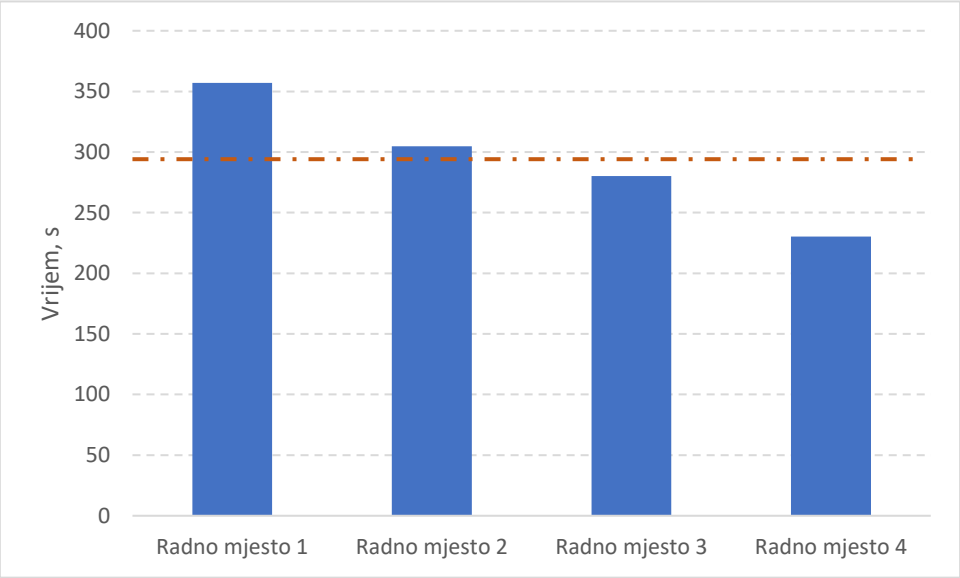


Slika 24. Dijagram tijeka proizvodnog procesa

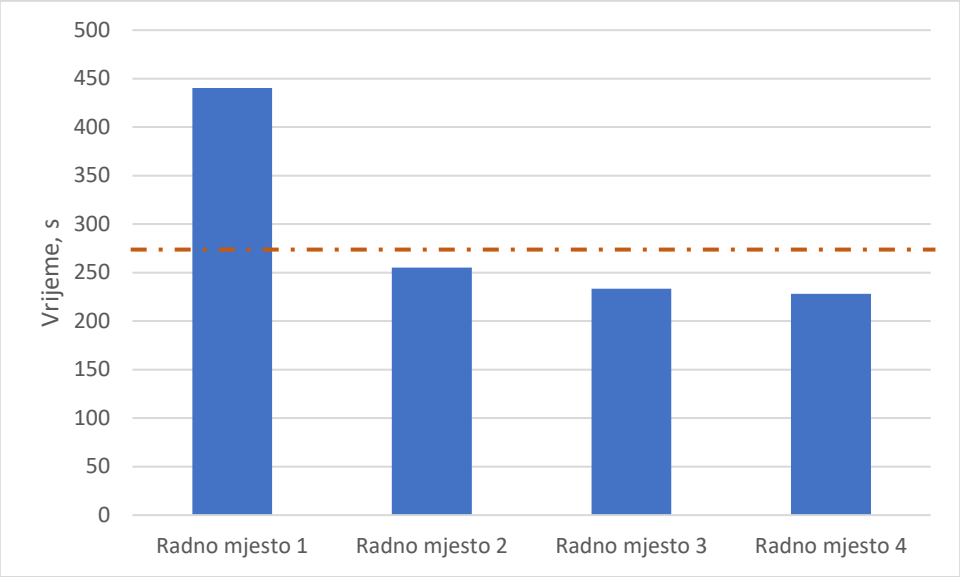


Slika 25. Dijagram tijeka završne kontrole

Uz dijagram tijeka, za potpunu sliku o procesu, ukoliko se trajanja dijelova procesa ne znaju, potrebno ih je odrediti, odnosno izmjeriti. Upotrebom kamera kako bi se skenirali 2D kodovi, u tvrtki se davno uspostavio kontinuirani tok na liniji te su sva vremena poznata. No unutar montažnih ćelija ne postoji način mjerenja duljine rada svakog radnog mjesta. Zbog toga se za ovaj projekt mjerilo vrijeme rada svakog radnog mjesta unutar prve i druge montažne ćelije pri sklapanju iste vrste aparata u svrhu pronalaska uskog grla procesa zato što su upravo unutar ćelija najveći gubitci vremena. Najveći gubitci se generiraju kod promjene radnog naloga odnosno kada se nova vrsta aparata kreće slagati na liniji. Na slikama 26 i 27 prikazani su grafovi s prosječnim vremenima trajanja rada po aparatu. Iz priloženog na grafovima, lako se može uočiti kako je usko grlo procesa u obje montažne ćelije radno mjesto 1, no puno veće odstupanje se može vidjeti u slučaju montažne ćelije 2.



Slika 26. Vremena rada u procesu po radnim mjestima unutar prve montažne ćelije



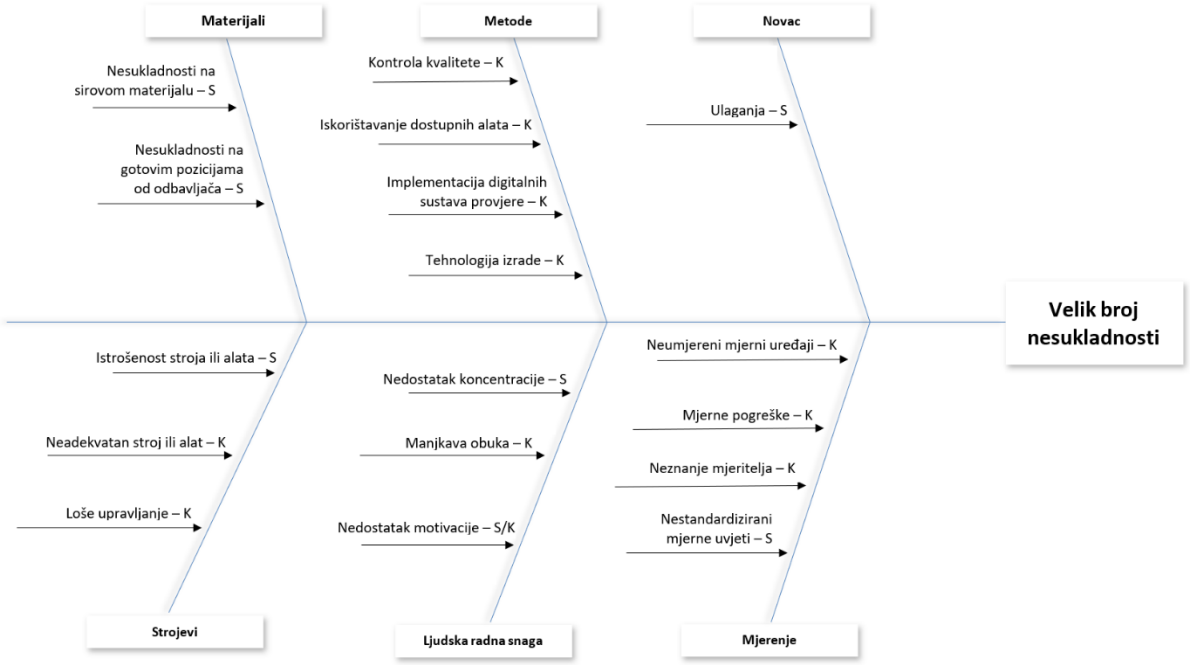
Slika 27. Vremena rada u procesu po radnim mjestima unutar druge montažne ćelije

