



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U  
NOVOM SADU

---



Jovan Mandić

Razvoj modela za unapređenje proizvodnog procesa i  
smanjenje uticaja gubitaka neuravnoteženosti i  
preopterećenja - Lean 3M

**Doktorska disertacija**

Novi Sad, 2019.



## КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, <b>РБР</b> :			
Идентификациони број, <b>ИБР</b> :			
Тип документације, <b>ТД</b> :	Монографска публикација		
Тип записа, <b>ТЗ</b> :	Текстуални штампани материјал		
Врста рада, <b>ВР</b> :	Докторска дисертација		
Аутор, <b>АУ</b> :	Јован Мандић		
Ментор, <b>МН</b> :	Проф. др Милован Лазаревић		
Наслов рада, <b>НР</b> :	Развој модела за унапређење производног процеса и смањење утицаја губитака неуравнотежености и преоптерећења – Лин 3М		
Језик публикације, <b>ЈП</b> :	Српски		
Језик извода, <b>ЈИ</b> :	Српски		
Земља публикавања, <b>ЗП</b> :	Србија		
Уже географско подручје, <b>УГП</b> :	Војводина		
Година, <b>ГО</b> :	2019		
Издавач, <b>ИЗ</b> :	Ауторски репринт		
Место и адреса, <b>МА</b> :	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6		
Физички опис рада, <b>ФО</b> : (поглавља/страница/цифрата/табела/слика/графика/прилога)	8/176/126/47/72/6/3		
Научна област, <b>НО</b> :	Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент		
Научна дисциплина, <b>НД</b> :	Техничко-технолошке науке		
Предметна одредница/Кључне речи, <b>ПО</b> :	Леан, губитак, неуравнотежење, преоптерећење		
<b>УДК</b>			
Чува се, <b>ЧУ</b> :	Библиотека Факултета техничких наука у Новом Саду		
Важна напомена, <b>ВН</b> :			
Извод, <b>ИЗ</b> :	<p>Истраживање у докторској дисертацији обухвата креирање модела за унапређење производних процеса и смањење утицаја појава које се јављају у системима, а то су пре свега појаве губитака, неуравнотежености и преоптерећења. На основу прегледа литературе, уочени су недостаци постојећих модела и креиран је нови модел који је примењен у реалном окружењу, а потом су приказани резултати његове имплементације. Такође указано је на постојање међусобно узрочно-последичних веза између појава и одређен је степен њихових утицаја. Резултати примене оваквог модела доприносе смањењу појава 3М који се јављају у производним процесима и креирају основу за даљи континуалан развој и унапређење производних процеса и система у целини.</p>		
Датум прихватања теме, <b>ДП</b> :			
Датум одбране, <b>ДО</b> :			
Чланови комисије, <b>КО</b> :	Председник	др Илија Ћосић	Потпис ментора
	Члан:	др Драган Словић	
	Члан:	др Иван Бекер	
	Члан:	др Немања Сремчев	
	Члан, ментор:	др Милован Лазаревић	



## KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, <b>ANO</b> :	
Identification number, <b>INO</b> :	
Document type, <b>DT</b> :	Monographic publication
Type of record, <b>TR</b> :	Textual printed material
Contents code, <b>CC</b> :	PhD thesis
Author, <b>AU</b> :	Jovan Mandic
Mentor, <b>MN</b> :	Milovan Lazarevic
Title, <b>TI</b> :	Development of a model for improving the production process and reducing the impact of waste unevenness and overburden losses - Lean 3M
Language of text, <b>LT</b> :	Sebian
Language of abstract, <b>LA</b> :	English
Country of publication, <b>CP</b> :	Serbia
Locality of publication, <b>LP</b> :	Vojvodina
Publication year, <b>PY</b> :	2019
Publisher, <b>PB</b> :	Author's reprint
Publication place, <b>PP</b> :	Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad
Physical description, <b>PD</b> : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	8/176/126/47/72/6/3
Scientific field, <b>SF</b> :	Industrial engineering and engineering management
Scientific discipline, <b>SD</b> :	Technical-Technological Science
Subject/Key words, <b>S/KW</b> :	Lean, waste, unevenness, overburden
<b>UC</b>	
Holding data, <b>HD</b> :	Faculty of technical science library, Novi Sad
Note, <b>N</b> :	
Abstract, <b>AB</b> :	Doctoral dissertation research involves the development of a model for improving production processes and reducing the impact of waste unevenness and overburden losses that occurs in a system. Based on the literature review, the shortcomings of the existing models were identified and a new model was created. It has been applied in the real company environment and the results of its implementation are shown. It is also pointed to the existence of caus-related relationships between muda mura and muri, showing the impact of their influences. Results contributes to the reduction of 3M losses and will create the basis for further continuous development and improvement of the production processes and the system as a whole.
Accepted by the Scientific Board on, <b>ASB</b> :	
Defended on, <b>DE</b> :	
Defended Board. <b>DB</b> :	President: Ilija Cosic, PhD
	Member: Dragan Slovic, PhD
	Member: Ivan Beker, PhD
	Member: Nemanja Sremcevic, PhD
	Member, Mentor: Milovan Lazarevic, PhD
	Menthor's sign

*Doktorska disertacija je posvećena porodici*

## SADRŽAJ

<b>1 UVOD.....</b>	<b>7</b>
1.1 STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA .....	8
1.2 POTREBA ZA ISTRAŽIVANJEM .....	9
1.3 CILJEVI, METODE I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	9
1.4 MOGUĆNOST PRIMENE OČEKIVANIH REZULTATA.....	10
<b>2 LEAN – TEORIJSKE PODLOGE.....</b>	<b>11</b>
2.1 RAZVOJ TOYOTA PROIZVODNOG SISTEMA.....	11
2.2 TOYOTA PROIZVODNI SISTEM .....	12
2.3 DISEMINACIJA TOYOTA PROIZVODNOG SISTEMA .....	14
2.4 KUĆA TOYOTA PROIZVODNOG SISTEMA .....	17
2.5 ISTRAŽIVANJA U OBLASTI LEAN KONCEPTA .....	20
2.6 POČETAK PRIMENE LEAN KONCEPTA.....	23
2.7 LEAN – GLOBALNA PRIMENA .....	26
2.8 LEAN PRINCIPI.....	28
2.9 POSLOVNI PROCESI.....	30
2.10 PROJEKTOVANJE PROCESA.....	31
2.11 ALATI I TEHNIKE .....	32
2.11.1 Mapa toka vrednosti – VSM .....	33
2.11.2 5S.....	37
<b>3 STANJE U OBLASTI LEAN 3M.....</b>	<b>40</b>
3.1 MUDA .....	41
3.2 MURA.....	42
3.3 MURI.....	43
3.4 GUBICI U OSTALIM SEKTORIMA .....	43
3.5 MEĐUSOBNE VEZE POJAVA 3M .....	44
<b>4 MODELI ZA UNAPREĐENJE PROIZVODNOG PROCESA PRIMENOM LEAN KONCEPTA.....</b>	<b>46</b>
4.1 KORACI LEAN TRANSFORMACIJE WOMACK I JONES .....	46
4.2 METODOLOGIJA LEAN IMPLEMENTACIJE PREMA AUTORIMA BHAMU I SANGWAN.....	49
4.3 MODEL LEAN IMPLEMENTACIJE PREMA AUTORIMA BERLEC I DRUGI.....	50
4.4 OKVIR LEAN IMPLEMENTACIJE PREMA AUTORIMA MOSTAFA I DRUGI.....	52
4.5 METODOLOGIJA IMPLEMENTACIJE LEAN PREMA AUTORIMA KARIM I ZAMAN.....	56
4.6 PRIORITIZACIJA GUBITAKA PREMA AUTORIMA SOUZA I CARPINETTI.....	61
4.7 OKVIR LEAN IMPLEMENTACIJE PREMA AUTORIMA RISHI I DRUGI .....	62
<b>5 RAZVOJ LEAN 3M MODELA .....</b>	<b>69</b>
5.1 PLANIRANJE – KORAK 1.....	69
5.1.1 Aktivnost 1 – Plan implementacije .....	69
5.1.2 Aktivnost 2 – Lean obuka .....	70

5.1.3 Aktivnost 3 – Lean tim.....	70
5.2 REALIZACIJA PLANA – KORAK 2.....	71
5.2.1 Aktivnost 4 – Analiza vremena.....	71
5.2.2 Aktivnost 5 – VSM.....	71
5.2.3 Aktivnost 6 – Layout (prostorna struktura).....	72
5.2.4 Aktivnost 7 – Uključenost tima .....	72
5.2.5 Aktivnost 8 – 3M analiza.....	72
5.2.6 Aktivnost 9 – Identifikacija uzroka.....	74
5.2.7 Aktivnost 10 – Unapređenje procesa .....	74
5.3 PROVERA - KORAK 3.....	74
5.3.1 Aktivnost 11- Evaluacija.....	74
5.4 DELOVANJE – KORAK 4 .....	75
5.4.1 Aktivnost 12 – Težiti savršenstvu.....	75
<b>6 PRIMENA MODELA U REALNIM USLOVIMA .....</b>	<b>77</b>
6.1 PLANIRANJE - KORAK 1 .....	77
6.1.1 Aktivnost 1 – Plan implementacije .....	77
6.1.2 Aktivnost 2 - Lean obuka.....	78
6.1.3 Aktivnost 3 - Lean tim .....	80
6.2 REALIZACIJA PLANA – KORAK 2.....	80
6.2.1 Aktivnost 4 - Analiza vremena .....	81
6.2.2 Aktivnost 5 - VSM.....	109
6.2.3 Aktivnost 6 - Layout (prostorna struktura) .....	118
6.2.4 Aktivnost 7 - Uključenost tima .....	120
6.2.5 Aktivnost 8 - 3M analiza.....	121
6.2.6 Aktivnost 9 - Identifikacija uzroka .....	137
6.2.7 Aktivnost 10 - Unapređenje procesa .....	140
6.2.7.1 Simulacija procesa .....	142
6.3 PROVERA – KORAK 3 .....	146
6.3.1 Aktivnost 11 – Evaluacija.....	146
6.4 DELOVANJE – KORAK 4 .....	149
6.4.1 Aktivnost 12 – Težiti savršenstvu.....	149
6.4.1.1 Uravnoteženje vremena .....	149
6.4.1.2 Unapređenje prostorne strukture.....	152
6.4.1.3 Mapa budućeg toka vrednosti - FVSM.....	157
<b>7 DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČNA ZAPAŽANJA.....</b>	<b>161</b>
<b>8 LITERATURA.....</b>	<b>164</b>

## 1 Uvod

Brze promene na tržištu, sve kompleksniji zahtevi korisnika, napredovanje tehnologije, primoravaju aktere na globalnom nivou da svoje aktivnosti efikasno prilagođavaju korisnicima putem konstantnih unapređenja svojih procesa kreiranjem fleksibilnih sistema (Zelenović, 2003). Ovakve brze promene naravno da sa sobom nose i određene rizike, te se veliki broj planiranih aktivnosti ne izvrši u definisanom vremenu, planiranim troškovima i sa datim kvalitetom (Standish group, 2015). Pojava nastajanja gubitaka u vremenu, materijalu, povećanje troškova, nezadovoljstvo korisnika u pojedinim industrijama, inicira stvaranje novih modela koji će pokušati da odgovore na ove zahteve, kako bi se pojedinci i kompanije vratile u trku sa globalnom konkurencijom i postigli postavljene ciljeve.

Procesi kreiranja proizvoda konstantno se menjaju, stvarajući velike pomake u efikasnosti, takođe i u kompleksnosti svojih sistema. Veoma dobar primer je automobilska industrija u doba svog nastajanja. U takvoj industriji procesi su zahtevali obučene i stručne radnike koji su kreirali ceo proizvod od sirovog materijala do finalnog proizvoda što je davalo veliku slobodu kupcu u njegovoj kreaciji. Takvi procesi su bili veoma skupi i kompleksni (Ford, 1988). Uočivši neefikasnost i duga procesna vremena, Henri Ford je standardizovao radne metode i omogućio brže korake u procesima, kreirao kontinualane tokove proizvodnje kao i automatizovan rad, što je rezultiralo masovnoj proizvodnji i povišenom stepenu efikasnosti i postavilo kompaniju Ford na mesto najprodavanijeg proizvođača automobila u Americi (Womack et al., 1990). Masovna proizvodnja u to vreme nije imala mogućnost kreiranja velikog broja različitih proizvoda i takav vid proizvodnje stvarao je zalihe, pojavu greške, otkazivanje mašina i opreme što je dovodilo do pojave gubitaka u procesima. Lean filozofija daje rešenje ovakvom vidu proizvodnje uvođenjem *Pull* sistema, fokusom na one aktivnosti koje dodaju vrednosti korisniku, uvođenjem alata i tehnika Lean-a, što je dovelo da smanjenja zaliha, eliminaciji grešaka, gubitaka i povećanja zadovoljstva korisnika.

Ideja unapređenja je osnova Lean filozofije. Najveća pažnja je usmerena ka minimizaciji gubitaka kao pokretaču procesa kontinualanog unapređenja. Stoga je važno odrediti kriterijume prioriteta i tačke unapređenja. Po rečima Shinga (1989) proizvodnja je mreža sastavljena od *proces*a koji transformišu sirove materijale u gotov proizvod uz pomoć serije *operacija*. Kako bi se značajno doprinelo procesu kontinualanog unapređenja potrebno je posebno analizirati radni tok (operacije) i proizvodni tok (proces) prilikom projektovanja proizvodnih sistema. Koskela (1992) se nadovezuje na ove tvrdnje i proizvodnju definiše kao tok materijala i informacija od sirovog elementa do gotovog proizvoda. U takvom toku nad materijalima se vrše konverzije (proces), tokovi čekanja, kretanja i kontrole. Koskela i Shingo naglašavaju da prioritet pri unapređenju treba biti usmeren prvenstveno ka procesima, balansirajući tokove (kretanja, čekanja i kontrole) a potom i prema operacijama (konverzacione aktivnosti). Kvalitet koji je određen od strane korisnika prvenstveno dolazi od sistematične analize i unapređenja poslovnih procesa (Deming, 1986). Lean filozofija je doprinos ovom delu.

Nakon drugog svetskog rata Ohno i Shingo, uočili su problem kod tradicionalne serijske proizvodnje i šansu prelaska na kontinualan tok. Kod serijske proizvodnje da bi se kompletirao proizvod ili deo, serija prolazi kroz jednu operaciju rada, dok ostali elementi serije čekaju na obradu, što doprinosi povećanju vremena. Dok se svi delovi iz serije ne završe, proizvod ne može da nastavi ka sledećem procesu ili operaciji. Potom se prelazi na drugu operaciju i opet nastaju vremena čekanja. Kao što se može ustanoviti, ljudi i mašine su konstantno opterećeni, pa se može reći da je ovakav sistem efikasan. Međutim samo su efikasne operacije rada, a ne i njihovi procesi. Henri Ford je bio jedan od pionira uvođenja kontinualanog toka, sa svojim T modelom automobila. On je smanjio vreme sastavljanja T modela uvođenjem toka za čak 90%, postavljanjem mašina duž toka sklapanja automobila. Ovo je bilo moguće samo u situaciji kada je Ford proizvodio modele koji su se sastojali od potpuno istih elemenata i kada se jedan model proizvodio dugi niz godina, kao što je to bio slučaj sa T modelom (19 godina). Pitanje koje se postavilo Ohnu i Shingu je: kako obezbediti efikasan kontinualan tok kod proizvodnje manjih količina?

Većina menadžera koji rukovode proizvodnjom nije procesno orijentisana, već je usredsređena ka pojedinačnim zadacima, poslovima koje treba obaviti, na strukture i ljude i tako gube iz vida širu sliku i cilj, a to je zadovoljstvo korisnika i isporuka datog proizvoda u pravo vreme (Hammer & Champy, 1993). Procesni često nemaju osobu koja je zadužena za njihov efikasan rad, jer su menadžeri uglavnom zaduženi za departmane ili poslovne jedinice, te niko nije odgovoran za postizanje kompletnog posla, odnosno efikasnost svih procesa. Autori poput Harmon (2010), Davenport (2005), Bititci (2010) potvrđuju da način na koji organizacije konfiguriraju i upravljaju svojim procesima predstavlja ključ uspeha organizacijske fleksibilnosti, agilnosti i njenog prilagođavanja zahtevima tržišta.

## **1.1 Stanje u oblasti istraživanja**

Lean termin se prvi put pojavljuje u radu Krafcik 1988. godine, a potom su zapadni autori takođe isti termin iskoristili u svojoj knjizi "Mašina koja je promenila svet" (Womack, 1990). Japanska automobilska industrija je uspevala za razliku od ostalih zemalja i konkurenata da svoju proizvodnju obavlja sa manje svega, novca i vremena, manje gubitaka i defekata. Odatle i potiče naziv Lean (tanak). Ova filozofija podrazumevala je pristup just in time (JIT-u pravo vreme), kanban metod, Pull sistem, poka-yoke. Mnogo ovih tehnika i alata primenjene su u Toyota automobilskoj kompaniji za vreme japanskog direktora proizvodnje Taiichi Ohno 1950. godine. Bile su potrebne decenije kako bi se ova filozofija i alati preneli na druga tržišta, što potvrđuje i prva knjiga na engleskom jeziku, objavljena tri decenije kasnije od strane Ohno-a (1988). Osnovni princip Lean-a zasniva se na kreiranju vrednosti, eliminišući aktivnosti koje korisnik nije spreman da plati, one koje ne dodaju vrednost i stvaraju muda (Liker, 2004).

Pored osnovnih gubitaka muda, Liker predstavlja i dva nova termina, odnosno pojave muri i mura. Mura objašnjava kao neuravnoteženje, disbalans, nagomilavanje, dok muri predstavlja pojavu preopterećenja (ljudi i mašina). Vremenom došlo je do nerazumevanja datih pojmova, pa su pojedini autori definisali pojave koje postoje i dali njihove opise kako bi se lakše uočavali gubici u sistemu i aktivnosti koje ne dodaju vrednosti.



U radu Thurer et al., (2017) autori su pokušali da objasne osnovne definicije gubitka u proizvodnji i prikažu forme gubitaka koje su do sada korišćene. Na osnovu detaljnog pregleda literature korišćenjem ključnih reči gubitak i Lean, uzorak od 1763 rada, eliminišući duplikate, radove koji nisu objavljeni na engleskom jeziku, došli su do ukupnog broja od 319 radova koji koriste reči gubitak u oblasti Lean-a. Interesantan je podatak da je samo 11 radova u svom tekstu koristilo reči muda, mura i muri.

## **1.2 Potreba za istraživanjem**

Pregledom literature, utvrđeno je da je veoma mali broj autora pokušao da identifikuje pojave 3M u praksi, prikaže njihov uticaj, njihove uzročno-posledične veze i da konkretna rešenja eliminacije svih pojava u oblasti unapređenja proizvodnih procesa. Fokus na muda pri unapređenju proizvodnih procesa je uobičajen način eliminacije gubitaka primenom Lean alata, jer je ovaj vid pojava najlakše eliminisati. Međutim, mnoge kompanije ne uspevaju da stabilizuju procese i ujednače proizvodnju kako bi eliminisali mura, što predstavlja osnovu za eliminisanje muri i muda pojava u procesima (Liker, 2004). Mnogi autori su prikazali uticaj Lean filozofije u određenim sektorima proizvodnje i usluga, eliminišući uglavnom muda i fokusirajući se na vrednosti korisnika (Hines et al., 2011) koristeći alat *Value stream mapping* kao polaznu osnovu prilikom unapređenja proizvodnog procesa. Korišćenjem takvih alata, mnogi autori su prikazali pomake pri određenim problemima i unapređenju datih procesa ali nisu uspeali da kreiraju buduća rešenja koja bi se primenila u narednim koracima projektovanja novih procesa. Veoma mali broj autora je definisao sve tri pojave (3M) koje se javljaju u proizvodnim procesima i ukazao na alate Lean-a koji se mogu koristiti pri njihovoj eliminaciji, kako bi se ispunili zahtevi korisnika, obezbedio kontinualan tok, Pull sistem i postiglo savršenstvo.

Analizom literature utvrđeno je da ne postoji model unapređenja proizvodnog procesa koji se fokusira na sve tri pojave: identifikuje ih, utvrđuje uzročno-posledične veze između njih i daje konkretne predloge umanjivanja njihovog uticaja. Kao što je naglašeno u radu (Thurer et al., 2017), potrebno je pronaći alate kako bi se umanjili efekti nastajanja ovakvih pojava i ukoliko se fokusiramo samo na jednu pojavu muda, umanjujemo produktivnosti proizvodnog sistema, zaposlenih i šanse uspešnog uvođenja Lean filozofije (Liker, 2004). Hines i drugi (2011) navode da je ključ uspeha unapređenja procesa identifikacija pojava 3M. Muri smatraju najčešćom pojavom kojoj se pridaje najmanje pažnje. Razvoj u projektovanju i unapređenju proizvodnih sistema treba potražiti u ograničenjima koja izazivaju prekide u radu, stanja u otkazu (Zelenović, 2003), odnosno u aktivnostima koja ne dodaju vrednosti proizvodu.

## **1.3 Ciljevi, metode i hipoteze istraživanja**

Na osnovu stanja u oblasti primećen je veoma mali broj radova koji jasno definišu pojave 3M, pa je stoga potrebno definisanje pojava gubitaka (muda), neuravnoteženosti (mura) i preopterećenja (muri) koje ne dodaju vrednost proizvodnom procesu. Nakon definisanja pojava neophodno je odrediti uzroke njihovog nastajanja i utvrditi uzročno-posledične veze između njih. Primenom Lean alata kreirati model za unapređenje proizvodnog procesa i dati rešenja za

smanjenje uticaja pojava 3M. Kreirani model primeniti u realnom okruženju i prikazati rezultate njegove implementacije. Rezultat primene ovakvog modela uticaće na smanjenje pojava 3M koje se javljaju u proizvodnim procesima i kreiraće osnovu za dalji kontinualni razvoj i unapređenje proizvodnih procesa i sistema u celini.

Metode koje su korišćene u istraživanju obuhvataju metodu analize i sinteze, kompilacije, indukcije i dedukcije, studija slučaja, metod modelovanja i simulacije. Metodologija istraživanja je takođe kvalitativna i kvantitativna, uz pomoć studije slučaja na teritoriji Srbije. Empirijsko istraživanje, primena modela unapređenja proizvodnog procesa je sprovedena u kompaniji koja ne primenjuje i nije upoznata sa alatima i konceptima Lean proizvodne filozofije kako bi se prikazao potpun uticaj primene datog modela.

Na osnovu postavljenih ciljeva formirane su sledeće hipoteze istraživanja

#### Hipoteze:

1. Moguće je definisati uzročno-posledične veze između pojava gubitaka (muda), neuravnoteženosti (mura) i preopterećenja (muri) koje se javljaju u proizvodnim procesima.
2. Moguće je razviti model za unapređenje proizvodnog procesa zasnovan na identifikaciji i smanjenju uticaja pojava muda, mura, muri – Lean 3M model.
3. Primenom Lean 3M modela u realnom okruženju moguće je projektovati procese povišenog stepena efektivnosti i efikasnosti.

#### **1.4 Mogućnost primene očekivanih rezultata**

Primena Lean 3M modela za unapređenje proizvodnih procesa moguća je u svim proizvodnim sistemima koji imaju za cilj postizanje konkurentske prednosti na tržištu primenom savremenih metoda Lean-a. Dati model pružiće detaljnu analizu, identifikaciju i eliminaciju pojava koje utiču na proizvodne procese.

Spremnost zemalja u tranziciji pa i Srbije za postizanje konkurentske prednosti u odnosu na zemlje Evropske Unije po rezultatima pojedinih istraživanja nije dovoljna (Stojanović et al., 2017; Beker et al., 2016). Znanja u oblasti Lean proizvodne filozofije dostižu veoma nizak nivo. Saradnja privrede sa akademskom zajednicom može doprineti domaćim kompanijama da steknu znanja i veštine neophodne za unapređenje proizvodnje primenom Lean 3M modela i budu konkurentne na inostranim tržištima.

## 2 Lean – Teorijske podloge

Pregledom baza Scopus, Taylor and Francis, Kobson, Springer i drugih nailazi se na veliki broj radova koji proučavaju Lean - nastanak, faze razvoja, oblasti implementacije itd. U nastavku biće prikazan razvoj Toyota proizvodnog sistema, kao i najcitiraniji naučni radovi koji se bave pregledom Lean proizvodnog sistema, a koji su objavljeni u periodu od 2012. do 2018. godine.

### 2.1 Razvoj Toyota proizvodnog sistema

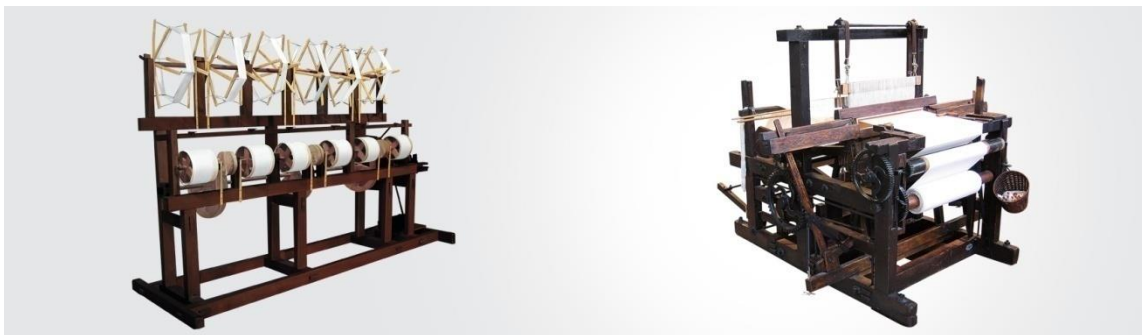
Za istorijski razvoj Toyota automobilske kompanije vezuje se upravo njen osnivač Sakichi Toyoda. Rođen je 1867. godine u Japanu. Nasledivši stolarski zanat od svog oca, pokazao je interesovanje ka proizvodima od drveta (Ohno, 1988). Živeći u veoma siromašnom okruženju, razmišljao je kako da pomogne svom narodu, zajednici pa i sebi. Došao je na ideju unapređenja drvenog razboja za tkanje (slika 2.1). Osobe koje su radile na razboju provodile su dosta vremena kako bi napravili mali komad tkanine i bilo je veoma iscrpljujuće, tako da bi nov uređaj bio značajan doprinos. Tokom 1891. sa 24 godine, kreirao je patent za drveni razboj koji je bio unapređen u odnosu na prethodne na taj način što je koristio samo jednu ruku za rad i uspeo je da ukloni neravnomerno tkanje, što je doprinelo povećanju efikasnosti i kvaliteta za 50%.



Slika 2.1. Razboj za tkanje, patentiran 1891. godine

Godine 1894. Sakichi je kreirao razboj koji bi se automatski zaustavljao prilikom prekida niti tkanine na taj način što je postavio male metalne pločice iznad svake niti i kada bi nit pukla pločica bi pala i zaustavila rad mašine (Ohno, 1988; J. P. Womack, Jones, & Roos, 1990). Ovakav izum je bio jeftiniji i efikasniji od ostalih razboja koji su bili prisutni na tržištu u to vreme, što je doprinelo velikom interesovanju od strane kupaca. Frustriran što njegova majka, rođaci i prijatelji i dalje moraju naporno da rade, namotavaju tkaninu i ručno pomeraju razboj prilikom tkanja počeo je da razmišlja o mašini koju bi pokretala struja ili para (Liker, 2004). Tako je 1894. godine napravio mašinu za namotavanje tkanine, a 1926. godine i prvi razboj sa pogonom na paru (slika 2.2), sastavljen od drveta i gvožđa. Kako se razboj i proces tkanja ne bi zaustavljao, Sakichi je kreirao tip T razboj koji se automatski snabdevao materijalom, a potom i tip G, 1924. godine. Tip G je radio automatski bez prisustva čoveka, bez defekata sa automatskim zaustavljanjem prilikom nastanka greške (automatizacija sa "ljudskim dodirom", odnosno ljudska inteligencija ugrađena u

mašinu - *Jidoka*). Ubrzo je tip G postao poznat širom sveta, te je kompanija *Platt Brothers* jedan od najvećih proizvođača oprema za razboje postao zainteresovan za kupovinu patenta.



Slika 2.2. Mašina za namotavanje tkanine (levo) i razboj sa pogonom na paru

Odlazak u Ameriku probudio je želju Sakichija i interesovanje ka automobilima. Razboji će postati prošlost, a automobili budućnost govorio je. Potom 1929. godine šalje svog sina Kiichira, koji je radio u kompaniji *Toyoda Automatic Loom* na pregovore sa *Platt Brothers* kompanijom kako bi svoj patent automatskog razboja prodao i pokrenuo svoju proizvodnju automobila. Patent je prodat u iznosu od 500.000 dolara, što je bilo dovoljno za početna istraživanja u okviru automobilske industrije i stvaranje *Toyota Motor Corporation*. Sakichi je preminuo 1930. godine i jedne od poslednjih reči njegovom sinu su bile: „Ja sam služio našu državu razbojem za tkanje, ti ih služi automobilima“ (Ohno, 1988). Nakon povratka sa putovanja, Kiichiri je izjavio da će početi sa proizvodnjom automobila i da neće kopirati masovnu proizvodnju Amerike, već da će osmisлити svoj metod proizvodnje koji će biti prilagođen kulturi i situaciji Japana. Po rečima Ohna, to je bila Kiichirova ideja proizvodnje u pravo vreme odnosno *Just in Time*.

## 2.2 Toyota proizvodni sistem

Na tržištu Japana pretežno su bili zastupljeni proizvođači automobila *General Motors* i *Ford*. Kiichiro je morao da sustigne Ameriku u roku od tri godine ili će proizvodnja automobila u Japanu nestati. Da bi to postigli morali su da saznaju način na koji Ford i GM posluju, koju tehnologiju, alate i metode primenjuju u proizvodnji. Glavna prednost zapadnih kompanija bila je posjedovanje prirodnih resursa, dok je Japan sa veoma ograničenim resursima morao ovakve sirovine da uvozi. Kako bi našao balans, Japan je morao da proizvodi kvalitetnije proizvode sa nižim troškovima proizvodnje (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

U početku 1935. godine kompanija *Toyoda Automatic looms* radila je na dizajniranju i početnoj proizvodnji modela automobila tipa A1 kao i kamiona tipa G1. Naziv Toyota na kineskom je predstavljao pirinačna polja, te je novi naziv Toyota kreiran prilikom javnog takmičenja za najbolji naziv kompanije (Womack et al., 1990), a 1937. godine je kreirana *Toyota motor company*. Kompanija je u početku proizvodila uglavnom kamione za potrebe vojske, dok je proizvodnja automobila bila drastično manja. Interesantno je napomenuti inženjera Taiichi Ohno-a, koji se uz pomoć oca koji je poznavao Kiichiro Toyodu priključuje kompaniji Toyota za razboje

1932. godine, te Toyota motor kompaniji 1943. Kiichiro je tragao za novim proizvodnim tehnologijama, novim metodama koje će se razlikovati od ostalih i tu se upravo prema rečima Ohna (Ohno, 1988) i ogleda začetak Toyota proizvodnog sistema primenom JIT i *Jidoka*, koji će predstavljati dva osnovna stuba Toyota proizvodnog sistema (Toyota production system - TPS). Tokom njegovog rada u fabrici razboja često je imao priliku da čuje kako su potrebna tri japanska radnika ili devet za posao koji bi jedan nemački ili američki radnik obavio u toku dana. Shvatio je da japanski radnik čini gubitke koje je potrebno eliminisati kako bi se produktivnost povećala. Ako bi se eliminisao gubitak, produktivnost bi se povećala deset puta smatrao je. Ova ideja predstavljala je polaznu osnovu TPS.

Nakon Drugog svetskog rata, Toyota je pretrpela velike gubitke što je primoralo kompaniju da otpusti veliki broj radnika. Otpuštanje radnika, stvorilo je nemire u kompaniji i još veće probleme. Kiichiro Toyoda je podneo ostavku i preuzeo odgovornosti za situaciju u Toyoti. Radnici su se obavezali da će podržati razvoj Toyote a za uzvrat neće biti novih otpuštanja radnika. Toyota se obavezala da će radnici biti doživotno zaposleni, kao i na to da će visina plate zavisiti od staža u kompaniji koja će biti povećavana putem bonusa u zavisnosti od profitabilnosti kompanije. Koreanski rat početkom 1950-tih godina doprineo je finansiranju Toyote na taj način što je kompanija počela proizvodnju kamiona za Američku vojsku i kriza je prestala (Liker, 2004). Na mesto Kiichira postavljen je njegov rođak Eiji Toyoda. Eiji je 1950. godine upućen na tromesečnu posetu kompaniji Ford kako bi izučio tehnologiju i način proizvodnje automobila i preneo sistem u Japan. Tokom trinaest godina rada Toyota je do tada proizvela 2.600 automobila dok je Ford proizvodio 7.000 automobila dnevno (Womack et al., 1990). Uvidevši produktivnost montažne pokretne linije kao i masovne proizvodnje koja je tada bila zastupljena u Americi, Eiji je pokušao da istu filozofiju prenese i u Japan. Međutim Ohno i Eiji su primetili velike gubitke u masovnoj proizvodnji, te je bilo potrebno kreirati novi sistem prilagođen zahtevima Japanske industrije i njenim korisnicima (Holweg, 2007). Fordova masovna proizvodnja podrazumevala je velike serije i proizvodnju malog broja različitih proizvoda. Velike serije su stvarale zalihe robe i zahtevale su velika skladišta što je bio trošak po kompaniju smatrao je Ohno. Kako bi se izbegli ovakvi gubici bilo je potrebno organizovati proizvodnju na taj način da delovi i proizvodi budu isporučivani u pravo vreme na pravom mestu i to u malim serijama. Male serije su takođe zahtevale i brzu zamenu alata na mašinama koju je Ohno zajedno sa Shigeom Shingom usavršio i kreirao *SMED* (Single minute exchange of dies), sistem zamene alata za jednocifren broj minuta. Ohno je uvideo i koristi od radnika na montaži, koji su imali direktan pristup procesu i od kojih je mogao da dobije veoma važne ideje i unapređenja. Počeo je da vrši eksperimente, okupljajući radnike zajedno sa liderom grupe davajući im zadatke održavanja, kontrole i montaže delova proizvoda, stim da rešenja konstantno usavršavaju principom sugestija (Womack et al., 1990). Sistem je posmatran kao i ljudski organizam, koji ima svoje delove i funkcije koji su povezani. Ljudski organizam reaguje autonomno na neke situacije bez uključivanja i pitanja drugih delova organizma šta je potrebno uraditi u datom momentu. Isto tako i radnici u proizvodnji treba da rešavaju probleme i reaguju samostalno uz pomoć mehanizama za automatsku detekciju grešaka i

zaustavljanje procesa. Ukoliko konstantno obavljamo iste aktivnosti, odnosno proizvodimo velike serije organizam se ponaša kao u kalupu i dolazi do defekata.

Posmatranjem popravki i detaljnom analizom, Ohno je doprineo smanjenju defektnih proizvoda. Ranije je smatrano da se greška koja se uoči tokom procesa prenese dalje odnosno propusti jer bilo koje stopiranje procesa bi bio veliki gubitak kompanije, a greška će se na kraju procesa utvrditi i vratiti na popravku. Ovakav način razmišljanja stvarao je veoma loše posledice na proces i podrazumevao dodatni ponovljen rad. Ohno je implementirao kanap na radnim mestima koji bi zaustavljao proces od strane radnika prilikom primećene greške koju ne mogu ukloniti. Potom bi se ceo tim okupio i pokušao da reši dati problem, ustanovi uzroke kako se isti ne bi ponavljao. Radnici su bili obučeni tehnikom 5 zašto (5 why's) koja im je pomagala prilikom rešavanja problema postavljajući pet puta zašto se nešto desilo. Izvorna metoda je potekla od Sakichija tokom posmatranja svoje majke na razboju. Često je nailaskom na probleme postavljao pitanja zašto i po nekoliko puta, te odatle i potiče 5 why's sistem.

Ohno je u svojoj knjizi definisao dva stuba na kojima počiva TPS. Just in time i Jidoka sa Kanban alatom za upravljenje takvih sistema. Jidoka je nastala od strane Sakichi Toyode, implementacijom mehanizma za automatsko zaustavljanje razboja prilikom prekida niti tkanine. Just in time je potekao od Kiichiro Toyode, uvidevši nedostatke masovne proizvodnje i potrebu procesa za proizvodnjom u pravo vreme, tako što bi se u procesu montaže delovi nalazili po strani pokretne trake u momentu kada su bili potrebni. Kako bi sistem JIT funkcionisao, Ohno je dolaskom iz Amerike implementirao Kanban sistem za čiju je ideju zaslužan supermarket. U supermarketu kupac povlači željeni proizvod sa police u momentu kada mu treba i koliko mu treba. Tako je 1953. godine implementiran sistem JIT. Kanbanom je eliminisao gubitak prekomerne proizvodnje. Kako bi Kanban funkcionisao morao se obezbediti kontinualan tok, odnosno *flow*. Tok je takođe korišćen i ranije od strane Forda ali sa veoma velikim serijama i zalihama na međuoperacijama. Flow je podrazumevao tok bez fluktuacija u procesima. Kako bi se fluktuacije izbegle, nivelisanje proizvodnje je implementirano i skratila se proizvodnja u velikim serijama. Nivelisanje ili ujednačavanje procesa (Heijunka) podrazumeva proizvodnju različitih vrsta proizvoda tokom vremena, umesto velikih serija jedne vrste. Nivelacija je eliminisala gubitke prekomerne proizvodnje kao i zaliha i disbalansa u procesima. Ovo je omogućilo proizvodnju različitih modela proizvoda u malim serijama, umesto proizvodnje jednog modela automobila u velikom broju, kao što je to bio slučaj sa T modelom Fordovog automobila. Svi ovi alati i metode su osnove stvaranja Toyota proizvodnog sistema, hibridnog sistema koji nije ni kopirao Fordov sistem niti je bio originalan sam po sebi.

### **2.3 Diseminacija Toyota proizvodnog sistema**

TPS je otpočeo širenje svoje filozofije prvenstveno ka svojim dobavljačima kako bi se razvio lanac snabdevanja koji bi mogao da prati proizvodnju koju je zahtevala Toyota, u pravo vreme. Sve do naftne krize 1973. godine, za TPS nije bilo velikog interesovanja (Ohno, 1988). Kriza je uzrokovala pad proizvodnje u Japanu i mnoge kompanije su osetile smanjenje prodaje i profita. Međutim, Toyota je među prvima prikazala pozitivne rezultate primene TPS tokom 1975.

godine. Vlada i mnoge kompanije su želele da znaju šta se to dešava u Toyoti. Tako su počeli seminari i širenje TPS po Japanu i njenim kompanijama kako bi se proizvodnja povećala i počeo rast japanske industrije. Prve među njima, bile su Mazda i Mitsubishi automobilske kompanije koje su postavile TPS kao stub svoga sistema. Naftna kriza 1979. godine je bila okidač za pokretanje petogodišnje studije o budućnosti automobilske industrije, pod nazivom International Motor Vehicle Program (IMVP) vođen od strane Dan Roos-a sa Masačusets tehnološkog instituta (MIT), kom su se pridružili i Dan Jones direktor programa za Evropu i direktor istraživanja Jones Womack 1983. godine.

Tokom 1980. godina, Ford kompanija je osetila značajne gubitke u prodaji svojih automobila i primećivala rast Japanske industrije. Tako dolaze do ideje da posete Mazda kompaniju u Hiroshimi i istraže šta se dešava u Japanu i kakav sistem implementiraju. Ovo je omogućeno Fordu jer je posedovao 25% akcija Mazde u to vreme (Womack et al., 1990). Da Mazda nije doživela veliku krizu '74-tih godina možda u to vreme ne bi ni prihvatila TPS, pa samim tim Ford ne bi uvideo efekte njegove primene. Detaljnom analizom sistema u Mazdi zaključili su da se odgovor krije u TPS, sistemu koji je sa 60% napora proizveo isti broj automobila modela 323, dok je Ford escort morao da koristi i radi punim kapacitetom. Ubrzo Ford je uspeo da implementira veliki deo TPS što se naravno odrazilo i na kasniji porast proizvodnje, kao što je prikazano na slici 2.4. Takođe i najveći proizvođač automobila General Motors (GM) osetio je posledice razvoja japanske industrije. Eiji Toyoda je 1982. godine odobrio projekat zajedničke saradnje GM i Toyote.

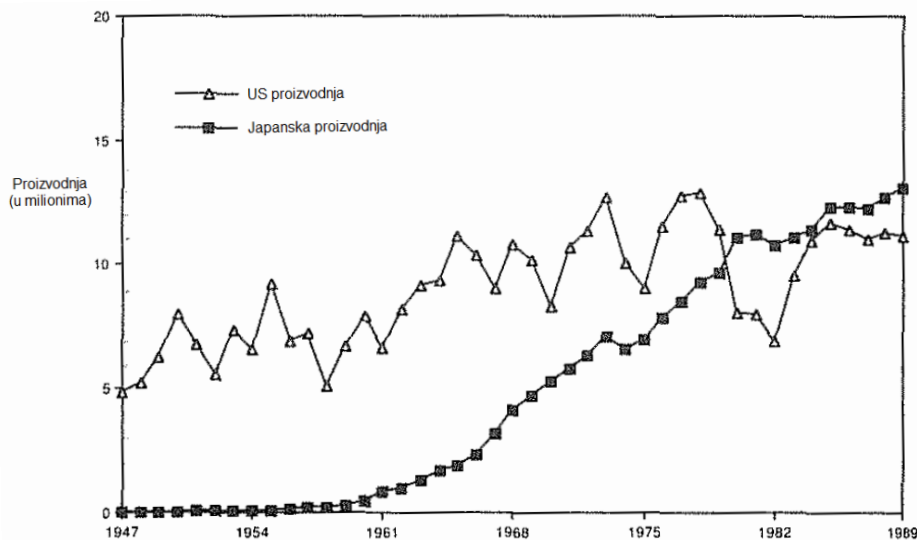


Slika 2.3. Kompanija NUMMI, Frimont- Kalifornija

Tako godine 1984. Toyota i GM otvaraju svoju prvu zajedničku fabriku New United Motor Manufacturing Inc. (NUMMI) u Američkom gradu Frimontu, Kalifornija na osnovama nekadašnje fabrike kamiona koja je zatvorena 1982. godine, kako bi otpočeli svoj plasman i na Američkom tržištu (slika 2.3). Za uzvrat Japan će preneti svoje znanje o TPS. Većina menadžera je bila iz Toyote, a radnici koji su ranije radili u fabrici su uglavnom zadržani iako su bili veoma loši i



osuđivani u prethodnoj fabrici GM. Do 1986. godine NUMMI kompanija je prikazivala značajne rezultate i mogla se porediti sa ostalim Toyotinim i GM fabrikama (slika 2.4).