Nakon što se proces mapirao, potrebno je elemente u sustavu analizirati. Korak koji slijedi nakon analize i mapiranja procesa je funkcijska analiza procesa. Ovim korakom žele se utvrditi mogući utjecaji na elemente u sustavu. Alat koji se najčešće koristi u ovom koraku je „riblja-kost“ dijagram ili Ishikawin dijagram. Često ga se još spominje i kao 7M metodu zbog toga što 7 elemenata uključuju:

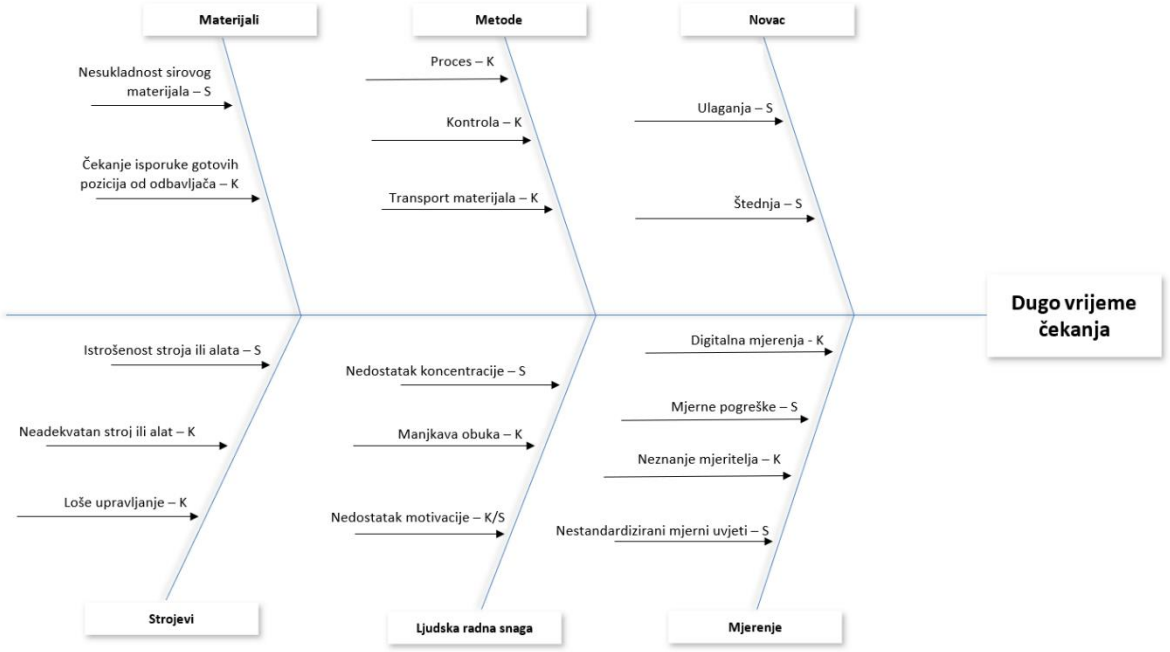
- **M**aterials – Materijali
- **M**ethods – Metode
- **M**other nature – Majka priroda
- **M**oney – Novac
- **M**achinery – Strojevi
- **M**anpower – Ljudska radna snaga i
- **M**easurement – Mjerenje.

S obzirom na to da je većina proizvodnih procesa, kao i promatrani u Opremi d.d., smješten unutar hale, utjecaj majke prirode se može zanemariti pa se metoda preimenuje u 6M. Shodno tome, ovisno o broju elemenata koji utječu na željeni efekt, metoda može biti i 5M, 4M, itd. Nakon što se odredi postojeći broj utjecaja, za svaku „kost“ se određuju mogući uzroci

problema. Ishikawa dijagram za problem čekanja nalazi se na slici 28., dok se dijagram za problem prekomjernih nesukladnosti nalazi na slici 29.. Uz uzroke, odmah se pored njih stavlja oznaka K ili S ovisno o tome mogu li se uzroci kontrolirati (K) ili ne mogu pa su isključivo smetnje (S). Kao što se može vidjeti, na velik broj nesukladnosti utječu kroz materijale nesukladnosti u sirovom materijalu i gotovim pozicijama od dobavljača, preko metoda način kontrole kvalitete, iskorištavanje dostupnih alata, implementacija digitalnih sustava provjere i odabir tehnologije izrade, novčani uzrok su ulaganja koja mogu biti krivo usmjerena, uzroci kod strojeva su istrošenost stroja ili alata, upotreba neadekvatnog stroja ili alata te loše upravljanje na stroju, uzroci kod ljudske radne snage mogu biti nedostatak koncentracije, manjkava izobrazba osoblja i nedostatak motiviranosti te na kraju na mjerenja utječu neumjeravanje mjernih uređaja, mjerne pogreške, neznanje mjeritelja i nestandardizirani mjerni uvjeti. Uzroci dugog vremena čekanja malo se razlikuju, pa tako na novce utječu ulaganja ili štednja, na metode utječu proces, kontrola i transport materijala, na materijale ponovo utječu nesukladnosti u sirovom materijalu i gotovim pozicijama od dobavljača, na strojeve istrošenost stroja ili alata, upotreba neadekvatnog stroja ili alata te loše upravljanje na stroju, na ljudsku radnu snagu nedostatak koncentracije, manjkava izobrazba osoblja i nedostatak motiviranosti te na mjerenja utječu digitalna mjerenja, mjerne pogreške, neznanje mjeritelja i nestandardizirani mjerni uvjeti.