Slika 2.4. Poređenje Japanske i Američke proizvodnje automobila u periodu 40 godina

Velike razlike su primećene između tradicionalne masovne proizvodnje GM i Japanske filozofije, odnosno TPS. Armije radnika nisu bile prisutne u pogonima već nekolicina njih koji su uglavnom dodavali vrednost procesu ili proizvodu. Takođe i prostor koji je bio potreban u procesima se dosta razlikovao. Dok je GM smatrao da je neophodan veliki prostor kako bi se stvarale zalihe koje bi omogućavale nesmetanu proizvodnju, TPS je podrazumevao vema mali prostor bez zaliha na kom bi radnici mogli da komuniciraju između sebe, razmenjuju iskustva i znanja. TPS je imao veoma male zalihe na radnim mestima, manje od jednog sata koje nisu zahtevale velike prostore. Svaki radnik bi imao andon kanap kako bi zaustavio proces prilikom nailaska na defektni proizvod, dok je u GM to mogao da učini samo menadžer proizvodnje. Takav proizvod bi se vratio na kontrolu kvaliteta koja bi uspela da uvidi korene problema i onemogućila ponovnu pojavu defekta istog problema. Značajna razlika se mogla uvideti i u radnoj snazi koja je bila odana Toyoti.

Glavni razlozi nastajanja NUMMI su bili da GM nauči kako da proizvodi profitabilno male automobile, ponovo pokrene fabriku i radnike kao i da uvidi svu snagu TPS-a. Honda i Nissan su ušli na tržište Amerike i primorali Toyotu da učini slične korake. Toyota je to uradila na najbolji način, u saradnji sa najvećim američkim proizvođačem koji će im pomoći da uvide i spoznaju novo tržište (Shook, 2010). Jedan od prvobitno najvećih strahova koji su imale ove dve kompanije bio je kako promeniti kulturu unutar NUMMI fabrike, u kojoj su bili zaposleni uglavnom radnici prethodne fabrike. Prema rečima John Shook-a menadžera kompanije Toyota, promenom ponašanja, načina na koji se ljudi ophode prema poslu, načina na koji rade promeniće se kultura organizacije. Uveden je sistem andon, zaustavljanje linije primenjen iz Toyote. Zaustavljanjem linije radnici su uticali na proces i dobijali slobodu u radu, što je dovelo do smanjenja defekata na



izlazu iz procesa. Davanjem sredstava zaposlenima kako bi obavljali kvalitetno svoj posao po zadatim standardima uz pomoć tim lidera, primenom 5 whys (5 zašto) umesto 5 whos (5 ko) je zapravo uticalo na promenu kutlure u NUMMI kompaniji. Način na koji se sagledava problem bio je osnova promene kulture. Problem mora da postoji, njemu se pristupa sistematično i svako je obučen za rešavanje problema. Ono što je Shook primetio prilikom rada u NUMMI kompaniji je da se kultura ne menja promenom načina razmišljanja zaposlenih, već da treba početi od promene načina na koji se zaposleni ponašaju, šta rade. Stoga je neophodno kreirati cilj šta se želi raditi, kako se ponašati i ophoditi među zaposlenima. U Toyoti svaki zaposleni zna šta je njegov zadatak. Obučen je da prepozna probleme i kako da reaguje u takvim situacijama. Kvalitet, podrška i osećaj kreiranja i upravljanja procesom od strane zaposlenih su činiooci svakog radnog mesta.

Prva knjiga koja je objavljena od strane IMVP petogodišnje studije pod nazivom "Budućnost automobilske industrije" dobila je na značaju 1985. godine kada su mnoge kompanije želele da spoznaju tajnu Japanske automobilske industrije. Druga faza programa IMVP otpočela je ne samo da bi se uvidela razlika Japanske i Zapadne proizvodne filozofije, već da se prikažu i vrednosti tih razlika. Kako bi se ovako velika industrija mogla uporediti sa ostalim državama i među proizvođačima, prva metodologija je postavljena od strane Womack-a i Jones-a 1986. godine kojim se pridružuje i John Krafcik prvi američki inženjer koji je bio zaposlen u NUMMI-ju (Holweg, 2007). Tako je otpočela njihova prva velika istraživačka studija posetom kompaniji GM u gradu Massachusetts, koristeći podatke i informacije koje je Krafcik posedovao prilikom njegove obuke u Toyoti i prethodnom radu u GM kompaniji. Prve studije benchmark analize objavljene su tokom 1986/87. godine u kojoj je naznačen veliki rast produktivnosti fabrike NUMMI u poređenju sa GM kompanijom u Framinghamu koja je kasnije zatvorena 1989. godine, kao što je prikazano u tabeli 2.1 (Womack et al., 1990).

Tabela 2.1. Poređenje NUMMI sa Toyotom i GM fabrikom

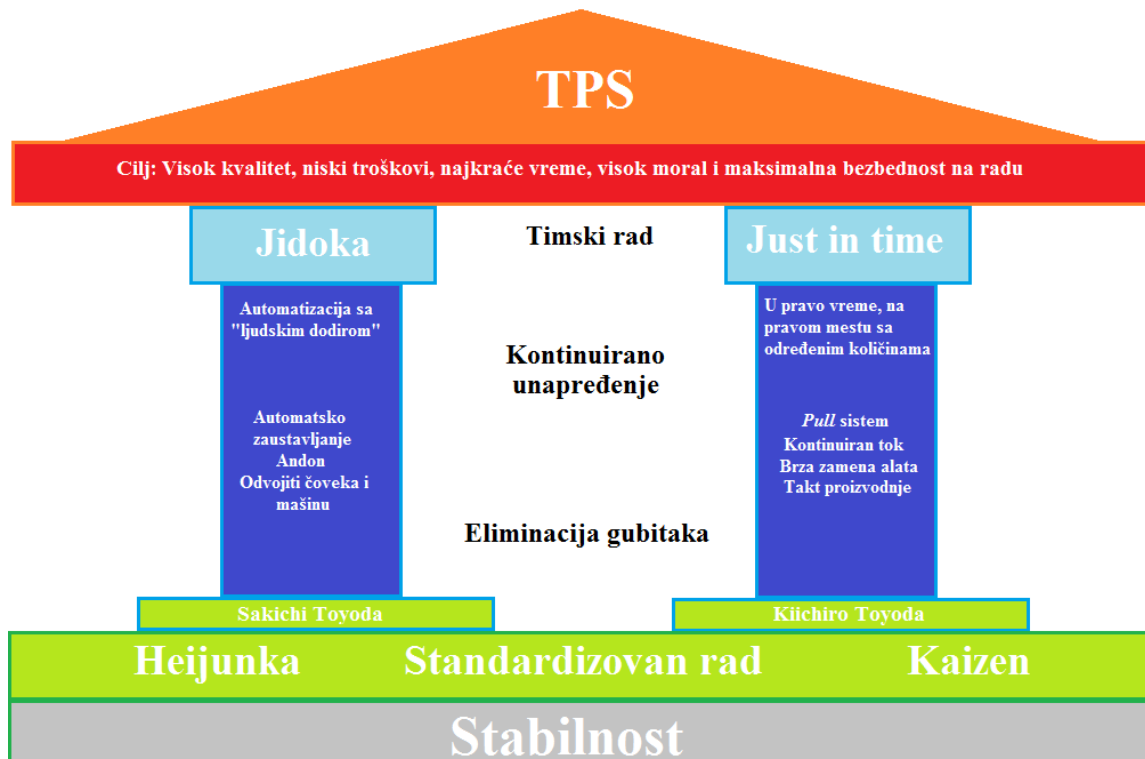
	GM Framingham	Toyota Takoaka	NUMMI Fremont
Vreme montaže	31	16	19
Defekti montaže u odnosu na 100 automobila	135	45	45
Prostor za montažu	8.1	4.8	7.0
Zalihe delova	2 nedelje	2 sata	2 dana

U NUMMI fabrici uočena je znatna razlika u poređenju sa GM fabrikom, kao i kvalitet proizvoda i produktivnost koja je slična fabrici u Japanu. Razlika u prostoru u odnosu na Japan je bila rezultat loše postavke mašina nasleđene od fabrike GM koja je tu bila. Zalihe su morale biti veće zbog transporta preko Pacifika koji je NUMMI morala da trpi kako bi uvezla delove iz Japana, dok je Toyoti trebalo svega nekoliko sati.

## 2.4 Kuća Toyota proizvodnog sistema

Prethodno je naglašeno da su dva osnovna stuba TPS, Jidoka i JIT. Kako bi proširio ideju i preneo znanja o TPS na svoje dobavljače i kupce, Ohnov saradnik Fujio Cho je skicirao kuću

Toyota proizvodnog sistema 1973. godine. Kuća je upotrebljena kao simbol strukturiranog sistema koji se sastoji od temelja i stubova koji podržavaju i predstavljaju oslonac krova, odnosno cilja TPS.



Slika 2.5. Kuća Toyota proizvodnog sistema prema Likeru (2004)

Kao što se može primetiti sa slike 2.5, TPS nije alat ili metoda već proizvodni sistem u kom njegovi elementi funkcionišu u skladu, dopunjujući jedni druge na putu ka eliminaciji grešaka kako bi se postigao kvalitet i zadovoljstvo krajnjeg kupca.

Toyotina osnovna dva koncepta na kojima se bazira proizvodnja su: redukcija troškova kroz eliminaciju gubitaka i korišćenje ljudskog potencijala, odnosno izgraditi sistem u kom će zaposleni moći da ispolje svoj pun potencijal (Sugimori et al., 1977). Sve što je van granica dozvoljenog minimuma neophodnog za proces proizvodnje smatra se gubitkom.

Automobilska industrija u ranijem periodu je podrazumevala masovnu proizvodnju. U takvim okolnostima dolazilo je do stvaranja međuzaliha, zaliha gotovih proizvoda što je omogućilo ublažavanje fluktuacija na tržištu i promene u procesima. Stvaranjem ovakvog vida zaliha, dovodi do toga da se zarobljava kapital koji prelazi u neiskorišćene zalihe koje na kraju nemaju kupca. Takođe, dovodi do zauzimanja prostora, potrebe većeg broja radne snage što povećava troškove i utiče na samo poslovanje kompanije. Kako bi se ovakav vid proizvodnje izbegao Toyota je primenila princip JIT koji će pomoći u skraćenju protočnog vremena (Lead time - LT), vreme koje protekne od momenta porudžine sirovog materijala do momenta isporuke proizvoda konačnom

kupcu. JIT je metod u kom procesi obrađuju neophodne delove proizvoda u određenom trenutku i koji koriste samo neophodne zalihe koje su im u tom trenutku potrebne (Sugimori et al., 1977).

Kako bi se omogućio sistem JIT neophodno je odrediti tačan tajming i količinu koja je neophodna nekom procesu. Ovo se u ranijem periodu postizalo putem plana proizvodnje koji primenjuje princip snabdevanja delovima od strane prethodnog procesa, guranjem (*Push*). Međutim Toyota je primenila obrnut pristup. Umesto da prethodni proces snabdeva sledeći, Toyota koristi princip u kom naredni proces povlači (*Pull*) delove od prethodnog procesa. Ovo bi značilo da poslednji proces definiše vreme i količine koje su potrebne za proizvodnju nekog proizvoda. Poslednji proces traži od prethodnog date delove koji su mu neophodni u datom trenutku. Prethodni proces da bi ga snabdeo povlači od svog prethodnog procesa potrebne delove i tako do početka proizvodne linije za svaki proces. Ako se primeni ovakav vid proizvodnje, stvaranje međuskladišta je izbegnuto.

Sledeći element koji utiče na JIT je omogućavanje jednokomadnog toka (*one piece flow/OPF*). OPF zahteva proizvodnju samo jednog komada, bez stvaranja zaliha između procesa. Toyota je uspela da realizuje ovakav vid proizvodnje smanjenjem pripreme završnih vremena mašine, kako bi se prešlo sa jednog proizvoda na drugi.

Hejunka predstavlja još jedan neophodan uslov za ostvarivanje JIT. Neophodno je primeniti Hejunku u slučajevima varijacije u zahtevima potrošača i tada se pristupa proizvodnji malih serija koje slede serije ili komadi drugih proizvoda. Hejunku je potrebno primeniti na poslednjem procesu, proces koji diktira tempo, a način nivelisanja (poravnanja) proizvodnje zavisi od menadžmenta kompanije. U poslednjoj liniji montaže u fabrici Toyote su izmešane linije proizvoda. Proizvodnja u toku dana se računa tako što se mesečna količina proizvoda podeli sa brojem radnih dana, gde se za svaku varijantu posebno koriste količine koje su potrebne za taj dan. Računajući ciklusna vremena za svaku varijantu automobila utiče se na način poravnanja proizvodnje, odnosno na redosled sklapanja različitih vrsta automobila na proizvodnoj liniji.

Jidoka, drugi stub Toyote koristi se da bi zaustavio mašinu ili proces u slučaju defakta proizvoda ili opreme. Jidoka se vezuje za svako radno mesto u kom operater ima mogućnost da zaustavi liniju prilikom pojave greške. Jidoka je važna jer ne dopušta prekomernu proizvodnju na način kada operater uvidi da je dostignut određeni nivo proizvoda, zaustavlja liniju i ne dozvoljava stvaranje nepoželjnog proizvoda, a samim tim obezbeđuje JIT. Sa Jidokom stvaranje defekata je eliminisano, ostaje samo pitanje unapređenja ljudske komponente koja zaustavlja liniju i opreme kao sredstva rada.

*Iskorišćenje ljudskog potencijala* predstavlja drugi element Toyotinog proizvodnog sistema. Pažnja je usmerena na poštovanje zaposlenih sa naglaskom na eliminaciju gubitaka operatera, brigu o njihovoj bezbednosti, na potencijale zaposlenih i delegiranje odgovornosti (Sugimori et al., 1977). Eliminacija gubitaka kretanja podrazumeva nepotrebno kretanje zaposlenih u procesu, kretanja koje ne dodaje vrednost. Drugi gubitak se odnosi na aktivnosti koje nisu predviđene za operatera, podizanje tereta, izlaganje operatera opasnim zonama, monotono

radno mesto. Treći gubitak je kretanje koje je nastalo kao posledica defekata u sistemu. Briga o bezbednosti se odnosi na situaciju kada radnici da ne bi zaustavili liniju preduzimaju dodatne napore kako bi omogućili nesmetanu proizvodnju. U takvim situacijama često zna da dođe do povreda i neželjenih efekata. Upravo Jidoka eliminiše ovakve vidove problema u Toyoti. Poštovanje zaposlenih i delegiranje odgovornosti je suštinska razlika Toyote u odnosu na zapadne zemlje. Svaki zaposleni ima mogućnost da upravlja svojom linijom na taj način što je može zaustaviti u svakom momentu kada naiđe na problem. Takođe, svaki proces ne čeka odluku menadžmenta kompanije da bi dobio instrukcije šta da radi i kada, već putem vizuelnog menadžmenta i unapred definisanih planova sam kreira svoj posao. U Toyoti, zaposleni imaju razvijen sistem predloga u kom svaki operater u procesu daje predloge unapređenja radnog mesta, kako bi eliminisao gubitke a samim tim i olakšao svoj posao.

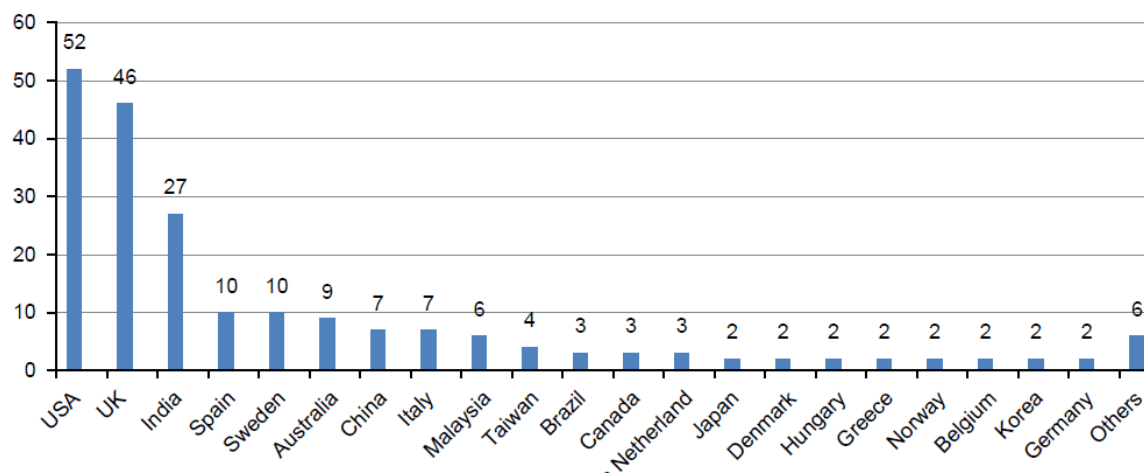
## **2.5 Istraživanja u oblasti Lean koncepta**

U radu, „Četiri decenije Lean-a“ sistematičan pregled literature autor (Stone, 2012) naglašava faze razvoja kroz koje Lean prolazi i ključna znanja neophodna za njegovu implementaciju. Faze koje obuhvata kreću od najranijeg vremena kreiranja koncepta 1980-tih sve do faze primene i potpune iskorišćenosti Lean-a. U svom radu, Lean filozofiju prikazuje kao operacionu filozofiju organizacije, Lean principe povezuje sa alatima neophodnim za izvršenje lean strategije i Leanness (mršavost) opisuje kao stanje i stepen organizacione transformacije prilikom Lean implementacije. Sistematičnim pregledom literature, pregledom različitih baza podataka korišćenjem ključnih reči Lean, Lean metodologija i dr. eliminacijom duplikata- 193 rada su analizirana. Za početnu fazu nastanka navodi se period od 1970. do 1990. godine. Kao jedan od ključnih radova koji je doprineo razvoju Lean filozofije navodi rad autora Drucker (Drucker, 1971) koji prvi opisuje razliku u menadžmentu između Japanskih i Zapadnih zemalja. Takođe, Stone navodi i radove drugih autora (Krafcik, 1988; Sugimori et al., 1977) u kojima se prvi put na engleskom jezuku prikazao TPS, JIT i Kanban, kao i rad Krafcika koji je upotrebio termin Lean. Sledeća faza je period diseminacije termina od nastanka knjige „Mašina“ i dalje knjige „Lean filozofija“ autora Womack i Johns. Knjiga Lean filozofija pomogla je mnogim u razumevanju načina i puta kako postati Lean organizacija. Faza implementacije nastaje od 1997. godine kada se počinje sa emiprijskim istraživanjima u oblasti Lean, koja su još uvek do tada bila minimalna sve do 2001. godine kada počinje faza primene i u ostalim sektorima. Ujedno počinje i publikovanje radova u raznim industrijama, a kao najznačajnija godina navodi se 2006. godina u kojoj je publikovano 26 radova na temu o Lean-u, čemu sigurno doprinosi podatak da te godine Toyota postaje vodeća automobilska kompanija u svetu. Pored standardnih metoda merenja stepena Lean-a koji su se iskazivali u pogledu kvaliteta, troškova i bezbednosti, Masačusets Tehnološki Institut razvija alat za procenu Lean sistema (LASAT).

U radu „Pregled literature Lean proizvodnje“ autori objašnjavaju Lean koncept, njegovu filozofiju, alate, benefite i kritične faktore implementacije (Gupta & Jain, 2013). Kao neke od najvažnijih alata navode JIT, VSM, Kanban, Kaizen, 5S i druge. Kao barijere pri implementaciji Lean-a navode podršku od strane menadžmenta, slabo razumevanje Lean koncepta, stav

zaposlenih prema promenama i finansije. Mnoge beneficije se dobijaju primenom Lean filozofije, kao što je smanjenje gubitaka, postizanje konkurentske prednosti, povećanje bezbednosti i kvaliteta, kao i smanjenje stresa.

Jedan od najcitiranih radova koji prikazuju pregled literature u oblasti Lean je rad autora Bhamu i Sangwan koji na 64 stranice prikazuje definicije Lean od strane mnogih autora, metodologije korišćenje pri njegovoj implementaciji, industriju primene, državu i godinu publikacije, alate i tehnike korišćenje proteklih 25 godina, analizirajući 209 radova iz oblasti (Bhamu & Singh Sangwan, 2014). Interesantan je podatak da 52 % radova objavljenih iz oblasti Lean dolaze iz USA, potom iz UK 46 %, Indije 27% i ostalih, kao što je prikazano na grafiku 2.1. Razlog ne nalaženja Japana na ovom grafiku se ogleda u tome što Japan koristi termin Toyota proizvodni sistem, koji nije obuhvaćen kao ključna reč u ovoj analizi. Zastupljenost Lean-a je minimalna u malim i srednjim preduzećima. Razlog leži u strahu od prevelikih troškova i u neizvesnosti od benefita koji mogu proisteći u primeni ovakvog pristupa.



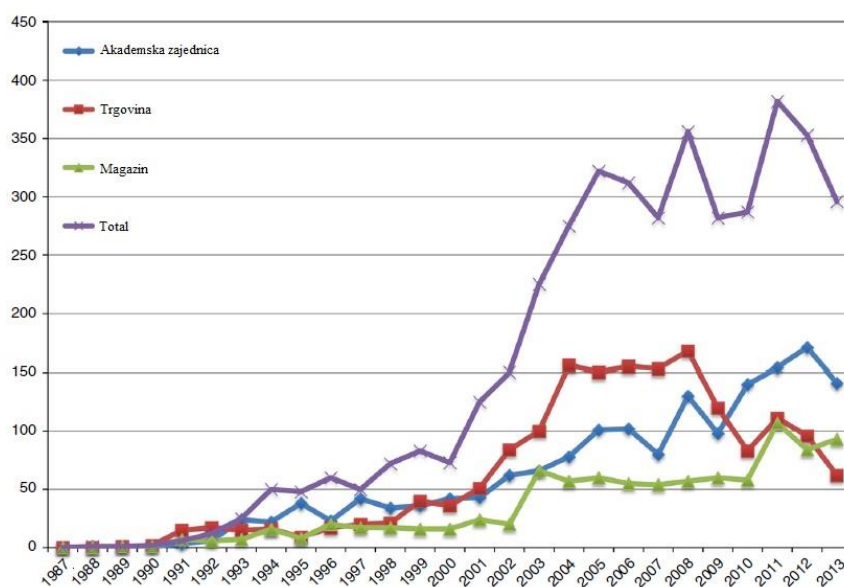
Grafik 2.1 Pregled autora prema mestu objavljivanja radova na temu Lean

Autori u svom radu dalje navode kulturu organizacije kao bitan element u podršci Lean implementacije. Povezanost članova tima, komunikacija, razumljivi ciljevi i zadaci, edukacija, trening, platni sistem, nagrađivanje utiču na stepen i način implementacije i prihvatanja Lean-a.

Kasnije 2014/15. godine objavljeno je nekoliko preglednih radova u vodećim svetskim časopisima. Neki od njih pod nazivom „Lean proizvodnja: literatura i dalji trendovi“ (Jastia & Kodali, 2015) obuhvatio je pregled 546 radova iz oblasti. Najveći broj radova objavljen je 2011. godine 62 rada, kao i 2008. godine 42 rada. Radovi su većinom deskriptivnog karaktera 52%, koji opisuju i objašnjavaju Lean sistem. Veliki procenat radova obuhvata istraživanja u oblasti proizvodnje (74%) od čega je 26% iz sektora automobilske industrije. Uglavnom se Lean primenjuje samo na operativnom nivou u procesima proizvodnje, a ne duž cele organizacije. Kada je u pitanju uslužni sektor, radovi se većinom fokusiraju na upravljanje lancima snabdevanja (70%). Kao i u prošlim istraživanjima, autori iz Velike Britanije (143) i Amerike (160) imaju najveći broj publikovanih radova, što potvrđuju i druga istraživanja koja pored Amerike

naglašavaju i Nemačku, Španiju i Indiju (Negrão, Godinho Filho, & Marodin, 2017). Interesantan je podatak da je samo 17 autora iz Japana. I dalje najveći broj radova je objavljen u sektoru proizvodnje (73%), dok je najmanji broj radova objavljen u uslužnom, poljoprivrednom i javnom sektoru (1%). Rad daljom analizom prikazuje VSM, redukciju pripremnog vremena, kanban i kaizen kao najznačajnije elemente prilikom implementacije Lean-a. Rad objavljen iste godine potvrđuje ove navode i kreira mapu koja ukazuje na vezu između lean principa i lean alata. Definisanjem ovih veza pomaže se pri efikasnoj implementaciji i lakšem razumevanju Lean koncepta (Mirdad & Eseonu, 2015). U procesnoj industriji, pregledom literature utvrđeno je da su 5s, TPM i SMED alati koji su često u upotrebi prilikom Lean implementacije (Panwar, Nepal, Jain, & Rathore, 2015). Međutim, u procesnoj industriji javljaju se poteškoće prilikom implementacije nekih od alata. JIT nabavka je u pojedinim sektorima ograničena iz razloga dostupnosti sezonske robe, kao u slučaju proizvodnje šećera, papira, jestivog ulja itd. Stopiranje linije u procesnoj industriji takođe prouzrokuje velike troškove.

Iste godine, objavljen je rad pod nazivom „Kako je knjiga *Mašina koja je promenila svet* izmenila meandžment način razmišljanja. Istraživanje 25 godina Lean filozofije“ (Samuel, Found, & Williams, 2015). Cilj ovog rada bio je da ispita i kritički analizira kretanje i ekspanzija Lean proizvodne filozofije u periodu od 1987-2013. godine. Analizirajući četiri baze podataka, EBSCO, Google Scholar, Emerald i Proquest autori su pronašli preko 4130 publikacija na temu Lean kako u automobilskom sektoru tako i u oblasti medicine, obrazovanja, građevinske industrije, aeroindustrije i mnogih drugih. Period od '87 do '95 je uglavnom vezan za automobilsku industriju i lance snabdevanja, koji se kasnije širi i na oblasti aero i elektro industrije, a nakon 2000-te godine doživljava ekspanziju i u svim ostalim sektorima. Grafik 2.2 prikazuje rast primene Lean-a tokom godina.



Grafik 2.2 Publikacije u oblasti Lean

Primetan je jasan rast interesovanja i primene Lean-a kako u sferi akademske zajednice tako i u krugovima praktičara. Autori pregledom literature ukazuju na četiri pogleda Lean-a, a to su: Lean kao Toyota proizvodni sistem; Lean kao metodologija unapređenja procesa; Lean kao ideološki pokret koji se razvija tokom godina; Lean kao telo akademskih publikacija. I uprkos mnogim kritikama Lean-a i nedostatka definicija, Lean je odavno izašao iz okvira TPS i proširio se na ostale sektore sa ciljem skraćivanja vremena, eliminacije varijabilnosti kako bi se obezbedio kontinualan tok (flow).

Da je Lean i dalje u fokusu akademske zajednice govore i neki od poslednjih naučnih radova objavljeni 2018. godine u nekim od vodećih svetskih časopisa. Među njima je rad koji prikazuje sistematski pregled literature i pravce daljeg razvoja Lean-a objavljen u časopisu *International Journal of Management Reviews* (Danese, Manfè, & Romano, 2018). Pregledom je obuhvaćeno 240 radova objavljenih u vodećim svetskim časopisima na osnovu ključne reči Lean koja se nalazi u naslovu, ključnoj reči ili abstraktu rada. U radu je prikazana godina publikacije radova, časopis u kom su radovi objavljeni, države iz kojih su autori radova, metodologije koje su primenjene kao i sektori industrije u kojima je sprovedeno istraživanje. Jedan od najznačajnijih časopisa je *International Journal of Production Research* u kom je objavljeno 77 (32 %) radova. Po godinama publikacije, primećen je trend rasta, naročito u 2015. godini, kada je objavljeno 32 rada. Većina radova je objavljena u sektoru proizvodnje, auto i elektro industriji 174 (72.5 %), a samo 10 % radovan u uslužnom sektoru. Kao i u prethodnim radovima, većina radova je objavljena u USA (31), Veljoj Britaniji (30) i Indiji (17). Uglavnom su to radovi u oblasti proizvodnje, dok 12 % su radovi iz uslužnog sektora, uglavnom zdravstva. Metodologije primenjene u ovim radovima su uglavnom studije slučaja (48 %) praćene upitnicima. Autori su klasifikovali radove u četiri grupe: Radovi koji su konceptualnog karaktera, istražuju koncepte, istorijsku evoluciju i literaturu Lean-a; Radovi koji opisuju implementaciju Lean-a u određenim procesima; Radovi koji prikazuju povezanost Lean sa ostalim disciplinama ili prilazima poput Agile, informacionim sistemima ERP (planiranje resursa), RFID (identifikacija putem radio frekvencije); Radovi koji ukazuju na ishode Lean-a kako tehničkog karaktera tako i društvenog, uticaj na zaposlene. Neki od nedostataka uočenih tokom analize su: nedostatak primene u uslužnom sektoru; nedostatak primene u ostalim državama; nedostatak primene u specifičnim procesima poput nabavke, distribucije, razvoja novog proizvoda; nedostatak studija koji povezuju Lean sa ostalim sektorima kao što je upravljanje prirodnim okruženjem, upravljanje rizicima, bezbednost, zaštita životne sredine; nedostatak istraživanja društvenih ishoda (zaposlenih). Upravo ovi nedostaci su i pravci daljeg razvoja i delovanja u oblasti Lean (Ben Ruben, Vinodh, & Asokan, 2018).

## **2.6 Početak primene Lean koncepta**

Gostujući profesor MIT instituta, Haruo Shimada sa Univerziteta iz Japana pokazao je interesovanje ka IMVT programu u želji da ispita koliko dobro će Japan uspeti da prenese svoje znanje i svoj proizvodni sistem implementira zajedno sa zemljama Amerike. On je bio među prvima kom je dozvoljeno istraživanje u okviru kompanija NUMMI, Mazda i Honda kako bi ispitaio ovu vezu. Shimada je u svojim istraživanjima upoređujući date kompanije kako bi opisao

predstavljene sisteme koristio termine “krhko i robusno” (Krafcik, 1988). Lean termin se prvi put pojavljuje u radu Krafcika osnovan upravo na ovim terminima koje je Shimada upotrebio. Kao što naglašava u svom radu, Krafcik navodi pojavu bafera i velikih zaliha kao jednu od bitnih razlika između Japana i Zapadnih zemalja. Linije za montažu su koristile bafere delova kako bi se omogućila nesmetana proizvodnja, baferi radne snage su kreirani kako bi se obezbedila proizvodnja u slučaju visoke potražnje. Japanska automobilska industrija je uspevala za razliku od ostalih zemalja i konkurenata da svoju proizvodnju obavlja sa manje resursa. Tokom perioda od 1986. do 1989. godine Womack i Krafcik obavili su istraživanja u preko 70 različitih kompanija i rezultate objavili na forumu održanom u Meksiku 1989. godine. Nakon godinu dana uz pomoć kolega koji su zajedno sa njima radila na programu IMVP objavljena je knjiga” Mašina koja je promenila svet”. U knjizi ne samo da je objavljena analiza automobilske industrije i procesa montaže, već je opisan i lanac snabdevanja, razvoj proizvoda kao i mnoge druge analize programa koje su prikazane u tabeli 2.2 (Womack et al., 1990).

Tabela 2.2. Sumirana analiza karakteristika automobilskih kompanija

	Japanske kompanije u Japanu	Japanske kompanije u Severnoj Americi	Američke u Severnoj Americi	Evropske
Performanse				
Produktivnost (sati/automobilu)	16.8	21.2	25.1	36.2
Kvalitet (defekti/100 automobila)	60	65	82.3	97
Raspored				
Prostor (kvadratnih stopa/auto/godini)	5.7	9.1	7.8	7.8
Veličina prostora za popravke	4.1	4.9	12.9	14.4
Zalihe (dani)	0.2	1.6	2.9	2.0
Radna snaga				
% radne snage u timu	69.3	71.3	17.3	0.6
Rotacija posla (0-nikad, 4-često)	3	2.7	0.9	1.9
Sugestije od strane radnika	61.6	1.4	0.4	0.4
Broj klasa posla	11.9	8.7	67.1	14.8
Trening novih radnika (sat)	380	370	46.4	173
Odsustvo sa posla	5	4.8	11.7	12.1
Automatizacija (% direktnih koraka)				
Varenje	86.2	85	76.2	76.6
Farbanje	54.6	40.7	33.6	38.2
Montaža	1.7	1.1	1.2	3.1



U tabeli se mogu se uočiti velike razlike u produktivnosti, veličini prostora, kao i razlike u broju sugestija od strane radnika koji je u slučaju Japanskih kompanija- 70 sugestija po radniku, dok Američkih i Evropskih oko 1 sugestija. Takođe postoji i znatna razlika u broju sati potrebnih za obuke novih radnika.

Knjiga “Mašina koja je promenila svet” je objavljena nekoliko godina nakon prvih publikacija o JIT i Kanban sistemima (Sugimori et al., 1977). Profesor Holweg sa Oxford univerziteta je pokušao da objasni u radu „Geneologija Lean proizvodnje“ objavljen u prestižnom časopisu Journal of operational management (Holweg, 2007) razlog veoma velikog interesovanja za ovu knjigu. U radu prikazuje da autori vide značaj knjige u tome što je knjiga napisana prostim rečnikom, tako da je svako može razumeti; knjiga je opisala novi sistem i uporedila ga sa sistemima drugih država, što dotadašnja istraživanja nisu prikazala; knjiga je korišćena i u nastavnom procesu, što je takođe doprinelo velikom interesovanju (Holweg, 2007). Nakon objave knjige, počele su sledeće faze IMVP programa i širenje Lean proizvodnog sistema ka ostalim industrijama, ne samo u okviru automobilske. Nekoliko veoma bitnih članova programa napustili su IMVP i osnovali svoje istraživačke centre kako bi širili znanje i značaj Lean načina razmišljanja.

Kako ne bi došlo do preplitanja termina i metodologija koje se često koriste u kontekstu Lean-a, pojedini autori prikazuju faze razvoja Lean-a (tabela 2.3) da bi se jasnije uvidela slika, njegov nastanak i faze razvoja (Holweg, 2007; Shah & Ward, 2007).

Tabela 2.3. Faze razvoja Lean-a, prilagođeno prema Holwegu, Shah i Ward

<b>1927</b>	<b>Henri Ford objavljuje knjigu o Ford proizvodnom sistemu (FPS)</b>
<b>1932-1950</b>	1932- Taichi Ohno počinje sa radom u kompaniji Toyota razvoja 1936-37- osnovana je kompanija Toyota Motor Corporation u gradu Koromo, Japan i otpočeta proizvodnja modela A. Kichiro, Eiji i Ohno počinju sa izgradnjom TPS na osnovama FPS, gde metod JIT zauzima ključnu komponentu sistema. 1950- štrajk u Toyoti dovodi do bankrota i povlačenja Kichiro Toyode sa mesta direktora. Eiji Toyoda postaje novi direktor kompanije.
<b>1973</b>	Naftna kriza otvara interesovanje zapada za Japanskom proizvodnjom
<b>1977</b>	Sugimoro i dr. objavljuju prvu knjigu o TPS
<b>1978</b>	Ohno objavljuje knjigu TPS
<b>1979</b>	Druga naftna kriza i početak IMVP programa
<b>1981</b>	Shingo objavljuje knjigu o TPS
<b>1982</b>	Honda otvara fabriku u Ohaju, USA
<b>1983</b>	Nissan otvara fabriku u Tenesiju, USA. Monden objavljuje knjigu TPS

1984	NUMMI, zajednička fabrika Toyote i General Motorsa otvorena u Fremontu, na lokaciji bivše fabrike.
1986	Počinje detaljna rad na IMVP programu. John Krafcik objavljuje prvu studiju benčmarking analize IMVP programa
1988	Krafcik je prvi upotrebio termin Lean u svom radu kako bi opisao proizvodni sistem Toyote
1990	Womack i dr. objavljuju knjigu “Mašina koja je promenila svet”
1996	Womack i Jones objavljuju knjigu” Lean filozofija”
2000	Počinje masovna publikacija radova o Lean-u, kao i njegova primena u praksi
2003	Toyota nadmašuje proizvodnju automobila u odnosu na Ford i postavlja ga na drugo mesto
2004	Liker objavljuje knjigu “ Put Toyote”
2006	Toyota postaje najveći proizvođač automobila u svetu

## 2.7 Lean – globalna primena

Nakon pojave termina Lean u radovima Krafcik (1988), potom u knjizi Womack & Jones (1996), Lean filozofija je pronašla primenu ne samo u automobilskom sektoru iz koje je nastala, već i u drugim proizvodnim i uslužnim delatnostima, sa ciljem eliminacije pojava koje dovode do gubitka u vremenu, proizvodnji i kvalitetu, sa naglaskom na kontinualano unapređenje procesa kreirajući proizvode i usluge zahtevane od strane korisnika.

Kako bi postali Lean mnoge organizacije, proizvodne i uslužne, pronalaze i kombinuju alate Lean-a koji će im pomoći u realizaciji svojih aktivnosti i postizanju cilja. Veliki broj naučnih radova prikazuje značaj primene Lean filozofije u eliminaciji gubitaka. Pojedini alati, tehnike i metodologije Lean-a koje se spominju u literaturi, nalaze primenu u praksi i doprinose povećanju efikasnosti procesa i smanjenju gubitaka kao što su:

*VSM* (value stream mapping-mapiranje toka vrednosti; (Rother & Shook, 2003, Hines et al., 1998; Yang, Lu, 2011).

*Kanban/Pull* (Niepce & Molleman, 1996; Lander & Liker, 2007; Pool et al., 2011; Rafael & Ali, 2012).

*JIT* – just in time (Prickett, 1994; Wu, 2003; Comm & Mathaisel, 2005; Wong et al., 2009, Rafael, Ali, 2012; Fawcett & Pearson, 2015).

*5S* – Sortirati, organizovati, očistiti, standarizovati, održavati (Hirano, 2009; Parry & Turner, 2006; Villa, 2010; Hodge et al., 2011; Jaca et al., 2014; Sremcev et al., 2018).

*Kaizen* – kontinualano unapređenje (Modarress et al., 2005; Scroll & For, 2012, Jaca et al., 2014).

*SMED* -single minute exchange of dies/zamena alata za jednocifren broj minuta (Hines et al, 1998; Hodge et al., 2011; Braglia et al., 2016).

*Heijunka* – nivelisanje proizvodnje (Hines et al., 1998; Wu, 2003; Lander & Liker, 2007; Pool et al., 2011; Korytkowski et al, 2014).

Vizualni menadžment / *andon* table i signalizacija (Hines et al., 1998; Parry & Turner, 2006; Hodge et al., 2011).

*Poka yoke*–eliminacija pojave greške (Hines et al., 1998; Wong et al, 2009; Vinodh et al., 2010; Shenoy, 2016; Lazarevic et al., 2019).

*Jidoka*–inteligentna automatizacija (Hines et al., 1998, Lander & Liker, 2007; Mohammed, 2016)

Zdravstvene organizacije su uvidele veliku korist u zadnjih nekoliko godina (Burgess & Radnor, 2013) eliminišući gubitke, redove čekanja pacijenata, koristeći alate i principe Lean-a: Vsm, kanban, kaizen događaj, 5S i mnoge druge. U radu (Daultani, Chaudhuri, & Kumar, 2015) je data detaljna analiza 355 radova iz oblasti primene Lean-a u zdravstvenom sektoru, sa naglaskom na rast primene tokom godina, kao i na alate i tehnike koje su najčešće primenjivani u datom uslužnom sektoru. Lean je na samom svom početku bio fokusiran ka industriji, kreiranju vrednosti za korisnika, a ne ka sigurnosti pacijenta, što je u suprotnosti sa ciljem zdravstvenih ustanova, te se period čekanja za uvođenje lean-a u zdravstvu nakon nekoliko decenija može pridodati toj razlici. Građevinska industrija je u zadnjim decenijama prikazivala veliki pad produktivnosti i povećanje gubitaka, a rešenje je pronašla primenom Lean-a. Tako je u radovima Koskela (1992) Lean filozofija prvi put primenjena u građevinskom sektoru i ukazala na razlike tradicionalnog pristupa: da jasnim postavljanjem cilja, fokusom ka maksimizaciji korisničkih potreba na projektnom nivou, dizajniranjem konkurentskih proizvoda i usluga i kontinualnim unapređenjem svih procesa može postići korporacijski uspeh i povećanje stepena produktivnosti (Aziz & Hafez, 2013). U daljim radovima (Gabriel, 1997) ukazano je da tradicionalni pristup projektnog menadžmenta dovodi do obimnije dokumentacije, ponovljenih procedura, povećanje troškova angažovanja velikog broja timova i konsultantskih kuća. Na osnovu dugogodišnje studije slučaja dva velika građevinska projekta prikazuje se značaj uključivanja Lean principa i svih učesnika u procesima rada, što je dovelo do sniženog stepena rizika, povećane motivacije i zadovoljstva svih učesnika projekta.

Organizaciono okruženje obrazovnih institucija zadnjih godina se drastično menja i zahteva konstantnu promenu i korisnički fokus. Broj studenata se svake godine povećava i obrazovni sistem postaje deo masovne proizvodnje znanja za sve veći broj zahtevnih korisnika. Menadžment totalnog kvaliteta koji se pojavljuje '90-tih godina, naterao je mnoge industrije, a tako i obrazovni sektor da krene u potragu za boljim rešenjima kako bi privukao nove korisnike, unapredio svoje procese i uspeo da se takmiči sa sve konkurentnijim tržištem.

Prve veće studije Lean-a u obrazovanju se pojavljuju u radovima autora Alp (2001). Alp u svom radu kreira Lean transformacioni model koji se može primeniti u obrazovnom sistemu. U

datom modelu, koji je primenjen na fakultetu za Inženjerstvo Univerziteta Tenesi, naglašava se da je osnovna svrha fakulteta istraživanje, nastava i pružanje usluga iz kog proizilaze ciljevi obrazovne ustanove koji su povezani sa principima Lean-a, da kreiraju vrednosti i eliminišu gubitke, a te vrednost se navode kao primljeno znanje koje student kasnije može primeniti. Takođe, u radu je dat i prikaz procesa prenošenja znanja ka studentima u kom glavnu ulogu igraju povratne informacije koje student može da pruži, kao i način kontrole i provere znanja koji se odvija u vidu redovnih zadataka, kolokvijuma i ispita. Osnovne prednosti Lean modela koje se navode u radu u odnosu na tradicionalni model obrazovanja su: svi kursevi su otvoreni za upis bez obzira na broj studenata; kroz unapred definisane ciljeve i date instrukcije student će kroz zajednički rad sa profesorom lakše savladati gradivo; kreiraju se jači odnosi između studenata i profesora; na početku godine studentima je dat jasan cilj, šta mogu da očekuju od datih predmeta i kurseva; pri izradi kurikuluma, prvo se zadovoljavaju studentske potrebe i želje; studenti uče svojim tempom koji im najviše odgovara (Alp, 2001).

## **2.8 Lean principi**

Nakon objave knjige “Mašina koja je promenila svet“, Womack i Jones nailaze na brojna pitanja od strane menadžera i direktora mnogih kompanija širom sveta. Jedno od glavnih pitanja koje nije objašnjeno u knjizi je bilo: Kako primeniti Lean? Pored ovog pitanja bilo je od značaja kompanijama kako naterati i druge dobavljače u lancu da postanu Lean i bilo je neohodno kreirati principe kojima će se voditi na putu ka ostvarenju svog cilja. Ujedno ovo je bila ideja autora za pisanje knjige „Lean razmišljanje“ (Lean thinking) koja je prvi put objavljena 1996. godine. Kako su bili okupirani komparativnom analizom automobilske industrije u to vreme, nisu imali velikog iskustva iz oblasti drugih industrija koje su primenjivale Lean. Međutim u periodu od četiri godine, kako bi dali odgovore na prethodna pitanja, otpočeli su nova istraživanja zajedno sa pedeset različitih kompanija koja će im pomoći u formulisanju principa i kreiranja puta ka Lean ostvarenju.

Lean način razmišljanja omogućavao je kompanijama da definišu vrednosti, grupišu operacije i procese u tok koji omogućava kreiranje vrednosti korisnika na najproduktivniji način, bez prekida i kontinuiran rad ka unapređenju svih procesa. Upravo ovo govori o pet osnovnih principa Lean razmišljanja formulisanih u knjizi Lean thinking: razumevanje korisničkih potreba, koje dovode do kreiranja i definisanja vrednosti; identifikovati tok stvaranja nove vrednosti; obezbediti konstantan i kontinualan tok. Tok u smislu izbegavanje prekida i zastoja, kao što je to bio slučaj u tradicionalnoj masovnoj proizvodnji. Kako bi se dati problemi eliminisali neophodno je pronaći aktivnosti i operacije koje ne dodaju vrednosti proizvodu ili usluzi, smanjiti njihov uticaj i obezbediti tok proizvodnje i pružanja usluge- kreirati pull sistem. Ne dozvoliti nagomilavanje zaliha koje dovode do povećanja troškova, ne gurati proizvod ka korisniku, već sačekati signal kada korisnik datu uslugu ili proizvod naruči i tada ga isporučiti, omogućiti isporuku u pravo vreme (JIT).

Kompanije moraju uključiti korisnike u kreiranje, dizajn i samu izradu svojih proizvoda ili usluga, jer će samo na taj način u pravo vreme, ciljnim korisnicima obezbediti vrednosti koje su

oni spremni da plate; težnja ka savršenstvu. Poslednji princip lean-a ukazuje da je neophodno konstantno težiti ka poboljšanju svih procesa i operacija, kako bi se dati sistem unapredio eliminišući gubitke i stvarajući vrednosti (Womack & Jones, 1996).

Prvi princip Lean sistema odnosi se na definisanje vrednosti proizvoda ili usluge. Vrednosti koje je kupac spreman da plati u određenom momentu sa definisanom cenom koje ispunjavaju potrebe koje kupac očekuje. U ovakvim situacijama vrednost definiše krajnji korisnik, a proizvođač je stvara. Kako bi kreirali vrednosti koje kupac očekuje prvo je potrebno saznati ko je kupac. Istražiti koje su njegove želje i očekivanja od usluge ili proizvoda koja mu je neophodna i zadovoljava njegove potrebe. Japanski proizvodni sistem odgovor na ova pitanja pronalazi na mestu u kom se stvaraju vrednosti. Stvaranje vrednosti direktno je povezano sa redukcijom troškova. Vrednost u Lean sistemu je povezana sa zahtevima korisnika, a ne sa zahtevima proizvodnog pogona jer korisnik na kraju određuje šta je vrednost proizvoda ili usluge a šta ne (Hines, Holweg, & Rich, 2004).

Identifikovati tokove koji stvaraju vrednost, predstavlja drugi princip. Vrednosni tokovi su sve one aktivnosti koje dati proizvod ili uslugu transformišu iz sirovih materijala u gotov proizvod. Početni korak tog puta je svakako analiza i dizajn proizvoda koji se odvija u prvim fazama procesa podržan informacijama i podacima koje menadžment obezbeđuje od strane kupaca i drugih dobavljača kako bi se obezbedile informacije u pravo vreme. U okviru ovog principa potrebno je definisati aktivnosti koje dodaju vrednost proizvodu ili usluzi i uočiti sve one ostale koje su čist gubitak, koje je potrebno ukloniti odnosno umanjiti njihov uticaj.

Nakon definisanja vrednosti i eliminacije gubitaka u procesima potrebno je obezbediti kontinualan tok, bez zastoja. Posmatrajući masovnu proizvodnju automobila na zapadu, Ohno i Eiji Toyoda uvideli su velike nedostatke koji su se ogledali u velikim zastojima proizvodnje i kreiranju zaliha koji su za posledicu imali pojave defekata koji se nisu lako mogli uočiti i otkloniti na vreme (Liker, 2004). Ford je prvi primenio sistem kontinualanog toka na svojoj montažnoj liniji modela T. Međutim ovo je bilo moguće samo u situacijama masovne proizvodnje u velikim serijama pojedinačnog modela. Ohno je želeo različite varijante proizvoda u malim serijama. Ohno je uspeo da ostvari tok i u kompleksnom okruženju u saradnji sa Shigeo Shingom primenom alata SMED, pri kom je zamena alata moguća u nekoliko minuta, te je bilo lako preći sa jednog proizvoda na drugi bez zastoja (Womack & Jones, 1996). Neophodno je odbaciti tradicionalni način razmišljanja o postojanju funkcija i departmana u organizacijama i preći na definisanje vrednosti duž toka kako bi se eliminisali gubitci.

Kao što je naglašeno u prethodnom delu, prekomerna proizvodnja dovodi do stvaranja zaliha i nagomilavanja delova i elemenata koji postaju deo nedovršene proizvodnje (WIP-od engleske reči Work in process). Ovi efekti su rezultat lošeg planiranja koji se zasniva na principu masovne proizvodnje. Izbegavanje ovih efekata moguće je primenom *pull* sistema (povlačenje) koji predstavlja četvrti princip Lean-a. Pull sistem podrazumeva proizvodnju samo onih proizvoda koji su naručeni od strane kupca, odnosno onih delova koji su neophodni i zahtevani od strane

sledeće operacije u procesu. Na ovaj način neće se proizvoditi i gurati (*push*) delovi nedovršene proizvodnje ka sledećoj operaciji jer nisu potrebni ni naručeni.

Nakon primene prethodna četiri definisana principa, poslednji princip odnosi se na težnju ka savršenstvu. Zaposleni koji su primenili prethodne principe vrlo lako uočavaju da je to neprekidan tok u kom se nove greške, novi gubici konstantno definišu, kreiraju novi redefinisani i izmenjeni tokovi koje je moguće beskonačno unapređivati kako bi se postiglo savršenstvo. Principi su međusobno povezani i konstantnom težnjom ka ostvarenju jednog principa novi problemi i gubici se stvaraju, nad kojim je potrebno primeniti nove alate i metode kako bi se eliminisali.

Pored izvornih principa Toyote mnogi autori definišu nove principe zasnovane na prethodno definisanim, objavljenim u knjizi “Lean thinking” autora Womack i Jones-a (Beker et al., 2017; Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz, 2012). Tako Liker definiše 14 principa u knjizi “Toyota way”, 5 principa Flichbaugh u knjizi “The Hithchiker’s guide to Lean“. Cardiff univerzitet pronalazi nedorečenosti pojedinih principa i predstavlja novih 8 principa. Svi ovi principi zasnovani su na problemima i poteškoćama pojedinih organizacija na njihovom putu eliminacije gubitaka koji ne dodaju vrednosti određenom proizvodu. Svaki od ovih principa je moguće primeniti na putu ka postizanju savršenstva.

Lean nastavlja svoj put konstantnog razvoja i odavno je izašao van granica automobilske industrije. Pojedini autori su mišljenja da bilo koji alat, tehnika i metoda koji se koristi u proizvodnji da bi se eliminisali gubici i stvorile vrednosti, je u liniji sa Lean načinom razmišljanja. Pojedini koncepti poput varijabilnosti potražnje ili dostupnost proizvodnih resursa nisu deo metodologije Lean-a ali se mogu iskoristiti kao deo šireg spektra Lean strategije (Hines et al., 2004).

## **2.9 Poslovni procesi**

Osnovni cilj proizvodnje i usluge je zadovoljstvo krajnjeg korisnika, privredni i društveni razvoj kako bi se ostvario profit, odnosno ostvarila razlika cene koštanja uložениh resursa u odnosu na cenu koštanja izlaza, cenu koju je korisnik spreman da plati (Carreira, 2005). Proizvodnja je mreža procesa i operacija koje se odvijaju u tim procesima (Shingo, 1989). Postoje mnoge definicije procesa, zajedničko za sve autore bi bilo da poslovni proces predstavlja seriju kontinualnih aktivnosti koje su prirodno povezane sa radom koji se odvija u tim aktivnostima radi postizanja željenog izlaza (Rhyder, 1997; Hammer & Champy, 1993, Zelenović, 2003; Harmon, 2010). Proces usluga i proizvodnje su slični po pitanju načina na koji se data usluga ili proizvod kreće kroz različite faze, a zajedničko im je da postoji ulaz, transformacioni proces i izlaz iz sistema (Slack et al., 2004; Reid & Sanders, 2005). Pojedini autori navode razlike i klasifikuju ih kao otvorene i zatvorene sisteme (Grönroos & Ojasalo, 2004). Otvorene u smislu uključivanja korisnika kao inputa i njegovu participaciju u procesima u kojima se rezultat meri stepenom zadovoljstva korisnika i zatvorene u smislu odsustva korisnika iz samog procesa gde rezultate određuje kompanija na osnovu standarda kvaliteta.

Kompanije moraju da redefinišu i redizajniraju svoje proizvodne procese kako bi odgovorile na sve veće i kompleksnije zahteve tržišta (Modarress et al. 2005). Stoga je neophodno kreirati modele koji će podržati proizvodne sisteme i reinženjering njihovih procesa, odnosno kreirati model koji će služiti za projektovanje efikasnih procesa od samog starta. Reinženjering predstavlja fundamentalno radikalnu promenu poslovnih procesa kako bi se ostvarila dramatična poboljšanja poslovnih performansi, kao što su kvalitet, trošak, usluga i brzina (Hammer & Champy, 1993). Kompanije ne vrše reinženjering nad svojim departmanima, kao što su prodaja, marketing, proizvodnja, nabavka, već nad poslovima koji ljudi u tim departmanima rade. Mnogo autora definisalo je metodologije reinženjeringa poslovnih procesa i ukazalo na korake njihove implementacije: definisanje ciljeva procesa, identifikacija procesa koji zahtevaju reinženjering, implementacija novih procesa, merenje performansi, kontinualano unapređenje novih procesa (Furey, 1993; Harrison & Pratt; 1993; Richard & Dewitte, 1998)

Sama priroda projektovanja proizvodnih procesa je kompleksna. Uključuje veliki broj odluka, projekatana, inženjera, projektnih menadžera i ostalih elemenata sistema. Projektovanje je faza u kojoj se ideje korisnika konceptualizuju u fizički model: definišući njihove želje i potrebe u procedure, nacрте i tehničke specifikacije (Freire & Alrcon, 2002). Nekoliko autora navode planiranje i kontrolu pri projektovanju kao faze u kojima vlada kaos prouzrokovan putem loše komunikacije, nedostatka potrebne dokumentacije i informacija, slabe međusobne koordinacije i nedefinisanog sistema odlučivanja (Koskela et al. 1997).

## **2.10 Projektovanje procesa**

U knjizi autora Guerindon (1997) kontinualan tok proizvodnje je opisan kao tok niskog nivoa reke. Nizak u smislu nivoa zaliha. “Kada je nivo reke nizak, vidi se kamenje i moguće je ispraviti situaciju. Međutim kada je nivo reke visok, kamenje nije moguće uočiti i tako nastavljam da živimo sa problemom”.

Termin Lean projektovanja predstavlja primenu Lean principa koji se fokusiraju na eliminaciju grešaka i na aktivnosti koje ne dodaju vrednost krajnjem korisniku, pri projektovanju procesa (Freire & Alrcon, 2002). Termin uzima u obzir tri gore pomenuta pogleda pri projektovanju: tok, vrednost i konverziju ulaznih veličina u izlazne. Autori (Ko & Chung, 2014) u svom radu primenjuju koncept Lean proizvodnog sistema kako bi projektovali Lean process. Razvijaju dati proces na osnovu elemenata: analize toka vrednosti, procesa implementacije i verifikacije. Gubitak se prvo uočava primenom alata VSM. Novi dizajn procesa rada se predlaže primenom Lean principa. Dati dizajn je podeljen u tri etape: preliminarni dizajn, osnovni dizajn i detaljni dizajn. U svakoj etapi se uočavaju gubici i sprovode korektivne mere. Na kraju ceo proces se verifikuje. U radu je prikazano da ovakav pristup projektovanju može doprineti smanjenju gubitaka i povećanju stepena zadovoljstva korisnika. Zadovoljstvo korisnika počinje kreiranjem dizajna određenog proizvoda i usluge. Odluke donešene u ovoj fazi utiču na ostale operacije rada i na sam uspeh organizacije. Shodno tome, projektovanje procesa i planiranje kapaciteta utiču na funkcionisanje proizvodnog sistema i ostvarivanje željenog cilja postavljenog od strane korisnika.

Matrica proizvoda i procesa je alat koji analizira odnos između životnog ciklusa proizvoda i životnog ciklusa procesa. Autori Hayes i Steven (1979) iskoristili su ovu matricu kako bi prikazali strategijske opcije raspoložive kompanijama. Matrica se sastoji od dve dimenzije: strukture proizvoda i procesa. Proizvodni proces koji kreira proizvod kreće se u matrici kroz niz etapa: počinje sa veoma fleksibilnim procesima, sa visokom cenom koštanja i pomera se ka povećanom stepenu standardizacije, mehanizacije i automatizacije sve do nefleksibilnog procesa ali efikasnog u smislu cene koštanja. Dimenzija procesne strukture opisuje izbor procesne strategije (pojedinačna proizvodnja, serijska proizvodnja, velikoserijska proizvodnja, masovna proizvodnja) i procesnu strukturu (mrežni tok, prekinut linijski tok, povezan linijski tok i kontinualan tok). Dimenzije proizvodne strukture opisuju 4 etape životnog ciklusa proizvoda (od malih količina do velikog broja) i proizvodne strukture (od nisko standardizovanih do visoko standardizovanih proizvoda).

Zauzimajući odgovarajuće polje u matrici moguće je klasifikovati organizacije prema izboru njihove proizvodne i procesne strukture. Gornje levo polje karakteriše organizacije koje su procesno orijentisane, (tabela 2.4) dok niže desno polje karakteriše proizvodno orijentisane organizacije. Odluka da li će organizacija zauzeti donje ili gornje polje određuje organizaciju proizvodnog sistema i grupisanje svojih sredstava oko proizvoda ili oko procesa.

Kompanije koje zauzimaju gornja polja zahtevaju visoko kvalifikovanu radnu snagu i profesionalce u svojim tokovima. Ovakvi sistemi su veoma fleksibilni ali ne toliko i efikasni i imaju visoku cenu koštanja. Donje polje matrice karakteriše nekvalifikovanu ili srednje kvalifikovanu radnu snagu i nefleksibilnost, sa niskom cenom koštanja.

Tabela 2.4. Matrica proizvod-proces (Hayes & Steven, 1979)

Struktura procesa. Faza životnog ciklusa procesa	Struktura proizvoda. Faza životnog ciklusa proizvoda	Male količine. Jedinствeni proizvod	Male količine. Višestruki proizvodi	Veće količine. Standardizovani proizvodi	Masovna proizvodnja. Visok nivo standardizacije
	Projekti				
Mrežni tok. Pojedinačna proizvodnja	→	Pojedinačna proizvodnja			
Prekinut linijski tok. Serijska proizvodnja	↓		Serijska proizvodnja		
Povezan linijski tok. Veliko serijska proi.				Veliko serijska proizvodnja	
Kontinualan tok. Masovna proi.					Masovna proizvodnja

## 2.11 Alati i tehnike

Kako bi se obezbedio tok u proizvodnji Lean gubitke je potrebno uočiti, identifikovati, pronaći uzroci njihovog nastajanja i na kraju eliminisati uz korišćenje odgovarajućih alata (Baskaran, 2018), u suprotnom gubici će nastaviti da se nagomilavaju i stvaraju nove negativne efekte u sistemu. Studijom slučaja, autor određuje procentualni udeo svakog od sedam vrsti



gubitaka u ukupnom gubitku kompanije, kako bi uvideo gubitke sa najvećim efektima i pronašao odgovarajuću strategiju njihove eliminacije.

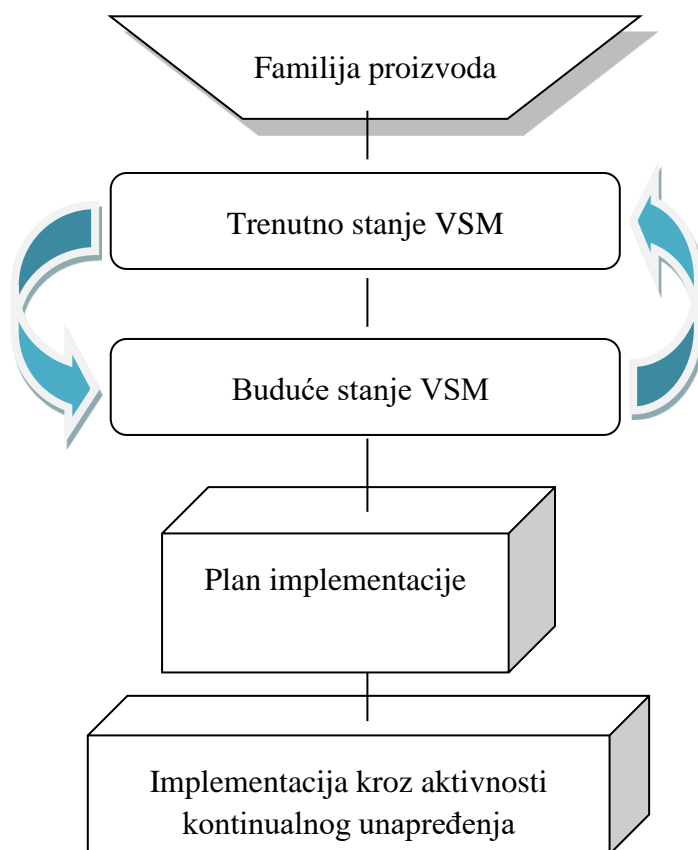
Zajedno sa Lean ekspertom, autor kreira matricu Lean alata i Lean gubitaka, a putem skale od 1-5 određuju nivo međusobnih odnosa i korelacije. U datoj studiji najveći gubitak u sistemu pokazao se gubitak transporta gde su alati 5S, standardizacija i organizacija radnih ćelija prikazali najveći doprinos u njegovoj eliminaciji. Potom slede alati totalno produktivnog održavanja, 5s, JIT i drugi. Na ovaj način prioritet prilikom eliminacije gubitaka se svodi na primenu datih alata, kako bi se prikazao maksimalni učinak i onemogućilo dalje širenje i ekspanzija gubitaka u sistemu.

Autori (Satolo et al., 2018) pregledom literature ukazuju na vezu Lean alata i njihovog uticaja na pojedine stubove proizvodnje svetske klase (WCM) koja je razvijena od strane američkih autora i predstavlja novi metod proizvodnje zasnovan na principima TPS (Hayes & Wheelwright, 1984). Ovim radom su želeli da ukažu pre svega na alate koji imaju najveći doprinos implementaciji Lean-a i WCM. Rezultati su putem mišljenja stručnjaka iz oblasti Lean i WCM ukazali na alat VSM kao najefikasniji. Alat omogućava sagledavanje protočnog (LT), pripremnog i ciklusnog vremena (CT), broj operatera koji su usko povezani sa ključnim pokazateljima performanse sistema kao što su troškovi, kvalitet i vreme. Sledeći alati su 5s, Kaizen, TPM, standardizacija, i ostali. Rezultati ovog istraživanja u mnogome se poklapaju sa sličnim empirijskim istraživanjima sa fokusom na uočavanje najefikasnijih alata u eliminaciji gubitaka (Jasti & Kodali, 2014). U nastavku će biti prikazani alati 5S i VSM koji su korišćeni u ovoj disertaciji, a koji su ujedno i jedni od najčešće korišćenih alata.

#### 2.11.1 Mapa toka vrednosti – VSM

Mapa toka vrednosti je u Toyoti upotrebljena kako bi se prikazalo sadašnje i buduće stanje procesa prilikom Lean implementacije (Rother & Shook, 2003). U proizvodnji prema Toyoti postoje tri osnovna toka: tok vrednosti, informacija i ljudi. VSM prikazuje tokove vrednosti i tokove informacija. Vrednosni tok predstavlja sve one aktivnosti koje dodaju i ne dodaju vrednosti, koje su potrebne kako bi proizvod dovele od stanja sirovine do konačnog kupca, odnosno od momenta porudžbine do konačne isporuke. Mapa predstavlja alat koji pomaže u sagledavanju i razumevanju tokova materijala i informacija dok proizvod prolazi kroz svoje tokove vrednosti. Nakon sagledavanja svih procesa kroz koje prolazi proizvod, potrebno je putem određenog seta pitanja kreirati mapu budućeg stanja koja će prikazati kako će se vrednosti dalje kretati i kreirati. Mapa daje uvid u 8 osnovnih gubitaka Lean-a (Beker et al., 2017).

Osnovne faze kreiranja VSM predstavljene su u knjizi „ Learning to see“ autora Rother i Shook prvi put objavljena 1998. godine od strane Lean instituta, čiji je osnivač autor knjige “Mašina“ James P. Womack. Faze su predstavljene na slici 2.6, prilagođene prema autoru Dugan (Duggan, 2013).



Slika 2.6 Koraci kreiranja VSM

Kako bi se otpočelo sa izradom VSM, potrebno je pre svega odrediti odgovarajući tok vrednosti koji se analizira (Narayanamurthy, Gurumurthy, & Moser, 2018), pa potom familiju proizvoda ili proizvod predstavnik za koje se formira VSM. Pogrešan izbor toka može dovesti do greške u primeni alata i samoj promeni organizacije. Familija proizvoda predstavlja grupu proizvoda koji prolaze kroz slične procesne faze i kroz slične operacije i opremu, kao što je prikazano u tabeli 2.5, za proizvode A, B, F i G. Takođe, izradom ABC analize i uočavanjem proizvoda sa najvećim količinama i najvećim učinkom u prihodu, može se doći do familije proizvoda za koju će se raditi VSM (Braglia, Carmignani, & Zammori, 2006).

Tabela 2.5 Familija proizvoda za izradu VSM

Proizvod	Koraci kroz koje prolazi određen proizvod					
	1	2	3	4	5	6
<b>A</b>	x	x		x	x	x
<b>B</b>	x	x		x	x	x
<b>C</b>	x				x	x

<b>D</b>	x	x		x		
<b>E</b>	x		x		x	x
<b>F</b>	x	x	x	x	x	x
<b>G</b>	x	x		x	x	x

Redak je slučaj da u sistemima postoji osoba koja poznaje tokove vrednosti, tokove informacija i materijala kroz koje prolazi dati proizvod. Zato je zadatak učesnika proizvodnih sistema i menadžera da se odvoje od tradicionalnog načina posmatranja, gde vlada hijerarhijska struktura i gde su tokovi izgubljeni i da se fokusiraju na tokove koji kreiraju vrednosti njihovih proizvoda i tako pruže pomoć pri kreiranju VSM.

Neki od koraka koji uključuju izradu VSM zahtevaju: praćenje ciklusnog vremena, informacije o izmeni alata, uočavanje zaliha i drugih gubitaka, *gemba walk*, analizu defektnih proizvoda, kaizen događaj (Rahani & Al-Ashraf, 2012). Kreiranje mape trenutnog stanja realizuje se uz pomoć olovke, papira, štoperice i kamere kako bi se zabeležili procesi i načini rada. Kretanjem kroz same procese, analizama i razgovor sa operaterima su ključni elementi početne faze. Mapa trenutnog stanja treba da obuhvati sve procese “od vrata do vrata” kroz koje prolazi dati proizvod ili familija proizvoda kao i da obuhvati sve tokove informacija vezane za datu familiju. Mapa korisiti simbole kako bi se lakše predstavili procesi, tokovi informaciji, podaci i ostali elementi. Neki od simbola su predstavljeni na slici 2.7.



Slika 2.7. Simboli VSM

Na mapi se pored procesa, tokova informacija i zaliha ucrtavaju i sledeća vremena kao što je prikazano na slici 2.8.

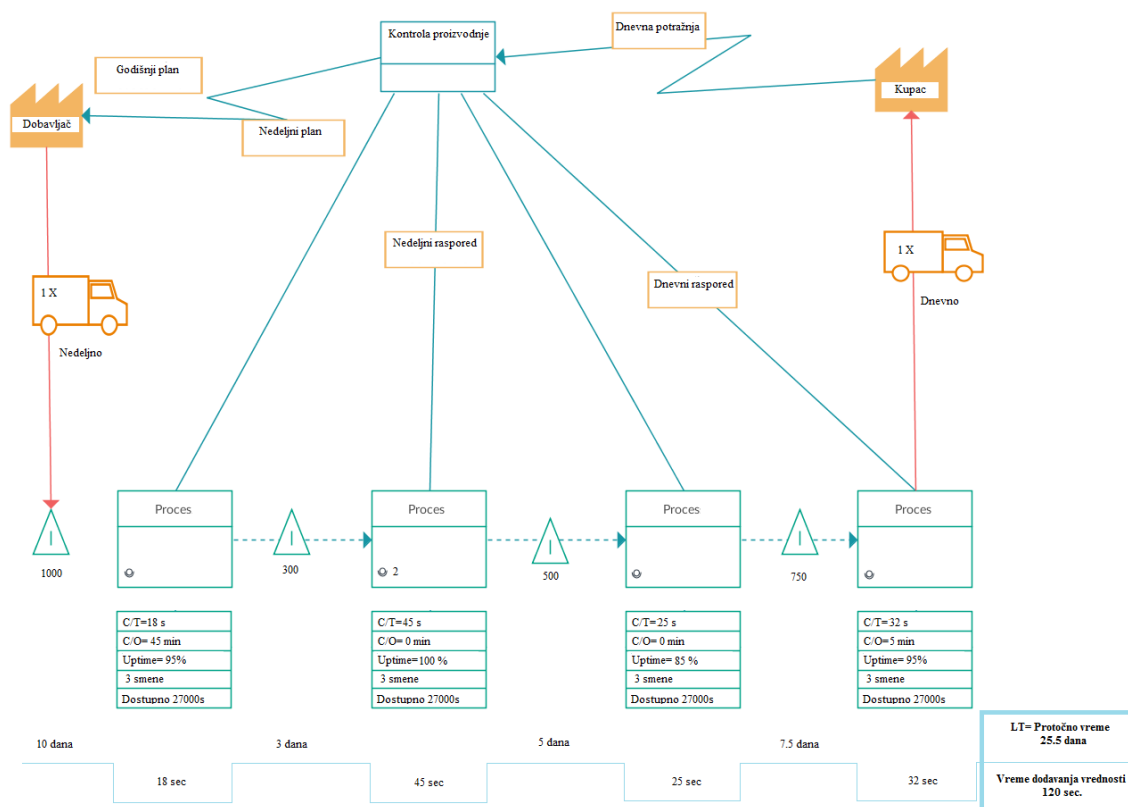
C/T – Vreme ciklusa (Cycle time): vreme koje pokazuje koliko često proizvod izlazi iz procesa. Vreme jedne operacije. Može se izračunati kao suma vremena rada čoveka i mašine za datu operaciju.

C/O – Vreme zamene alata (changeover time): vreme od momenta kada poslednji dobar proizvod X izađe iz procesa do momenta kada prvi dobar proizvod Y izađe iz procesa.

LT – Vreme potrebno proizvodu da prođe kroz sve procese, od momenta porudžbine do momenta isporuke.

Uptime – Stepenn iskorišćenja: procenat vremena u kojem je mašina ili proces u radu. Može se prikazati i na sledeći način: (Raspoloživo vreme - C/O tokom dana) / raspoloživo vreme \* 100 (Azizi & Manoharan, 2015).

Nakon što je određen tok procesa, prelazi se na tokove informacija. Jedan od dobrih načina uočavanja tokova informacija je postavljanje pitanja: kako operater zna šta sledeće da proizvodi? Ako operater mora da sačeka informaciju, odnosno da pogleda raspored koji mu je dat od strane menadžera proizvodnje tada se crta prava linija sa strelicom koja označava tok informacije od kontrole proizvodnje do procesa. Takođe i ostale informacije koje se šalju od strane kupca ili dobavljača označavaju se linijama na VSM.



Slika 2.8. Mapa toka stvaranja vrednosti

Nakon postavljanja trenutne situacije prelazi se na iscrtavanje budućeg stanja. Postavljanje odgovarajućeg seta pitanja može poslužiti pri kreiranju buduće mape tokova vrednosti (Braglia et al., 2006):

Koliki je takt? Da li će proizvodi zameniti proizvode u supermarketu na zalihama ili će biti isporučeni direktno kupcu? Gde će se upotrebiti kontinualni tok? Odakle će se rukovoditi proizvodnjom? Koji će se procesi unaprediti? Da li postoji mogućnost postizanja takta? Kako ujednačiti miks proizvoda? Takt proizvodnje predstavlja odnos raspoloživog vremena za proizvodnju i potražnju. Ukoliko je dnevna potražnja 100 jedinica proizvoda A, proizvodnja se odvija u jednoj smeni od 8 sati, uključujući pauze 30 min za obrok i još dva puta po 15min, raspoloživo vreme je u tom slučaju 7 sati.  $420 \text{ min} / 100 \text{ jedinica A} = 252 \text{ sekundi}$  je potrebno za izradu proizvoda A i to vreme predstavlja takt proizvodnje. Ostala pitanja biće detaljno objašnjena u nastavku disertacije, u delu kreiranja buduće mape.

Poslednja dva koraka kreiranja VSM odnose se na primenu datih rešenja buduće mape, postavljanjem implementacionih petlji i merljivim ciljevima. Petlje se kreiraju oko delova kojima je potreban tok i pull sistem. Kreiranjem petlji omogućava se pretvaranje budućeg stanja u realno izvodljive i upravljive delove. Datim delovima definišu se ciljevi kako bi se uvideli koraci unapređenja i pratilo stanje sistema. Korišćenjem predstavljenih koraka VSM izbegava se nasumično unapređenje procesa ili njegovih delova, nasumično izvođenje kaizen događaja koji ne doprinose rezultatima u proizvodnji. VSM omogućava sagledavanje kompletnog procesa svim zaposlenima kako bi se jasno fokusirali na eliminaciju gubitaka i unapređenje proizvodnog sistema. Interesantno je naglasiti da se transport i dužina transporta retko kad uzima u obzir prilikom iscrtavanja VSM mape, kao što je potvrđeno u velikom broju naučnih radova, dok se pojedini autori bave i tim delom VSM (Villarreal, 2012).

### 2.11.2 5S

Prema pojedinim autorima, 5S je polazna osnova Lean implementacija (Beker et al., 2017). Prikazuje jasne puteve za postizanje kontinualnog unapređenja (slika 2.9). To je ujedno jedan od najboljih alata koji podstiču promene i kreativnost zaposlenih (Jaca et al., 2014). Nastao je od japanskih reči (Hirano, 1995): Seiri- sortirati (otkloniti sve što nije potrebno), Seiton – organizovati (postaviti stvari na odgovarajuće mesto), Seison – očistiti (čistiti i brisati radno okruženje), Seiketsu – standardizovati (konstantno održavati prva tri S), Shitsuke – održivost (stvoriti naviku održavanja i uspostavljanja 5S).



Slika 2.9. 5S krug kontinualnog unapređenja kompanije Global Co.

Iako veoma pouzdan i korišćen od strane mnogih, 5S nailazi na niz barijera koje su predstavljene od strane Hirana, tvorca datog alata:

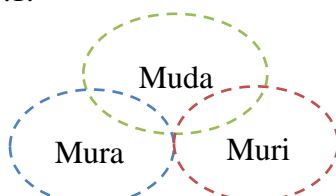
1. Šta je tako posebno u čišćenju i održavanju. To je prosta stvar i svi to znaju.
2. Zašto bi menadžer kompanije imao posla sa čišćenjem i održavanjem, umesto da se bavi poslovima prodaje i drugim aktivnostima.
3. Zašto čistiti kada će se ponovo napraviti haos. Haos je deo svakodnevnice na radnom mestu, prašina i nečistoća.
4. Primenom principa 5S neće se unaprediti produktivnost i povećati prodaja.
5. Zašto se opterećivati trivijalnostima. Nečistoća je trivijalan problem.
6. Sve je već čisto i organizovano. Međutim, to je samo površinski aspekt 5S, koji je neodrživ.
7. Najbolje se neko snalazi u haosu. Tako je sve uređeno i zna se gde je ostavljeno.
8. 5S je urađen odavno i što bi se neko vraćao na to.
9. 5S je samo za proizvodnju, za fabrike ne i za ostale sektore.

10. Operateri nemaju vremena da čiste za sobom i pretrpani su poslom.
11. Ko može da kaže kako će se organizovati nečije radno mesto.
12. Neke kompanije rade odlično i ne treba im 5S.

Međutim, autor predstavlja i niz benefita koji se postižu primenom 5S alata, među kojima su: smanjuje pojavu defekta, vremena čekanja, traženja; utiče na smanjenje zaliha, škarta, nepotrebne opreme i alata, nepotrebnog materijala; utiče na vek trajanja opreme; doprinosi čistijem okruženju. Dati benefiti pomažu pri eliminaciji pojava gubitaka, neuravnoteženosti i preopterećenja u celini.

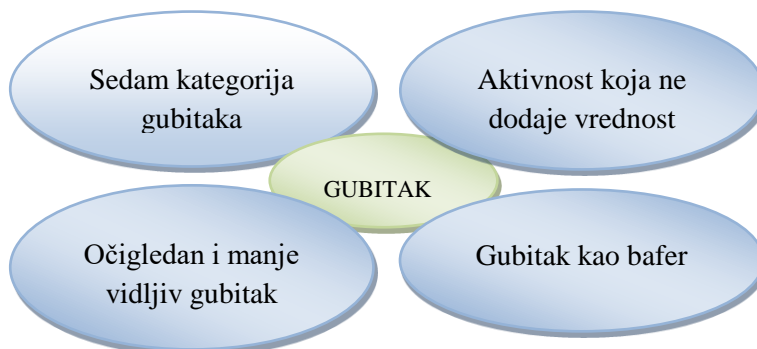
### 3 Stanje u oblasti Lean 3M

Lean-ov osnovni princip zasniva se na kreiranju vrednosti, eliminišući aktivnosti koje korisnik nije spreman da plati, one koje ne dodaju vrednost (Liker, 2004). Sve aktivnosti u poslovnim procesima se mogu podeliti u aktivnosti koje dodaju i one koje ne dodaju vrednosti proizvodu koje kupac ne želi da plati. Aktivnosti koje ne dodaju vrednosti proizvodu ili usluzi dele se na aktivnosti koje su neophodne da bi se proces izvršavao (npr. kontrola, dokumentacija, inspekcija) i na one koje je potrebno eliminisati (*muda*) slika 3.1.



Slika 3.1. Pojave 3M prema Likeru (2004)

Termin koji se često spominje kada se govori o Lean principima i samoj primeni filozofije Lean u praksi je termin gubitak (engleski naziv - waste). Međutim gubitak mnogi autori razumeju i interpretiraju na različite načine. Prvi put reči *muda*, *mura*, *muri* u literaturi u oblasti menadžmenta spomenute su u radu autora Schonberger (1982) gde je *muda* označavao gubitak, *muri* neumerenost i *mura* neujednačenost. Kasnije Taiichi Ohno (1988) predstavio je sedam kategorija *muda* u proizvodnji i definisao ih kao gubitak. Osnovna pitanja na koja su pojedini autori pokušali da nađu odgovore bila su (Thurer et al., 2017): koja je definicija gubitka i u kojoj formi se reč gubitak koristi? Detaljnim pregledom literature autori su uvideli četiri različita koncepta gubitaka koji se spominju, a to su: 1) koncept sedam gubitaka po Ohnu; 2) gubitak kao aktivnost koja ne dodaje vrednost (Ohno, 1988; Shingo, 1989); 3) očigledan i manje vidljiv gubitak (Hopp & Spearman, 2004)- očigledni gubici kao glavni izvor viška bafera: nepotrebni procesi, pripremno vreme, nepouzdana mašina, prepravke i manje vidljivi: gubici povezani sa varijabilnostima. Oni naglašavaju da varijabilnost u procesnim vremenima, rokovima isporuke, broju zaposlenih, visini potražnje doprinosi povećanju troškova bafera. Lean alati utiču na smanjenje očiglednih gubitaka, varijabilnosti i pretvaraju skuplje bafere (kao što su zalihe) u jeftinije (kao što je kapacitet); 4) i poslednji, gubitak kao bifer (višak zaliha, višak kapaciteta mašina ili ljudi) podržan od strane kompanija kako bi se uticalo na varijabilnost snabdevanja, procesnog vremena i potražnje (slika 3.2).



Slika 3.2. Prikaz upotrebe termina gubitak kreiran pregledom literature (Thurer et al., 2017)



Pregledom literature autori su definisali gubitak kao: ulaz bilo kog sistema koji nije transformisan u njegov izlaz u datom vremenu a predstavlja vrednost za korisnika. Dalje navode da postoje dve dimenzije gubitaka u sistemu: vidljiv ili očigledan gubitak kao što je to prikazano od strane Ohna i Shinga (1988, 1989) i gubitak kao bafer- gubitak koji nastaje zbog varijabilnosti u sistemu (varijabilnost potražnje, kvaliteta, snabdevanja). Malo je verovatno da postoji sistem bez gubitaka, sve dok postoji varijabilnost u sistemu. Po rečima pojedinih autora (Kanan et al., 2013), eliminacija gubitaka je moguća u svim oblastima proizvodnje i usluga, u sektorima ljudskih resursa, projektovanja, proizvodnim procesima, zalihama, kontroli, snabdevanju, skladištenju.

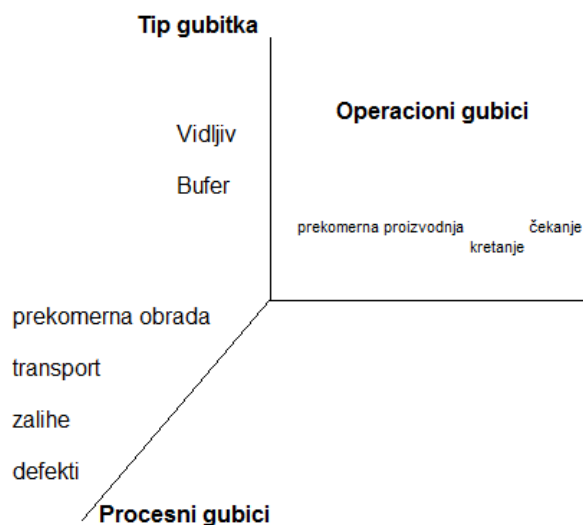
### 3.1 Muda

Taiichi Ohno (1988), Toyotin izvršni direktor identifikovao je sedam tipova aktivnosti koje ne dodaju vrednosti (*muda*) i definisao ih kao faktore koji se javljaju nakon postignutog minimuma potrebnih resursa, opreme, materijala i ljudi neophodnih u proizvodnji.

1. Transport - Nepotrebno pomeranje i transport materijala i proizvoda u procesima.
2. Zalihe – Zalihe materijala koje su u procesima proizvodnje kao i skladištenje materijala, gotovih proizvoda iznad optimalnog minimuma koje rezultira povećanju troškova zaliha, vremena i nastajanje kvarova.
3. Kretanje – Nepotrebno kretanje materijala, alata, ljudi kako bi obavili date operacije kao što je traženje, preuzimanje i odlaganje alata, materijala ili proizvoda.
4. Prekomerna proizvodnja – Proizvodnja preko potražnje (push) kako bi se obezbedile zalihe i povećala vremena čekanja. Proizvodnja proizvoda za kojima nema potražnje.
5. Prekomerna obrada – Prekomerna obrada delova, proizvoda – posledica loših alata i lošeg projektovanja.
6. Čekanje – Čekanje na prethodne aktivnosti kako bi otpočele nove. Čekanje zaposlenog nad automatizovanom mašinom kako bi mašina završila datu operaciju da bi se proizvod, alat ili deo prosledio dalje. Čekanje zbog kvara mašine, čekanje na proizvodnju zbog nedostatka zaliha.
7. Defekti – Proizvodnja defektnih delova, koji potom zahtevaju dodatnu obradu.

Kasnije mnogi autori kreirali su nove vidove gubitaka kao što su: previše informacija i kompleksnosti (Macomber & Howell, 2004), neiskorišćeno znanje, veštine i sposobnosti zaposlenih prema Likeru (2004),

Shingo (1989) kreira dve kategorije gubitaka: Kategorija procesnih i kategorija operacionih gubitaka, a potom Thurer i drugi (2017) kreiraju i dve dodatne dimenzije gubitaka predstavljene na slici 3.3.