Slika 28. Ishikawin dijagram za posljedicu velikog broja nesukladnosti



Slika 29. Ishikawin dijagram za posljedicu dugog vremena čekanja

Promatrajući kreirane Ishikawa dijagrame, uočljivo je kako je na većinu uzroka moguće utjecati na neki način što bi značilo da je najbitnije da djelatnici u tvrtki budu svjesni problema koji postoje kako bi se mogli riješiti. Ono što je još bitno je to da se uzroci problema skupljaju kroz komunikaciju sa svim djelatnicima koji rade na promatranom procesu.

Sljedeći korak u sklopu faze mjerenja je analiza rizika i neuspjeha. Kod upravljanja rizicima bitna je svijest o situaciji u kojoj se sustav trenutno nalazi, a ona je ujedno i temelj prije promatranja i identificiranja, nakon kojih slijede ocjenjivanje i vrednovanje te projiciranje i prioritizacija rizika, a na kraju djelovanje i upravljanje rizicima. Alat koji se koristi u sklopu Lean Six Sigma metodologije za upravljanje rizicima je analiza potencijalnih problema (PPA – *Potential Problem Analysis*). Ovim alatom nastoji se popisati što više kritičnih potencijalnih problema vezanih za proces, kako bi se odredile njihove posljedice, a zatim ocijenio rizik te mogućnosti prevencije. Tablica 3. je tablica u kojoj je prikazana primjena alata analize potencijalnih problema. Unutar tablice, problemi su složeni nakon ocjenjivanja od najkritičnijih prema najmanje kritičnima.

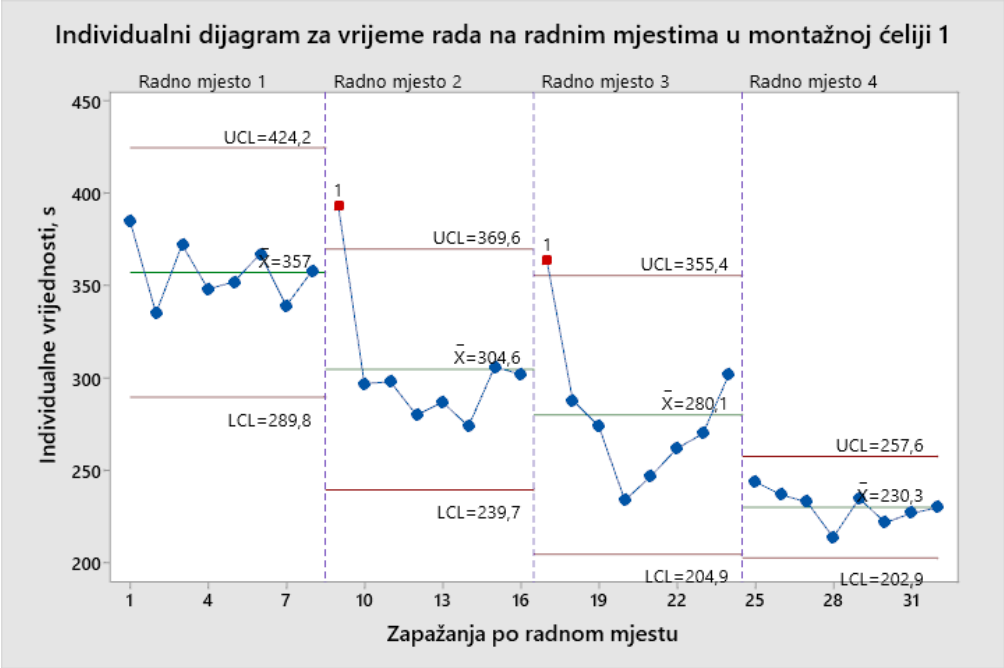
Tablica 3. Analiza potencijalnih problema

Plan/Akcija /Zadatak	Potencijalni problemi	Posljedice	Mogući uzroci	Stupanj ozbiljnosti	Učestalost	Preventivne radnje	Kontingentne radnje	Okidači kontingentnih radnji
Lemljenje cijevi	Nesukladnosti lemova	Dorada proizvoda nakon završne kontrole	Niska koncentracija djelatnika, moguć manjak edukacije ili nedostatak tehnologije	8	8	Obaviti edukaciju djelatnika	Dorada proizvoda	Pronađena nesukladnost pri kontroli kvalitete
Promjena naloga	Usporeni rad, čekanje	Manje proizvedenih jedinica	Krivi psihološki pristup voditelja prema djelatnicima	8	7	Psihološki dokazati djelatnicima da problem čekanja više ne postoji	Napominjanje djelatnicima kako je vrijeme čekanja skraćeno	Mišljenje radnika kako vrijeme čekanja mora postojati i smiju ga iskoristiti za ležerniji rad
Montaža aparata	Predugačka prva operacija u montažnoj ćeliji	Prazan hod djelatnika	Loše balansirana radna mjesta unutar ćelija	5	9	Promijeniti raspored rada i pretvoriti ćeliju u liniju	Rasporediti radnike na mjesta gdje su "požari"	Nedostatak posla
Narudžba gotovih pozicija	Kašnjenje isporuke	Čekanje projekta	Zastoj proizvodnje	9	3	Usklađivanje lanca opskrbe s dobavljačima	Promjena naloga	Nepostojanje potrebnih pozicija za sklapanje aparata
Montaža aparata	Nedostatak pozicija	Čekanje projekta	Nedostatak pozicija iz predmontaže	7	3	Bolje povezati procese montaže i predmontaže	Poslati zahtjev za transportom pozicija iz predmontaže	Greška u radu ili pojava nesukladnosti zbog koje je nastao manjak
Narudžba gotovih pozicija	Nesukladnosti na pozicijama	Vraćanje proizvoda i reklamiranje	Propusti u kontroli robe dobavljača	5	4	Uvesti dodatan zahtjev dobavljaču kod isporuke pozicija	Uzimanje nove pozicije	Nemoguće sklapanje u gotovi proizvod
Kontrola kvalitete	Propust pri kontroli zbog mračnog prostora	Nesukladni proizvod isporučuje se korisniku	Smanjene vidne mogućnosti	9	2	Uvesti kontrolu kvalitete automatiziranim vizualnim sustavom	Reklamacije nesukladnih proizvoda	Žalbe kupaca
Promjena naloga	Manjak znanja djelatnika o procesu	Sporiji rad i moguće nesukladnosti	Manjak edukacije djelatnika	7	2	Postaviti zaslone u montažnim ćelijama na kojima će se generirati radne upute promjenom naloga	Pozivanje radne upute za promijenjeni nalog na zaslonu	Neznanje rada
Proces izrade lima	Nekorektna provjera kvalitete prvog komada	Izrada cijele serije koja se ne može iskoristiti	Nepažnja djelatnika, problemi s mjernom opremom	6	1	Približiti pojmove ukupnog upravljanja kvalitetom svim djelatnicima	Ponovne izrada serije	nedostajanje pozicija u montaži

Prema analizi potencijalnih problema prikazanoj u tablici 3 prioritizirani problemi koji uzrokuju najopasnije rizike su nesukladnosti lemova, usporeni rad kod promjene naloga te preduga prva operacija u montažnoj ćeliji.

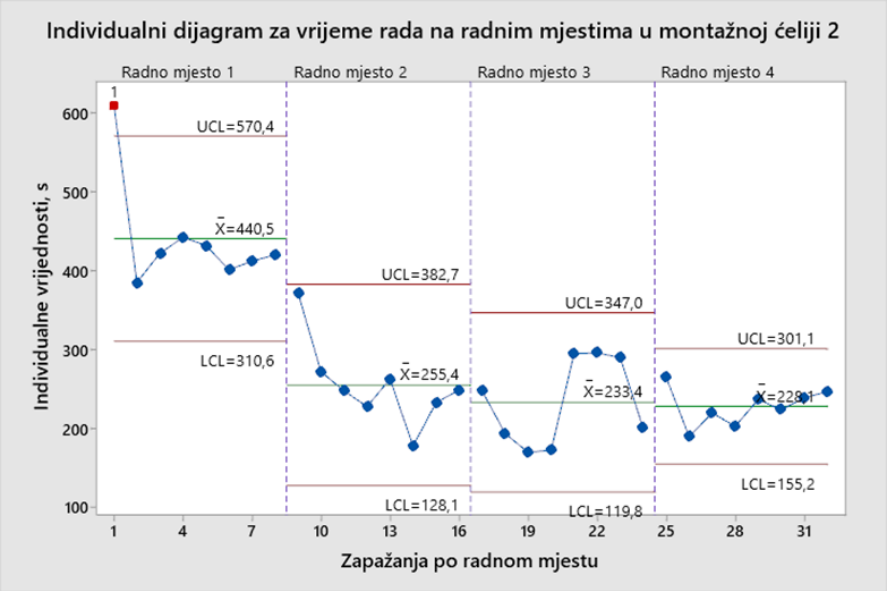
4.6. Faza analize

Većina analize u ovom odlomku napravljena je pomoću programskog paketa Minitab 19. Za potrebe ovog rada korištena je probna verzija programskog paketa u trajanju od 30 dana. Uobičajeno je u metodologiji Lean Six Sigme prvo analizirati tijek procesa, odnosno vremena rada djelatnika po radnim mjestima. Za projekt u ovom radu, napravljena je analiza četiri radnih mjesta iz prve dvije montažne ćelije čija je analiza uskog grla napravljena ranije u fazi mjerenja. Prvi dijagram koji će se koristiti za analizu je kontrolni individualni dijagram na kojemu se može pratiti izvedba pojedinih djelatnika na radnim mjestima. Na slici 30 je individualni dijagram za montažnu ćeliju 1, a na slici 31 je individualni dijagram za montažnu ćeliju 2.



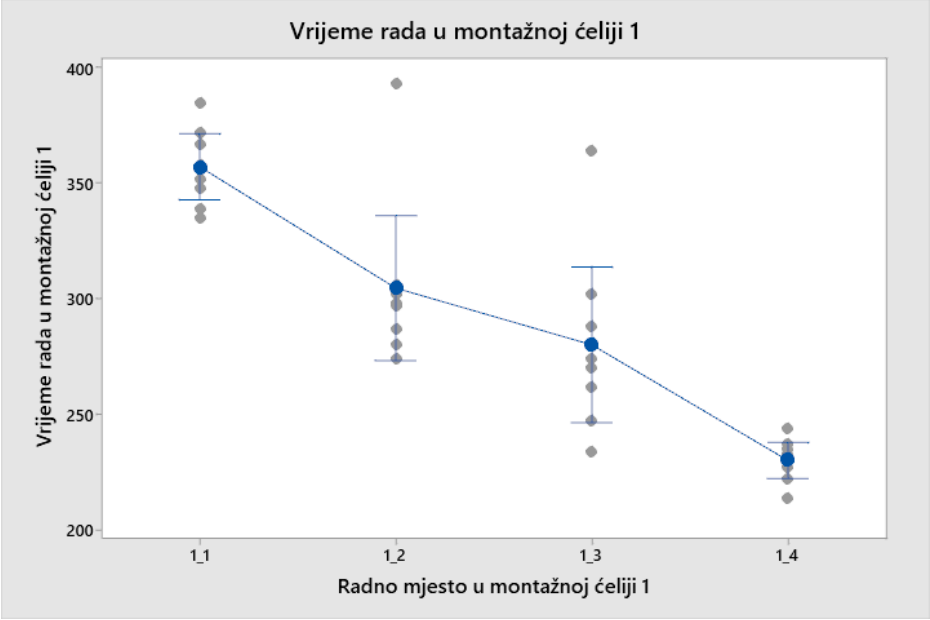
Slika 30. Individualni dijagram koji prikazuje izvedbe rada na svakom radnom mjestu kroz proces unutar montažne ćelije 1

Promatrajući prvi individualni dijagram može se zaključiti nekoliko bitnih činjenica. Naime, vremena rada su snimana od promjene naloga, što znači da prvo vrijeme drugog i trećeg radnog mjesta potvrđuje prekomjerno odugovlačenje i gubitak vremena na koje se ranije sumnjalo kada se dogodi promjena radnog naloga.



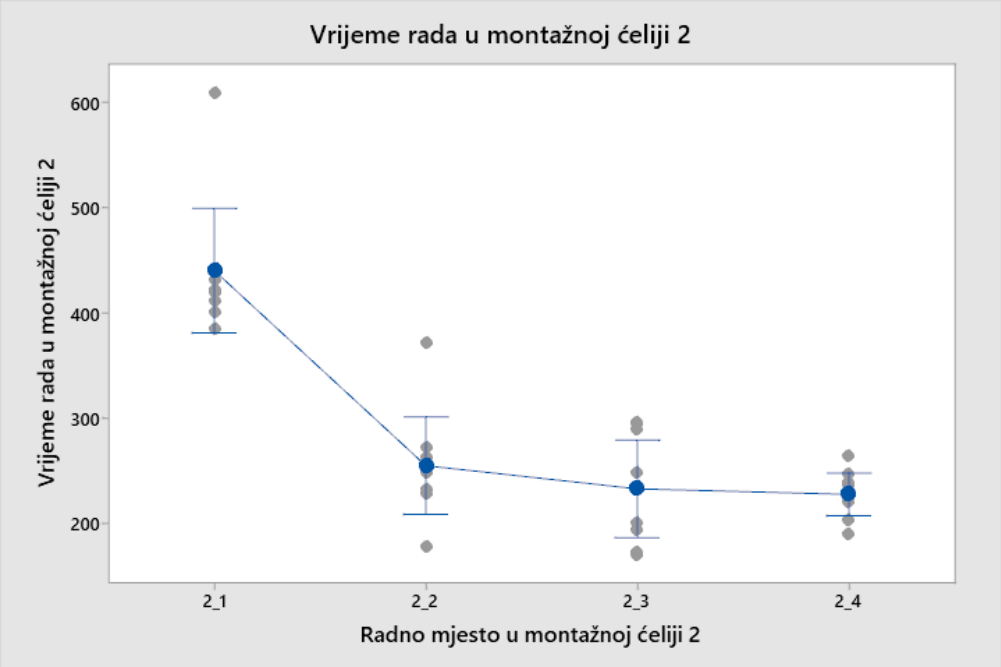
Slika 31. Individualni dijagram koji prikazuje izvedbe rada na svakom radnom mjestu kroz proces unutar montažne ćelije 2