Slika 3.3. Dimenzije gubitaka (Thurer et al., 2017)

Pored gubitaka koji su definisani od strane Ohna (1988), autori Reusch & Reusch (2013) navode i dodatna dva gubitka u oblasti lean projektno orijentisanih proizvodnih sistema: nedostatak efikasnosti (prikupljanje nepotrebne dokumentacije, slaba organizacija, problemi u komunikaciji) i nedostatak efektivnosti (ignorisanje dostupnih proizvoda, usluga i inovacija).

### 3.2 Mura

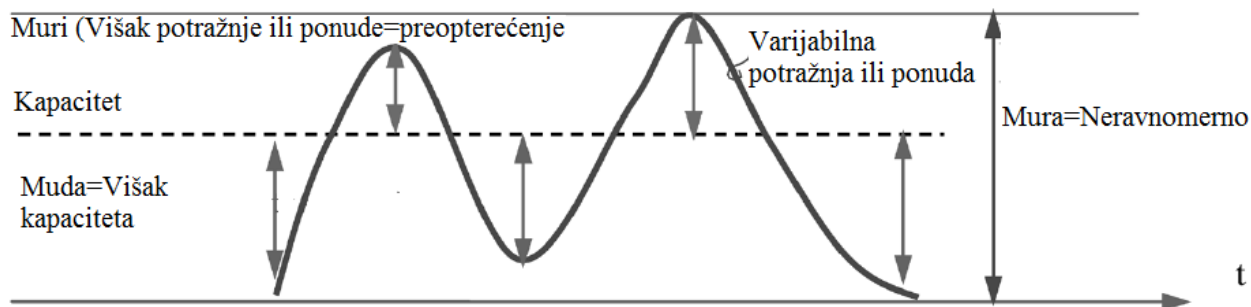
Liker (2004) takođe navodi pojave Mura i Muri kao dodatak pojavi Muda, na koje je potrebno uticati, koje dovode do povećanja troškova, nezadovoljstva, nedovoljne i neravnomerne iskorišćenosti resursa i ljudi, povećanja vremena trajanja proizvodnih aktivnosti.

*Mura* definiše kao neravnomernost, neujednačenost koja se javlja prilikom nagomilavanja materijala, proizvoda i usluge tokom vremena, prilikom neravnomerne potražnje od strane korisnika. *Mura* se može eliminisati kreiranjem fleksibilnog lanca snabdevanja, uvođenjem standardnih procedura. *Mura* takođe predstavlja varijacije u formi, stanju i funkcionalnosti materijala (Scroll & For, 2012). Neusaglašenost sistema i nestabilnost procesa. Varijacije u aktivnostima projekta (skraćeno vreme trajanja, povećani troškovi) doprinose nastajanju problema u budžetu i raspodeli vremena (slika 3.4).

*Mura* je moguće izbeći postavljanjem sistema JIT (Kitano, 1997). Sistem se svodi na nepostojanje zaliha, snabdevanjem određenog procesa u pravo vreme, na pravom mestu sa tačnim brojem delova na način da prvi koji uđe u sistem, nakon obrade izlazi iz njega. Takođe, u pojedinim slučajevima postavljanjem matrice zaposlenih, njihovih kompetencija i sposobnosti za obavljanje određenih aktivnosti moguće je uticati na smanjenje pojava mura.

### 3.3 Muri

*Muri* predstavlja preopterećenje opreme i ljudi, fizičkog napora ili pojave stresa (Chandra & Noya, 2014). Nastaje prilikom prekoračenja dozvoljenog limita mašina i optimalnog rada zaposlenih kako bi se izvršila neka aktivnost, što rezultira pojavom greške i napuštanja radnog mesta. Guranje (push) ljudi, mašina i alata izvan granica njihovog dozvoljenog rada, stvara defekte, pojave *muda* i *muri* (Wang & Disney, 2016). Womack & Jones (2003) navode neke od uzoraka koji dovode do pojave *Muri*: nedostatak treninga, nejasni načini i tehnologije rada, korišćenje alata koji nisu u skladu sa datom operacijom. Ako su čovek ili mašina preopterećeni, rizik od nastajanja greške u takvim okolnostima raste (Manfredsson, 2016).



Slika 3.4. Grafički prikaz mura, muda, muri (Scroll & For, 2012)

*Muri* se može eliminisati kroz standardizovan rad (Kitano, 1997). Potrebno je definisati standardno stanje sistema, kako bi se osigurao kvalitet. Potom svaki process mora biti očišćen od gubitaka. Tada sledi standardizacija, definisanje toka, takta proizvodnje i koraka svakog procesa kako bi se postigao definisan standard. Standardizovani rad utiče na ergonomiju radnog mesta, kvalitet, produktivnost i troškove.

### 3.4 Gubici u ostalim sektorima

U građevinskoj industriji, nekoliko autora je identifikovalo gubitke i ukazalo na uzroke njihovog nastajanja. U istraživanju koje je sprovedeno u radovima autora Khan i Kim (2014), koji su se odnosili na velike građevinske projekte, prikazano je da su glavni gubici evidentirani prilikom izgubljenog materijala i alata na građevinskim objektima tokom rada, kao i vreme koje se izgubi u komunikaciji između radnika i inženjera prilikom prenošenja instrukcija daljeg rada. Glavni uzrok nastajanja je u slaboj kontroli, raspodeli vremena, planiranja i birokratiji, odnosno prikazan je ljudski faktor kao glavni uzrok nastajanja gubitaka (52,6%).

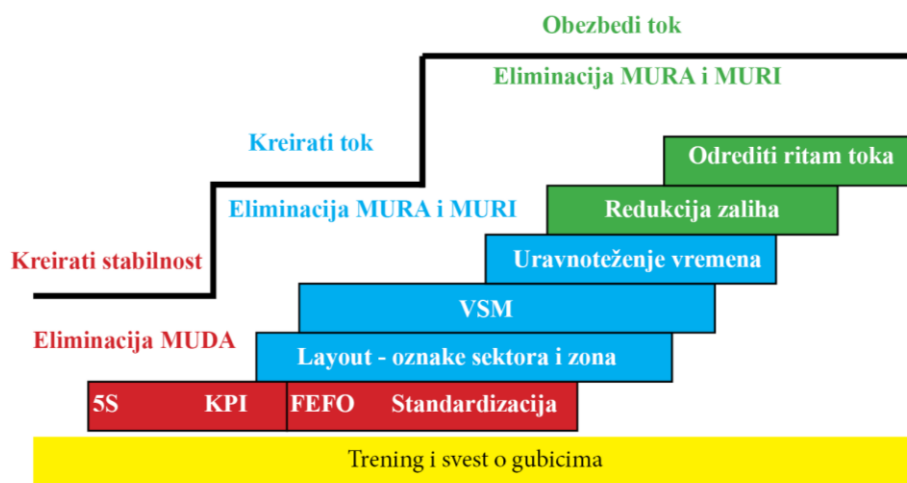
Seyis, Ergen i Pizzi, (2016) u svom radu izgradnje samoodrživih građevinskih objekata navode prolongiranje, prekomernu obradu kao i suvišnu dokumentaciju kao glavne faktore gubitaka u građevinskom sektoru. Dobijanje sertifikata zahteva ispunjavanje velikog broja dokumentacije, što oduzima vreme i stvara problem čekanja. Kao glavne uzroke nastajanja ovakvih problema navodi se manjak stručnjaka u oblasti samoodrživih objekata i pogrešno razumevanje zahteva korisnika i glavnih aktera projekta. Gubici u medicinskom sektoru su: Kašnjenja u očekivanim i stvarnim vremenima poseta i operacija, prekoračenje kapaciteta,

pripremna vremena, kvar opreme, transport pacijenata, zakazivanje termina, ponovljene procedure rada. U uslužnom sektoru prema Radnor et al. (2006): Kašnjenja pri pružanju usluge i odgovoru na upit, ponovljene aktivnosti, nejasna komunikacija, greške zaposlenih, nepotrebno kretanje, provera da li je posao urađen, propuštene prilike. U obrazovnom sektoru: čekanje na saglasnost, potvrdu ili obrasce, prekomerno procesuiranje, neravnomerno raspoređena nastava tokom semestara, greške prilikom unosa podataka, nepotrebno kretanje studenata, osoblja i materijala, skladištenje dokumentacije, neiskorišćen ljudski potencijal. U građevinskom sektoru Khan & Kim (2014) identifikovali su sledeće gubitke: Čekanje na alat, opremu, potvrde, ljude da stignu na mesto rada, bespotrebna oprema, materijal i ljudi na mestu rada, odmor zaposlenih, izgubljeni, oštećeni materijali i oprema na radu, transport ljudi i opreme, nepotrebne procedure i protokoli, povrede na radnom mestu.

### 3.5 Međusobne veze pojava 3M

Muri je fokusiran na fazu planiranja i pripreme procesa ili na ono što može biti izbegnuto proaktivno. Potom, mura se fokusira na eliminaciju fluktuacija koje se dešavaju na operacionom nivou. Muda se otkriva tek kada je process na mestu i tada se reaktivno deluje na gubitke. Zadatak menadžmenta kompanije je da analizira muda u procesu i da otkrije uzrok njegovog nastajanja, uzimajući u obzir vezu sa muri i mura (Kitano, 1997).

Osnovni zadatak Lean koncepta je eliminacija pojava muda, mura i muri (Oey & Nofrimurti, 2018), koji predstavljaju gubitak, varijabilnost i stanje preopterećenosti. Većina Lean alata se fokusira samo na eliminaciju gubitaka. U radu je dat okvir za eliminaciju muda, mura i muri (Slika 3.5)



Slika 3.5 Lean okvir eliminacije 3M

Osnova i zahtev prilikom lean primene je kreirati stabilnost. Stabilnost se odnosi na kvalitet i bezbednost proizvoda i zaposlenih. Kreiranje stabilnosti je omogućeno korišćenjem alata 5S kako bi sve bilo na svom mestu i pri ruci kada je potrebno; vizualni menadžment kako bi se obezbedilo praćenje ključnih pokazatelja procesa i pravilo - prvi koji ističe izlazi napolje. Standardizacija

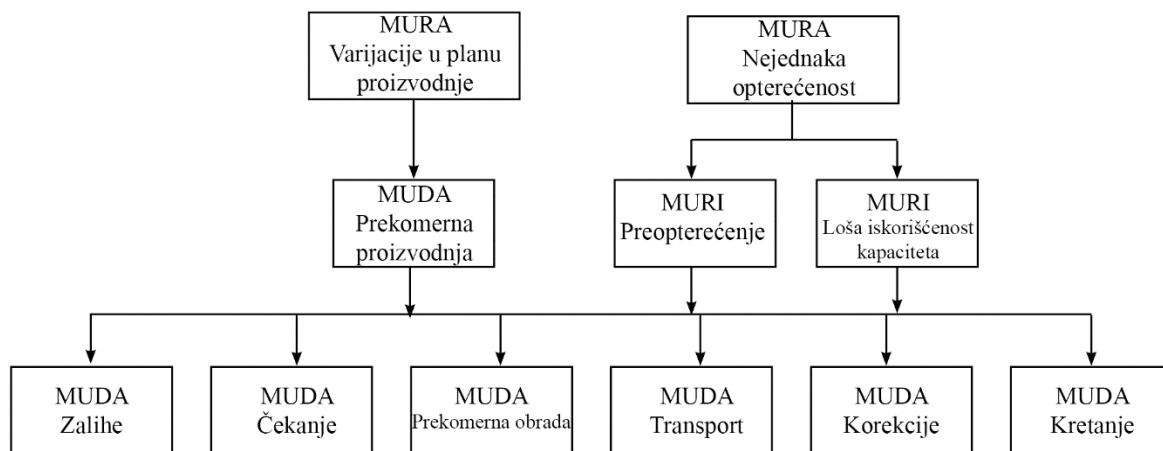
procesa može biti predstavljena putem dokumenta, kao lekcija na jednoj strani papira. Zadatak ove faze je da se obezbedi pravilno održavanje procesa, dobra preglednost i vizualni menadžment, uspostavi svest kod operatera o uočavanju aktivnosti koje ne dodaju vrednosti i pre svega eliminacija 7 tipova gubitaka muda.

Nakon što je kreirana stabilnost procesa, sledeća faza se odnosi na način kako kreirati tok između operacija i aktivnosti da bi se povećala produktivnost. Tri oblasti unapređenja su u fokusu:

- Analiza prostorne strukture sa oznakama sektora. Dobra organizovanost i označavanje prostora i pozicija obezbeđuje efikasno kretanje između operacija, lako praćenje proizvoda i onemogućava oštećenja i mogućnost da se proizvod izgubi.
- Kako bi se identifikovali i eliminisali gubici u sistemu kreira se VSM.
- Uravnoteženje vremena operacija. Uravnoteženje će eliminisati gubitke čekanja i zaliha između pojedinih operacija.

Poslednja faza je obezbediti i održati kontinualan tok. U ovoj fazi ne samo da su eliminisane pojave 3M ili umanjene, već process teče onako kak korisnik želi. Ova faza se fokusira na dva segmenta unapređenja: zalihe i ritam toka. Data unapređenja moguće je postići korišćenjem Jidoke, postavljanjem supermarketa i drugim alatima.

Pienkowski (2014) u svom radu naglašava da se pored pojave muda, pažnju treba usmeriti i ka prepoznavanju pojava mura i muri i pronaći njihove međusobne veze. Oučavanje pojava i njihovo razumevanje stvara osnovne podloge za implementaciju TPS kao i JIT sistema. Pojave 3M su povezane uzročno-posledničnim vezama. Mura stvara muri, a zajedno te dve pojave stvaraju muda (slika 3.6).



Slika 3.6 Međusobne veze pojava 3M

Varijacije u planu proizvodnje, primoravaju kompanije da opterete pojedine procese, mašine i ljude kako bi ispunili očekivanja tržišta, što za posledicu stvara pojave muri i prekomernu proizvodnju. Novonastale pojave utiču na stvaranje otkaza, grešaka, čekanja i ostale pojave muda. Prema autoru u datom radu, pojave mura i muri su koren uzroka nastajanja muda.

## **4 Modeli za unapređenje proizvodnog procesa primenom Lean koncepta**

Pregledom literature, korišćenjem digitalnih baza naučnih radova i drugih dostupnih izvora poput Scopusa, Taylor&Francis, google scholar, uočeni su mnogobrojni načini, odnosno okviri i modeli koji ukazuju na faze implementacije Lean proizvodnog sistema. Mnogi od ovih okvira koriste slične korake, a pojedini su različiti i definišu implementaciju u određenim okolnostima i tipovima malih, srednjih i velikih kompanija proizvodnog ili uslužnog sektora (Anand & Kodali, 2010; de Oliveira, Sousa, & de Campos, 2019; Jaaron & Backhouse, 2011; Rafique, Ab Rahman, Saibani, & Arsad, 2019). Međutim, pojedini autori su pregledom literature u oblasti okvira implementacije Lean, pokušali da iskoriste pozitivne strane pojedinih okvira i definišu nove, koji će biti osnova za dalja unapređenja. Neki od najcitiranijih i najrelevantnijih su predstavljeni u nastavku.

### **4.1 Koraci Lean transformacije Womack i Jones**

Lean proizvodni sistem (LPS) pronalazi sve veću primenu u mnogim sektorima i granama industrije. Jedno od ključnih pitanja i problema koje se nameće kompanijama koje žele da izvrše transformaciju ka LPS jeste upravo kako takav sistem implementirati, koje korake pratiti i koje alate, metode i tehnike primenjivati. Lean, mnogi autori karakterišu i opisuju kao proizvodnu filozofiju, način razmišljanja koji podrazumeva promenu ustaljenih normi, stavova i načina rada, kao novi način življenja jedne organizacije. Iz svega navedenog ovaj proces transformacije se pokazao kao veoma težak i dugotrajan ali sa odličnim rezultatima. U svojoj knjizi (Womack & Jones, 1996) autori ukazuju na korake lean transformacije kompanije, koji su predstavljeni u tabeli 4.1.

Najteža faza procesa implementacije i transformacije kompanije je početak. Kako početi, šta početi i da li početi? Kako shvatiti da su promene neophodne i pronaći adekvatne ljude, alate, principe koji će omogućiti opstanak i profit? Uz odgovarajuće agente promena koji će služiti izvršenju aktivnosti i biti fizički operativni, uz podršku menadžmenta moguće je krenuti u proces transformacije. Agenti promena se ponekada mogu pronaći i u samoj kompaniji, a potrebna je podrška spoljnih stručnjaka kako bi se otpočelo sa efikasnom implementacijom. Agenti promena ne moraju u početku biti Lean stručnjaci, jer u većini slučajeva dosta kompanija nije ni upoznato sa terminom Lean. Neophodno je da znanje žele da usvoje, primene ga u praksi i podele sa ostalim članovima. Konsultantske kuće i veliki broj knjiga i naučnih radova mogu da predstavljaju dobru polaznu osnovu. Womack & Jones navode da konsultantske kuće koje svoje znanje temelje na seminarima i radionicama, uz angažovanje mladih stručnjaka treba izbegavati zbog nedovoljnog znanja i praktičnog rada. Savladati Lean principe od strane agenta promena i menadžmenta kompanije, autori navode kao najvažniju stvar na početku implementacije. Ovo je jedino moguće postići kontinualnim radom i rešavanjem trenutnih problema kroz zajedničke napore svih sektora i nivoa menadžmenta.

Tabela 4.1 Koraci transformacije ka Lean sistemu (Womack & Jones, 1996)

Faza	Potrebni koraci	Vreme
<b>Početi</b>	Pronaći agenta promena Steći Lean znanje Pronaći kriznu situaciju Mapirati vrednosni tok Otpočeti sa <i>kaikaku</i> Proširiti pogled	Prvih 6 meseci
<b>Kreirati novu organizaciju</b>	Reorganizovati strukturu po familijama proizvoda Kreirati Lean funkciju Kreirati politiku za višak zaposlenih Osmisliti strategiju rasta Ukloniti sidra Uspostaviti savršenstvo u načinu razmišljanja	Sledećih 6 meseci i tokom druge godine
<b>Uspostaviti poslovni sistem</b>	Uspostaviti Lean računovodstvo Uspostaviti transparentnost Kreirati plate prema učinku Strategija delegiranja Lean učenje Pronaći odgovarajuće alate	Tokom treće i četvrte godine
<b>Dovršiti transformaciju</b>	Primeniti prethodne korake prema kupcima i dobavljačima Razviti globalnu strategiju Krenuti unapređenja od dole prema gore	Do kraja pete godine

Krizna situacija u kompaniji predstavlja onaj sektor, onu proizvodnu liniju ili neki razvojni tim koji zahteva najveću podršku zbog prevelikih gubitaka koje stvara. Dobro je na početku usmeriti pažnju i energiju na rešavanje problema takvog dela kompanije, koji će veoma brzo dati efikasne rezultate. Rezultate rešavanja krizne situacije potrebno je proširiti i dozvoliti ostalim nivoima menadžmenta da uvide efekte Lean pristupa i prenesu ideje na svoje sektore.

Kada je pronađen agent promena, preneto znanje o Lean principima i uočila krizna situacija, sledeći korak je identifikovati i mapirati tok vrednosti (VSM). Tok vrednosti će obuhvatiti sve procese i informacije kroz koji prolazi dati proizvod ili usluga i ukazaće na vremena trajanja operacija i stanje mašina u otkazu. Prilikom procesa Lean implementacije od velike je važnosti konstantno prikazivati rezultate. Ne treba čekati mesecima i stvarati dugoročnu strategiju, već u roku od nedelju ili dve kreirati VSM, uočiti *muda* i raditi na njihovoj eliminaciji. Ukoliko se u roku od dve nedelje ne pokažu rezultati, očigledno je problem u masteru (*sensei*) koji prenosi znanje ili u agentima promena. Kada se postignu prvi rezultati promena, pozvati ostale zaposlene

da uvide efekte, prihvate implementaciju kao pozitivnu stvar i nastave sa primenama u svojim sektorima. Otpočeti sa (radikalnim promenama) *kaikaku* na svim nivoima, uključujući i kancelarijski sektor, administraciju i ostale službe.

Kreiranjem timova po familijama proizvoda i VSM-u omogućava praćenje realizacije određenih aktivnosti, delegiranje odgovornosti i sistematičan prilaz. Pored formiranih timova neophodno je obezbediti i adekvatan prostor, odnosno Lean promotivnu funkciju za širenje Lean prilaza. Mesto na kom će se moći predlagati i raspravljati o idejama i daljim koracima unapređenja. Nakon uspostavljanja toka, skraćanja protočnog vremena, eliminisanjem međuzaliha stvaraju se viškovi zaposlenih. Veoma bitno u ovom stadijumu je dati čvrsto obećanje svim zaposlenima još na početku procesa da niko neće biti otpušten u budućnosti prilikom Lean implementacije. Šta raditi sa viškom je politika kompanije. Najidelnije je takve osobe prebaciti u sektor Lean promotivnog tima, koji će raditi na njegovoj daljoj primeni i širenju rezultata. Sve su ovo polazne osnove koje ukazuju na efekte Lean prilaza i omogućavaju širenja strategije. Posebnu pažnju treba posvetiti onom delu menadžmenta koji ne prihvata promene i odupire se Lean prilazu. Taj deo menadžmenta predstavlja sidra za koja je potrebno pronaći rešenje i na odgovarajući način ih uključiti u proces implementacije. Dokazati im rezultatima i praktičnim radom na efekte primene kako bi otpočeli sa pozitivnim razmišljanjem.

Kako bi se konstantno težilo ka savršenstvu, nakon tri meseca unapređenja datih aktivnosti, ponovo krenuti sa novim promenama. Više nije bitno da li su otklonjene varijacije u sistemu, već učinak menadžmenta i ostalih zaposlenih meriti na osnovu stepena unapređenja i performansi. Nakon aktivnih šest meseci ili godine dana, storili su se uslovi za uspostavljanje poslovnog sistema zasnovanog na Lean principima. Strategija delegiranja omogućiće postavljanje jasnih strategijskih ciljeva na nivou kompanije i obezbediće njeno praćenje i kontinualno unapređenje. Kreirati politiku plata zasnovanu na bonusima koji se ostvare od učinka i profita kompanije koji je ostvaren zahvaljujući Lean inicijativi. Ovakvim stavom će se stvoriti pozitivna atmosfera i obezbediće još veću uljudčenost zaposlenih u procese unapređenja. Transparentnost je takođe jedan od ključnih elemenata transformacije. Prikazivajući rezultate učinka sektora ukazuje se na osobe uključene u VSM, njihov efekat i postignute rezultate koji se prostim dijagramima mogu prikazati i upoređivati sa željenim odnosno planiranim ishodima. Konstantno vršiti obuku i prenositi znanje o Lean principima i koracima rešavanja problema, uspostaviti jasne kanale komunikacije i odgovarajuće alate obezbeđuje se dalji proces transformacije.

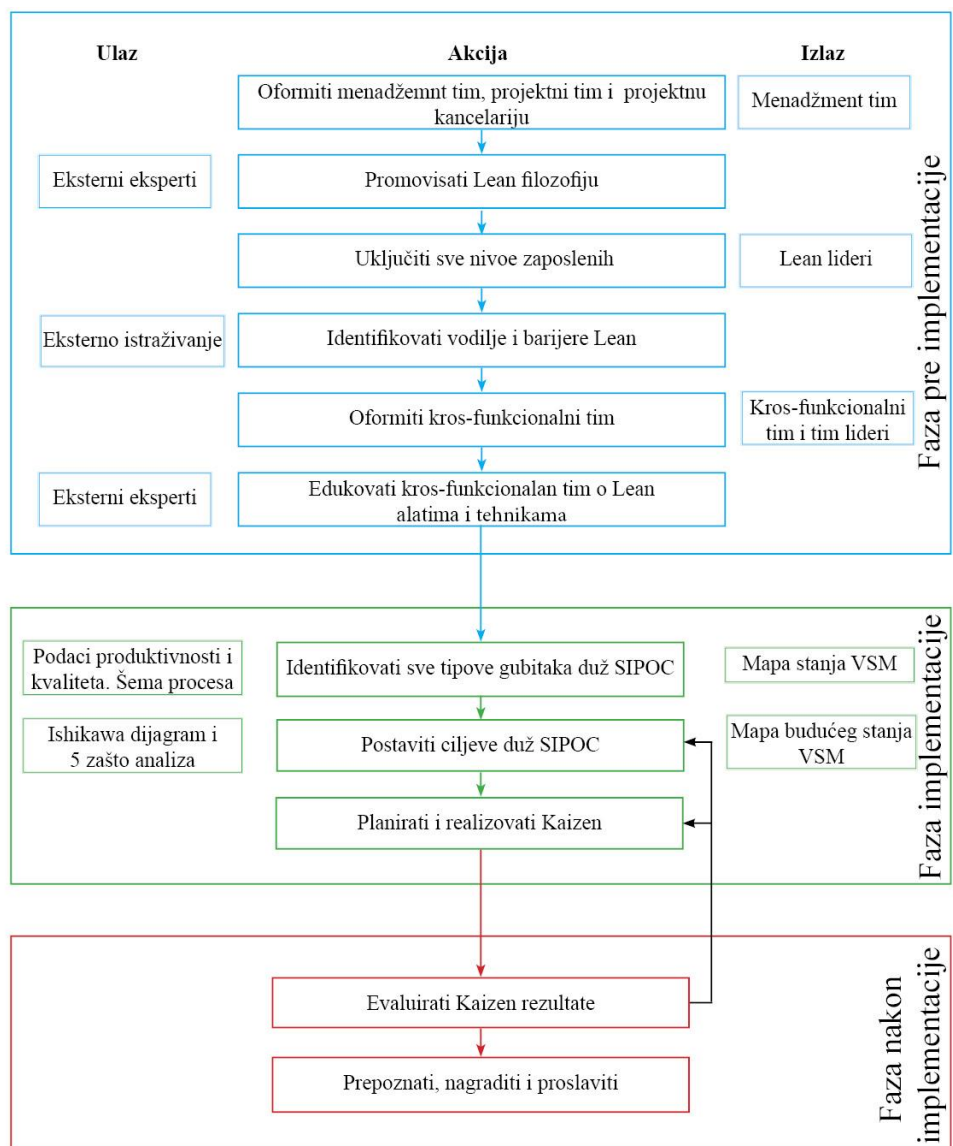
Nakon treće i četvrte godine transformacije i postignutih odgovarajućih koraka, potrebno je izvršiti prenošenje Lean sistema i ka ostalim dobavljačima i kupcima i dovršiti transformaciju. Odrediti odgovarajući tim koji će prenositi znanje i vršiti implementaciju Lean-a ka ostalim u lancu snabdevanja. Nakon uspešno sprovedene implementacije kod drugih dobavljača, poslati timove ka ostalim delovima lanca snabdevanja i tako do poslednjeg nivoa. Sve su ovo koraci globalne Lean strategije koji prate proces transformacije. Poslednja faza transformacije dovešće do unapređenja koja polaze od dole prema gore. U početku je potreban *sensei*, agent promena, Lean promotivni tim koji će prenositi znanje ka operaterima. Kasnije nakon uspešnog procesa transformacije,



operateri su osposobljeni da rešavaju probleme i predlažu nova unapređenja i ideje ka menadžmentu kompanije.

## 4.2 Metodologija Lean implementacije prema autorima Bhamu i Sangwan

Mnoge kompanije primenjuju Lean principe i ostvaruju velike benefite dok se druge i dalje bore sa postizanjem očekivanih rezultata. Razlog tome leži u nerazumevanju Lean proizvodnje, kako od strane menadžmenta tako i od strane ostalih zaposlenih (Bhamu & Singh Sangwan, 2014). Ni jedan od trenutnih modela i okvira Lean implementacije ne prikazuje jasan vodič ka njegovoj primeni, a mnogi od njih imaju dosta različitih elemenata. Pregledom velikog broja radova i relevantne literature, autori sumiraju korake Lean implementacije i grupišu ih u tri ključne faze: faza pre implementacije, faza implementacije i faza nakon implementacije (slika 4.1).



Slika 4.1 Faze Lean implementacije prema Bhamu & Sangwan

Fazu pre implementacije opisuju kao fazu u kojoj se definiše implementacioni plan. Potrebno je da plan bude jasan svim zaposlenima, kako kasnije ne bi došlo do ne slaganja operatera u pogonu sa menadžmentom. U ovoj fazi definiše se dalji razvoj faze implementacije i faze nakon implementacije. Takođe edukacija od strane eksternih stručnjaka iz oblasti Lean se izvršava u ovoj fazi kako bi se obezbedila neophodna znanja za dalji razvoj Lean sistema.

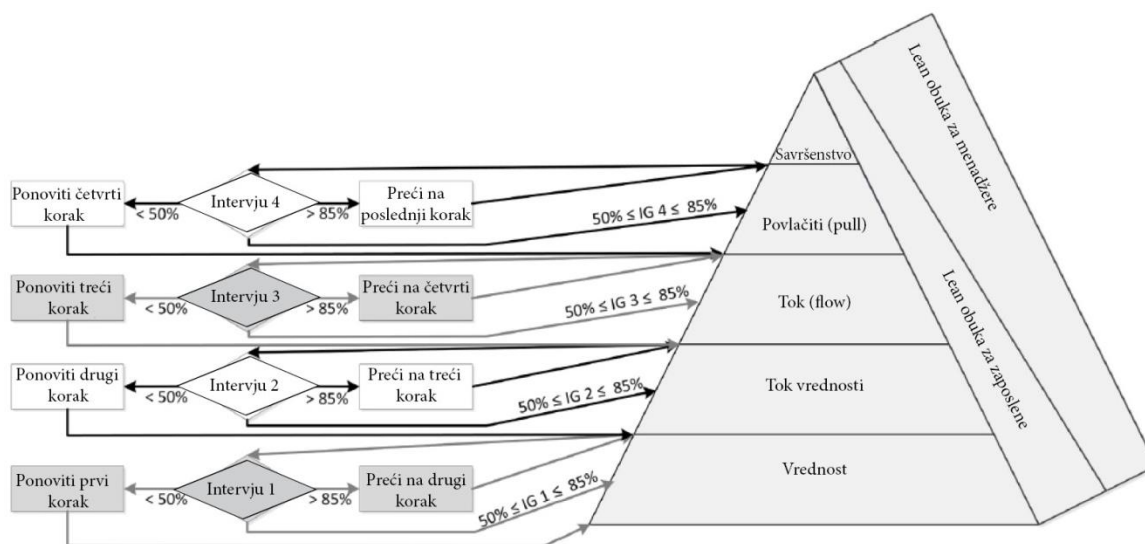
Sledi faza implementacije u kojoj je fokus usmeren na eliminaciju gubitaka u sistemu, koristeći odgovarajuće alate i tehnike. Kako bi se gubici eliminisali od velike je važnosti i povezanost kompanije sa svojim dobavljačima, da se ne bi stvarale bespotrebne zalihe i kako bi roba bila isporučena na vreme. Stoga je ovde bitno naglasiti uočavanje gubitaka u celom lancu SIPOC (dobavljači, ulaz, proces, izlaz, kupac). Uočavanjem gubitaka i međusobnom saradnjom moguće je postići tok, kontinualan proces i lanac snabdevanja. Nakon uočavanja gubitka potrebno je iskoristiti znanje, primeniti odgovarajuće alate za identifikaciju uzroka i eliminaciju gubitaka.

Faza nakon implementacije definiše kontinualno unapređenje i težnju ka savršenstvu. Čest je slučaj da nakon eliminacije pojedinih gubitaka i otklanjanja novonastalih problema, ne postoji sistem kontrole i daljeg razvoja Lean. U ovoj fazi analiziraju se i posmatraju rezultati nastali primenom Lean-a. Potrebno je biti veoma strpljiv i sačekati sa efektima Lean-a i pozitivnim rezultatima koje doprinosi. Nagrade zaposlenih, poboljšanja radnog okruženja, bonusi, kao i penali, sagledavanje konačnih rezultata, kupaca, dobavljača je sastavni deo poslednje faze. Nakon detaljnih analiza pristupa se uočavanju ključnih elemenata kako bi se nastavilo sa kontinualnim unapređenjima i težnji ka savršenstvu.

#### **4.3 Model Lean implementacije prema autorima Berlec i drugi**

Autori u svom radu naglašavaju da je od velike važnosti za implementaciju Lean-a podrška od strane menadžmenta kompanije (Berlec, Kleindienst, Rabitsch, & Ramsauer, 2017). Prilikom Lean implementacije menja se i kultura kompanije, za koju je neophodna podrška svih zaposlenih. Dalje kreiraju model Lean implementacije koji pomaže u identifikaciji gubitaka i pronalaženju alata njihove eliminacije.

Na početku samog procesa implementacije neophodna je edukacija zaposlenih i menadžmenta kompanije koja se postiže putem obuke, praktičnog treninga, posmatranjem u realnim uslovima. Autori ovde naglašavaju kako postoji razlika u tome da li je inicijativa za primenom Lean došla od strane vlasnika ili menadžmenta kompanije. U slučaju ideje od strane vlasnika kompanije, moguća je pojava otpora od menadžmenta, nesigurnosti i nerazumevanje date inicijative. Ali ukoliko ideja potiče od strane menadžmenta, početak Lean implementacije je znatno olakšan. Predstavljen model implementacije zasnovan je na obuci, znanju i osnovnim principima Lean definisanih od strane Womack i Jones (slika 4.2).



Slika 4.2 Model Lean implementacije prema autorima Berlec i drugi

Fokus modela je intervju u kojem se proverava znanje i svest zaposlenih o Lean principima. Ukoliko je nivo znanja zadovoljen prelazi se na sledeći korak. Svi zaposleni kako na menadžment nivou tako i na operativnom nivou moraju proći edukaciju i osnove Lean sistema. Menadžeri pored osnovne obuke moraju proći i obuku o mentorstvu operativnih radnika. Prvo pitanje koje se postavlja prilikom procene znanja odnosi se na osnovne Lean principe, kako zaposleni doprinose kompaniji i na koji način oni dodaju vrednost proizvodu. Na ovaj način autori žele da pokrenu Lean kulturu u organizaciji i budu sigurni da su svi razumeli osnove Lean principa. Ukoliko rezultati procene znanja procenatualno budu preko 85%, prelazi se na sledeći korak.

Drugi set pitanja se odnosi na tok vrednosti, njegove procese i gubitke u njima, kao i pitanje komunikacije menadžmenta i njihove podrške implementaciji. Na taj način želi se postići sigurnost u razumevanje aktivnosti koje dodaju ili ne dodaju vrednost. Autori ovde naglašavaju da je poželjno pristupiti i praktičnom radu, na realnim primerima kako bi se uverili u sigurnost razumevanja principa. Ostali krugovi fokusiraju se na preostala tri principa Lean-a, tok, pull sistem i savršenstvo. Glavni cilj je razumevanje principa, podrška od strane menadžmenta i nastavak na sledeći korak dok se ne dostigne savršenstvo, kontinualnim unapređenjima i PDCA ciklusima.

Autori su dati model testirali u dve kompanije, formirajući dva ključna tima. Tim prve kompanije sastoji se od šest, a drugi od osam članova koji su na početku upoznati sa modelom i pitanjima. Nakon dobijenih rezultata, uočen je problem kod tima dva koji su bili u trećoj fazi ali su pokazali slabe rezultate i znanje. Analizirajući datu situaciju, uočen je problem nedovoljnog poznavanja drugog koraka modela, toka vrednosti kao i problem komunikacije sa menadžmentom kompanije. Održana je kratka radionica na kojoj su ponovljeni elementi drugog koraka modela, nakon koje su uočene pozitivne promene i mogućnost prelaska na sledeći nivo implementacije. Datim rezultatima potvrđen je model i njegov doprinos Lean implementaciji.

#### 4.4 Okvir Lean implementacije prema autorima Mostafa i drugi

Rad analizira 28 okvira, inicijativa Lean implementacije, barijere i kritične faktore uspešne implementacije kako bi se iskoristili pozitivni elementi datih implementacija, eliminisali negativni i predstavio novi okvir (Mostafa, Dumrak, & Soltan, 2013). Pregledom literature uočeno je devet faktora neophodnih za Lean transformaciju.

1. Stvaranje ekspertnog tima- ekspertni tim koji će služiti za savetovanje, obuku, trening, praktičan rad i širenje Lean kulture u organizaciji. Izbor ekspertnog tima može biti iniciran od strane eksternih konsultanata ili od strane kros-funkcionalnog tima kompanije.

2. Analiza kompanije- situaciona analiza predstavlja stanje kompanije u kojoj se analiziraju zaposleni, sektori, procesi, proizvodi kako bi se ustanovili ključni parametri slabosti i snage kompanije koji zahtevaju Lean inicijativu. Data analiza pomaže u sagledavanju stanja i željenog rezultata.

3. Planiranje Lean komunikacionih kanala- predstavljaju jedan od bitnih faktora uspešne implementacije. Pravilnim načinom komuniciranja podstiče se Lean kultura, poštovanje zaposlenih i izbegava se pogrešno tumačenje termina i Lean alata.

4. Proces obuke- obuka na svim nivoima zaposlenih. Nerazumevanje i nepoznavanje Lean alata od strane menadžemnta može da predstavlja barijeru prilikom implementacije, kao i neadekvatan trening zaposlenih. Efektivna obuka, praktičan rad od strane Lean eksperata su veoma bitni kao i procena stečenog znanja kako bi se dati problemi prevazišli.

5. Lean alati- pravilnom upotrebom odgovarajućih alata pri odgovarajućim uslovima doprinosi efikasnoj eliminaciji gubitaka u sistemu. Bitno je naglasiti da se samo specifični alat može primeniti za rešavanje određenog problema, a ne svi.

6. Mapiranje toka vrednosti (VSM)- ukazuje na određene probleme u procesima. Data mapa pomaže pri uočavanju gubitaka u procesima, prikazuje tokove informacija i materijala, ukazuje na potencijalna mesta unapređenja.

7. Pregled stečenog znanja- naučenih lekcija prilikom Lean implementacije. Naučene lekcije se dokumentuju i predstavljaju bazu znanja kako bi se nastavilo sa daljim usavršavanjem i napredovanjem.

8. Lean procena- procena nivoa Lean kojim se prikazuje dostignut nivo implementacije. Poželjno je da ovakvu procenu vrši eksterni tim stručnjaka, kako bi se evaluacija sproveda efikasno.

9. Monitoring i kontrola- praćenje, upoređivanje i analiza su sastavni deo poslednjeg faktora. Upoređuje planirane ciljeve sa postignutim rezultatima. Nepostojanje monitoringa i kontrole može uticati na stopiranje daljeg razvoja Lean inicijative.

Detaljnou analizom 28 radova koji predlažu okvire i modele Lean implementacije, uočeni su nedostaci i predložen je okvir prikazan na slici 4.3. Dati okvir sastoji se od dvadeset dva koraka i četiri faze implementacije. Konceptualna faza, faza projektovanja, implementacija i evaluacija,

završna faza. Faza monitoringa i kontrole je prisutna u svim fazama kako bi se osigurala konstanta analiza i praćenje rezultata sa željenim postavljenim ciljevima.

Konceptualna faza predstavlja polaznu osnovu i fokusirana je na selekciju i formiranje tima kao i edukaciju u oblasti Lean. Prednosti Lean implementacije je potrebno predstaviti zaposlenima u ovoj fazi kao i osnovne principe i efekte koji se dobijaju kako bi se podstaklo razmišljanje i volja za uključenjem.

Faza projektovanja definiše plan implementacije i priprema tim za praktičan rad. Identifikuje gubitke koristeći VSM, koristi alate za pronalaženje uzroka problema kao i alate eliminacije istih. U ovoj fazi se koriste upitnici da bi se utvrdio učinak Lean na organizaciju, swot analiza, dijagram uzrok-posledica i drugi.

Faza implementacije je izvršna faza samog procesa u kojoj se prethodno definisan plan realizuje. Proces implementacije počinje na najugroženijoj liniji ili sektoru kompanije. Tako nastaje pilot projekat u kom će se sprovesti data implementacija. Proces evaluacije se može postići korišćenjem odgovarajućeg seta upitnika koji će analizirati postignute rezultate koji će kasnije pomoći u standardizaciji procesa i metoda rada.

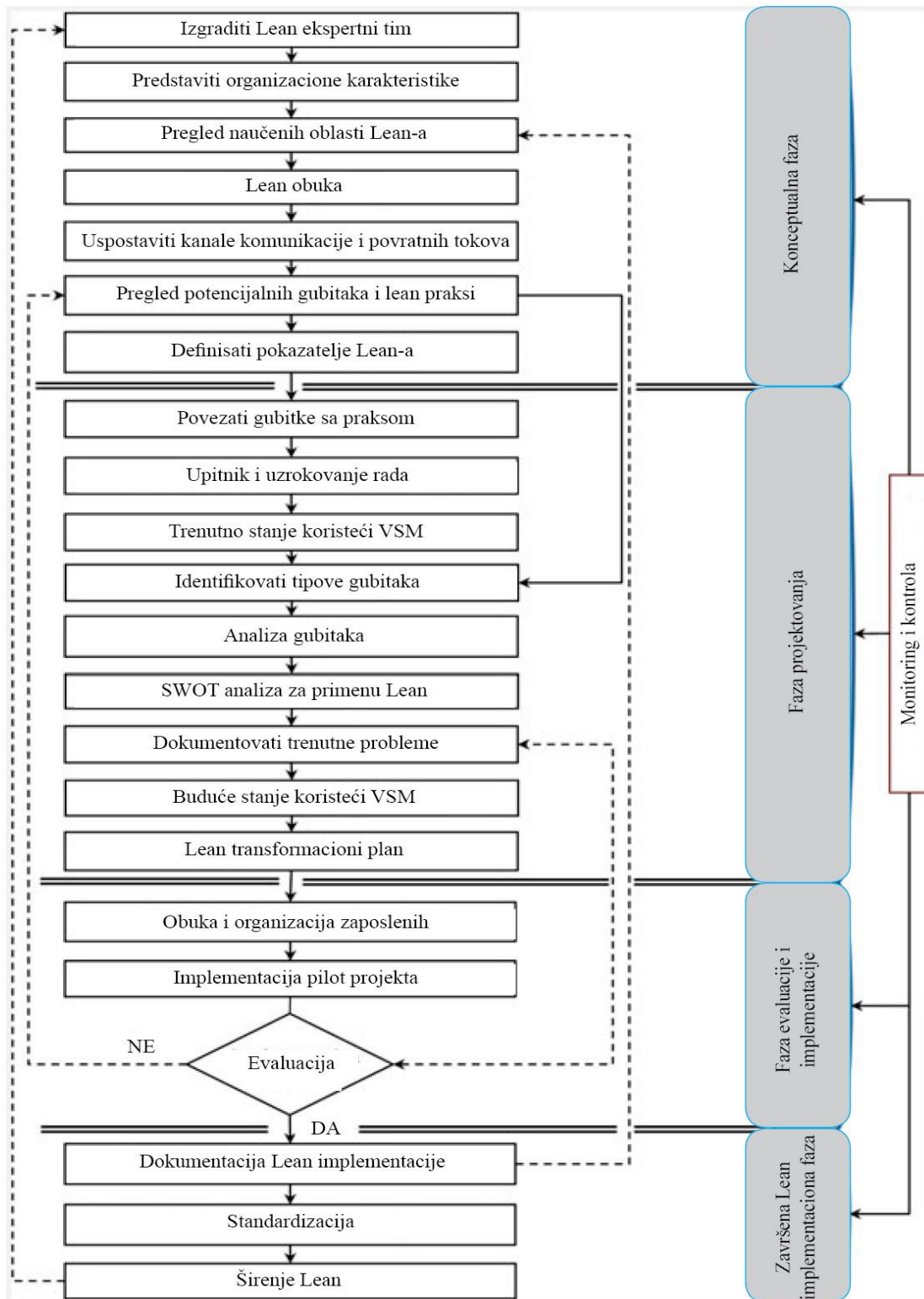
Završna faza implementacije dokumentuje naučene lekcije i ukazuje na promene koje su postignute. Inicira proces kontinualnog unapređenja i uspostavlja standarde Lean implementacije. Proširivanje okvira implementacije je pokazatelj procesa unapređenja gde je neophodna podrška i uključenost stejkholdera.