Na dijagramu individualnih vrijednosti za montažnu ćeliju 2 rezultati su malo bolji, ali prvo radno mjesto i dalje jako odstupa od uobičajene rutine rada na prvom komadu nakon što se dogodila promjena naloga. Za obje montažne ćelije je nakon dijagrama individualnih vrijednosti napravljena analiza varijance. Dijagram za prvu montažnu ćeliju se nalazi na slici 32., a za drugu montažnu ćeliju na slici 33.



Slika 32. Analiza varijance za vrijeme rada u montažnoj ćeliji 1

Na dijagramu analize varijance je tek vidljivo koliko su vremena u montažnoj ćeliji 1 nekonzistentna i koliko bi se truda trebalo uložiti kako bi se aparati iste vrste proizvodili s taktom u jednakom vremenu.



Slika 33. Analiza varijance za vrijeme rada u montažnoj ćeliji 2

Kod montažne ćelije 2 slična je situacija kao kod montažne ćelije 1. Vremena su nekonzistentna i trebalo bi ih izbalansirati.

Osim vremena, u ovom projektu je ključno smanjiti nesukladnosti koje se pronalaze i unutar poduzeća, ali i nakon isporuke. Svaki pronalazak nesukladnosti generira gubitke u smislu trošenja vremena radnika kako bi napravili dorade, ali i u smislu prekomjernih pokreta i prekomjerne obrade koje spadaju u čiste gubitke prema Lean-u. Kontrola kvalitete se unutar proizvodnog pogona radi na temelju provjeravanja atributivnih karakteristika. Za svaki proizvod broji se ukupan broj grešaka koji se na njemu nađe, a uzorci su različiti, odnosno ovise o veličini narudžbe. Svaki proizvod se pregledava nakon što se proizvede. Ovakav slučaj omogućuje primjenu *p* – kontrolnih karata koje se u tvrtki inače ne primjenjuju, ali se prati broj nesukladnosti po svakom projektu.

Srednja vrijednost omjera loših komada $\bar{p}$ računa se prema izrazu:

$$\bar{p} = \frac{ukupan\ broj\ loših\ komada\ u\ svim\ uzorcima}{\text{ukupan broj komada u svim uzorcima}} \quad (1)$$

$$\bar{p} = \frac{n1*p1+n2*p2+\cdots+nk*pk}{n1+n2+\cdots+nk} \quad (2)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{k} ni*pi}{\sum_{i=1}^{k} ni} \quad (3)$$

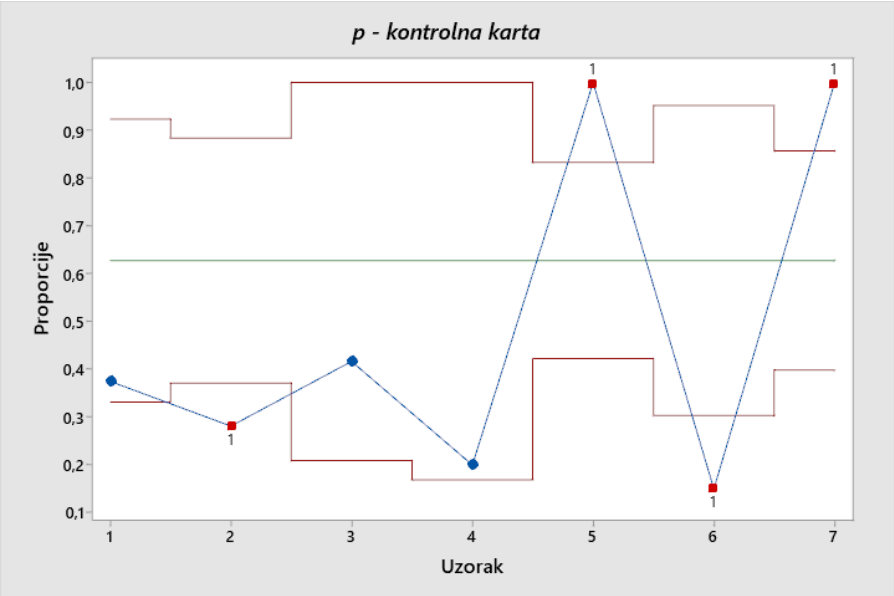
k – broj uzoraka

n – veličine uzoraka

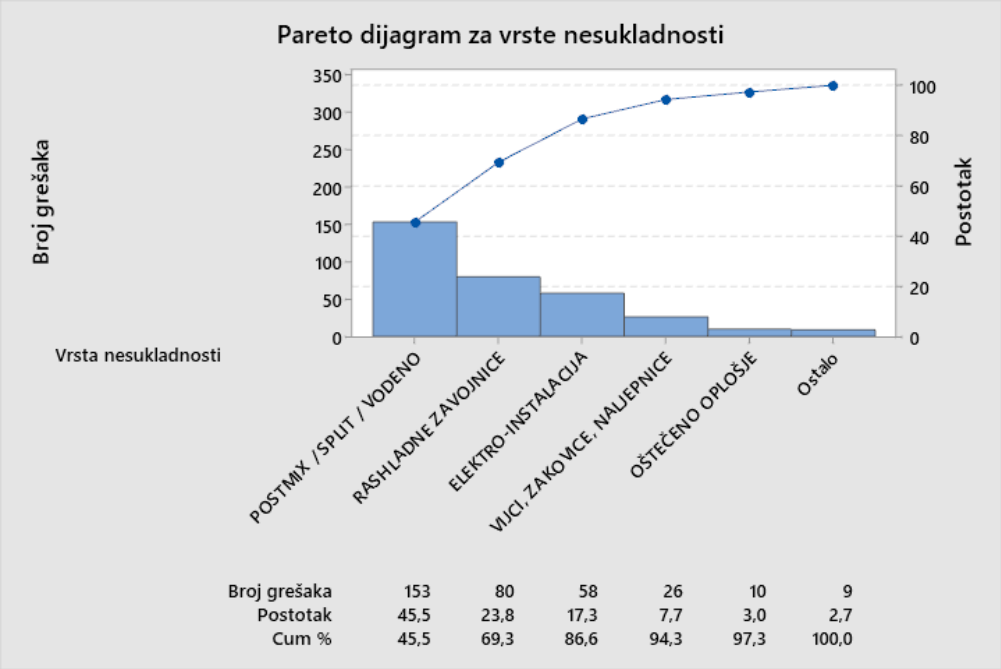
Kontrolne granice se računaju na osnovu izraza:

$$^{G}_{D}KG = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

Na slici 34. nalazi se p – kontrolna karta na kojoj je vidljivo kako postoji mnogo problema s nesukladnostima i kako proces nije unutar kontrolnih granica. Zbog ovakvih rezultata je nastavljeno istraživanje u svrhu pronalaska korijena problema.

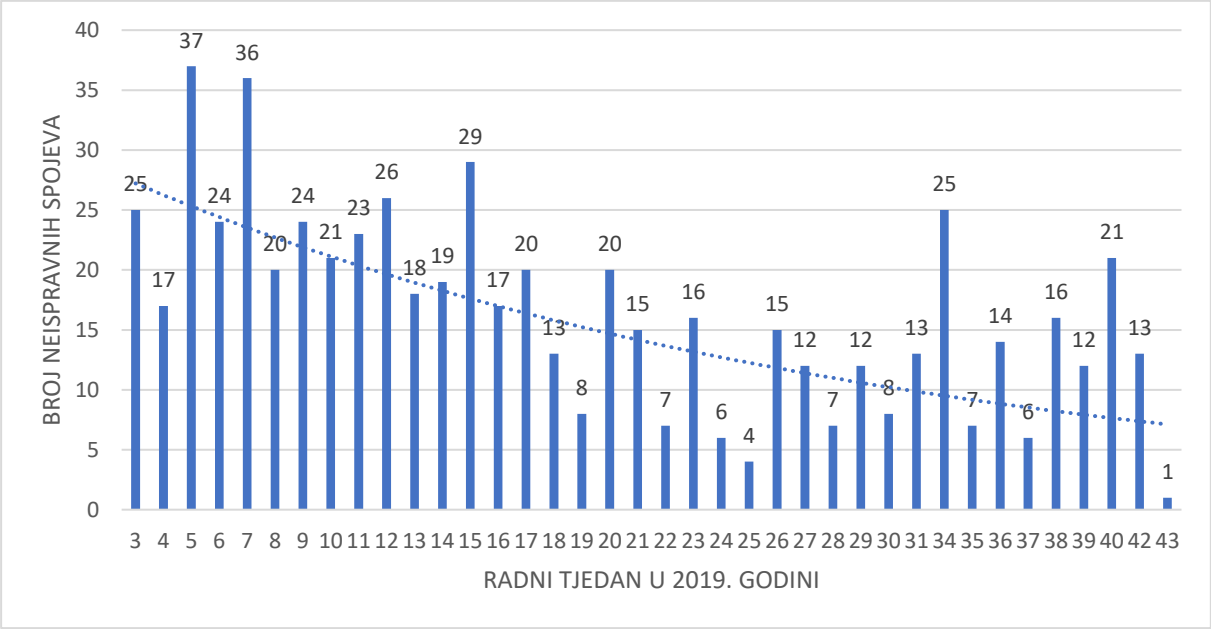


Slika 34. p – kontrolna karta procesa



Slika 35. Pareto dijagram vrsta nesukladnosti

Na slici 35. nalazi se Pareto dijagram na kojem se analiziralo koje su najčešće vrste nesukladnosti koje se pojavljuju na proizvedenim aparatima. U vremenskom periodu koji je uzet za analizu dogodio se propust odjela za istraživanje i razvoj te je tako ispalo da je najčešća greška, čak u 45,5 % slučajeva na istom aparatu. No, ispravkom konstrukcijske pogreške, nestao je problem s tom nesukladnošću. No, ostaje problem rashladnih zavojnica i elektroinstalacija čijih grešaka kumulativno ima 138 u tjedan dana. U Opremi d.d. već dulje vrijeme postoji problem manjka izobrazbe osoblja na radnim mjestima lemljenja i instalacije elektronike. Već četiri puta su proveli edukaciju osoblja, a rezultati su vidljivi na dijagramu na slici 36. Iako se čini da nakon svake edukacije broj grešaka pada, treba primijetiti da je to zbog puno manje proizvedenih komada u tim danima, ali sigurno je da edukacija pomaže kratkoročno. Prva edukacija djelatnika koji rade na tvrdom lemljenju provedena je 20. 1. 2019. Druga edukacija djelatnika koji rade na tvrdom lemljenju provedena je 15. 3. 2019. Treća edukacija djelatnika koji rade na tvrdom lemljenju provedena je 07. 5. 2019. Četvrta edukacija djelatnika koji rade na tvrdom lemljenju provedena je 03. 6. 2019. Linija trenda nakon četiri edukacije pokazuje kako bi broj nesukladnosti i dalje trebao padati.



Slika 36. Broj neispravnih lemljenih spojeva po radnim tjednima

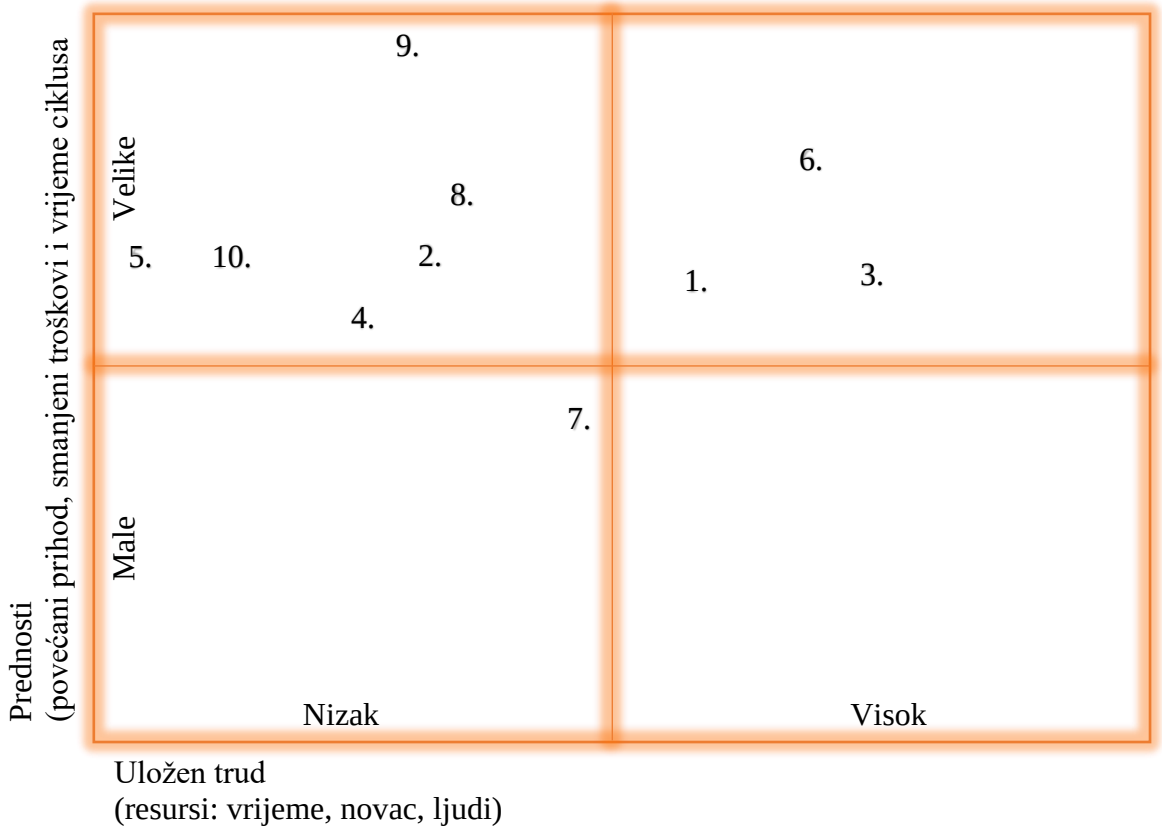
4.7. Faza poboljšanja i kontrole

Na početku ovog odlomka potrebno je napomenuti kako u razini zelenog pojasa, u sklopu kojeg se piše ovaj rad, nije predviđeno provoditi poboljšanja kao što nalaže i norma, već skupiti, izabrati i dati prijedloge poboljšanja ISO 13053-1:2011(E). Sva poboljšanja koja je moguće implementirati je potrebno nabrojati, zatim ih smjestiti u matricu prioriteta kako bi se došlo do najlakše provodljivih unapređenja s najvećim prednostima. Lista poboljšanja koja bi bilo poželjno implementirati u poslovni sustav Opreme d.d. nalazi se u tablici 4.

Tablica 4. Poboljšanja koja bi uvelike pomogla tvrtki Opreme d.d. u slučaju implementacije Lean Six Sigma metodologije

Poboljšanja koja je moguće preporučiti nakon prva tri koraka Lean Six Sigma metodologije:	1. Izgraditi lanac opskrbe s dobavljačima i kupcima, kako se ne bi događalo da je potrebno mijenjat cijali plan proizvodnje, a ujedno ju i zaustavit na kraći period.
	2. Provoditi bolju ulaznu kontrolu na skladištu da nesukladne pozicije i komadi ne dolaze do faze predmontaže ili montaže.
	3. Razmotriti opciju pretvaranja montažnih ćelija u linije kako bi se smanjilo vrijeme čekanja pri promjeni naloga i uklonilo usko grlo na prvom radnom mjestu, a provjeru bi bilo moguće napraviti simulacijom u nekom od programskih paketa.
	4. Uvesti vizualnu kontrolu kvalitete nakon montažnih ćelija kako nesukladni proizvod ne bi dolazio do završne kontrole i dorade te u toj fazi.
	5. Psihološki utjecati na zaposlenike u cilju smanjenja vremena čekanja kod promjene naloga, zato što se proces razduži zato što su djelatnici navikli da vrijeme čekanja postoji.
	6. Kod završne kontrole uvesti automatiziranu kontrolu zato što su sad već linije podijeljene na tri toka na kontroli, a tako bi se moglo jednostavno pozivati programe kontrole uz već postojeći sustav kamera
	7. Zaposliti još jednog dispečera umjesto kontrolora kvalitete kada se uvede automatizirani sustav zato što u najzaposlenijim mjesecima u godini dispečeri ne stignu sve na vrijeme odradit čime se gubi vrijeme na čekanju
	8. Edukacije o lemljenju i elektro - spojevima dijelom pomažu, ali puno veći utjecaj bi imala edukacija svog osoblja o konceptu sustava upravljanja kvalitetom i ukupnom upravljanju kvalitetom kako bi shvatili da svaki kotačić pomaže u ostvarivanju poslovne izvrsnosti
	9. Nadovezano uz zadnje poboljšanje, uvođenjem sustava nagrađivanja djelatnika na tjednoj ili mjesečnoj bazi, ovisno o ostvarenim unapređenjima, ojačala bi se motiviranost djelatnika i ubrzao proces ostvarivanja kontinuiranih poboljšanja koje svaka tvrtka želi bez ulaganja velikih napora
	10. Uvesti praćenje procesa pomoću kontrolnih karata kako bi se prepoznavalo u kakvom je proces stanju

Nakon stvaranja ideje o mogućim poboljšanjima, potrebno ih je analizirati i prioritizirati pomoću matrice zato da se na kraju izaberu najisplativija poboljšanja. Matrica prioriteta poboljšanja nalazi se na slici 37., a zbog jednostavnijeg prikaza, u nju će poboljšanja biti unesena rednim brojem iz tablice 4.



Slika 37. Matrica prioriteta za poboljšanja

Prema matrici prioriteta, najisplativija poboljšanja teže smještaju u gornjem lijevom kutu matrice, dok se desni donji krug uopće ne razmatra, ako tamo neko od poboljšanja završi. Kroz komunikaciju s kolegama iz poduzeća najisplativija poboljšanja, odnosno ona koja će poduzeću donijeti najviše prednosti, a oduzeti najmanje resursa su:

10. Uvesti praćenje procesa pomoću kontrolnih karata što ujedno poduzeću može biti od pomoći za fazu kontrole ako se odluči za poboljšanja.
5. Psihološki utjecati na zaposlenike u cilju smanjenja vremena čekanja zato što ako se smanji vrijeme čekanja s dvadeset minuta na pet minuta ili idealno nula

minuta, za svakih 5 promjena naloga više ne bi propadala proizvodnja jednog cijelog aparata.

8. i 9. Ova poboljšanja usko su povezana te ulaganje truda u edukaciju ljudi može lako pokrenuti inicijativu djelatnika da poboljšaju procese i možda sebi olakšaju posao i budu nagrađeni.

4. Uvesti vizualnu kontrolu kvalitete nakon montažnih ćelija kako se ne bi dorađivalo proizvod kad je već spreman za isporuku zato što su tada veći troškovi dorade.