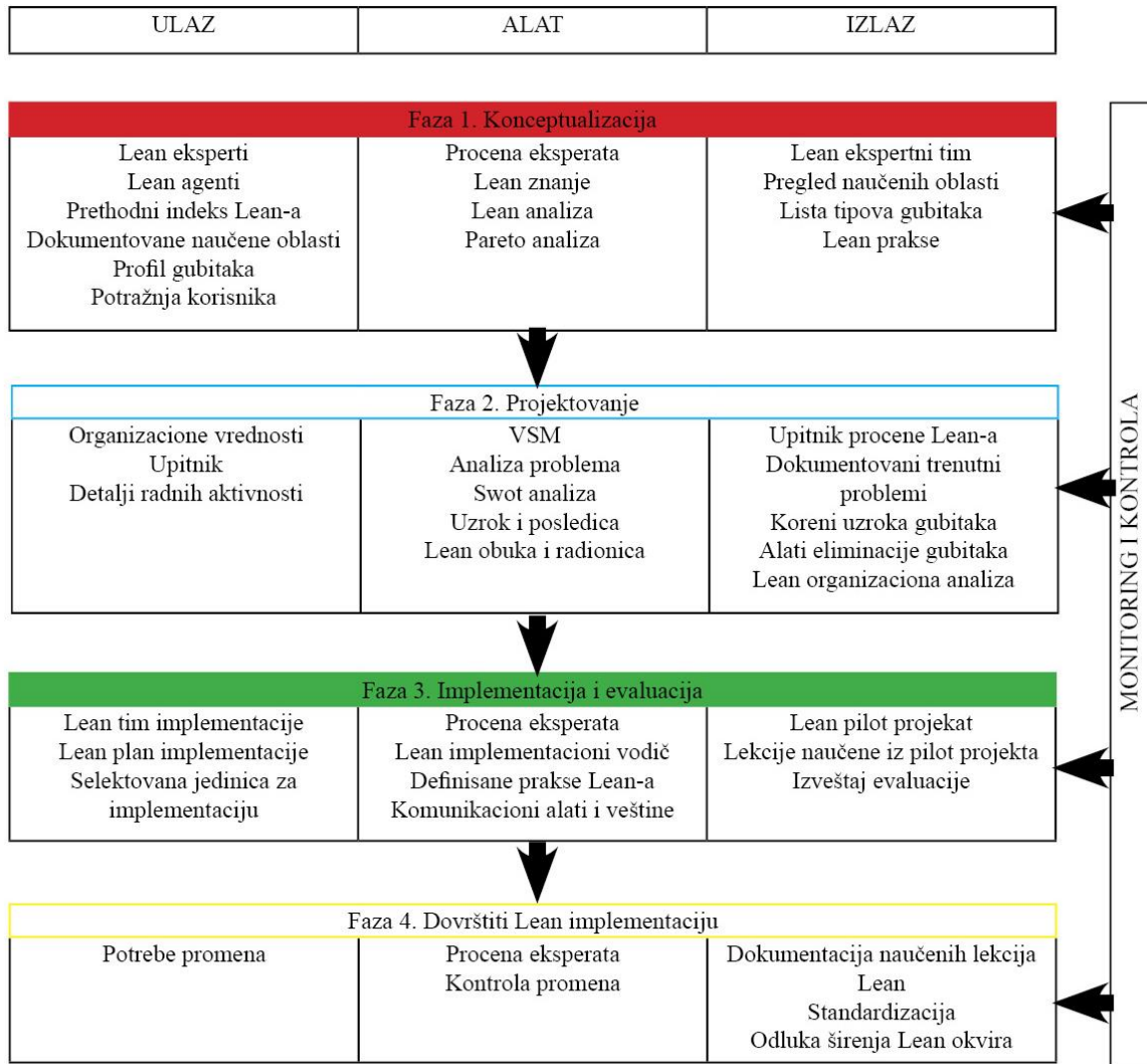
Predstavljeni model Lean transformacije prevazilazi prethodno definisane okvire implementacije i ukazuje na tri ključna benefita:

Kreiranje ekspertnog Lean tima koji doprinosi uspešnoj Lean implementaciji

Pregled naučenih lekcija i dokumentacija samog procesa implementacije utiče na dalje efekte kontinualnog unapređenja

Monitoring i kontrola utiču na održivost ishoda Lean inicijative.





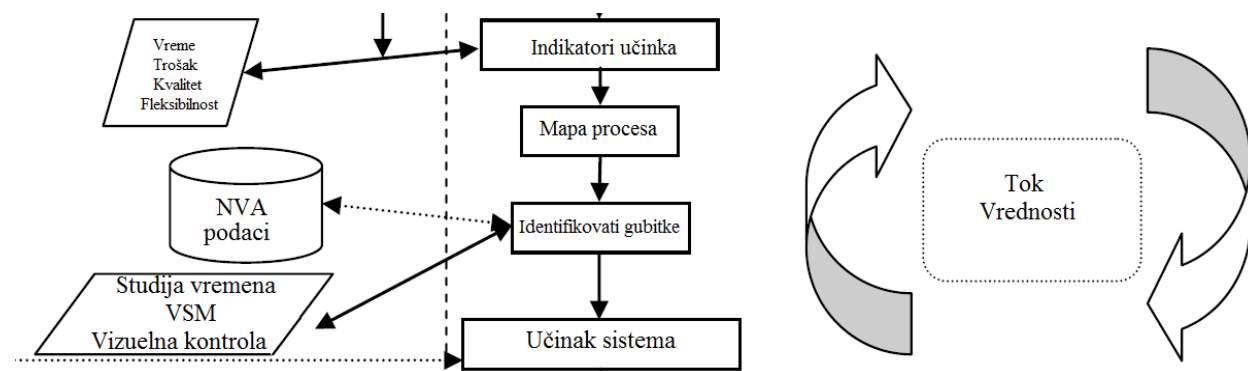
Slika 4.3 Okvir Lean implementacije prema Mostafa i drugi

#### 4.5 Metodologija implementacije Lean prema autorima Karim i Zaman

Prethodno definisane metodologije, koraci i modeli implementacije Lean prikazuju transformaciju organizacione kulture, Lean prilaz kao i uspostavljanje kontinualnog unapređenja. Date analize ne ukazuju na konkretne korake eliminacije pojava 3M u sistemu ili na eliminaciju gubitaka, jasne vodilje i okvire koje je potrebno slediti kako bi se oni uklonili iz procesa. Stoga je u nastavku data analiza postojećih modela koji ukazuju na metodologije i neophodne korake eliminacije gubitaka.

Profesori sa Queensland Tehnološkog Univerziteta iz Australije (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013) kreiraju metodologiju koja će prikazati put implementacije Lean-a, na sistematičan način identifikovati gubitke, definisati alate za otklanjanje tih gubitaka, postići unapređenja i samim tim uspostaviti organizacionu Lean kulturu.

Mnoge prethodne metodologije ukazuju da Lean ima zadatak identifikacije svih tipova gubitaka u lancu snabdevanja, a takođe i implementaciju neophodnih alata za njihovu eliminaciju. Date analize sumiraju faze Lean implementacije u fazu pre, posle i nakon, ali ne uspevaju da ukažu na alate i metode kako identifikovati gubitke niti kako ih eliminisati. Autori su uvideli nedostatak sistemskog pristupa Lean implementacije i pokušali kreiranjem metodologije Lean implementacije da doprinesu ovom polju. Data metodologija se zasniva na Lean principima. U prvom koraku kao i u prethodnim okvirima, definiše se Lean tim, sagledavaju vrednosti kompanije, određuje obim, proizvodni program i planiraju dalji koraci razvoja. U drugom koraku, utvrđuju se ključne performanse procesa, indikatori učinka koji se odnose na vreme, trošak, kvalitet i fleksibilnost. Kako bi uvideli gubitke, kod drugog principa mapiranja toka vrednosti fokus je na gubicima koji dodaju odnosno ne dodaju vrednost proizvodu. Pored VSM autori koriste i analizu vremena kao i vizuelnu kontrolu, da bi postigli maksimalan efekat uočavanja gubitaka. Pri tome, konstantno praćenje učinka i pokazatelja Lean je neophodan element kako bi se upoređivala stanja pre i nakon implementacije određenih alata i rešenja.

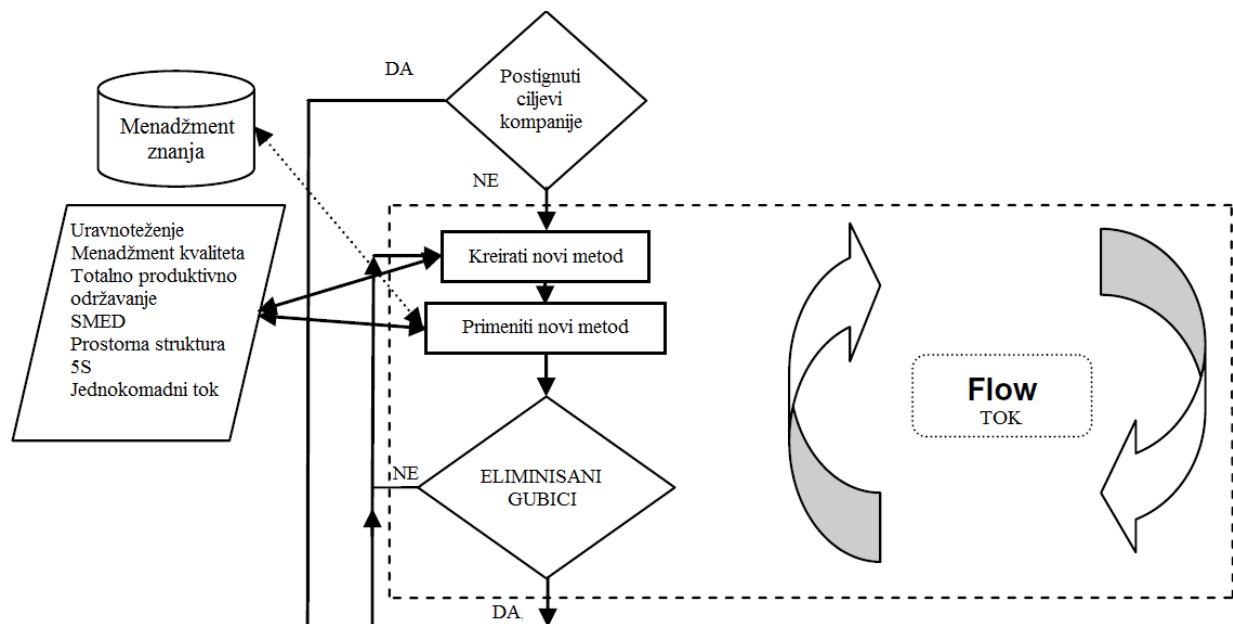


Slika 4.4 Tok vrednosti metodologije Lean implementacije (Karim & Zaman)

Autori zaključuju pregledom literature da je analiza vremena najznačajniji pokazatelj evaluacije Lean-a. U trećem koraku metodologije, odnosno principu toka (flow) autori se fokusiraju na alate eliminacije gubitaka uočenih tokom druge faze mapiranja toka (slika 4.4).



Eliminacija gubitaka je ključni zadatak ove faze. Pronalaženje odgovarajućih alata u definisanim uslovima utiče na efekat planiranih rezultata u eliminaciji gubitaka. Neki od najčešće korišćenih Lean alata su predstavljeni u datoj metodologiji (slika 4.5). Mnogo raznih tehnika i alata postoje, stoga je veoma važno izabrati odgovarajuću Lean strategiju i alate koji pre svega zavise od kapaciteta i troškova kompanije.



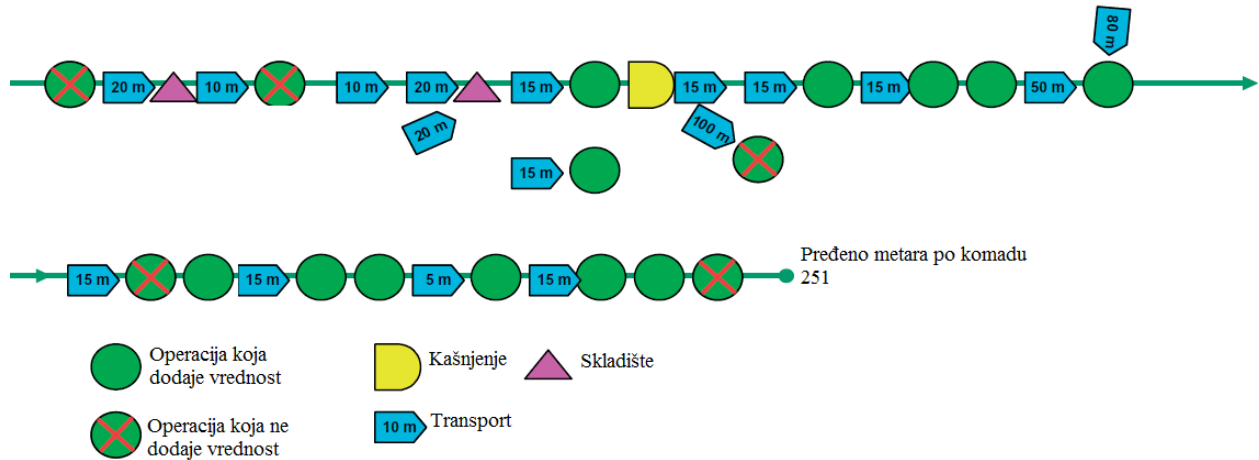
Slika 4.5 Kreiranje toka metodologije Lean implementacije

Nakon primene odgovarajućih alata, ponovo se vrši evaluacija postignutih rezultata, meri se efikasnost i efektivnost sistema. Na poslednjem koraku metodologije Lean implementacije autori navode težnju ka savršenstvu, primenom Kaizen i ostalih alata kontinualnog unapređenja kako bi se konstantno vršila evaluacija i eliminacija gubitaka.

Da bi potvrdili datu metodologiju autori primenjuju model u realnom okruženju, u kompaniji Excell koja se bavi uslugama, proizvodnjom i marketingom električnih prekidača. Na početku metodologije nakon uvida u kapacitete proizvodnje, definiše se Lean tim koji se sastoji od inženjerskog menadžera, mašinskog inženjera, studenta master studija, stručnog operatera i lean eksperta. Operateri su obučeni o principima Lean-a u ovom koraku. Takođe pored ovog tima, kreiran je i tim stručnih operatera, sastavljen od operatera sa različitih sektora koji bi se sastajali na mesečnom nivou i raspravljali o novim metodama i koracima. Cilj ovakvih sastanaka je ujedno i uspostavljanje Lean kulture koja vodi kontinualnom unapređenju. Kako bi prikazali unapređenja, vreme je korišćeno kao bitan pokazatelj napretka (procesno i protočno vreme).

U sledećem koraku mapiranja toka, tim je prikazao operacije proizvodnog procesa montaže pregrada za upravljački sklop. Prijem materijala, montaža, testiranje, inspekcija i pakovanje kao i

njegove ostale elemente poput razdaljine između operacija, zalihe i čekanja predstavljeno na slici 4.6.



Slika 4.6 Proces montaže delova za upravljački sklop

Daljim dekomponovanjem procesa uočeni su gubici koji ne dodaju vrednost analizom vremena. Glavna uloga analize vremena kako autori naglašavaju je upravo da bi se detaljnije prikazao i razumeo proces i uočili gubici. Metod se sastoji od sledećih koraka:

- rastaviti proces na pojedinačne pokrete, zahvate
- snimiti sva pojedinačna vremena
- identifikovati moguće gubitke i NVA aktivnosti
- izračunati procesno vreme

Analiza vremena je prikazana za operatera koji radi na montaži upravljačkih pregrada (tabela 4.2).

Tabela 4.2 Analiza vremena operatera na montaži

Rezultati studije vremena												
Br.	Vreme	Opis elemenata	Vreme	NVA								
				Podesiti	kretanje po delove	kretanje do alata	dohvati delove	otpakuj	inspekcija	rukovanje	čišćenje	
0	0:00:13											
1	0:00:16	2 šetanje po delove	0:00:03		0:00:03							0:00:00
2	0:00:30	4 okači deo na ram	0:00:14				0:00:14					0:00:00
3	0:00:39	7 podesi ga na ramu	0:00:09							0:00:09		0:00:00
4	0:00:41	2 odlazak do ograde	0:00:02		0:00:02							0:00:00
5	0:00:48	4 dohvati nalepnicu	0:00:07				0:00:07					0:00:00
6	0:00:50	2 idi nazad do dela	0:00:02		0:00:02							0:00:00
7	0:00:56	10 nanesi nalepnicu	0:00:06									0:00:06
8	0:01:02	2 idi po delove	0:00:06		0:00:06							0:00:00
9	0:01:10	4 uzmi delove	0:00:08				0:00:08					0:00:00

Ceo proces je predstavljen kroz 302 pokreta za koje je potrebno 62 minuta. Registrovano je 9 aktivnosti NVA prilikom procesa montaže, od toga 50% gubitaka dolaze zbog kretanja, traženja i rukovanja alatom. Glavni razlozi ovih gubitaka je kretanje (251 metar), nedostatak adekvatnog alata i loš kvalitet proizvoda. Ostali gubici prikazani su u tabeli 4.3.

Tabela 4.3 Prikaz odnosa NVA i VA analizom vremena

Opis	Vreme	Procenat %
Vreme koje dodaje vrednost (VA)	27.15	

Vreme koje ne dodaje vrednost (NVA)		
Podesiti	2.65	8
Kretanje po delove	6.03	17
Kretanje do alata	2.45	7
Dohvati delove	5.8	17
Otpakuj	5.15	15
Inspekcija	2.59	7
Rukovanje	7.46	22
Čišćenje	1.03	3
Dorada	1.39	4
<b>Ukupno</b>	<b>61.61</b>	<b>100</b>

Kako bi izmerili efikasnost i efektivnost sistema, korišćen je proces CPM (kontinualan proces merenja Lean-a, slika 4.7).

		Potrebno vreme za jedan komad		Prosečno vreme po komadu (min)		Dnevni plan 100% kapaciteta					
	1 Operator	1	62	69		20					
	2 Operator	2	79								
	3 Operator	3	67								
Vreme	Proizvedeno komada										
		1	2	3	4	5					
7.00-9.30	1 Operator						Crveno polje	Izgubljeno	Operator	Razlog	
	2 Operator						1	30 min	2	Fali kabl	
	3 Operator										
9.30-12.00	1 Operator						2	72 min	3	Neam rupa za dati radio	
	2 Operator				1						
	3 Operator										
1.00-3.30	1 Operator										
	2 Operator										
	3 Operator				2						
Ukupno proizvedeno		12									
		EFIKASNOST		61	%	EFEKTIVNOST		60	%		

Slika 4.7 Merenje efektivnosti i efikasnosti sistema

$$\text{Efikasnost} = \frac{\text{izlazna vrednost}}{\text{ulazne resurse}} * 100\% = \frac{\text{količina proizvedenih komada} * \text{prosečno vreme}}{\text{broj operatera} * \text{ukupno vreme}} * 100\%$$

$$\text{Efektivnost} = \frac{\text{broj proizvedenih komada}}{\text{planirana količina}} * 100\%$$

Predstavljena efikasnost upoređuje vrednosti proizvedenih komada na određenoj mašini sa ukupnim utrošenim sredstvima. Ukupan broj proizvedenih komada i prosečno vreme za proizvodnju jednog komada su uzeti kao izlazni parametri procesa koji se porede sa ukupnim resursima koji su u ovom slučaju: broj operatera trenutno angažovan za proizvodnju određenog

broja komada u datom vremenskom periodu. Prosečno vreme je 69 minuta za koje se sklopi jedan komad datog proizvoda. Planirana proizvodnja u odnosu na raspoloživo vreme i broj operatera je postavljena na 20 komada. Međutim, zbog prekida u proizvodnji realno sklopljena količina u toku 22.5h je 12 komada.

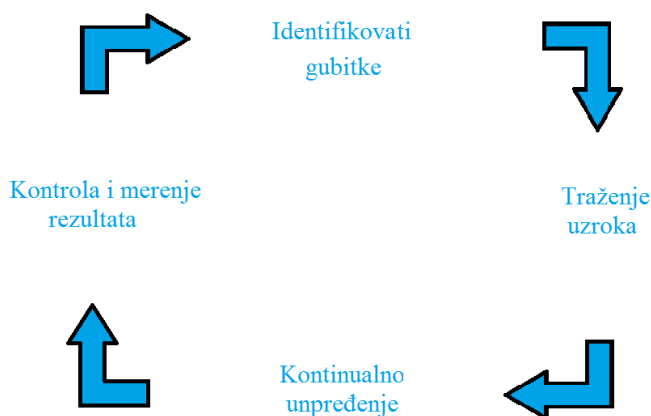
Efektivnost upoređuje odnos između realno porizvedenih količina u datom procesu sa planiranom količinom koja se može izračunati na način prikazan u formuli:

$$\text{Planirana količina} = \frac{\text{raspoloživo vreme}}{\text{prosečno vreme po komadu}}$$

Efikasnost i efektivnost procesa je 61% odnosno 60%. Upravo ovi pokazatelji predstavljaju osnove za dalju Lean implementaciju i primenu određenih alata. Takođe na osnovu merenja kasniji rezultati se mogu porediti i prikazati efekti primene implementacije.

Tim je uočio da jedan od glavnih uzroka gubitaka leži u lošem dizajnu prostorne strukture. Kako bi se eliminisali ostali uzroci nastajanja gubitaka, podeljeni su poslovi prema aktivnostima da bi se eliminisalo rukovanje alatima. Takođe su kreirana i posebna kolica koja su nosila određene alate za definisane radne jedinice kako bi se izbegle situacije postojanja neadekvatnog alata na radnom mestu. Novi layout je umanjio kretanje sa 251 na 60 metara smanjenjem transportnih puteva, kreiranjem kolica i ostalim predloženim rešenjima. Evaluacija novog procesa primenom Lean, ukazuje na smanjenje prosečnog vremena sa 69 na 51 minut, na povećanje broja komada sa 12 sklopljenih proizvoda na 19, efikasnost i efektivnost je porasla na 72 odnosno 73%. Takođe i odnos NVA i VA je znatno unapređen za 42%.

U daljem radu prikazani su slični koraci identifikacije, eliminacije gubitaka i kontinualnog unapređenja procesa. Kontinualna eliminacija gubitaka počinje identifikacijom mesta gde nastaje gubitak, potom se analiziraju uzroci njihovog nastajanja (Rahman & Karim, 2013). Autori u svom radu kreiraju krug eliminacije gubitaka predstavljen je na slici 4.8.



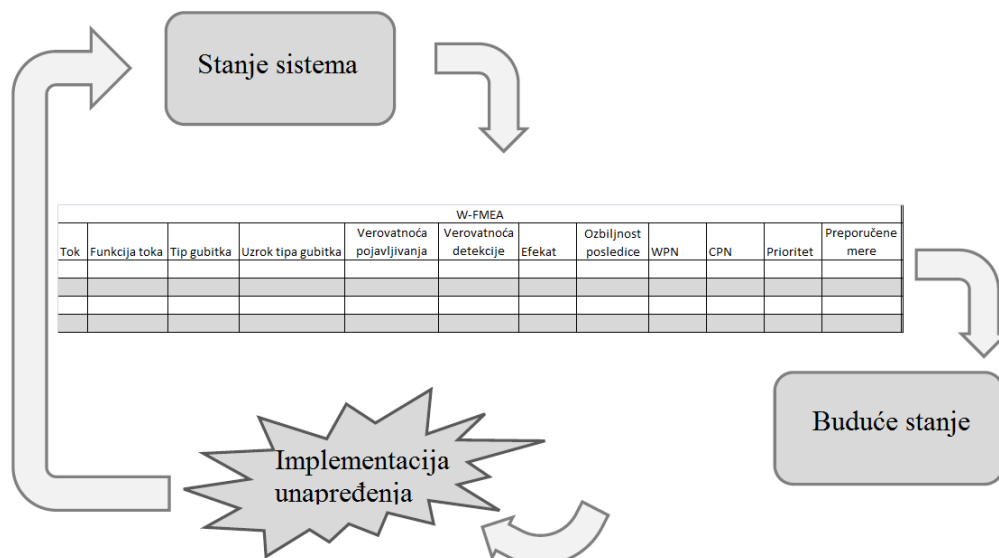
Slika 4.8 Krug eliminacije gubitaka (Rahman & Karim)

Kao i u prethodnim analizama, nakon identifikacije uzroka problema i gubitaka u sistemu, podaci se upisuju u bazu i upoređuju sa prethodnim stanjem. Nakon provere, ponovo se pokreće

ciklus kroz sistem kontinualnog unapređenja. Korišćenjem alata VSM ukazuje se na načine uočavanja gubitaka u sistemu. Prvi korak je kreirati početno stanje prikupljajući podatke posmatranjem, odnosno kretanjem kroz sistem. Ovakav metod jasno ukazuje i identifikuje greške i aktivnosti koje ne dodaju vrednost. Prvi korak je grafički prikazati proces a potom tabelarno ukazati i opisati 7 gubitaka korišćenjem upitnika i kretajući se kroz sistem vršiti njihovu identifikaciju. Analizirajući gubitke duž mape toka vrednosti, uočene su sledeće aktivnosti koje ne dodaju vrednost: zamene alata koje mogu trajati i po sat vremena, bespotreban transport između sektora, bespotrebne nedeljne zalihe, defekti, prekomerna obrada proizvoda i mnoge druge. Za pojedine aktivnosti, sprovedena je analiza vremena kako bi se ustanovila srednja vrednost zamene alata, trajanje transporta između operacija, trajanje zaliha i slično. Kako bi se uočili koreni nastajanja gubitaka, primenjen je Ishikawa dijagram u kombinaciji sa 5 zašto. Analize, pregledom gubitaka razbijaju uzroke na pojedine sitne delove kako bi se utvrdio koren problema.

#### 4.6 Prioritizacija gubitaka prema autorima Souza i Carpinetti

Koraci od trenutnog do budućeg stanja zahtevaju mnogo Kaizen projekata, kontinualnih unapređenja kako bi se gubici eliminisali i postigli efekti Lean-a (Souza & Carpinetti, 2014). Stoga je od važnosti prilikom implementacije Lean-a koje gubitke prve eliminisati u procesima. Autori primenjuju FMEA (analiza načina otkaza i njihovih posledica) metodu kako bi se analizirali i prioritizovali gubici koje nazivaju W-FMEA (waste-gubitak) metoda (slika 4.9).



Slika 4.9 W-FMEA metoda analize gubitaka

Datom metodom, na osnovu ozbiljnosti posledice, verovatnoći pojavljivanja i detektovanja datog gubitka moguće je postaviti polazne osnove prilikom procesa implementacije i uočiti ključne gubitke u procesu. Faktor rizika (RPN) određen je na osnovu elemenata FMEA metode, kojima je u ovom radu i dodat faktor prioriteta uzroka (CPN), kao suma RPN koji imaju isti uzrok. Na ovaj način je postignut maksimalni efekat, rangiranje uzroka i gubitaka po njihovom stepenu važnosti.

Dati model primenjen je nad tokovima informacija u kompaniji. Tipovima gubitaka pregledom literature dodeljen je i odgovarajući uzrok nastajanja, prema čemu je izvršena procena uticaja (tabela 4.4). Detaljnom analizom uočena su tri ključna uzroka nastajanja gubitaka koji su posledica i nekoliko drugih gubitaka u procesu. Prvi i treći uzrok gubitaka odnosi se na informacioni sistem i zahteva veći nivo automatizacije, kako bi se obezbedio tok. Drugi uzrok gubitaka je prevelik nivo birokratije. Nekoliko unapređenja datog modela je predloženo od strane autora kao što je skala ozbiljnost posledica, koja može biti zasnovana na uticaju gubitaka na protočno vreme (LT) ili NVAT i upotreba online signala kako bi ukazali na prevelika vremena čekanja dokumenata na obradu.

Tabela 4.4 Procena uticaja W-FMEA metode analize gubitaka

W-FMEA										
Tok	Funkcija toka	Tip gubitka	Uzrok tipa gubitka	Verovatnoća pojavljivanja	Verovatnoća detekcije	Efekat	Ozbiljnost posledice	WPN	CPN	Prioritet
Porudžbine kupca, Predlog prodaje	Prodati proizvod po određenoj ceni, količini i kvalitetu.	Prekomerna obrada	Previše vremena je potrebno klijentu da pošalje porudžbinu	2	10	Povećanje troškova	7	140	268	Srednji
	Prodati proizvod ključnim kupcima.		Čekanje na informacije	Birokratija i nepostojanje procedura	8	9	Gubitak klijenata	9	648	2052
	Procesuirati informacije u pravom momentu bez čekanja i defekata	Dokumentacije se šalju finansijama	Informacioni sistem nije automatizovan	2	6	Loša upotreba raspoloživih resursa	1	12	3976	Visok
	Štampanje kopija plana proizvodnje za sve sektore	Informacioni sistem nije automatizovan	Informacioni sistem nije automatizovan	10	10	Trošenje vremena dupliciranjem dokumenata	5	500	3976	Visok

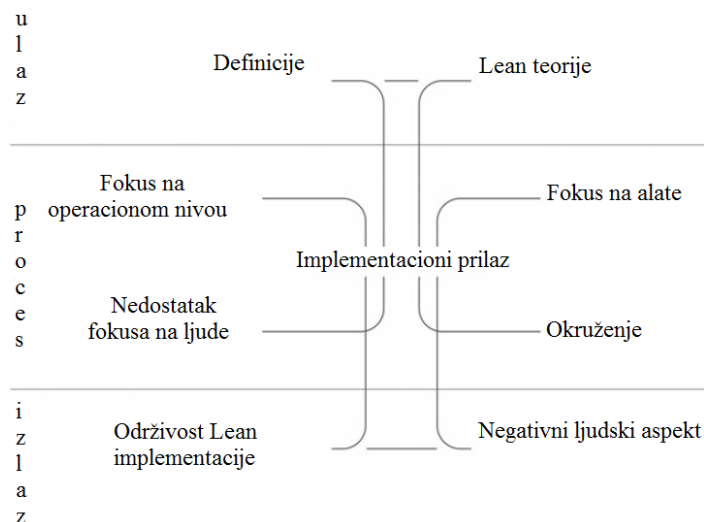
#### 4.7 Okvir Lean implementacije prema autorima Rishi i drugi

Autori (Rishi, Srinivas, Ramachandra, & Ashok, 2018) prikazuju Lean model, njegovih pet faza zasnovanih na DMIAC (definisati, izmeriti, implementirati, analizirati i kontrolisati) principima. Prva faza predstavlja definisanje problema, koji je u ovom slučaju nemogućnost prihvatanja velikog broja porudžbina od strane kupaca kao i nemogućnost postavljanja prioriteta na zahteve klijenata. Kako bi se analizirao koren problema, neophodno je pregledati istorijat porudžbina. Takođe pristupljeno je i podacima o različitim vrstama proizvoda koji se nude, procesima i kapacitetima mašina. Podaci su prikupljeni analizom vremena, posmatranjem i konsultacijama sa ostalim članovima menadžmenta. Analiza vremena procesa pripreme mašina predstavljena je pareto dijagramom kojim su prikazani ključni problemi u kompaniji. U drugoj fazi kreiran je VSM kako bi se uvideli gubici u sistemu. Jedan od najvećih gubitaka je priprema, oko 35 minuta traje proces podešavanja mašine. Analizom vremena i Pareto dijagramom zabeleženo je nekoliko podešavanja i pristupilo se rešavanju problema smanjanju vremena. Glavni uzrok problema iz Pareto dijagrama je test štampa i priprema tonera. U trećoj fazi, identifikacija korena problema definisana je Ishikawa dijagramom u koordinaciji sa 5 zašto, a izvršen je i breinstorming (razmena ideja) sa ostalim članovima menadžmenta. U četvrtoj fazi na osnovu analiza Ishikawa dijagrama i 5 zašto, predloženo je rešenje datih problema i pristupilo se njegovoj implementaciji.

Pet S i standardna operativna procedura (SOP) primenjene su u poslednjoj fazi, fazi kontrole. SOP pomaže u kreiranju jasnih pravila u postupku izvršavanja procesa, dok 5S definiše urednost, čistoću i organizovanost radnog mesta.

Primenom principa Lean-a u kontinuiranom ciklusu, omogućava se sagledavanje gubitaka u sistemu i njihova eliminacija kako bi se postiglo savršenstvo (Gómez P. & Filho, 2017). U radu autori primenom VSM uočavaju LT, VAT kao i pojedine gubitke u procesima koje rešavaju primenom alata Lean. U radu nije prikazan način uočavanja ostalih gubitaka u procesima kao i način definisanja alata za njihovu eliminaciju.

Lean se u literaturi uglavnom pojavljuje u pozitivnom kontekstu, međutim određeni deo se fokusira na njegove negativne elemente i nedostatke. Tako je u radu (Hines, Taylor, & Walsh, 2018) sumiran broj radova koji se bave nedostacima, grupisani prema (slika 4.10): ulaznim parametrima (koje su polazne osnove Lean-a i šta je zapravo Lean), procesu (kako implementirati Lean) i prema izlaznim parametrima (koji su rezultati njegove primene). U delu procesa, postoje nejasnoće u pogledu ko je u fokusu implementacije, nedostatak ljudskog faktora kao i nejasnoće oko alata koje treba primeniti prilikom implementacije.



Slika 4.10 Lean nedostaci i kritike

Pojedini autori kreiraju Lean model kako bi ukazali na principe i alate Lean-a koji se mogu primeniti u proizvodnji, a ujedno i model koji se može koristiti prilikom same implementacije u tekstilnoj industriji (Hodge, Goforth Ross, Joines, & Thoney, 2011). Ključni ciljevi ovog istraživanja pored studije slučaja i ukazivanja na benefite i barijere Lena-a je da utvrdi i hijerarhiju Lean alata koji se primenjuju. Putem intervjua, posetama 11 kompanija kao i saradnjom sa obrazovnim sektorom i stručnjacima iz oblasti Lean-a definisani su alati koji u najvećoj meri doprinose Lean implementaciji u tekstilnoj industriji tabela 4.5.

Tabela 4.5 Alati koji doprinose Lean implementaciji

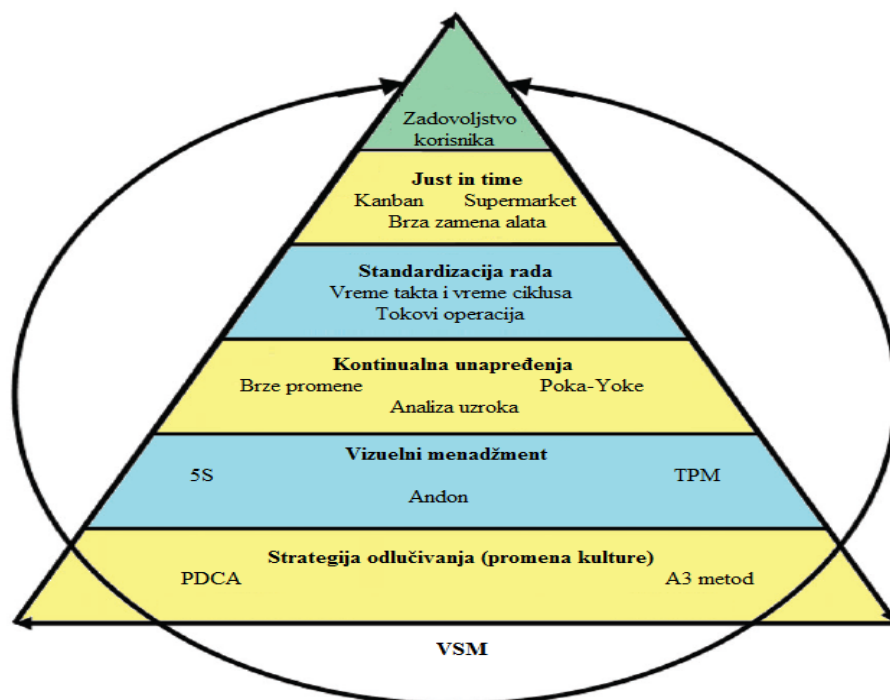
Lean alati	Kompanije										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
5S											
Čelijska proizvodnja											
Kaizen											
Kanban											
Poka-Yoke											
Brze promene											
Six Sigma											
Smed											
Standardizacija											
Supermarket											
TPM											
VSM											
Vizuelni menadžment											

Kako bi prikazali rezultate primene pojedinih alata i kreirali Lean model prikazane su tri studije, dve u kojoj je korišćen alat 5S i u trećoj alat VSM. Studija slučaja prve kompanije objašnjava učinak 5S inicijative i korake realizacije. Kako bi pokrenuli inicijativu Lean implementacije, od strane konsultantske kuće uz podršku menadžmenta izabran je proces sa najvećim gubicima u sistemu. Proces je zaustavljen na tri dana kako bi se ukazalo na ozbiljnost situacije. Ukupno 30 operatera se pojavilo kako bi se sprovela 5S inicijativa. Tokom prva tri dana uspostvaljena su 4S, dok je nakon toga audit sistemom i nedeljnim sastancima obezbeđena 5S održivost. Nakon podrške najvišeg nivoa menadžmenta, već tokom prvog sastanka stiglo je preko 30 unapređenja i sugestija od strane operatera. Gubici su eliminisani u velikoj meri tokom prvih 6 meseci na datom procesu te se pokazalo interesovanje za nastavak implementacije i u ostalim sektorima.

U trećoj studiji, primenjen je alat VSM uključujući i 7 zaposlenih kompanije (šefovi, menadžeri i operateri) i lean konsultante. Primena VSM alata je trajala 3 dana po 8 sati. Prvog dana objašnjena je Lean proizvodnja i njeni gubici, a potom i sam VSM alat koji je objašnjen kroz imaginarni primer. Nakon toga, krenulo se u crtanje VSM procesa date kompanije. Timovi su se podelili u dve grupe, jedni da prate tokove informacija, drugi da prate procese.

Nakon prikupljenih podataka kreirana je trenutna mapa toka vrednosti, a potom i buduća na osnovu predloga i ideja koje su predstavljene od strane obe grupe. Dati model Lean ukazao je na 5S alat kao polazni i najčešće korišćen alat prilikom implementacije, kog slede ostali alati gde je VSM alat postavljen tako da ga je moguće biti primeniti u svim nivoima modela. Pregledom literature i datim studijama slučaja predstavljenim u radu (Hodge et al., 2011), kreiran je Lean model zajedno sa setom alata i tehnika kojima je zajednički cilj zadovoljstvo korisnika, prikazano na slici 4.11.



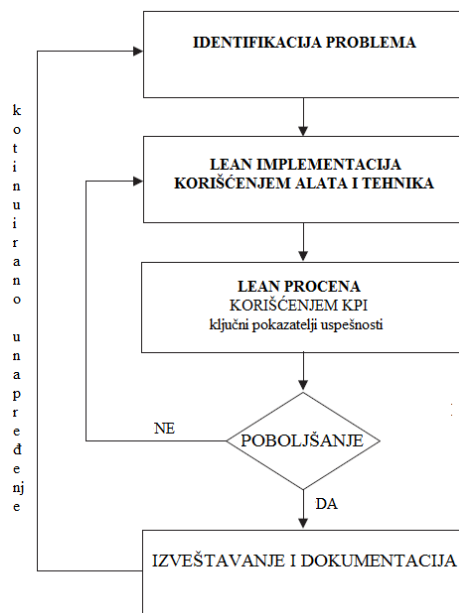


Slika

Slika 4.11 Lean implementacioni model

Kako bi se otpočelo sa Lean inicijativom potrebno je krenuti od prvog koraka, promene kulture organizacije. Pravilnom strategijom i delegiranjem odgovornosti uključuju se svi zaposleni u realizaciju ciljeva kompanije što doprinosi stvaranju pozitivne klime. Sledeći korak ukazuje na vizuelni menadžment, gde se kreće od 5S alata, zajedno sa totalno produktivnim održavanjem (TPM) i andon signalima. Naredni korak fokusira se na kontinualna unapređenja od strane zaposlenih, koristeći Poka-Yoke i brze promene u procesima. Kako bi se postigao konstantan takt i vreme ciklusa određenog procesa da bi se zadovoljile tražene količine kupaca, neophodna je standardizacija. Poslednji nivo odnosi se na Just in time i korišćenje alata poput Kanban kartica, SMED za brzu zamenu alata da bi se eliminisala čekanja i skratilo vreme, a sve u cilju eliminacije gubitaka u sistemu i postizanje zadovoljstva korisnika. VSM se odnosi na sve faze implementacije modela, a strelice ukazuju na kontinualan proces unapređenja.

Pregledom literature uočen je veliki broj radova koji empirijski i ličnim rasuđivanjem procenjuju efekte Lean-a (Sangwa & Sangwan, 2018). Autori kreiraju kontinualan proces Lean implementacije i njegove procene koji su podeljeni u četiri faze: identifikacija problema, Lean implementacija, Lean procena i izveštavanje (slika 4.12).



Slika 4.12 Krug Lean implementacije i procene uspešnosti

Jedan od ključnih elemenata identifikacije problema i implementacije je korišćenje određenih alata za određene probleme. Posledica loše implementacije Lean-a je u primeni samo jednog alata sa kojim se žele eliminisati svi gubici u sistemu. Stoga je neophodno ukoliko postoji nekoliko različitih problema koristiti različite tehnike i alate. Potom sledeći korak u implementacije je obučiti ostale u lancu snabdevanja o tehnikama Lean-a kako bi se kreirala odgovarajuća klima neophodna za nesmetano odvijanje toka. Ove faze implementacije su međusobno povezane, te tako identifikacija problema pomaže menadžmentu kompanije u pronalaženju odgovarajućeg alata za njegovu eliminaciju, ukazuje na dalje korake kreiranja KPI, a ujedno pomaže u postupku dokumentacije.

Koliko gubitaka i problema postoji u kompaniji zavisi od načina kako se kompanija bori sa problemima. Jedini način je pronaći uzroke nastajanja gubitaka, a ne privremeno se rešavati novonastalih problema (Hirano, 2009). Tri osnovna predloga su: “trenirati oko da uvidi gubitke, ni jedna kompanija nije bez gubitaka, i početi odmah u fabrici”. Osnovna tri koraka u otkrivanju gubitaka prema Hiranu prikazana su u nastavku.

Nemogućnosti uočavanja gubitaka je česta pojava i stoga je neophodno provesti sate u fabrici u procesu prikupljanja neophodnih činjenica. Ukoliko se i dalje ne nailazi na gubitak, potrebno je preokrenuti stvari i vratiti se definiciji da sve suprotno od onog što dodaje vrednost predstavlja gubitak. Fokusrirati se na aktivnosti koje dodaju vrednost, na rad a, sve ostalo čine gubici. Kada se aktivnosti koje dodaju vrednost (VA) uoče, sve ostale aktivnosti su NVA. Daljim analizama uz pomoć 5W1H metode moguće je uočiti koren uzroka i objasniti zašto se stvari odvijaju na određen način.

Osnovnih pet ključnih momenata za uočavanje gubitaka mogu se sumirati na sledeći način:

1. Posmatrati kompaniju u celosti, činjenice i međuzalihe
2. Postaviti pitanje *šta* data operacija obavlja u procesu
3. Postaviti pitanje *zašto* je data operacija neophodna
4. Sve što ne dodaje vrednost je gubitak
5. Postaviti pet puta pitanje *zašto*, kako bi se došlo do korena uzroka gubitaka

Nakon pet ključnih momenata u pronalaženju gubitaka, potrebno je kreirati kontinualni plan unapređenja i odgovoriti na pitanje *kako*.

Drugi korak u pronalaženju gubitaka u sistemu svodi se na primenu jednodimenzionalnog toka. Prilikom primene takvog toka u sistemu, moguće je uočiti pojedine gubitke, poput prevelikog transporta, prevelikih količina, razdaljina i slično. Drugim rečima, gubitak će sam izaći na površinu.

Treći korak je analiza stanja, koja zahteva primenu određenih alata u otkrivanju gubitaka. Jedan od alata koji se sugerise je dijagram toka. Potrebno je posmatrati procese od momenta sirovog materijala do krajnjeg izlaza, kada proizvod napušta fabriku i ide ka krajnjem kupcu. Obratiti pažnju na faze kontrole, zastoja, procesuiranja i transporta jer većina proizvoda prolazi kroz date delove. Prilikom kreiranja datog dijagrama, beležiti svaku fazu i naznačavati koliko je bilo zastoja, kontrole, u kom vremenu i slično. Ovim će se moći uvideti ključne tačke gde nastaju aktivnosti koje ne dodaju vrednost proizvodu ili usluzi. Drugi metod je posmatranjem, tabelom analize operacija ustanoviti gubitke. Koraci prilikom ove metode su: pratiti procese u fabrici, sve što ne dodaje vrednost smatra se gubitkom, posmatrati veoma detaljno aktivnosti, postaviti cilj unapređenja i eliminisati gubitak iz procesa. Kao dodatak ovoj metodi predlaže se i analiza kombinovanja ljudi, mašina i proizvoda kako bi se zaokružio proces, uvidele i ostale greške sistema.

Kao još jedan od interesantnih alata predlaže se i korišćenje ček liste gubitaka. Ovaj alat može koristiti prilikom kontrole, da li postoje gubici u sistemu i koji. Na osnovu stepena količine gubitaka od 0 do 4, upisuje se odgovarajući broj u dato polje i tako sumiraju gubici po važnosti i predlažu dalja unapređenja. Ček lista je prikazana na slici 4.13.

NAZIV SEKTORA		ČEK LISTA PRONALAZENJA GUBITAKA							DATUM	
No.	NAZIV PROCESA	1	2	3	4	5	6	7	IDEJE UNAPREĐENJA	
		t	d	č	o	p	k	z		
		r	e	e	b					
		a	f	k	r					
		n	e	a	a					

Slika 4.13 Ček lista za pronalaženje gubitaka

Međutim, uočavanja gubitaka u sistemu ne znači i njihovu eliminaciju. Kako bi se oni uklonili potrebno je:

1. Imati čvrst stav o eliminaciji gubitaka.
2. Ukloniti gubitke pri kretanju proizvoda.
3. Ukloniti gubitke pri kretanju ljudi.
4. Ukloniti gubitke pri kretanju mašina.
5. Ukloniti gubitke iz međusobnih odnosa i veza ljudi, mašina i proizvoda.

Otpor je jedan od glavnih uzroka neuspeha eliminacije gubitaka. Često se mogu čuti izjave operatera kako je nešto nemoguće uraditi, kako je to primenljivo negde drugo ali ne i ovde i mnogi drugi komentari. Zato čvrst stav i rešenost je neophodan faktor uspeha prilikom ovakvih komentara koji su sastavni deo svih implementacija i promena.

U datoj knjizi (Hirano, 2009) autor navodi deset osnovnih principa unapređenja među kojima su: odbaciti sve prethodne stavove o tome kako stvari funkcionišu; razmišljati kako će novi metod raditi i doprineti procesu a ne kako neće; ne prihvatati izgovore; ne zahtevati momentalno savršenstvo jer i 50% unapređenja je dovoljno; ispraviti greške u momentu kada se pojave, a ne kasnije, ne trošiti novac na unapređenja; problem daje šansu unapređenjima, postaviti pet puta zašto (5W) dok se ne pronađe koren problema; deset ideja od strane grupe su bolje nego od strane jedne osobe; unapređenja ne znaju za granice.

Autori (Sternberg et al., 2012) naglašavaju 7 gubitaka po Likeru i pokušavaju da ih povežu sa gubicima u transportu. Putem intervjua definišu gubitke i zaključuju da 5 od 7 mogu biti primenjeni u transportu. Potom definišu okvir 7 gubitaka i studijom slučaja potvrđuju predstavljene gubitke, neke na osnovu analize vremena neke na osnovu intervjua zaposlenih. Ne obraćaju pažnji na mura i muri, niti povezuju uzroke nastajanja. Kretanje i iskorišćenost resursa prikazali su se veoma značajni u transportu. Dati okvir pomaže budućim kompanijama da se fokusiraju na ključne gubitke, da ih prepoznaju i pronađu puteve njihove eliminacije. Ovaj rad nedostaje u pogledu alata eliminacije, uzroka nastajanja i njihovim vezama, što autori i potvrđuju u svom zaključku.

## 5 Razvoj Lean 3M modela

U nastavku doktorske disertacije predstavljeni su koraci razvoja modela koju uključuju pojedine faze prethodno definisanih modela Lean implementacije, kao i korake eliminacije pojava 3M. Takođe, predstavljen je i kritički osvrt na date modele i kreirani su novi elementi modela. Nakon predstavljanja koraka modela Lean 3M, sledi novo poglavlje primene datog modela u realnim uslovima kako bi se potvrdile hipoteze i dokazala primena kreiranog modela.

Pregledom datih koraka Lean implementacije iz poglavlja 4. kao i načina eliminisanja gubitaka u sistemu dolazi se do zaključka da većina modela koristi približno slične korake i određene faze kao što su faza pre, tokom i nakon implementacije, koje se naglašavaju kroz većinu modela. Pojedini modeli prikazuju način implementacije Lean sistema, kroz definisanje određenih koraka. U takvim modelima govori se o opštosti primene Lean-a, strategijskom menadžmentu, ciljevima, kulturi organizacije, obukama koje tokom godina dovode do uspostavljanja Lean sistema. Drugi modeli ukazuju na pojedine korake identifikacije gubitaka muda, gde nedostaje fokus ka pojavama mura i muda. Jer prema rečima Likera, eliminacija muda je samo jedna trećina na putu eliminacije svih pojava u sistemu. Uočeno je to što ni jedan od modela ne prikazuje detaljno jasnu sliku o tome kako identifikovati sve gubitke u procesu, kako odrediti stepen njihovog uticaja. Da li identifikovane pojave utiču na stvaranje novih posledica i kreiranju pojava 3M i kojih? Da li su pojave 3M međusobno uzročno-posledično povezane? Kako ih eliminisati ili smanjiti efekte njihovog delovanja.

Neophodno je kreirati model koji će prikazati korake identifikacije svih gubitaka u procesu, pronaći uzroke njihovog nastajanja i njihove međusobne veze kako bi se pronašli načini smanjenja uticaja pojava 3M. Upravo iz datih razloga kreiran je model Lean 3M zasnovan na prethodno definisanim modelima i koracima implementacije Lean-a i eliminacije gubitaka (slika 5.2).

Kao što se može uočiti, model prati Demingov krug kontinualnog unapređenja. U datom modelu prvi korak je predstavljanje plana realizacije. Plan realizacije prema Demingu, ukazuje na promene koje se žele postići. Do faza- kreće u realizaciju predstavljenog plana. Check- provera ili kontrola podrazumeva pregled dobijenih rezultata, uočavanje grešaka ako su napravljene i sagledavanje onog šta je naučeno. Poslednja faza je Act-delovanje. Ukazuje na prihvatanje ili odbacivanje promena koje su nastale i teži nastavku kontinualnog unapređenja sistema kako bi se postiglo savršenstvo.

### 5.1 Planiranje – Korak 1

#### 5.1.1 Aktivnost 1 – Plan implementacije

Prva faza modela podrazumeva predstavljanje svih detaljnih koraka koje prate model, menadžmentu kompanije. Ovaj deo modela je neophodan da bi se u potpunosti razumela inicijativa i plan implementacije. Takođe definisanje plana ukazuje na jasno razumevanje koraka koji će se sprovesti i očekivanih rezultata koji će se postići.

U ovoj fazi potrebno je sagledati kapacitet kompanije i spremnost članova menadžmenta i ostalog tima za promene. Čest je slučaj da su kompanije i zaposleni željni promena ali da zbog prevelikog obima posla u kasnijim aktivnostima dolazi do pomeranja plana, odlaganja pojedinih aktivnosti koje su dogovorene u okviru plana implementacije. Potrebno je postaviti jasne rokove i faze u kojima će se izvršavati pojedini koraci odnosno aktivnosti plana.

Kompanije koje žele implementaciju Lean sistema potrebno je detaljno objasniti koji su to vremenski okviri potrebni za realizaciju takvog plana kao i potrebni kapaciteti i resursi. Promene zahtevaju menjanje svesti zaposlenih, a takav proces oduzima veoma mnogo vremena pa kompanije, odnosno njihov menadžment postaju nestrpljive jer očekuju brze promene i unapređenja. Upravo iz ovakvih razloga dolazi do nezadovoljstva i neuspešne Lean implementacije.

#### 5.1.2 Aktivnost 2 – Lean obuka

Sledeća faza modela je Lean obuka. Poželjno je pronaći odgovarajuće resurse odakle će se preuzimati i prenositi znanje. Kao što je naglašeno u knjizi Lean razmišljanje (Womack & Jones, 1996), postoje mnogi načini i prilazi u procesu učenja jer obuka je jedna od osnovnih početnih aktivnosti. Mnoge knjige i naučni radovi su dostupni kao i konsultantske kuće i eksperti koji mogu pomoći u datim fazama. Neophodno je izvršiti obuku i trening zaposlenih kompanije kako bi se razumeli principi, alati i tehnike Lean-a koji će se primeniti tokom implementacije i obezbediti sveobuhvatno unapređenje i razumevanje. Uz korišćenje određenih praktičnih metoda, poput Lean lego igre moguće je dodatno približiti način i efekte pojedinih alata (Badurdeen, Marksberry, Hall, & Gregory, 2010). Takođe, procenu znanja je poželjno izvršiti na samom kraju obuke, putem testa ili tokom obuke kako bi se utvrdio nivo razumevanja i prešlo na sledeće korake, jer u suprotnom neadekvatno prenošenje znanja i loš početak, dovodi do stvaranja negativnog stava prema Lean prilazu, odbijanju prihvatanja promena koje dovode do neuspeha (Zhang, Narkhede, & Chaple, 2017).

#### 5.1.3 Aktivnost 3 – Lean tim

Tokom obuke stvaraju se podloge za kreiranje Lean tima koji će predvoditi aktivnosti Lean prilaza. Lean tim treba biti sastavljen od osoba koje pokazuju interesovanje i razumevanje ka Lean inicijativi. Kreiranje tima predstavlja početak i stvaranje pozitivne klime i kulture same organizacije ka prihvatanju promena i Lean sistema. Takođe, kreiranje odgovarajućeg mesta sa Lean informacijama i tablama za članove tima, stvara podloge za kreiranje zajedničke prostorije ili dela pogona na kom će se tim sastajati i diskutovati o daljim koracima, problemima i planu realizacije. Lean tim će uz podršku agenta promena nastaviti dalje prenošenje znanja ka ostalim sektorima i težiti kontinuiranom unapređenju sistema u celini.

Ukoliko je: plan detaljno predstavljen, prihvaćen od strane menadžmenta i razumljiv sa jasnim ishodima; definisan način učenja, sprovedena obuka i potvrđeno znanje; oformljen Lean

tim, tek tada je moguće preći na sledeću fazu modela DO (realizacija plana). U suprotnom, potrebno je ponoviti određene korake modela sve do momenta dok svi uslovi ne budu ispunjeni.

## **5.2 Realizacija plana – Korak 2**

Gemba u prevodu sa Japanskog predstavlja mesto gde se zapravo izvršava proces. Takođe Gemba je mesto gde se odlazi kako bi se razumeo sistem i sam rad. Prema rečima Womack, Gemba je mesto gde ljudi stvaraju vrednosti (2011). Kako bi se razumeo proces i sagledale pojave koje postoje u sistemu neophodno je otići u Gembu. Posmatrati procese i uočavati probleme. Samo na taj način je moguće jasno razumeti aktivnosti i operacije koje se odvijaju u sistemu, uvideti slabe tačke i pronaći puteve njihove eliminacije. Tokom Gembe fokusirati se na određenu familiju proizvoda ili na proizvod predstavnik kako bi se sagledao ceo tok, od momenta porudžbine kupca do finalne isporuke.

### **5.2.1 Aktivnost 4 – Analiza vremena**

Analiza vremena podrazumeva posmatranje određenog procesa, merenje dužine trajanja operacija, aktivnosti i zahvata, kako bi se jasno sagledali svi elementi procesa neophodni za uočavanje aktivnosti koje dodaju odnosno ne dodaju vrednost (slika 5.1). Poželjno je izabrati proces koji ima najveći broj gubitaka u sistemu kako bi se što bolje prikazali rezultati analize i kasnije eliminisale pojave 3M. Za analizu vremena je potrebna štoperica kojom bi se merilo vreme, sveska i olovka za upisivanje podataka, kamera da bi se kasnije pregledom detaljnije sagledali zahvati i dobila jasnija slika o načinu funkcionisanja sistema. Ako se posmatra proces bušenja, potrebno ga je rastaviti na operacije koje mogu biti operacija bušenja rupe, operacija obaranja ivica, operacija urezivanja navoja itd. Svaka od datih operacija ima svoj niz aktivnosti, a svaka aktivnost se sastoji od određenog broja zahvata. Detaljnim snimanjem sistema, moguće je uočiti sve faze procesa i njegova vremena trajanja kako bi se kasnije kreirala tabela 5.1.

### **5.2.2 Aktivnost 5 – VSM**

Gemba pruža osnovne podloge za analizu vremena i kreiranje mape toka vrednosti (VSM), koji predstavlja najznačajniji korak za evaluaciju nekog procesa. Nakon detaljne analize vremena, dobile su se potrebne informacije na osnovu kojih će se izvući vreme ciklusa, vreme mašine u otkazu, broj operatera, količine međuzaliha, koje su neophodne za kreiranje tokova materijala i odgovarajućih delova VSM.

Da bi se uvideli tokovi informacija potrebno je obaviti intervju sa zaposlenima, odnosno sa učesnicima procesa tokom posmatranja sistema. Uglavnom za svaki proces vezan je ceo sistem, odnosno sektor nabavke, direktor, magacin, proizvodnja, prodaja, transport i drugi sektori. Sa svim učesnicima je potrebno obaviti razgovor i postavljanjem pitanja odakle dolaze informacije, ko ih kreira, gde završavaju, šta se dalje sa njima dešava stvarati jasnu sliku o tokovima, skicirati ih na papiru, a kasnije preneti u računar i kreirati mapu.

### 5.2.3 Aktivnost 6 – Layout (prostorna struktura)

U datoj fazi posmatranjem sistema stvaraju se podloge za kreiranje prostorne strukture (layout) koja će ukazati na raspored mašina i opreme, radnih mesta i tokova materijala. Potrebno je detaljno izmeriti proizvodni prostor, mašine i opermu kako bi se dobila jasna slika pozicija i veličina sistema. Nakon skiciranja potrebno je dodati i tokove materijala i označiti ih kako bi se uočilo kretanja materijala, uvidele povratne sprege ukoliko postoje, sagledalo mesto početka procesa, kroz koje operacije proizvod prolazi i kako završava svoj tok u sistmu. Detaljno skiciran layout stvara mogućnost uočavanja problema i daljeg unapređenja procesa.

### 5.2.4 Aktivnost 7 – Uključenost tima

Tokom obuke i faze kreiranja tima prolazi se kroz proces primene pojedinih alata Lean u ralnim uslovima, na konkretnim problemima kompanije. Ovde je od velike važnosti posmatrati nivo uključenosti zaposlenih. Pokušati konstantno težiti novim predlozima i rešenjima određenih problema od strane članova tima. Ne dozvoliti da rešenja konstantno dolaze od strane Lean agenta ili osoba koje vrše obuku. Oni mogu samo davati pojedine predloge na početku kako bi se otpočelo sa određenim promenama i dao primer šta se od zaposlenih očekuje.

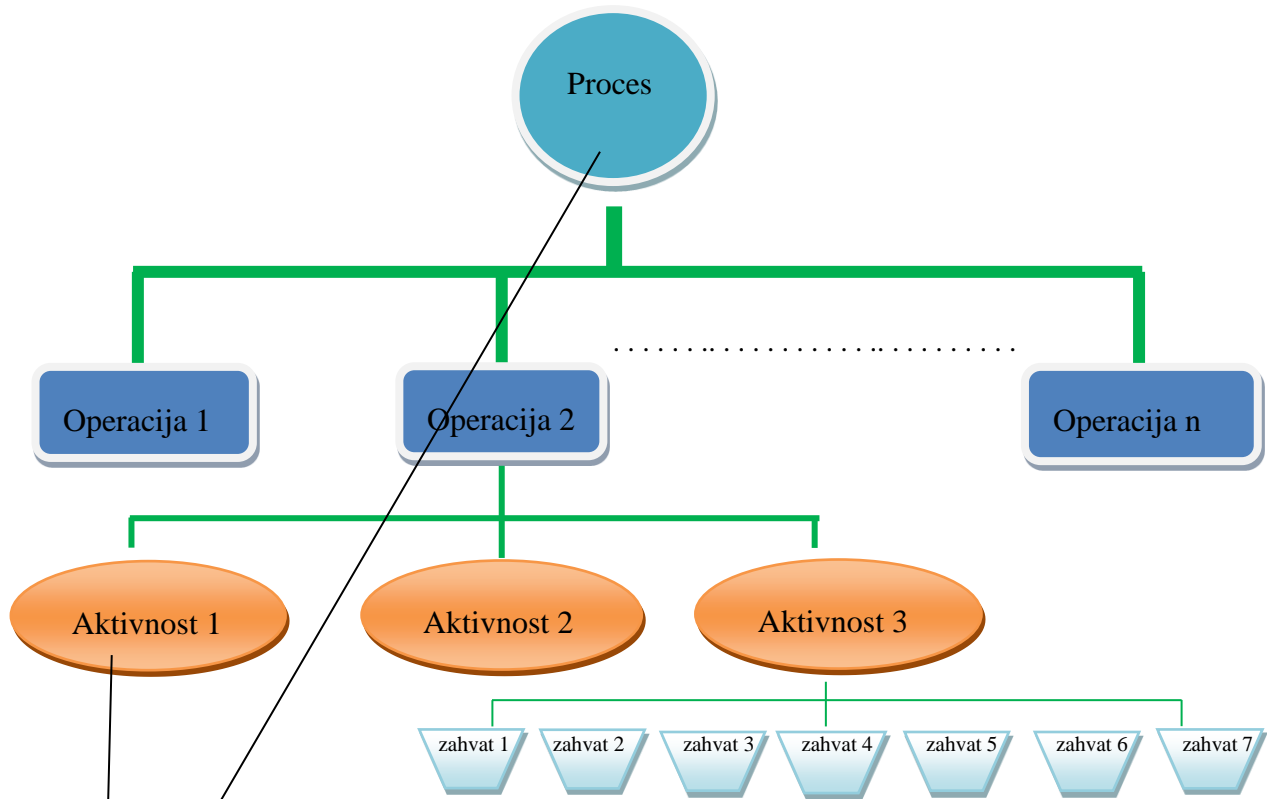
Nakon sprovedene obuke i primenom alata na konkretnom problemu u kompaniji, očekuje se širenje i primena Lean alata i unapređenja na svim procesima i sektorima sistema. Uključenost zaposlenih i ostalih članova tima doprinosi novim predlozima, idejama i kontinualnom unapređenju procesa. Moguće je definisati vođe tima za svaki sektor u kompanij, kao i njihove članove. Svaki tim ima zadatak da primeni stečeno znanje u svom sektoru i rezultate transparentno prikaže ostalim timovima kako bi se stvarala pozitivna atmosfera i prihvatanje Lean prilaza. Na Lean tablu se mogu okačiti rezultati i imena osoba zaslužene za sprovedena unapređenja putem Kaizen dokumenta. Na datim dokumentima se prikazuje slika stanja pre unapređenja, pojedini pokazatelji procesa, akcije koje su preuzete radi unapređenja i rezultati primene. Svi podaci sistema se prate i beleže u bazu, kako bi kasnije predstavljale osnovu za evaluaciju i prikaz rezultata. Kada se ispune dati uslovi, predstavljeni u modelu moguće je preći na sledeći korak analize.

### 5.2.5 Aktivnost 8 – 3M analiza

Sledeći korak modela, predstavljen sa oznakom tri kruga muda, mura i muri razmatra analizu vremena i priključljene informacije tokom prethodnih koraka. Za sve uočene aktivnosti, definisane su one koje dodaju vrednosti (VA), koje ne dodaju vrednosti (NVA) i one koje ne dodaju vrednost ali su neophodne (NNVA) za izvršenje operacije i zahvata (tabela 5.1). Dalje se aktivnostima NVA i NNVA dodeljuje tip pojave kojoj pripada. Ako je na primer uočeno čekanje operatera u trajanju od 2 minuta, taj gubitak se dodeljuje pojavi muda – čekanje (tabela 5.2). Da li ovaj gubitak utiče na stvaranje nekih novih pojava 3M i kojih? Odgovorom na ovo pitanje dobijaju se podaci koji se upisuju u tabelu 5.3 uzročno-posledičnih veza pojava 3M. Na osnovu date tabele



moгуće je uoĉiti koje pojave u najvećoj meri utiĉu na proces, koji su njeni efekti i koje su posledice njenog nastajanja.



Slika 5.1 Dekomponovanje procesa

Tabela 5.1 Analiza vremena

Proces	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
Operacija 2				
Aktivnosti 1				
Aktivnost 2				
Aktivnost 3				
zahvat 1		5		
zahvat 2			1	
zahvat 3				
Suma				

Tabela 5.2 Matrica gubitaka

	MUDA								MURA	MURI
NVA/NNVA	Transport	Zalihe	Kretanje	Āekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal		
nva		5								
nva							1			

Tabela 5.3 Uzročno-posledične veze pojava 3M

	MUDA								MURA	MURI
MUDA	Transport	Zalihe	Kretanje	Čekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal		
T										
I										
M										
W										
O										
O										
D										
T										
MURA										
MURI										

### 5.2.6 Aktivnost 9 – Identifikacija uzroka

Nakon detaljno prikazanih pojava 3M potrebno je utvrditi uzroke njihovog nastajanja. Jedna od opšte prihvaćenih metoda je primenom dijagrama uzrok-posledica, odnosno Ishikawa dijagramom. Dijagramom su kao posledica na desnoj strani predstavljene pojave 3M, a kao uzroci njihovog nastajanja naznačene su svaka od pojava: transport, kretanje, čekanje i dr., kako bi se prikazao koji je koren uzroka nastajanja određenih pojava u sistemu i kako doprinose konačnoj posledici, a to je gubitak, neuravnoteženje i preopterećenje.

### 5.2.7 Aktivnost 10 – Unapređenje procesa

Uočavanjem uzroka nastajanja određenih pojava i primenom određenih Lean alata, tehnika i metoda moguće je unaprediti proizvodne procese. Pojedini alati koji se mogu primeniti uključuju: 5S, uravnoteženje, standardizaciju, SMED, Poka-Yoke, Heijunka, Jidoka, Kaizen i mnoge druge alate Lean-a i ostale tehnike koje imaju za cilj eliminaciju pojava 3M. U zavisnosti od problema, pojave 3M, uzroka i posledice, koristiće se dati alat i tehnika koji u datom momentu mogu doprineti najefikasnijem unapređenju procesa.

## 5.3 Provera - Korak 3

### 5.3.1 Aktivnost 11- Evaluacija

Kako bi se sagledali efekti primene odgovarajućih alata i elemenata unapređenja, rezultati se beleže i upoređuju sa stanjem i podacima sa početka procesa u fazi provere ili kontrole (check). Ovaj korak je značajan jer određuje stepen i efekat primene datih koraka na putu eliminacije pojava 3M u sistemu. Daje odgovore na pitanja: Da li su efekti pojava 3M eliminisane ili smanjene? Da li se koristio adekvatan alat i tehnika u procesu unapređenja? U kojoj meri je proces oslobođen od gubitaka, preopterećenja i neuravnoteženosti? Neophodno je tokom početne faze snimanja stanja voditi evidenciju o vremenu operacija, o pojavama 3M. Beležiti tokove informacija, odakle polaze, kroz koje kanale i do kog nivoa stižu u organizacionoj strukturi. Upisati tokove materijala i skicirati prostornu strukturu. Dalje u kasnijim koracima prilikom unapređenja procesa ponoviti sva merenja i analize kako bi se uvideli efekti primene modela.

U datoj fazi je potrebno izvršiti poređenja vremena ciklusa operacija određenog dela procesa. Uporediti rezultate sumiranih aktivnosti koje dodaju, odnosno ne dodaju vrednosti sa rezultatima pre i nakon primene unapređenja. Izmeriti produktivnost procesa pre i posle primene modela. Odrediti efektivnost procesa koja definiše broj proizvedenih komada u odnosu na planiranu količinu. Odrediti efikasnost koja predstavlja odnos izlaznih vrednosti i ulaznih resursa, pa potom izvršiti kontrolu dobijenih rezultata. Ne prelaziti na sledeći korak ukoliko rezultati primene modela nisu doprineli unapređenju procesa. Vratiti se na korake uzročno posledičnih veza pojava 3M, identifikaciju uzroka i ponoviti unapređenja.

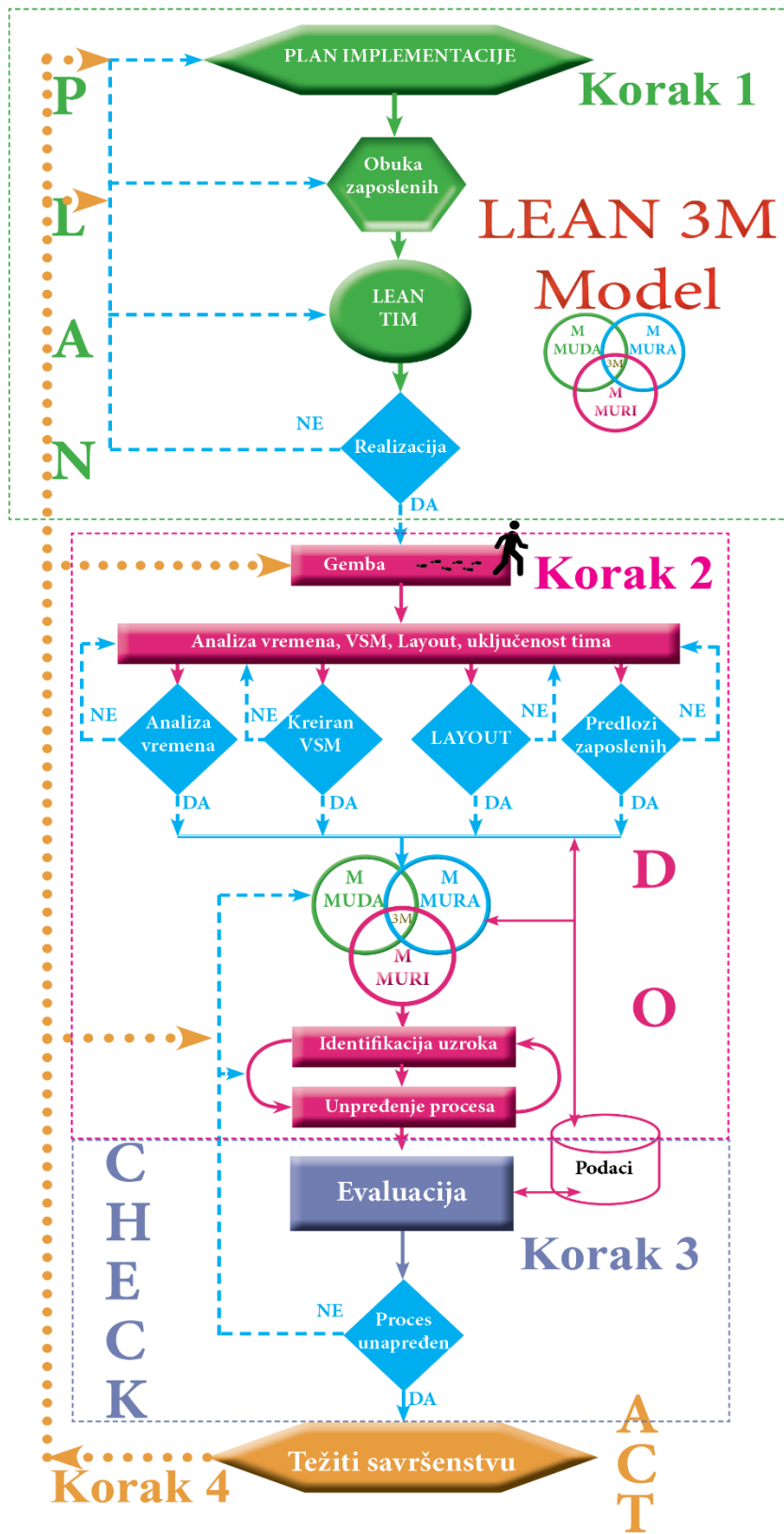
## **5.4 Delovanje – Korak 4**

### 5.4.1 Aktivnost 12 – Težiti savršenstvu

Ukoliko su postignuta unapređenja i rezultati kontrole prikazali pozitivne efekte primene modela dolazi se do poslednje faze, a to je ACT (delovanje). Sumiraju se rezultati, prihvataju se ili odbacuju predložene mere i efekti. U poslednjem koraku modela dolazi do povratne sprege sa početnim fazama modela, kako bi se preispitali koraci i delovi modela, primenili novi alati, uočile nove pojave i uzroci njihovog nastajanja, izvršile nove obuke, sagledali novi tokovi koji će težiti postizanju savršenstva.

Kada se otpočne sa procesom uočavanja pojava 3M, upotrebe alati za njihovu eliminaciju i kada se postignu pojedini rezultati dolazi se do momenta kreiranja pozitivne klime u organizaciji i stvara se težnja ka daljem kontinuiranom unapređenju od strane svih zaposlenih. Što se više zateže sistem, odnosno eliminišu negativne pojave sistema to je želja za postizanjem rezultata veća.

Povratna petlja obuhvata kreiranje novog plana zajedno sa menadžmentom kompanije. Novi plan koji će uključivati obuku i trening sledeće grupe zaposlenih i novih sektora proizvodnje. Doći će do kreiranja mape toka vrednosti novih familija proizvoda, koje će obuhvatati određene operacije i aktivnosti koje nisu snimljene i praćene. Nova mapa će stvoriti temelje za uočavanje nastalih pojava 3M i njihovu dalju eliminaciju. Ukoliko dođe do pojave viška zaposlenih, kreiraće se novi razvojni timovi za kontinualna unapređenja i praćenje pojava gubitaka, neuravnoteženosti i preopterećenja. Takođe, svaku fazu prati i konstantna analiza snimljenih i postignutih rezultata kako bi se jasno uočile razlike i uvideli efekti primene modela. Pozitivne rezultate je potrebno javno predstaviti, kaizen događaje promovisati i ukazati na pojedine zaposlene koji su doprineli unapređenjima kako bi se širila pozitivna atmosfera i konstantna težnja ka postizanju savršenstava u sistemu.



Slika 5.2 Model Lean 3M za unapredjenje proizvodnog procesa

## 6 Primena modela u realnim uslovima

Kako bi se prikazali efekti i istražila mogućnost primene, predstavljeni model Lean 3M implementiran je i ispitan u realnom okruženju. Studijom slučaja, kao jednom od najpopularnijih i najšire prihvaćenih istraživačkih metoda (Bryman & Bell, 2015) prikazani su rezultati implementacije modela.

Studija slučaja sprovedena je u kompaniji Global Co. koja se bavi proizvodnjom transportnih bokseva za automobilsku industriju (slika 6.1), kao i ostalih elemenata čelične konstrukcije.



Slika 6.1 Transportni boks za auto delove

Kompanija posluje uglavnom na inostranom tržištu i to sa tri ključna kupca. Proizvodni pogon sastoji se od sektora: skladište – gde se smešta sirovi materijal (cevi, profili, lim, armature, šrafovska roba, plastični elementi i dr.); sečenje – na kom se vrši odsecanje materijala makazama; bušenje – koji se sastoji od bušilica, glodalica, struga; sklapanje- zavarivanje odsečenih i obrađenih delova; zavarivanje- finalno zavarivanje sklopljenih delova; brušenje- ručne i trakaste brusilice za obradu metala; farbanje- ručno nanošenje boja i lakova na finalne proizvode; plastifikacija- nanošenje praha na komade metala koji se postupkom pečenja pretvaraju u plastični zaštitni sloj; montaža- ručno postavljanje šrafovskih i ostalih sitnih elemenata na proizvod. Nakon sektora montaže preostaje finalna isporuka kupcu. Menadžment kompanije se sastoji od direktora, šefa tehničke pripreme, šefa proizvodnje i šefa nabavke. Kompanija je proširenjem svog proizvodnog programa, naišla na niz poteškoća i bilo je neophodno pristupiti unapređenjima koje podrazumevaju organizaciju proizvodnog pogona, smanjenje gubitaka, uređenje tokova materijala i informacija, kontrola kvaliteta proizvoda, kreiranje standardnih operativnih procedura, radnih instrukcija i mnogih drugih. Određene elemente datih unapređenja moguće je eliminisati predstavljenim Lean 3M modelom, pa se pristupilo i njegovoj primeni.

### 6.1 Planiranje - Korak 1

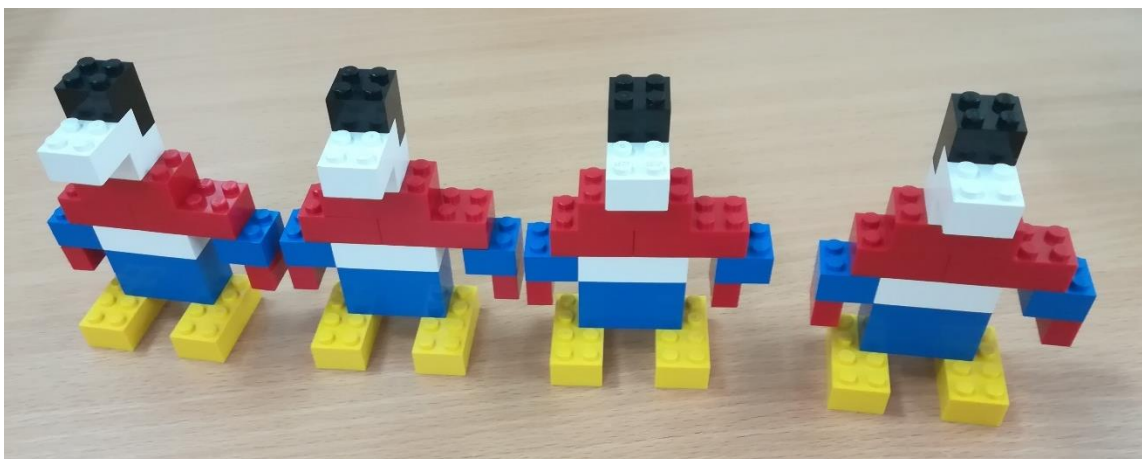
#### 6.1.1 Aktivnost 1 – Plan implementacije

Početak implementacije modela počinje planiranjem. U fazi planiranja, menadžmentu kompanije predstavljeni su osnovni principi Lean sistema kao i koraci datog modela Lean 3M koji

će imati za cilj unapređenje proizvodnog procesa i eliminaciju gubitaka, neuravnoteženosti i preopterećenja u sistemu. Ključni problemi kompanije su preveliki gubici u pogonu, počevši od momenta kada kupac naruči proizvod do momenta finalne isporuke. Javlja se škart proizvoda, defekti, nezadovoljstvo zaposlenih, što za posledicu ima povrat proizvoda od strane kupca, korekcije, ulaganje dodatnih napora, vremena i resursa sa povećanjem troškova kao finalnim rezultatom. Da bi se otpočelo sa elementima planiranja, neophodno je uočiti nivo znanja u oblasti Lean. Kako je samo mali deo menadžmenta kompanije, uključujući i pojedine operatere upućen u osnove Lean sistema odlučeno je da obuku i trening moraju proći svi šefovi sektora, uključujući menadžment i deo administrativnog osoblja.

### 6.1.2 Aktivnost 2 - Lean obuka

Proces obuke i treninga uključuje teorijski i praktičan deo. Planiran vremenski interval obuke je tri meseca. Tokom datog perioda, teorijski deo obuhvata upoznavanje učesnika obuke sa osnovnim principima, alatima i tehnikama Lean sistema. Prilikom teorijskog dela koji je vezan za alate Lean-a, učesnici obuke će narednog dana prolaziti kroz praktičan deo primene prikazanog alata. Alati, metode i tehnike koji su deo obuke podrazumevaju: VSM, 5S, Kanban, Kaizen, SMED, standardne procedure i Poka-Yoke. Alati su simulacijama uz pomoć lego kocki predstavljeni tokom treninga, a potom se određeni alat primenjivao i na radnom mestu pogona. Na primer tokom praktične vežbe 5S, metodom simulacije uz pomoć lego igre prijenjeni su elementi prva dva S, sortiranja i organizacije radnog mesta kako bi se za što kraće vreme proizveo robot, prikazano na slici 6.2.



Slika 6.2 Lego kocke prilikom vežbe 5S

Nakon vežbi simulacije, prelazi se na rešavanje konkretnog problema u pogonu. Jedan od interesantnih delova pogona je sektor bušenja, zbog organizacije radnog mesta, alata, delova materijala i međuzaliha koji nemaju svoje mesto i svoj način organizacije (slika 6.3).





Slika 6.3 Radno mesto bušenja

Prvi korak 5S je sortiranje. U procesu sortiranja, pozvani su svi članovi vežbe da učestvuju u otklanjanju onih elemenata koji nisu potrebni na radnom mestu. Postavljene su palete sa oznakama, gde je svakoj paleti dodeljen predmet koji se treba udaljiti sa radnog mesta u skladište, odbaciti, postaviti u blizinu radnog mesta ili na samom radnom mestu (slika 6.4).



Slika 6.4 Radno mesto bušenja - faza 1S sortiranje

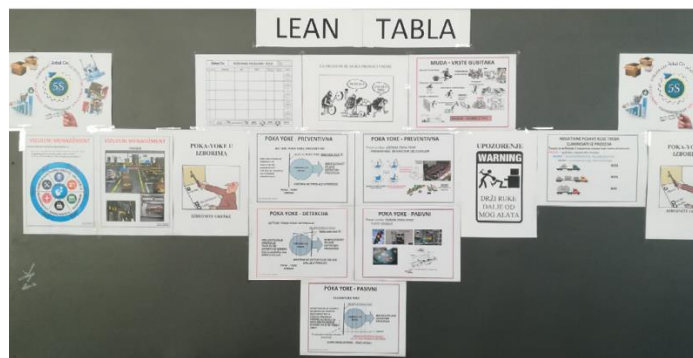
Kako bi se odbacili nepotrebni i premestili oni delovi koji su potrebni, neophodno je bilo prisustvo šefa odeljenja kao i ostalih operatera koji su najbolje upoznati sa radnim mestom i alatima koji se koriste. Nakon sortiranja, veliki broj delova je uklonjen, a radni prostor oslobođen (slika 6.5). Dalji zadatak je bio da se u narednim koracima, sprovedu i ostali elementi 5S. Proces obuke je zaokružen generalnom simulacijom uz pomoć lego kocki, koja je uključivala sve alate i tehnike naučene tokom vežbi. Simulacija je sprovedena uz prisustvo svih članova, kako bi se utvrdio nivo znanja i obezbedio prelazak na sledeći korak modela.