Nakon odabira projekata poboljšanja, preostalo je jedino kreirati implementacijski plan u kojem je navedeno: datum, vlasnika, period trajanja, trenutno stanje, mjerljive ciljeve, stanje i aktivnosti provođenja. Implementacijski plan za projekt u ovom radu nalazi se u tablici 5.

Tablica 5. Implementacijski plan

Datum: 16. 11. 2019.	**Vlasnik:** Branimir Buntak	**Period:** 10. 12. – 30. 6. 2020.	**Str 1/1**
Trenutni status: 20 minuta čekanja pri promjeni naloga i prevelik postotak nesukladnosti			
Cilj unapređenja:	**Mjerljivi ciljevi:** Smanjenje čekanja i nesukladnosti na minimum (težnja prema nuli)		**Stanje:** Čekanje početka implementacije
Aktivnosti:			
Broj:	**Planirane aktivnosti unapređenja:**	**Željena izvedba:**	**Datum kada se obavlja:**
10.	Uvođenje kontrolnih karata	Praćenje procesa *p*-kartama	10. 12. 2019.
5.	Psihološki utjecati na djelatnike	Smanjenje vremena čekanja bez dodatnih troškova	10. 12. 2019.
8. i 9.	Promijeniti kulturu u tvrtki prema ukupnom upravljanju kvalitete	Svaki djelatnik pokazuje inicijativu ostvarivanjem poboljšanja	10. 12. 2019.
4.	Vizualna kontrola nakon montažnih ćelija	Smanjenje nesukladnosti na minimum do završne kontrole	2. 1. 2020.

Osim implementacije, iznimno je bitna i kontrola. U fazi kontrole je potrebno pratiti tijek implementacije poboljšanja, a to je zadaća „zelenog pojasa“, da prati tijek i potiče ljude da

ustraju željenoj promjeni. Uz to, bitno je da poboljšani postupak postane standardiziran te da se prati je li njegova izvedba na nivou na kojem bi trebala biti.

5. ZAKLJUČAK

Visoka fleksibilnost, prilagodljivost i kultura zaposlenika spremnih promjenama u tvrtki danas najčešće osigurava poslovnu izvrsnost. Dugo vremena je pravilo bilo da manje tvrtke ne mogu preživjeti na tržištu pored velikih multinacionalnih kompanija. To pravilo već dugo vremena ne vrijedi, a danas su ljudi svjedoci probijanja sve više malih tvrtki na vrh svjetskih burzi. To i ne treba čuditi zato što koliko god velike tvrtke imale kapitala za ulaganje, ako su promjene unutar sustava spore i traju predugo, svaka će se manja tvrtka inovativnošću i spremnošću na nagle promjene lakše prilagoditi tržištu.

Sustavi upravljanja kvalitetom jedan su od načina kako potaknuti kontinuirana unapređenja u tvrtki te osigurati stalan angažman svih zaposlenika. Nove metode rada, nove tehnologije i izmijenjeni način života kupaca stalni su poticaj tvrtkama da stvore nešto novo, da pokušaju biti drugačiji od konkurencije i da svoj sustav dovedu u optimalno stanje. Sustavi upravljanja kvalitetom kao što je Lean Six Sigma, koji kombiniraju nekoliko filozofija, a utemeljeni su na smjernicama ISO normi, u svakoj tvrtki mogu donijeti isključivo pozitivne promjene. Lean Six Sigma kao alat omogućuje povezivanje dviju uspješnih metodologija, čime uzima od obje ono potrebno i korisno, a prebrođuje ograničenja metodologija kada se koriste zasebno. Lean Six Sigma kao alat za upravljanje projektima poboljšanja uvijek će biti poticaj sustavu koji ju je implementirao i uložio u obrazovanje zaposlenika u tom smjeru.

U ovom radu dan je primjer iniciranja i početne implementacije metodologije Lean Six Sigma u jedno poduzeće, pri čemu se kroz samo jedan ciklus DMAIC kruga može zaključiti koliko je ona snažan alat pri težnji sustava da kontinuirano i održivo raste i omogućavanju konkurentnosti na tržištu. Problematika u ovom radu obuhvaćala je preduga vremena čekanja u proizvodnom procesu te prevelik broj nesukladnosti. U sklopu provođenja jednog kruga DMAIC ciklusa u kojem je problem detaljno analiziran, dana su prioritetizirana poboljšanja čiji je cilj otklanjanje problema, odnosno smanjenje vremena čekanja unutar proizvodnog procesa i smanjenje broja nesukladnosti.

LITERATURA

[1] Upravljanje kvalitetom, Hrvoje Skoko, SinergijA, 2000.

[2] ESTIEM Lean Six Sigma Green Belt Course online materials, Gregory H. Watson, 2018.

[3] Kvaliteta 3, prof. dr. sc. Živko Kondić, prof. dr. sc. Leon Maglić, prof. dr. sc. Duško Pavletić, prof. dr. sc. Ivan Samardžić, 2018.

[4] https://www.kcg.com.sg/the-history-of-lean-six-sigma, dostupno dana: 28. 8. 2019.

[5] Six Sigma - ima li tu nešto za nas?, Ranko Ilej, 2005.

[6] Šest Sigma sustav za upravljanje kvalitetom, Tonći Lazibat i Tomislav Baković, 2007.

[7] ISO 13053-1:2011(E), Međunarodni standard, 1. izdanje, 1. 9. 2011.

[8] ISO 18404:2015(E), Međunarodni standard, 1. izdanje, 1. 12. 2015.

[9] https://opremashop.com, dostupno dana: 10. 11. 2019.

[10] Diplomski rad: Moderne metode u sustavu upravljanja, autor: mag. ing. Roman Novak, mentor: izv. prof. dr. sc. Leon Maglić, doc., Strojarski fakultet u Slavonskom brodu, 2018.

[11] Upravljanje kvalitetom, Tonći Lazibat, Znanstvena knjiga, 2009.

[12] Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji, Mladen Žvorc mag. oec., Ekonomski vjesnik, God. XXVI, BR. 2/2013.

[13] http://www.leanproduction.com/smed.html, dostupno dana: 7. 11. 2019.

[14] Završni rad: Unapređenje procesa poduzeća primjenom Kaizena, Autor: Eugen Perković, Mentor: Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing., 2017.

[15] https://www.leanproduction.com/tpm.html, dostupno dana: 10. 11. 2019.

[16] https://blog.motorola.com, dostupno dana: 5. 11. 2019.

[17] https://www.qualitygurus.com/taiichi-ohno/, dostupno dana: 6. 11. 2019.

[18] Materijali dobiveni od poduzeća Oprema d.d.