Slika 6.5 Faza 1S - sortirani delovi radnog mesta bušenja

### 6.1.3 Aktivnost 3 - Lean tim

Pojedini članovi tima, pokazali su veliko interesovanje i angažovanje tokom procesa obuke kao i izuzetan nivo znanja što im je omogućilo i učestvovanje u sastavu Lean tima. Lean tim je formiran uz podršku menadžmenta i saglasnost datih osoba. Odluka o formiranju Lean tima okačena je na info tabli pogona, kako bi svi bili upoznati sa postojanjem ovakvog tela u kompaniji. Članovi Lean tima su bili zaduženi da uz podršku menadžmenta, prenose znanje na ostale sektore i operatere u sistemu kako bi se nastavila implementacija Lean-a i dalja primena modela Lean 3M u celini. Nakon formiranja tima, predloženo je mesto okupljanja tima u pogonu kako bi se širila ideja Lean prilaza, probudila nova kultura i klima organizacije i nastavila dalja unapređenja sistema (slika 6.6)



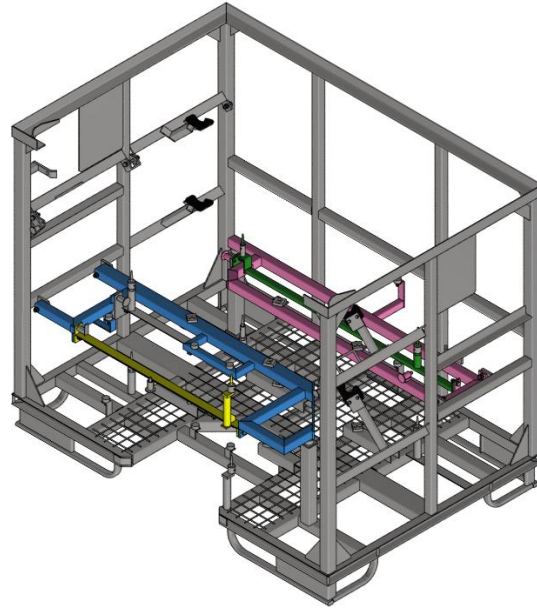
Slika 6.6 Lean tabla u pogonu fabrike Global Co.

## 6.2 Realizacija plana – Korak 2

Nakon što su ispunjeni svi uslovi, formiran lean tim, usvojeno Lean znanje i plan implementacije prelazi se na sledeći korak, a to je realizacija plana koja podrazumeva gembu, posmatranje, kreiranje VSM, analizu vremena uz uključivanje zaposlenih i ostalih operatera kako bi se što bolje uvideli gubici i pronašli načini njihove eliminacije. Tokom Gembe, zajedno sa članovima Lean tima kreirale su se podloge za formiranje mape toka vrednosti i ostalih elementa modela. Kako je prvi i osnovni korak pronaći proizvod predstavnik ili familiju proizvoda, izabran je proizvod boks 2039 (slika 6.7). U trenutku posmatranja sistema, dati proizvod je izabran kao predstavnik zbog toga što predstavlja najveći udeo u profitu kompanije, proizvodi se u velikim



količinama, sastoji se od preko 100 različitih delova (pozicija) koji ujedno prolazi kroz sve procese i operacije sistema. Drugi proizvodi koji su se procesuirali u pogonu su bili komadi malih serija i nisu predstavljali standardni proizvodni program kompanije niti su obuhvatali većinu procesa sistema.



Slika 6.7 Proizvod predstavnik kompanije Global Co. boks 2039

#### 6.2.1 Aktivnost 4 - Analiza vremena

Dato poglavlje predstavlja detaljnu analizu određenog broja radnih mesta kako bi se ustanovili gubici i utvrdila vremena operacija neophodna za dalju analizu i kreiranje VSM (tabela 6.1 do tabele 6.16). U tabelama oznake predstavljaju sledeće:

VA (aktivnost koja dodaje vrednost);

NVA (aktivnost koja ne dodaje vrednost) i

NNVA (aktivnost koja ne dodaje vrednost ali je neophodna).

Sve vrednosti u datim tabelama predstavljene su u sekundama. Vrlo je važno imati sliku stanja u proizvodnom sistemu pre nego što se počne sa bilo kakvim promenama. Sve promene koje se prave u sistemu ne mogu se proceniti na pravi način i dosledno bez snimka stanja. Efekti promena još više dobijaju na značaju kada su unapređenja u sistemu vidna i porede se sa prethodnim rezultatima. Kako je naglašeno, dati proizvod boks 2039 prolazi kroz radna mesta rezanja, limarije, bušenja, sklapanja, zavarivanja, brušenja, farbanja, plastifikacije i montaže. Kako je metoda analize vremena obimna i veoma detaljna, u nastavku će biti prikazana analiza vremena na većini procesa pojedinih pozicija

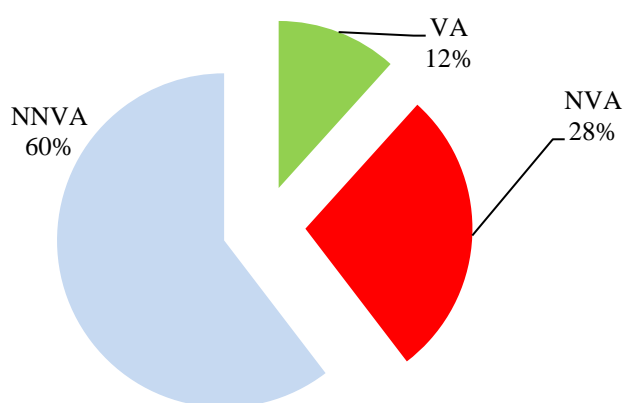
## Operacija sečenja lima

Tabela 6.1 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sečenje lima

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Uzimanje sa palete table lima 2 operatera			25	2
2	Merenje, podešavanje i sečenje lima na 2130 jer 5mm trebaju da iseku prethodno			35	
3	Okretanje table da bi se sekla po dužini			15	
4	Sečenje 6 komada, guranje da bi se isekao novi	18		18	
5	Sečenje 1 otpada		7		
6	Odlaze iza mašine nakon svake dve table da prenesu ručno 3kom po odlasku do probijačice i u otpad odlažu pojedine delove		36		32
	Preostalih 149 tabli ovim taktom				
7	Uzimanje sa palete table lima 2 operatera			3725	298
8	Merenje, podešavanje i sečenje lima na 2130 jer 5mm trebaju da iseku			5215	
9	Okretanje table da bi se sekla po dužini			2235	
10	Sečenje 6 komada, guranje da bi se isekao novi	2682		2682	
11	Sečenje 1 otpada		1043		
12	Odlaze iza nakon svake dve table da prenesu ručno do mašine 15 i u otpad, 3kom po dolasku		5364		4768
Suma	2 min i 34 sekundi jedna tabla lima	2700	6450	13950	5100

Za 6.41 sat dva operatera su isekla 150 tabli lima.

1 operater	Vreme	2 operater
23100	Sekunde	46200
385	Minute	770
6.416667	Sati	12.833333

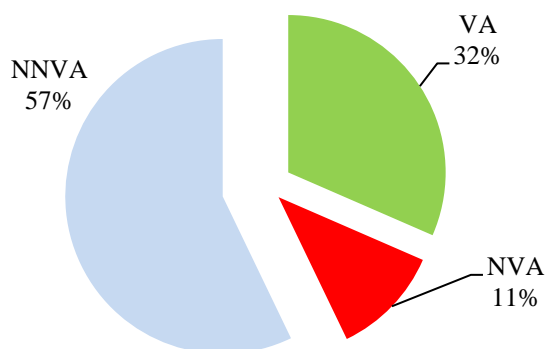


Slika 6.8 Snimak stanja na operaciji sečenja lima

## Operacija probijanje lima

Tabela 6.2 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji probijanje lima

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Operater odlazi do palete po delove lima		1.5		1.33
2	Preuzima lim sa palete od dole			3	3
3	Postavlja lim na mašinu			2	
4	Podešava lim na mašini			6	
5	Odlazi da upali mašinu			2	
6	Mašina pozicionira lim			7	
7	Mašina probija lim levo i desno, 62 udarca	32		5	
8	Repozicija okreće lim			23	1
9	Operater preuzima lim i nosi do abkant prese na savijanje		10	10	7
Suma	1min 41.5 sekundi	32	11.5	58	12.33



Slika 6.9 Snimak stanja na operaciji probijanja lima

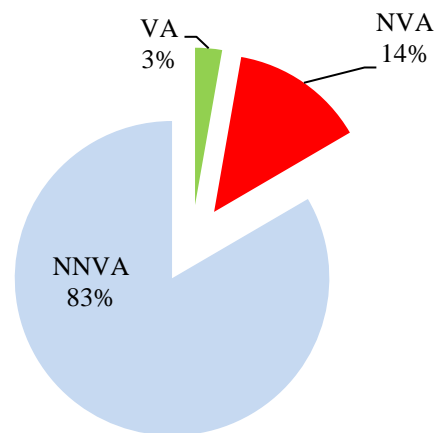
Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
1 min 41 sekunda	1min 9 sekundi	1	12

## Operacija sečenje rešetke

Tabela 6.3 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sečenje rešetke

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Operater odlazi do palete po rešetku			15	6
2	Obrtanje rešetke da bi se odsekli krajevi			3	
3	Postavljanje da bi se odsekli krajevi			10	
4	Sečenje 1 kraja			3	
5	Okretanje table da bi se odeskli drugi krajevi			5	
6	Podešavanje table da bi se sekli krajevi			25	
7	Sečenje 2 kraja			3	

8	Okretanje table da bi se izvršilo merenje			15	
9	Obeležavanje table markerom gde da se seče			30	
10	Postavljanje table da se odseku krajevi			15	
11	Sečenje 3 kraja			3	
12	Postavljanje table da se odseče na datu meru			27	
13	Sečenje table	3			
14	Postavljanje da se odseku krajevi			9	
15	Sečenje krajeva			3	
16	Operater odlazi po isečen deo da ga stavi na paletu		30		24
17	Podešava da bi odsekao preostali deo			10	
18	Sečenje	3			
19	Odlaganje na paletu gotovog komada			5	4
Sum	3 min i 37 sekundi	6	30	181	34



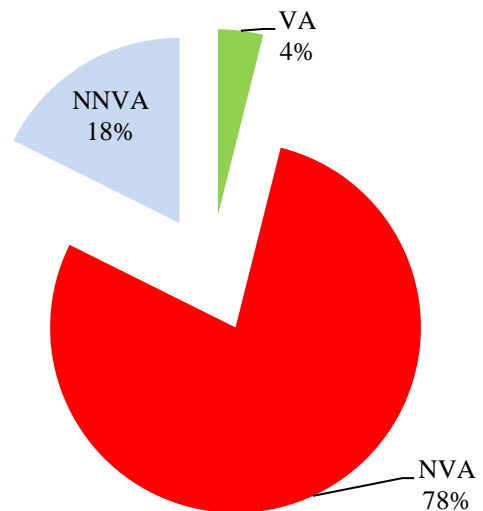
Slika 6.10 Snimak stanja na operaciji sečenja rešetke

Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
3 min 37 sekundi	7 min (dva operatera)	2	34

### Operacija savijanje lima

Tabela 6.4 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji savijanje lima

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Preuzima lim od operatera sa probijačice			2	3
2	Postavlja na presu lim			6	
3	Savijanje lima	4		5	
4	Odlaze savijen lim na sto iza sebe			5	3
5	Čeka novi komad lima		80		5
	22 sekunde, sa čekanjem 102 sekunde	4	80	18	11



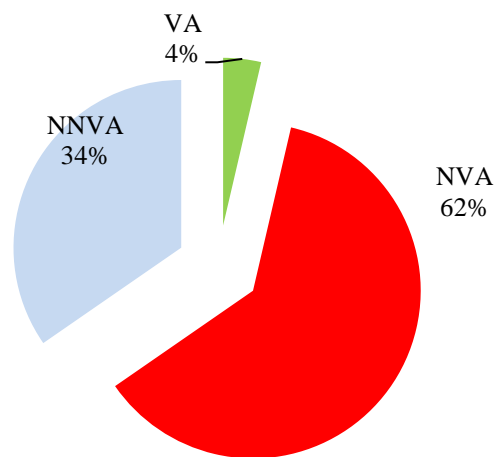
Slika 6.11 Snimak stanja na operaciji savijanje lima

Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
22 sekunde	80 sekundi (čekanje na probijač.)	1	11

Operacija sklapanje stranica sa dnom

Tabela 6.5 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sklapanje stranica sad dnom boksa

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Čekanje viljuškariste		240		
2	Operater odlazi po stranicu tešku 25-30kg do međuskladišta		28		28
3	Podešavanje boksa na stolu, uvrtnanje alata, stezanje stranice stegom			60	16
4	Peckanje, sklapanje stranice	30		210	44
5	Otpuštanje stranica skidanje stega			15	
6	Čekanje na viljuškaristu da skine boks		240		
	Ostalih 8 bokseva sumirano				
7	Čekanje viljuškariste		1920		
8	Operater odlazi po stranicu tešku 25-30kg do međuskladista stola 51 dva puta		224		224
9	Podešavanje boksa na stolu, uvrtnanje alata, stezanje stranice stegom			480	128
10	Peckanje, sklapanje stranice	240		1680	352
11	Otpuštanje stranica, skidanje stega			120	
12	Čekanje na viljuškaristu da skine boks		1920		
Sum	Za 9 bokseva po operateru potrebno 7407 sek., 2 sata.	270	4572	2565	792



Slika 6.12 Snimak stanja na operaciji sklapanja

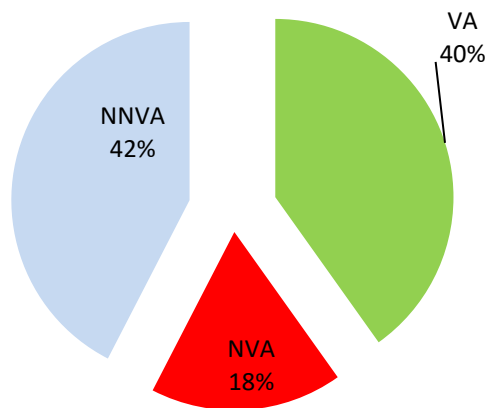
Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
13 minuta 43 sekundi	27 minuta (dva operatera)	2	88
po boksu		za 9 bokseva	
1 operater	Vreme	2 operatera	
823	Sekunde	1646	
13.71667	Minuti	27.43333	
76 min čekanje za 9 bokseva		2	4

Operacija zavarivanje (dno boksa) operater 1

Tabela 6.6 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji zavarivanje (operater 1)

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Odlazi po viljuškar		300		60
2	Preuzima dno i postavlja			60	
3	Varenje 200mm dužine	47			
4	Varenje 80mm	21			
5	Varenje 80mm	30			
6	Ostala tri elementa varenje 80 80 200	100			
8	Okreće boks, čeka viljuškar		300	300	60
9	Odlazi po novi kotur i menja 15kg			270	40
10	Puš pauza			600	
11	Vari ostale delove plus manipulacija	1875		900	
13	Čeka viljuškar		300		
14	Skida boks i odlaže			60	
	Suma 5163 sek. 1.43 sata	2073	900	2190	160





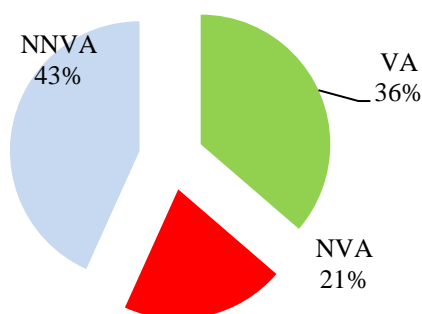
Slika 6.13 Snimak stanja na operaciji zavarivanje (operator 1)

Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
1 sat i 26 minuta	51 minuta	1(2)	160

Operacija zavarivanje (dno boksa) operater 2

Slika 2.3 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji zavarivanje (operator 2)

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Ceka viljuškaristu da mu donese boks		300		60
2	Preuzima dno i postavlja			60	
3	Varenje 200mm dužine	69			
4	Varenje 80mm	30			
5	Varenje 80mm	29			
6	Sva tri elementa varenje 80 80 200	130			
8	Okreće boks, čeka viljuškaristu, angažuje drugog operatera		600	300	60
9	Odlazi po novi kotur i menja 15kg			270	40
10	Pauza			600	
11	Vari ostale delove boksa od ukupno 8,2 metara vara	1875		1250	
13	čeka viljuškar		300		
14	Skida boks i odlaže			60	
	Suma 5873 sek., 1.61 sat	2133	1200	2540	160



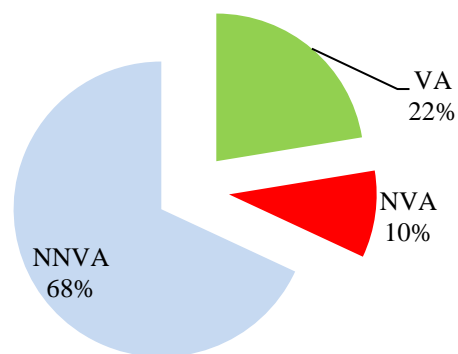
Slika 6.14 Snimak stanja na operaciji zavarivanje (operator 2)

Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
1 sat i 37 minuta	62 minuta	1(3)	160

### Operacija odmašćivanje boksa

Tabela 6.7 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji odmašćivanje boksa

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Odmašćuje boks	300		60	7
2	Odlazi po novi boks ručnim viljuškarom			75	25
3	Ubacuje boks u peć			180	15
4	Pomaže drugom operateru sa boksom		120		15
5	Odmašćuje novi boks	300		60	7
6	Okreću boks 2 operatera			30	15
7	Odmašćuje novi boks	300		60	7
8	Okreću boks			30	15
9	Odlaze boks sa prahom u stranu jer je peć puna		150		18
10	Odlazi po novi boks ručnim viljuškarom			75	25
11	Čišćenje ciklona jer je pun			900	25
12	Odlazi napolje po grede da bi stavio boks		60		25
13	Odlazi po novi boks ručnim viljuškarom			75	25
14	Odmašćuje boks	300		60	7
15	Iznosi jedan gotov boks iz peći			240	40
16	Ubacuje novi boks u peć			180	5
17	Iznosi jedan gotov boks iz peći			240	40
18	Ubacuje novi boks u peć			180	5
19	Odlazi do montaže da javi da mogu da nose bokseve		180		90
20	Čišćenje komplete prostorije			1200	30
	Suma 1.48 sati	1200	510	3645	441



Slika 6.15 Snimak stanja na operaciji odmašćivanje boksa



Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
6 minuta	1 minut	1	7

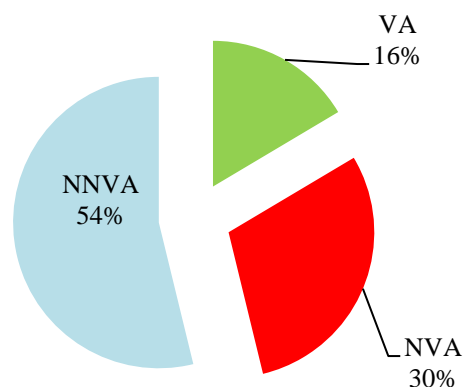
Operater pored odmašćivanja radi na poslovima oko plastifikacije, prinošenje, odnošenje bokseva itd.

Vremenski interval operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
89 minuta	69 minuta	1	441

### Operacija plastifikacije boksa

Tabela 6.8 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji plastifikacija boksa

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Zavrće jednu i drugu stranu peći			60	10
2	Odlazi po ručni viljuškar			60	10
3	Prinosi 1 boks i postavlja ga na ciklon			60	10
4	Nanosi prah na dno 100 mic.	110		10	5
5	Čeka drugog operatera da bi okrenuli boks		60		
6	Okreću boks 2 operatera			30	
7	Nanosi prah na stranice i dno	300		60	10
8	Čisti pod			120	20
9	Nanosi prah na dno	110		10	5
10	Čeka drugog operatera da mu pomogne		60		
11	Okreću boks			30	
12	Nanosi prah na stranice	300		60	10
13	Čišćenje ciklona jer je pun, 6 šrafova odvrće			900	15
14	Nanosi na dno	110		10	5
15	Čeka da peć završi a boks ne spušta jer smeta vratima od peći		420		
16	Otvora vrata peći, gotova dva boksa			70	10
17	Čeka da se dim raznese		300		
18	Čeka operatera da iznese bokseve i unese		840		
19	Zavrće obe strane peći, početak pečenja			60	10
20	Čišćenje usisnog dela			300	10
21	Čišćenje kompletne prostorije			1200	30
	Suma 5610 sek. 1.55 sati	930	1680	3040	160



Slika 6.16 Snimak stanja na operaciji plastifikacij boksa

Vreme trajanja operacije	Vreme potrebno za plastifikaciju	Nanošenje praha
1 sat i 22 minuta	1 sat 14 minuta; 59 minuta	8 minuta

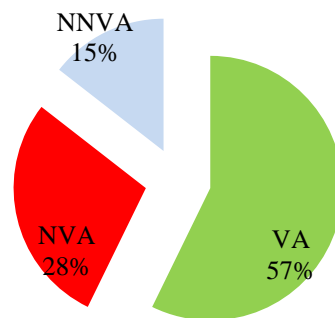
Vreme operatera tokom ciklusa od 94 minute

Vremenski interval operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
94 minuta	78 minuta	1	160

### Operacija farbanja boksa

Tabela 6.9 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji farbanje boksa

R.br.	Opis aktivnosti	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
1	Čeka viljuškaristu da mu donese boks		420		75
2	Farba boks dok je na podu, stranice i dno od gore	1000		200	10
3	Čeka viljuškaristu da mu podigne boks		420		30
4	Farba dno boksa	600		60	6
5	Spušta boks da može da popravi pojedine delove			50	
6	Menja uložak farbe			180	20
7	Farba preostali deo dna	100		20	2
8	Kraj farbanja boksa				
	Suma 2970 sek., 0.82 sata	1700	840	430	143



Slika 6.17 Snimak stanja na operaciji farbanje boksa

Vreme trajanja operacije	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara
50 minuta	21 minut	1	143

### Snimanje operatera na bušenju

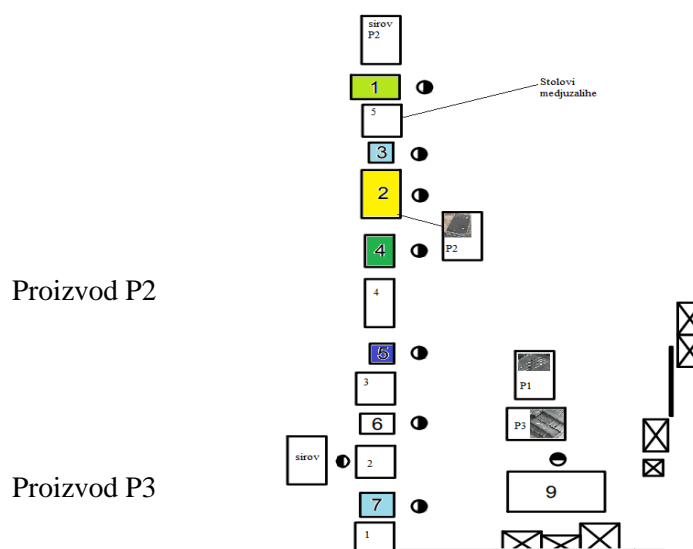
Proces bušenja tokom posmatranja obrađuje 3 pozicije boksa. Palete sa datim poluproizvodima (PP) ili gotovim označene su na slici 6.18. Proces se odvija po sledećem redosledu:

Tabela 6.10 Tok materijala po operacijama za P1, P2 i P3

R.br.	Opis aktivnosti za P1	R.br.	Opis aktivnosti za P1
1	Sa paleta P1 uzimaju se sirovi PP 1	7	Mašina 6 pravi otvor $\phi$ 21mm
2	Na paletu sirov P1 se kasnije ručnim viljuškarom prenosi paleta PP1	8	Sto 4 međuzalihe
3	Na stolu 2 se iglom obeležavaju rupe	9	Mašina 4 buši rupu $\phi$ 21mm
4	Na stolu 1 su međuzalihe posle obeležavanja rupa	10	Sto 3 međuzalihe
5	Mašina 7 bušenje rupe 4.5 mm	11	Mašina 5 obara ivice
6	Na stolu 2 se u kraj odlažu međuzalihe	12	Odlaganje gotovog proizvoda P1 na paletu P1



Slika 6.18 Pozicije za boks



Operater 1 na bušenju, obeležavne rupe za P1, bušenje rupe  $\phi$ 21mm za P1

Tabela 6.11 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji obeležavanje rupe P1

R.br.	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
P1	Čišćenje mašina i alata		7:02			300	2
P2	Čekanje na šefa smene da napravi alat i da instrukcije		7:07		120		2
P3	Operateri prebacuju sa palete P1 poluproizvode do stola 2, i to 2 po 2 PP ili više, 42 komada		7:09		120		32
P 4	Operater udara iglom i obeležava PP1, 8 mesta sa obe strane po 4 udarca, 42+42 komada ručno donešena	1932	7:11	672		1260	220
P 5	Odlazi po novih 7 PP1 sa palete P1		7:52		10		4
P 6	Odlazi po ručni viljuškar da prenese sa palete P1 do svog stola celu paletu		7:53		300		28
P 7	Saginje se dole na paletu sirov PP1, uzima 12 komada postavlja na sto 2		7:58		18		8
P 8	Obeležava iglom rupe za PP1	276	7:58	96		180	36
P 9	Odlazi do stola kako bi skinuo deo radnog odela		8:03		30		20
P 10	Uzima novih 8 PP1 sa palete sirov, saginje se svaki put		8:04		10		
P 11	Odlazi do montaže po brusilicu koju su uzeli motažeri		8:06		120		70
P 12	Obeležava rupe iglom	2070	8:08	720		1350	270
P 13	Odlazi na mašinu 4		8:38			15	5
P 14	Čisti mašinu 4		8:38			35	
P 15	Odlazi po rukavice jer mašina prska		8:38			30	14
P 16	Buši 8 rupa $\phi$ 21m mašina 4, P1	110	8:39	72		38	
P 17	Mašina 6 otkazuje		8:38				
P 18	Operater odlazi do stola 2 uzima 5 komada PP1, izbušene delove i nosi do stola 4		8:40		10		8

P 19	Buši 5 delova, P1	550	8:40	360		190	
P 20	Odlazi do stola 2 uzima 5 komada PP1 izbušene delove i nosi do stola 4		8:45		10		8
P 21	Buši 5 komada	550	8:45	360		190	
P 22	Operater razgovara sa drugim operaterom		8:51		60		8
P 23	Buši rupe i odlaže na sto 4 skroz	1980	8:52	1296		684	54
P 24	Skida burgiju na mašini 4, pukao vrh		9:26			10	
P 25	Traži šefa da mu naoštiri burgiju		9:26		30		
P 26	Čisti mašinu 4		9:26			120	
P 27	Zavrće burgiju		9:28			10	
P 28	Čeka šefa dok podešava mašinu 4		9:28		180		
P 29	Pauza 30 min		9:31				
P 30	Posle pauze operater ne obavlja konkretne zadatke		10:02				
P 31	Nakon 44 minuta operater se vraća na Mašinu 4		10:46				
P 32	Čisti mašinu		10:46			60	
P 33	Odnosi da baci smeće iza stola 1		10:47		60		16
P 34	Buši rupe i odlaže na sto 4	6050	10:48	3960		2090	165
P 35	Pauza 15 min		12:30				
P 36	Nastavlja bušenje	660	12:48	432		228	18
P 37	Odlazi do montaže da javi da sutra neće biti tu		13:00		180		70
P 38	Nastavlja bušenje	5500	13:03	3600		1900	150
P 39	Čišćenje mašina i alata		14:35			600	
P 40	Odlazak u svlačionice		14:45		800		
	Kraj smene		15:00				
		sek.	22916	11568	2058	9290	Kretanje(m)
		sat	6.37	3.21	0.57	2.58	1208



Slika 6.19 Snimak stanja na operaciji obeležavanje rupe za P1

Vreme posmatranja operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara	Urađeno komada
6.36 sati	3.15 sati	1	1208	P1 186; P1 140

### Operater 2 na bušenju

Naziv aktivnosti: Bušenje rupe  $\phi 4.5$  za P1, obeležavanje rupe za P3

Tabela 6.12 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenje i obeležavanje rupe za P1 i P3

R.br.	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
P 41	Čišćenje mašina i alata		7:02			300	2

P42	Operateri čekaju šefa da im napravi alat i da instrukcije		7:07		120		2
P43	Operater 2 proverava alat i dimenzije		7:09			420	2
P44	Postavlja i zavrće glavu na bušilicu		7:16			10	2
P45	Podešava broj obrtaja burgije		7:16			10	
P46	Odlazi da naoštri burgiju		7:16			120	17
P47	Zavrće burgiju		7:18			10	
P48	Podešava burgiju za drugog operatera		7:18		300		
P49	Prekinuo ga operater sa montaže, traži ključ		7:23		30		
P50	Buši 8 rupa proizvod PP1 mašina 7	63	7:24	40		23	
P51	Stop, upala burgija, nije dobro zategnuta		7:25		20		
P52	Šef mu donosi drugu naoštrenu burgiju i ubacuje je		7:25			10	
P53	Buši rupe za 7 proizvoda	441	7:26	280		161	
P54	Kontroliše, ide do stola broj 9 i meri da li su dobro izbušene rupe		7:33		5	25	4
P55	Odlazi do stola broj 5 da pita šefa gde je crtež		7:34		40		14
P56	Odlazi do table da vidi kako je na crtežu		7:35		50		5
P57	Buši rupe $\phi 4,5\text{mm}$	819	7:36	520		300	
P58	Traži četku da očisti mašinu		7:50		10		
P59	Odlazi do stola broj 9 da vidi gde je četka		7:51		10		4
P60	Buši rupe P1 $\phi 4.5\text{mm}$	1890	7:51	1200		690	

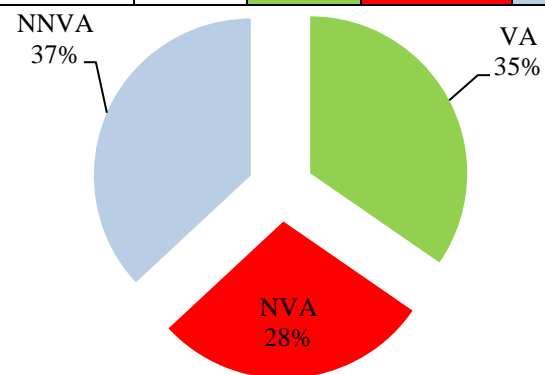
P61	Odlazi do mašine 6 koja je otkazala		8:38		420		4
P62	Buši rupe $\phi$ 4.5mm	1197	8:45	760		437	
P63	Čisti mašinu 6 za servis		9:05		1560		8
P64	Pauza za ručak		9:31				
P65	Traži burgiju jer je nema u mašini 7 nakon pauze		10:02		20		4
P66	Odlazi u magacin po novu, čeka magacionera		10:02		300		90
P67	Montira burgiju		10:07			10	
P68	Buši rupe $\phi$ 4.5mm	882	10:07	560		322	
P69	Otkaz burgije		10:21				
P70	Odlazi u magacin po burgiju		10:21		180		40
P71	Daje šefu da naoštri burgiju		10:24		20		17
P72	Čeka šefa da naoštri		10:24		240		
P73	Počinje da buši rupe $\phi$ 4.5mm	2016	10:28	1280		736	
P74	Menja stanicu na radiju		11:01		20		4
P75	Buši rupe $\phi$ 4.5mm	441	11:01	280		161	
P76	Oštri burgiju		11:08			60	17
P77	Oštri burgiju drugog operatera		11:08		60		17
P78	Odlazi da premesti žutu mašinu broj 2		11:09		60		18
P79	Buši rupe $\phi$ 4.5mm	1260	11:10	800		460	



P80	Drugi operateri mu traži inbus ključ		11:30		120		4
P81	Pozdravlja se sa drugim operaterima koji su došli		11:32		120		
P82	Odlazi na kratku pauzu		11:34		60		50
P83	Ide po Inbus za operatera u magacin, iako je inbus uzet		11:35		60		50
P84	Došao na bušenje		11:36				
P85	Odlazi do plastifikacije po krpe za čišćenje		11:36		180		120
P86	Buši rupe $\phi 4.5\text{mm}$	693	11:39	440		253	
P87	Odlazi do magacina da prošeta		11:51		480		90
P88	Buši rupe $\phi 4.5\text{mm}$	1134	11:59	720		414	
P89	Oštri burgiju		12:18			60	17
P90	Kotroliše izbušene rupe		12:19			120	
P91	Buši rupe $\phi 4.5\text{mm}$	504	12:21	320		184	
P92	Oštri vrh burgije		12:30			60	17
P93	Pauza		12:31				
P94	Buši rupe $\phi 4.5\text{mm}$	504	12:48	320		184	
P95	Čisti mašinu završio operacije na njoj		13:03			120	
P96	Odlazi da pita šefa šta dalje da radi		13:05		120		15
P97	Uzima crtež sa palete pored mašine 10		13:07		40		7
P98	Odnosi PP 3 do stola 9		13:08		10		
P99	Traži šubler, odlazi do mašine 2, žute		13:08		40		16

P100	Ocrtava na pp3 šta treba da označi		13:09			120	
P101	Čeka šefa da iskontroliše		13:11		60		
P102	Odlazi do iste palete uzima po 9 komada pp3 i nosi na sto 2,u tri navrata, ukupno doneo 26 proizvoda		13:12		180		24
P103	Obeležava 2 rupe iglom na PP3 jedna rupa sa obe strane	104	13:15	8		96	
P104	Nosi burgiju na oštrenje sa mašine 7		13:17			120	17
P105	Izbušio jednu rupu potom kontroliše		13:19			40	
P106	Obeležava iglom PP 3	26	13:20	2		24	
P107	Skida alat i nosi na brusilicu 8 jer ne leže dobro alat		13:21		240		11
P108	Kontroliše na stolu 9		13:25			20	4
P109	Obeležava iglom PP 3	286	13:26	52		234	
P110	Podešava radio		13:31		20		4
P111	Odlazi po novih PP3 sa palete 9, 9, 9, 12, u 4 navrata		13:32		200		32
P112	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	473	13:35	86		387	
P113	Uzima sa palete 15 proizvoda		13:43		60		16
P114	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	165	13:44	30		135	
P115	Odlazi na paletu po novu količinu PP3		13:47		60		16
P116	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	330	13:48	60		270	
P117	Odlazi na paletu po novu količinu PP3		13:53		60		20
P118	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	330	13:55	60		270	

P119	Odlazi na paletu po novu količinu PP3		14:01		60		20
P120	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	330	14:02	60		270	
P121	Odlazi do palete po novu količinu PP3		14:08		60		20
P122	Obeležava rupe iglom na PP3, jedna rupa sa obe strane	253	14:09	46		207	
P123	Menja stanicu na radiju		14:15		20		4
P124	Poslednjih 15 min operater je u magacinu		14:35				
P125	Čišćenje mašina i alata		14:35			600	
P126	Svlačionica		14:45		800		
	Kraj smene		15:00				
		sek.	22892	7924	6515	8453	Kretanje (m)
		sat	6.35	2.20	1.81	2.35	845



Slika 6.20 Snimak stanja operatera na bušenju i obeležavanju rupe za P1 i P3

Vreme posmatranja operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara	Urađeno komada
6.35 sati	4.15 sati	1	845	P1 188; P3 202

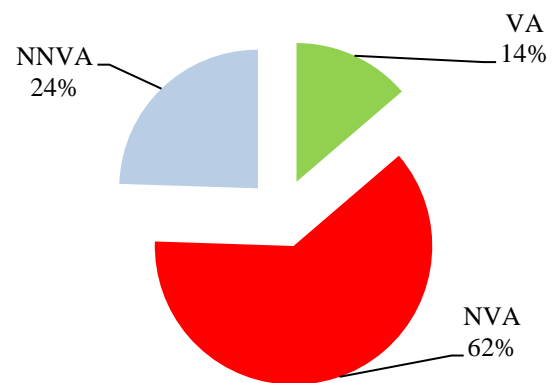
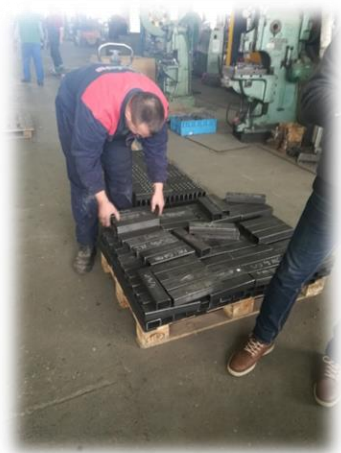
### Operater 3 na bušenju

Naziv aktivnosti: Bušenje rupe  $\phi 4.5$  za P1, obaranje ivice za P1, bušenje rupe  $\phi 8$  za P3

Tabela 6.13 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenja i obaranja ivica za proizvod P1 i P3

R.br.	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
P127	Čišćenje mašina i alata		7:02			300	2
P128	Operateri čekaju šefa da im napravi alat i da instrukcije		7:07		120		2
P129	Operater čeka da proizvod stigne za obaranje ivica		7:09		1080		
P130	Počinje da obara ivice za P1	5830	7:27	424	4558	848	300
P131	Buši rupe na mašini 7 $\phi 4.5$ mm	1316	9:05	560		756	4
P132	Pauza		9:30				
P133	Obara ivice na mašini 5 P1	7480	10:25	544	5848	1088	400
P134	Pauza		12:30				
P135	Obara ivice na mašini 5 P1	880	12:45	64	688	128	48

P136	Obeležava rupe iglom na stolu 2 za P1	184	13:00	64		120	4
P137	Obara ivice na mašini 5 P1	990	13:03	72	774	144	60
P138	Buši 2 rupe na mašini 7 P3	2200	13:20	1000	792	1200	50
P139	Obara ivice na mašini 5 P1	220	14:10	16	172	32	12
P140	Buši 2 rupe na mašini 7 P3	1210	14:15	550		660	
P141	Čišćenje mašina i alata		14:35			600	
P142	Svlačionica		14:45		800		
	Kraj smene		15:00				
		sek.	24002	3294	14832	5876	Kretanje (m)
		sat	6.67	0.92	4.12	1.63	882



Slika 6.21 Snimak stanja operatera 3 na bušenju

Vreme posmatranja operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara	Urađeno komada
6.67 sati	5.75 sati	1	882	P1 8; P1 14; P3 155

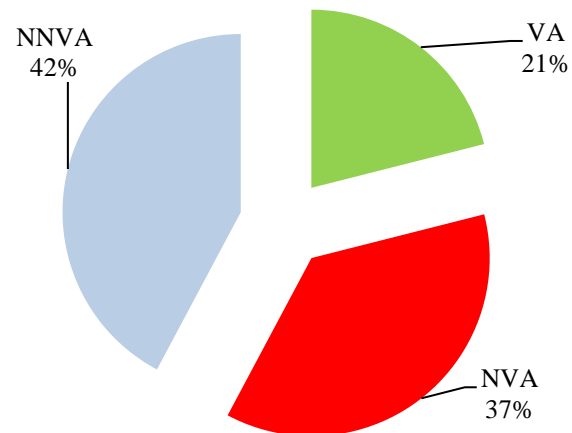
#### Operater 4 na bušenju

Naziv aktivnosti: Bušenje rupe  $\phi 21$  za P1, obaranje ivice za P1, obaranje ivice za P2, uvrtnanje navoja za P2

Tabela 6.14 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenje, obaranje i uvrtnanja navoja za P1 i P2

R.br.	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Razdaljina (m)
P143	Čišćenje mašina i alata		7:02			300	2
P144	Operateri čekaju na šefa da im napravi alat i da instrukcije		7:07		120		2
P145	Prebacuju sa palete P1 poluproizvode do stola 2, i to 2 po 2 PP ili više, 42 ukupno		7:09		120		32
P146	Čeka da se obeleže i izbuše rupe $\phi 4.5$ mm pa potom preuzima i buši $\phi 21$ mm		7:11		840		
P147	Buši rupu $\phi 21$ mm masina 6 P1	4290	7:25	2808		1482	
P148	Mašina 6 otkaz		8:38				
P149	Obara ivice na mašini 5 P1	1430	9:05	104	1118	208	80
P150	Pauza za ručak		9:30				

P151	Obara ivice na mašini 5 P1	1430	10:01	104	1118	208	
P152	Buši rupu $\phi$ 21mm mašina 4	1210	10:25	792		418	4
P153	Pomaže šefu oko žute mašine br 2 i ostalima jer nema konkretan zadatak		10:45		2580		300
P154	Uvrtnje navoja na mašini 2 P2	2100	11:28	250		1850	
P155	Obaranje ivica na mašini 3 P2	390	12:03	120		270	
P156	Uvrtnje navoja na mašini 2 P2	1260	12:10	150		1110	12
P157	Pauza		12:30				
P158	Uvrtnje navoja na mašini 2 P2	1932	12:48	230		1702	20
P159	Obara ivice na mašini 5 P1	2640	13:20	192	2064	384	
P160	Obara ivice na mašini 3 P2	286	14:05	88		198	
P161	Uvrtnje navoja na mašini 2 P2	1512	14:10	180		1332	14
P162	Čišćenje mašina i alata		14:35			600	
P163	Svlačionica		14:45		800		
	Kraj smene		15:00				
		sek.	23840	5018	8760	10062	Kretanje (m)
		sat	6.62	1.39	2.43	2.80	466



Slika 6.22 Snimak stanja operatera na uvrtanju navoja za P2

Vreme posmatranja operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara	Urađeno komada
6.62 sati	5.23 sati	1	466	P1 50; P1 50; P2 26; P2 81

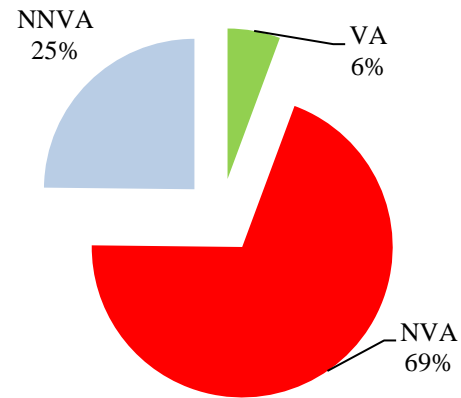
### Operater 5 na bušenju

Naziv aktivnosti: Obeležavanje rupe za P1, bušenje rupe za P2  $\phi 8$



Tabela 6.15 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji obeležavanje i bušenje za P1 i P2

R.br.	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
P164	Čišćenje mašina i alata		7:02			300	2
P165	Operateri čekaju na šefa da im napravi alat i da instrukcije		7:07		120		2
P166	Prebacuju sa palete P1 poluproizvode do stola 2, i to 2 po 2 PP ili više, 42 ukupno		7:09		120		32
P167	Podešava mašinu 1		7:11		6078		50
P168	Udara iglom na stolu 2 za P1	240	9:04	64		176	
P169	Podešava masinu 1		9:08		1320		10
P170	Pauza		9:30				
P171	Podešava mašinu 1		10:01		8940		50
P172	Pauza		12:30				
P173	Buši rupe na mašini 1 P2	6480	12:45	1350		5130	39
P174	Čišćenje mašina i alata		14:35			600	
P175	Svlačionica		14:45		800		
	Kraj smene		15:00				
		24998	sek.	1414	17378	6206	Kretanje (m)
			sat	0.39	4.83	1.72	185



Slika 6.23 Snimak stanja operatera 5 na bušenju za P2

Vreme posmatranja operatera	Vreme koje ne dodaje vrednost	Broj operatera	Pređeno metara	Urađeno komada
6.94 sata	6.55 sati	1	185	P1-8; P2-90

### Operater 6 na bušenju

Naziv aktivnosti: Podešavanje mašine i podrška operaterima (šef sektora)

Tabela 6.16 Vremena trajnja aktivnosti operatera 6

Red.br	Opis aktivnosti	Vreme operacije	Vreme	VA	NVA	NNVA	Kretanje (m)
P176	Cišćenje mašina i alata		7:02			300	2
P177	Podešava alate		7:07			120	2

P178	Podešava mašinu 1u otkazu		7:11		8340		680
P179	Pauza		9:42				
P180	Podešava mašinu 1 u otkazu		10:01		8940		450
P181	Obara ivice na mašini 3 za P2	600	12:38	240		360	
P182	Pauza		12:48				
P183	Odlazi na druge poslove		12:49				
P184	Obara ivice na mašini 3 za P2	640	14:24	256		384	
P186	Svlačionica kraj dana		14:45				
	Kraj		15:00				
		sek.	18940	496	17280	1164	Kretanje (m)
		sat	5.26	0.14	4.80	0.32	1134

Sumirano za operatere bušenja



Slika 6.24 Proizvod P1 P2 i P3

Za jednu smenu urađeno je:

P1 – 190 komada; P2 – 81 komad; P3 – 155 komada i pređeno 4720 metara.

Sumirana vremena tokom jednog dana za 6 operatera su prikazana u tabeli 6.17 i 6.18.

Tabela 6.17 Vremena aktivnosti na procesu bušenja

Aktivnost	sekund	sat	minut
VAT (dodaje vrednost)	29714	8.25	495
NVA (ne dodaje vrednost)	66823	18.56	1113
NNVA (neophodno NVA)	41051	11.40	684

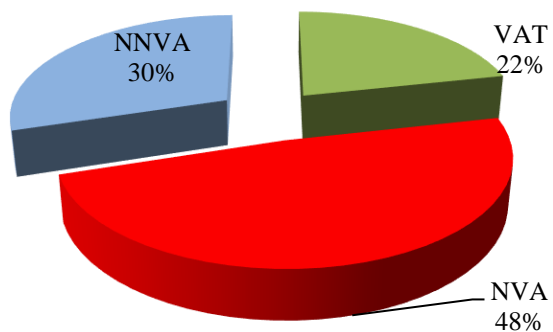


Tabela 6.18 Sumirana vremena operatera na procesu bušenja (minuti)

	VA	NVA	NNVA
Operater 1	192	34	154
Operater 2	132	108	140
Operater 3	54	247	97
Operater 4	83	146	167
Operater 5	24	289	103
Operater 6	8	288	19

## 6.2.2 Aktivnost 5 - VSM

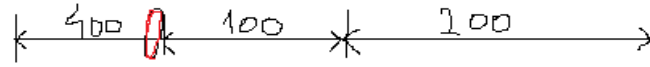
Kako bi se kreirala mapa toka vrednosti stanja sistema neophodna je detaljna analiza tokova informacija i tokova materijala. Tokovi informacija polaze od momenta zahteva kupca. Razgovorima sa direktorom kompanije, nabavkom, tehničkom pripremom i operaterima prikupile su se informacije neophodne za izradu VSM, a i uočili pojedini dodatni problemi. Intervju je prikazan u nastavku.

- Tokovi informacija

Intervju- Razgovor sa direktorom (CEO- 40 min): Kako teče komunikacija od momenta kada kupac poruči proizvod do momenta isporuke? Dobijamo zahtev, ako je od određenog kupca uglavnom stiže i željeni rok isporuke. Postoji godišnja prognoza, tromesečna kao i mesečna i prema toj prognozi se i formiraju nedeljni planovi. U zahtevu stoji crtež, količina i željeni rok. Sa šefom proizvodnje dogovaramo rok isporuke putem telefona. E-mailom obavestavamo da je prihvaćen zahtev kupca. Jedan od bitnih problema je što se nekada desi da se ne isprati e-mail i tako se zaboravi na zahtev kupca. Nakon slanja projekta tehnička priprema vrši crtanje, kreiranje sastavnice. Po nekada stigne i tehnička dokumentacija, pa ne moraju da rade crteže. Tek nakon toga kreira se folder koji je dostupan svima, sa sastavnicom, crtežima i ostalom neophodnim informacijama. Direktor obavestava nabavku, a nabavka dostavlja lično magacinu šta sve treba za taj proizvod poručiti, tj. dostavlja mu trebovanje. Magacin na osnovu trebovanja kontroliše šta ima šta nema na stanju, prebrojava, pamti, oduzima, sabira i donosi dokument trebovanja vraća nazad do nabavke. Kada se dobije informacija šta je potrebno poručiti, direktor putem telefona, e-maila vrši nabavku većih delova kao što su limovi, profili, cevi, dok nabavka komunicira najmanje dva puta nedeljno sa dobavljačima robe koja se uvozi, koju nije moguće proizvesti u pogonu fabrike. Takođe nabavka komunicira i sa sitnim dobavljačima, poput šrafovske robe, alati i drugo.

Razgovor sa šefom proizvodnje, planerom (2 sata): Mi poslujemo sa dve firme uglavnom Forg Inc. i Welding corp. i nekoliko manjih. Sa svima imamo godišnje i mesečne prognoze. Šef naglašava da prilikom izmena i korekcije bokseva, sve se radi preko telefona e-maila i često se tu dešavaju problemi, nesporazumi i sl. Kada se projekat prihvati i uslovi sa zahteva kupca, tehnička priprema dobija informaciju putem maila ili lično od direktora i nabavke kako bi mogao da na osnovu crteža napravi sastavnicu. Kada napravi sastavnicu, dostavlja nabavci a ona potom magacioneru. Magacioner prelistava šta ima na stanju i šalje nabavci trebovanje. Takođe tehnička priprema dostavlja lično drugom magacioneru (koji je zadužen za sitan materijal, boje, lakovi, vijci, šrafovi...) sastavnicu kako bi on dostavio nabavci trebovanje. Nakon što nabavka dobije trebovanje ona ga uglavnom daje direktoru koji telefonom poziva i poručuje robu, a ponekada se šalje i e-mail. Dok se materijal nabavlja, tehnička priprema kreira crteže. Šef proizvodnje smatra da na crtežima kada kupac dostavi kompletnu dokumentaciju, stoje nerazumljive oznake, te tako na primer duži koje negde nemaju obe strelice već samo linija sa jednom strelicom pa operateri često moraju da razmišljaju šta se ovde misli i moraju sami da računaju- navesti ih da napišu tu

strelicu kako treba. Na ovom primeru se misli dužina 400mm, ondosi se na celu sipku (slika 6.25). Umesto da napišu 100, oni stave 400 bez strelice desne, označene na slici crvenim krugom.



Slika 6.25 Problemi na crtežima kupca

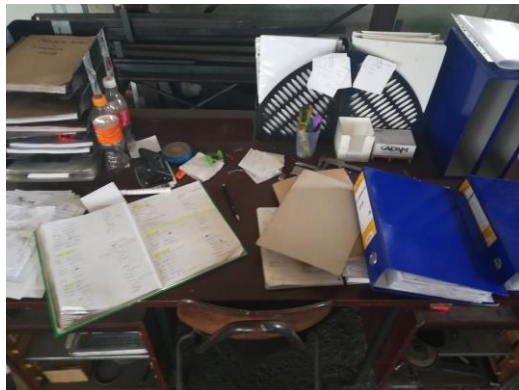
I tako se može primetiti da radnici uglavnom imaju mobilni pri ruci, to upravo računaju koliko je kupac hteo, da li 100 ili 400mm? Kada tehnička priprema završi sa crtežima, šalje ih šefu proizvodnje. Kada roba stigne, sitni dobavljači imaju prijemno mesto gde ostavljaju robu i dostavljaju račun na mesto u kancelariji kod mene za neke sitne materijale, ali po nekada se događa kao danas da neko od operatera kolima ide po sitne delove i zaborave da ostave u fabrici već im ostane u autu, pa čekaju petak ili ceo vikend pa donesu u ponedeljak u 10h i ne jave nikom gde su ostavili. U 30% slučajeva dobavljač ne dostavi sve iz trebovanja, pa onda mi idemo po to jer nam je hitno kada je u pitanju sitan materijal. Tako mi ne znamo gde je to, dal je donešeno, gde je račun a delovi su npr. trebali u petak već biti tu. Šef misli da po nekada dođe situacija kada se pogrešno prekuca trebovanje koje je magacioner sastavio na papiru, prilikom prekucavanja tog trebovanja od strane nabavke. Tako je danas umesto pocinkovanih stigla crna šipka. U 90% slučajeva direktor telefonom nabavlja robu. Kada dođe do pomeranja rokova isporuke finalnog proizvoda, samo se javi usmenim putem za šta šef smatra da nije ok, već se mora imati trag o tome. Kada se roba isporučuje, otprilike u šleper stane između 10 i 28 komada proizvoda zavisno od veličine, šleper ide jednom nedeljno, a za neke projekte i svaki drugi dan.

Razgovor sa šefom nabavke (20 min): kada se projekat prihvati od strane direktora, nabavka dodeljuje broj projektu, i dostavlja se tehničkoj pripremi. Nakon dobijanja sastavnice, šalje se magacionerima trebovanje, koji potom vraćaju nazad šta je potrebno poručiti. Ja potom prekucavam sve zahteve, kreiram nalog i šaljem dobavljačima putem e-maila ili telefonom, a nekada to radi i direktor ako je u pitanju veći materijal. Magacioneri na trebovanju naznače dan do kada bi to trebalo da stigne, sitni delovi stignu uglavnom za dva do tri dana od momenta porudžbine. Ako nešto nije stiglo od trebovanja magacioneri dolaze do nabavke sa papirom šta nije stiglo kako bi nabavka ponovo poručila ili upisala nov nalog dobavljačima.

Razgovor sa magacionerom velikih delova - limovi, cevi, šipke...45 minuta: Nabavka ili tehnička priprema dostavi lično spisak delova (trebovanje) te mi počinjemo njegovu analizu šta ima, a šta je potrebno poručiti. Magacioneri imaju po nekoliko dokumenata i kartica na osnovu kojih fizički prate stanja (slika 6.26):

1. Trebovanje koje dostavi tehnička priprema ili nabavka
2. Nalog za nabavku sta je poručeno
3. Sveska za prijem robe u magacin
4. Izdatnica gde se beleži šta je sve izašlo iz magacina
5. Otpremnice koje se dobijaju od dobavljača šta je stiglo

Kartice su poslagane u pravougaonu kutiju za svaku sirovinu, npr. kartica za šipku 50x50x2400mm gde stoji stanje 100 komada, pa se oduzima i piše na kartici 10, pa drugi red 15, pa treći red ispod 8 pa 4 red 7 i u jednom momentu podvuče se crta i kaže stanje, za sada imamo 56 komada.

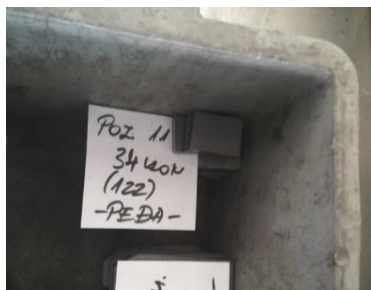


Slika 6.26 Radni sto magacionera

Materijal	Ukupna Dužina	J.M.	Ukupna Količina	J.M.	Na stanju	Ukupno za nabavku
L 20x20x3	54.6	m	10	kom	✓	✓
šipka fi10	6.2	m	2	kom	✓	✓
hvl 2x1000x2000	7.5	m <sup>2</sup>	4	Tab.	✓	9

Slika 6.27 Trebovanje koje kontroliše magacioner

Na osnovu trebovanja (slika 6.27), pa potom pregledom kartica zaključujem šta ima na stanju, a šta nedostaje. Dešava se da je za neke projekte neki materijal rezervisan, pa i za to imam dokumentaciju gde beležim šta je rezervisano. Tako da ni kartice nisu pravo stanje jer moguće da je rezervisano, a to ne piše po karticama. Kada sve iskontrolišem, nosim lično nabavci na potpis. Magacioner pored otpremnice, sve to isto piše u svesku gde gore naznači koji je projekat i šta je sve za taj projekat stiglo. To radim kako bi znao kada me pitaju da li je stiglo to i to, u tu svesku gledam jer se sa otpremnicama ne snalazim najbolje, zato što ima jako puno papira. Svesku tu vodim po datumima i lakše mi je. Po nekada se dešava da ne stigne sva roba sa trebovanja, pa onda javljam nabavci i direktoru lično šta fali. Magacioner naznačava i datum do kada materijal treba da stigne, a to je 10-15 dana pre isporuke za velike delove, odnosno 20 dana za sav ostali materijal. Po nekada pogrešim u trebovanju, jer me non stop prekidaju, daj mi ovo, imaš li ovo, uzeću ovo, daj mi nalog da sečem nešto, jer sam i šef odeljenja sečenja...po nekada se desi da dobijem nalog za sečenje nekih delova, a ti delovi već stigli i to iz uvoza. Kao što je to bio slučaj sa pozicijom 11, nalog je meni dat za sečenje, a taj deo je već stigao iz uvoza (slika 6.28).



Slika 6.28 Pozicija 11 deo iz uvoza

Dešava se da po nekada radnici uzimaju sami iz magacina robu, što mi mnogo zakomplikuje situaciju, jer onda ne znam više šta je izdato, pa da to isto oduzmem sa kartica stanja, mada im ja uvek kažem da upišu ako tako uzimaju. Kako je magacioner i šef odeljenja sečenja, kada dobije sastavnicu od šefa proizvodnje ili tehničke pripreme, prepisuje u svoju svesku sa crteža šta je za njegov sektor. Kada iseku obaveste sledeći sektor lično da su date komade isekli i ostave ih pored svog odeljenja gde čeka dalji transport.

Razgovor sa tehničkom pripremom - 3 sata: Kada stigne zahtev od kupca, nabavka kreira radni nalog za proizvodnju. Nabavka takođe kreira i excell fajl i daje ga lično meni i istovremeno ga i kači na mrežu da svi vide. Ja ako nemam dodatnu dokumentaciju, izrađujem je na osnovu merenja uzorka od strane magacionera. Spuštam radni nalog šefu proizvodnje, koji pravi plan. Kada izradim sve crteže, izradim i jedan word dokument u kom pišem na šta treba da se obrati pažnja prilikom izrade. Taj word fajl po nekada ne čitaju svi, pa onda dolaze ljudi operateri kod mene, nekoliko puta dnevno i pitaju kako se nešto obrađuje, savija, seče i slično iako sam ja to sve detaljno nacrtao i dodatno ispisao. Kao što je bio slučaj tokom intervjua, gde je pet operatera iz pogona došlo do tehničke pripreme i pitalo kako se seče jedna od pozicija. Međutim ni tehnička priprema nije bila sigurna, pa nakon nekoliko minuta se pogledao dati word fajl u kom je bilo naznačeno kako se dati komad seče. Magacioner je i šef rezanja koja je ujedno i prva operacija procesa. On često nema informacije kada šta treba da se reže, al je slučajno i magacioner pa kada nešto stigne on ide i pita za šta je ovo, pa tek tada dobije informaciju da treba da reže za taj i taj projekat, al ne dobije crtež. On dobije specifikaciju i štiklira sebi na papiru šta je za rezanje, to uzima za svoje radnike, a ono što je za limariju daje šefu limarije. Operateri na rezanju čim završe rezanje traže od šefa da im da nešto da režu novo, ukoliko im do tada nije dostavio. Kada operateri iseku delove, to onda stoji negde i čeka na nekoga sa sledeće operacije. Dokumentacija sva nestaje na prvoj operaciji. Ako sledi operacija bušenja, operater sa bušenja ide po pogonu i pita šta treba da radi, ode kod šefa sektora, kod šefa proizvodnje koji potom pogleda dnevni plan i kaže traži deo taj i taj. Onda operater ide po pogonu i traži taj deo. Kada ga nađe, zove viljuškaristu da mu dostavi. Ista stvar se dešava kada se završi sa bušenjem, a treba da ide na sklapanje ili zavarivanje. Varioc ponavlja slične korake kao i operater na bušenju. Dešava se da kada se projekat odobri i krene u proizvodnju ( u 10% slučajeva), kupac napravi korekcije i onda nastaje problematika oko toga ko je kriv, zašto se krenulo u proizvodnju ako nije sve potvrđeno. Predlažem projekt menadžere, da ima njih dvoje ili troje i svako je zadužen za neki projekat.



Razgovor sa šefom bušenja - u intervalima 3 puta po 30 min. Ja često tražim i jurim šefa proizvodnje, jer ne dobijam informacije šta treba da se radi, već čujem od drugih operatera sa prethodnih operacija šta se radi. Takođe jurim i magacionera da vidim gde su delovi koje trebam da radim. Magacioner često nije tu, pa ga zovem na telefon i čekam po nekada i 20-tak minuta dok ne dođe. Voleo bi da nekada neko dođe i iskontroliše moj rad, to se skoro nikada ne dešava i tako snosim ogromnu odgovornost. Niko ne kontroliše prvu ruku, već kada sve bude gotovo svih 10 proizovda tada se na montaži ustanovi da nešto ne valja. Moj predlog je pomeriti prese ka limariji, a strug ka bušenju jer to su operacije koje međusobno komuniciraju. Postaviti moj sto na sredinu, osvetliti radno mesto i staviti tablu sa alatima pored stola. Ureznici i burgije često nestanu ili pucaju pa se traže i izgubi se dosta vremena. Takođe dosta alata se deli sa ostalim sektorima, što ne bi trebalo, pa onda idemo po pogonu i tražimo naš alat. Svetlo bi bilo obavezno postaviti na svaku mašinu jer nastaju greške. Strug je često zakrčen od otpada, operateri ga ostave prljavog i odu. Tok informacija je veoma komplikovan i težak. Sve sami jurimo i tražimo naloge i zahteve za nove proizvode. Šef proizvodnje ne stiže od prevelikog posla i onda smo prepušteni da se sami snalazimo.

Razgovor sa operaterom na viljuškaru - 30 min. Pogrešan crtež dobijam od šefa proizvodnje. Pre 15 dana spustio je crteže u pogon, koji su od jednog kupca, ali je tek danas tehnička priprema je spustila konačne potvrđene crteže. Pozicije se razlikuju, npr. pozicija 5 i 20. Srećom sam uočio problem. Voleo bih da dobijem od šefa proizvodnje šta se recimo radi na presi, jer taj posao nekada i ja obavljam (odsecanje komada profila), kako bi znao šta tačno sečem i gde, a ne da mislim sa crteža koji deo se odseca. Često idem i tražim šefa proizvodnje da bi video šta dalje da radim i šta da raznosim. Šef mi kaže idi kod tehničke pripreme gore, tehnička priprema mi kaže šta ću ja kod njih, mi smo spustili crteže i tako u krug. Bilo bi odlično da pored magacionera i on dobije crteže. Često me operateri traže i jure po pogonu kako bi im dostavio date delove. Ja kažem sektorima, kada završite, ostavite delove tu pored vas gde sam sortirao lancima projekte, međutim limarija razmišlja daj odmah da odnesemo na sledeću operaciju kako bi ubrzali proces. Crteži su mi neophodni, kako bi znao raspored operacija ali šef mi kaže sačekaj da iseku na sektoru makaza, pa uzmi crteže od njih.

Razgovor sa šefom smene - 60 min. Tok informacija se svodi na pozive i česte razgovore, kao i na lične posete sektora i operatera. Izmene koje se dešavaju na projektu meni se prenose usmeno, a ne i pismeno putem crteža. Tako dolazi do zabune i nerazumevanja crteža koje stvaraju greške u obradi. Ja često skidam operatere, recimo sa varenja i šaljem ih na montažu jer nam je nešto hitno, a u tim momentima dolazi do sukoba i stvaranja loše atmosfere. Dorade su česte, oko 30%. Takođe dešava se da operateri dolaze i traže crteže, a po nekada sam te crteže ja njima već poslao pa zbog toga vodim evidenciju kome sam izdao koji crtež (slika 6.29).

EVIDENCIJA IZDAVANJA CRTEŽA

DATUM	MS-BROJ	IME I PREZIME	SEKTOR
18.11	MS-732	Dejan Karaman - IMATI KO UPORUKU	
18.11	MS-733	CRTEŽI SAMA KADU INŽENJERIMA	
18.11	MS-734	Dejan Karaman	LIMARIJA
18.11	MS-735	Dejan Karaman	LIMARIJA
18.11	MS-736	Dejan Karaman	LIMARIJA
18.11	MS-737	Dejan M. VITANJIN	LIMARIJA
18.11	MS-738	Dejan M. VITANJIN	LIMARIJA
18.11	MS-739	Dejan Karaman	BRANARSKA

Slika 6.29 Evidencija izdavanja crteža

Tehnička priprema mora jasnije crteže da nam spušta. Za farbaru takođe treba crtež u boji, a ne crno beli koji šef proizvodnje odštampa i koji se ne vidi jer štampač ne radi dobro.

Razgovor sa šefom sektora limarije - 45 min. Imam problem sa softverom za podešavanje probijačice, imam jako puno fajlova, treba mi vremena da pronađem koji mi treba, jer u svaki mora da uđe vidi koji je, dok ne nađe pravi. Imena tih fajlova su mi nepoznata jer je to od pre par godina kada je neko drugi pravio fajlove. Značilo bi mi a takođe i šefu sečenja kada bi dobili crteže sa naznačenim bojama, šta je za lim sta je za sečenje. Jer dešava se kao sada na primer da ne razumem najjasnije sastavnicu koju sam dobio, ne razumem sve nazive na engleskom ili italijanskom i propustio sam sada crvenu plastiku koja se kaci na lim, jer nisam znao kako se ona piše pa je nije ni isekao. Tek na kraju kod montaže shvatili su da fali to i sada na silu se gura na sečenje, pa na bušenje i tu nastaje zagušenje i nagomilavanje procesa. Oko 10-15 min priprema alata za probijačicu mi traje, jer dosta alata je razbacano i treba mi vremena dok nađem sve. Jednom do dva puta menjam alat na probijačici. Kada dobijem sastavnicu od magacionera, izvučem za svoje operatere i upišem na papir nalog, šta trebaju da seku i rade taj dan (slika 6.30).

Posloj (u broju)	Dimenzija sečenja	Broj komada po boksu	Operator (sekcija)	Napomena
1	2 - 100x100	22 kom	L+D	
2	2 - 100x100	22 kom	L+D	
3	2 - 100x100	22 kom	L+D	
4	2 - 100x100	22 kom	L+D	
5	2 - 100x100	22 kom	L+D	
6	2 - 100x100	22 kom	L+D	
7	2 - 100x100	22 kom	L+D	
8	2 - 100x100	22 kom	L+D	
9	2 - 100x100	22 kom	L+D	
10	2 - 100x100	22 kom	L+D	
11	2 - 100x100	22 kom	L+D	
12	2 - 100x100	22 kom	L+D	
13	2 - 100x100	22 kom	L+D	
14	2 - 100x100	22 kom	L+D	
15	2 - 100x100	22 kom	L+D	
16	2 - 100x100	22 kom	L+D	
17	2 - 100x100	22 kom	L+D	
18	2 - 100x100	22 kom	L+D	

Slika 6.30 Nalog sektoru limarije

Razgovor sa magacionerom sitnog materijala - 30 minuta. Nabavljam i dužim sav sitan materijal kao i farbu, boce itd...Za farbu moram da idem non stop do magacina farbi da bi iskontrolisao koliko čega fali! Kod mene dnevno uđe preko 30 operatera da traži nešto. To sve evidentiram, plus pišem za svakog ko je šta odneo, kasnije kada nađem vremena, po osobi dužim. Imam kartice, stanje za svaki deo, kao kod drugog magacionera. Takođe pored trebovanja

upisujem i u svoju svesku ponaosob svaki deo, jer tu pišem šta je poručeno, pa plus šta je došlo. Svako ga pita za svaki delić u pogonu. Sa montaže dolaze 1 po 1-an operater, traže delove koje je neko za taj projekat već kupio, pešače preko 200 metara bez potrebe. Svi samo ulaze i po nekada i sami uzimaju, pa onda nemam više jasnu sliku stanja. Varioci takođe, svi prate šefa kome su rekli da im treba nešto za taj dan, umesto da samo jedan dođe. Nekih 20-30 dana ranije stigne roba iz uvoza. Često nestaju klješta, čekić i drugi alati. Šrafovi koji su u sastavnici, često se ne poklapaju, u 90% slučajeva, pa tehnička priprema mora da ide i da pregleda uzorak i broji.

- Tokovi materijala i vreme ciklusa operacija kroz koje prolazi proizvod predstavnik

Kao proizvod predstavnik uzet je boks 2039, proizvod koji prolazi kroz najveći broj operacija i koji se radi u najvećim količinama. Nije bilo moguće pridružiti i ostale proizvode i kreirati familiju proizvoda, jer svaki proizvod ima različite operacije, vremena i količine. Analizama sprovedenim u sistemu uočena su i detaljno snimljena vremena ciklusa (C/T) svake od operacija kroz koje prolazi proizvod predstavnik kao i vremena zamene alata (C/O), vreme korišćenja kapaciteta mašine (Uptime) i broj operatera. Redosled operacija kao i njihova vremena prikazana su u tabeli 6.19.

Tabela 6.19 Vremena ciklusa (C/T) proizvodnje boksa 2039

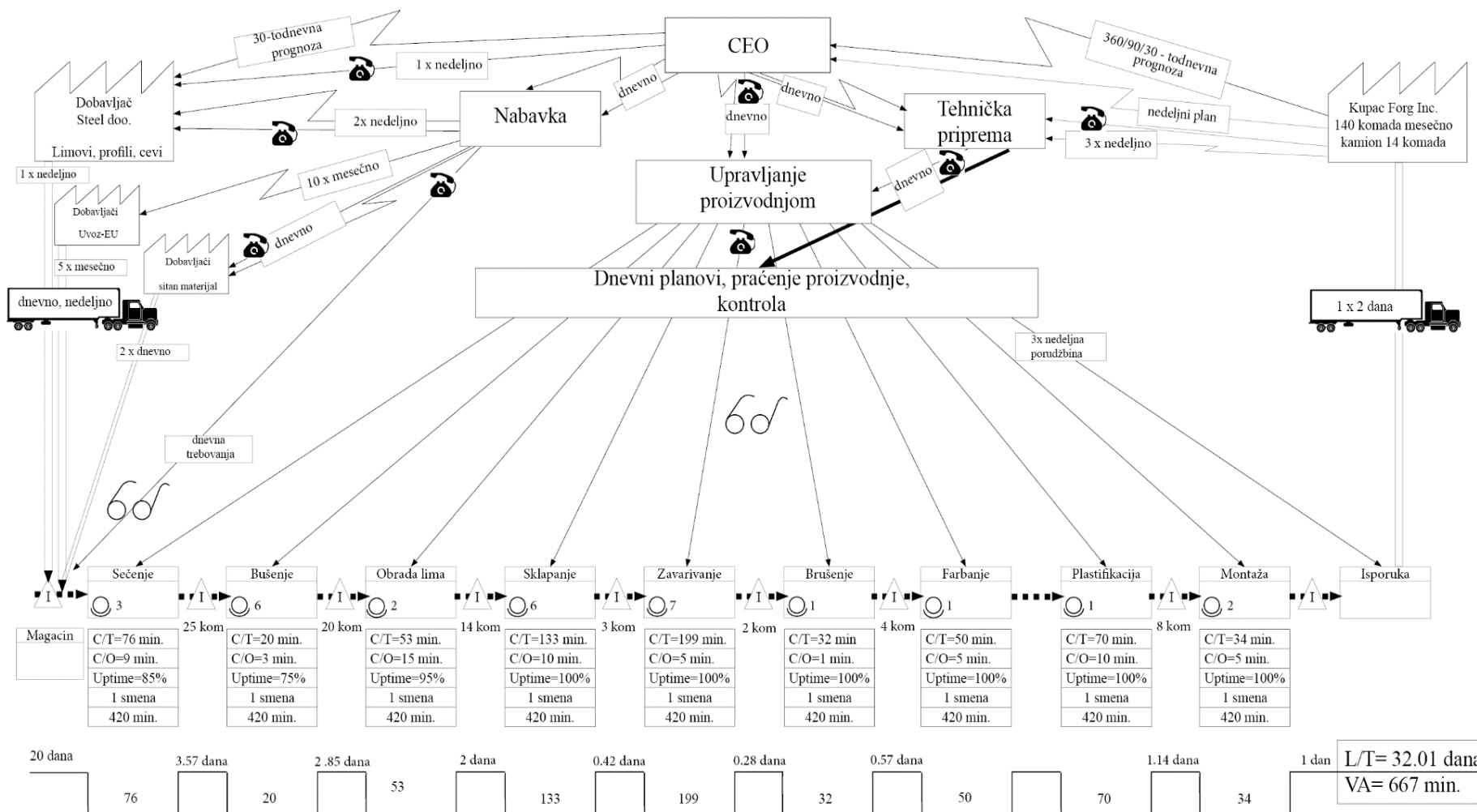
Red.br.	Radno mesto	Vreme (min)
1	Sečenje	76
2	Bušenje	20
3	Obrada lima	53
4	Sklapanje	133
5	Zavarivanje	199
6	Brušenje	26
7	Farbanje	35
9	Plastifikacija	19
10	Montaža	34

Pojedina radna mesta koje su prikazana u datoj tabeli sadrže dodatne operacije kao što je na primer na procesu bušenja: postoje i operacije uvrtnanje navoja, obaranja ivica; na procesu obrade lima: sečenje lima, probijanje lima, savijanje lima na apkant presama. U procesu zavarivanja spojena su vremena svih delova proizvoda, kao i process sklapanja. Pojedini elementi proizvoda se sastoje od preko 50 različitih delova, te je radi lakšeg razumevanja i sagledavanja VSM data vremena predstavljena na ovaj način. Raspoloživo vreme: 1 smena po 8 sati. Pauze: za ručak 30 min + kraća pauza 15 min + čišćenje. Ukupno raspoloživo vreme = 420 minuta.

Uzimajući u obzir sve prethodne analize, kreirana je mapa toka vrednosti (VSM) predstavljena na slici 6.31. Na datoj mapi moguće je uočiti tokove informacija, označene strelicama kao i sva prethodno naznačena vremena. Veoma veliki broj informacija i komunikacija obavlja direktor (CEO) kada je u pitanju komunikacija sa kupcem i dobavljačima. Takođe uočavaju se i česte komunikacije putem telefona ili ličnim posetama što je potvrđeno i putem intervju sa zaposlenima. Kupac i proizvođač imaju nedeljni plan šta se pravi i kada se šalje. Od dobavljača

se roba poručuje unapred, kako bi roba stigla nekih 20 dana ranije pre isporuke. Uglavnom se poručuje materijal za proizvodnju nekoliko nedelja, kao što je prikazano na mapi gde se za robu iz uvoza poručuju materijali za sledećih nekoliko desetina proizvoda. Nabavka i magacin imaju čestu komunikaciju kako bi se proverilo stanje robe, uradilo trebovanje i sve se obavlja na papiru i ličnim svakodnevnim posetama. Nakon što roba stigne u magacin, proizvodnja se ka ostalim procesima odvija po *PUSH* principu, guranje proizvodnje. Između operacija obezbeđene su međuzalihe gotovih poluproizvoda, prikazane trouglom na mapi. Između farbanja i plastifikacije nema međuzaliha jer određeni delovi proizvoda odlaze na plastifikaciju a drugi na farbanje. Nakon poslednje operacije, montaže gotovi proizvodi se odlažu u privremeno skladište gde se već sutra dan šalju ka krajnjem kupcu. Transport se vrši kamionom koji dolazi jednom u dva dana da preuzme 14 gotovih proizvoda.

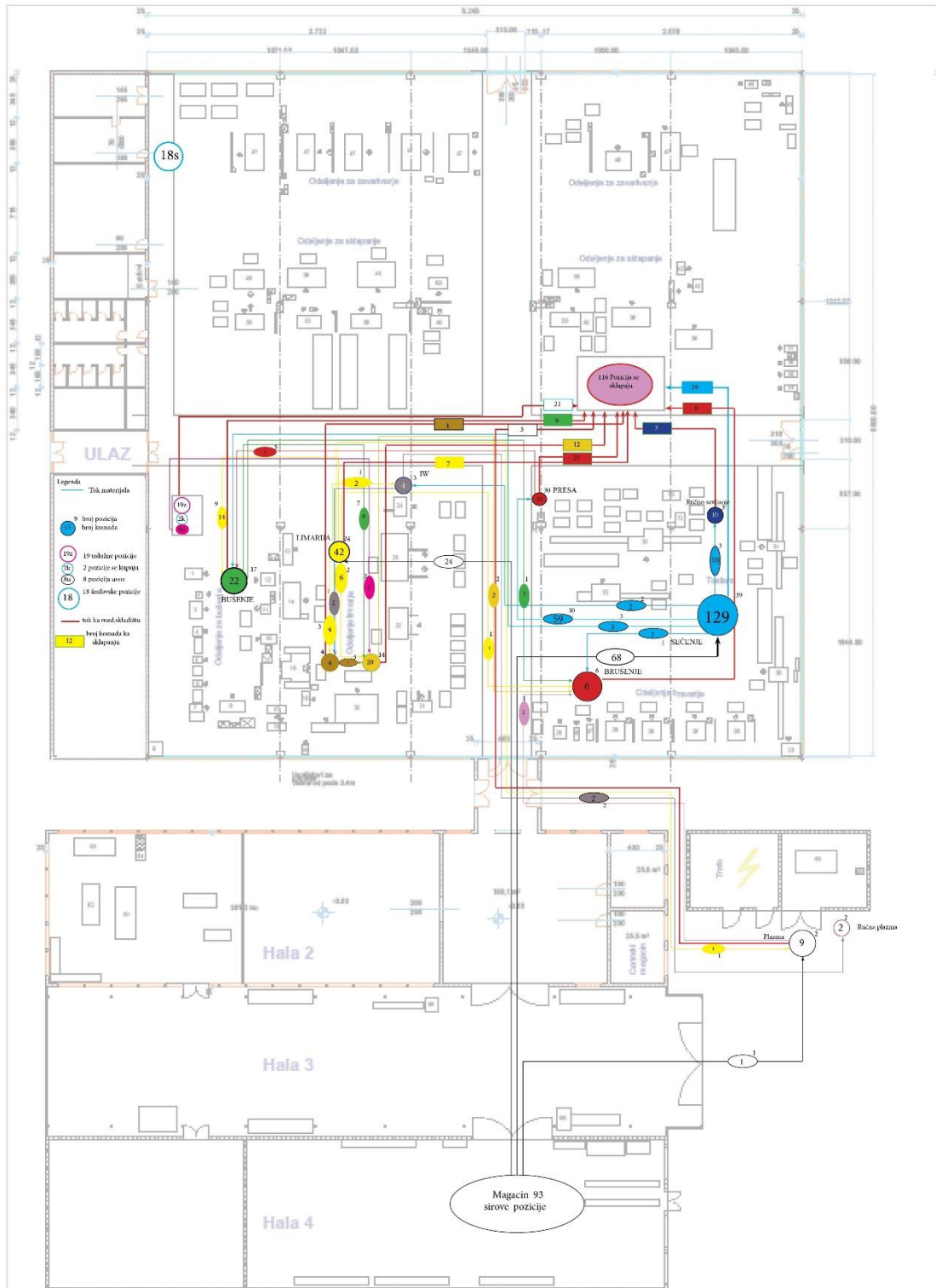
Kako bi se izračunalo protočno vreme koje predstavlja niz operacija kroz koje prolazi ceo proizvod, potrebno je prvo odrediti dnevnu potražnju, koja je u ovom slučaju 7 komada dnevno. Vremenski okvir međuzaliha se dobija deljenjem broja komada sa dnevnom potražnjom. Tako je za međuoperaciju između obrade lima i sklapanja, uočeno 14 gotovih poluproizvoda, što predstavlja 2 dana međuzaliha. Ukupno protočno vreme je u ovom slučaju 32.01 dana. Vreme koje dodaje vrednost (VA) je zbir svih pojedinačnih vremena ciklusa datog procesa, što iznosi 595 minuta. To je vreme za koje se procesura dati komad.



Slika 6.31 Mapa toka stvaranja vrednosti – trenutno stanje

### 6.2.3 Aktivnost 6 – Layout (prostorna struktura)

Analizom tokova materijala kreirana je prostorna struktura prikazana na slici 6.32. Prilikom procesa proizvodnje boks-a, prolazi se kroz niz operacija počevši od procesa sečenja profila, preko bušenja zavarivanja brušenja, do farbanja montaže i konačne isporuke proizvoda kupcu. Dati redosled operacija u prostornoj strukturi pogona Global Co otežava kontinualan tok, jer postoje povratne sprege, postoje povratni tokovi materijala prilikom kog se proizvodi šetaju i po nekoliko puta duž iste putanje transportnog puta. Pored toga uočeno je i odstupanje od principa udaljensti međusobno povezanih operacija.



Slika 6.32 Analiza kretanja materijala u sistemu

Iz predstavljene analize moguće je uočiti koje pozicije i količine putuju ka određenim operacijama za proizvodnju jednog komada boksa 2039. Sa slike je moguće primetiti da iz magacina kreću 93 različite pozicije, profili, šipke, limovi i ostali sirovi



materijali. Njihov transportni put dalje nastavlja ili ka procesu bušenja, limarija ili na plazmu, kako bi počele prve operacije obrade datih sirovima.

Najveći broj komada i pozicija odlazi na operacije sečenja i to 68 pozicija odnosno 129 komada, a potom na limariju gde iz magacina idu 24 pozicije koje nose 42 komada. Nakon obrade u limariji i na procesu sečenja pozicije putuju ka sledećim operacijama i to: sa sečenja na presu 59 komada; sa sečenja na ručno savijanje 10 komada; sa limarije na bušenje 14 i drugi. Sve pozicije i komadi nakon obrade odlaze na proces sklapanja, odnosno zavarivanja. Ukupno 116 pozicija se spajaju u sektoru sklapanja.

#### 6.2.4 Aktivnost 7 - Uključenost tima

Očekivano je bilo da se kod zaposlenih nakon obuke i detaljne analize mape toka vrednosti pokrene klima promena i težnje ka unapređenju sistema. Kako je oformljen tim imao zadatak da na svojim radnim mestima krene u postepeno uvođenje pojedinih alata Lean-a, tako su vremenom stvoreni predlozi od strane zaposlenih za uređenje radnog mesta, a samim tim i unapređenje procesa. Na pojedinim radnim mestima koja su imala poteškoća oko pronalaženja alata, kao što je to slučaj na sektoru limarije došlo je do predloga uređenja jednog dela prostora uz pomoć 5S alata (slika 6.33). Na datoj slici može se primetiti uređenje radnog mesta probijačice, deo polica koji služi za smeštaj alata.



Slika 6.33 Alat probijačice - sektor limarije pre i posle unapređenja

Takođe na sektoru bušenja iz gore opisane analize i analize vremena, operateri dosta dugo vremena provode tražeći alate. Često se dešava da je alat odnešen na neki drugi sektor, pa potom operateri prelaze sa jednog kraja pogona na drugi, traže alate koji se često izgube pa poručuju nove, što sve doprinosi povećanju stepena pojava 3M kao i povećanju samih troškova kompanije. Takođe prilikom rada, pojedini alati im nisu u blizini, već su smešteni na nekim drugim mašinama ili stolovima, tj.nemaju svoje mesto odlaganja. Ideja je bila da se napravi 5S tabla, na kojoj će se postaviti onaj deo alata koji se često koristi na procesu bušenja. Data tabla postavljena je na točkove radi fleksibilnosti i ima mogućnost

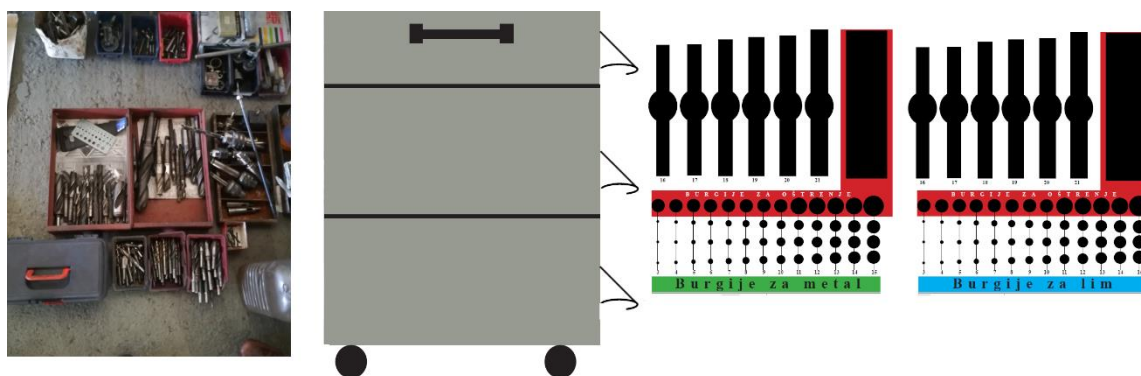


zaključavanja kako bi nakon smene alat bio zaključan i ne bi dolazilo do gubljenja ili slučajnog uzimanja od strane drugih sektora (slika 6.34)



Slika 6.34 Tabla 5S na sektoru bušenja

Kako je odeljenje bušenja imalo veoma veliki broj burgija različitih dimenzija i različitih namena koje su često pucale ili imale potrebu za oštrenjem, došlo se do predloga unapređenja i konstrukcije kolica koja bi služila za smeštaj burgija i ostalog alata neohodnog za odeljenje bušenja. Raspored burgija i kolica, predstavljeni su na slici 6.35.



Slika 6.35 Predlog organizacije alata na bušenju

Nakon što su ispunjeni uslovi prema modelu Lean 3M, a to su pre svega kreiranje VSM, izrađen grafički prikaz prostorne strukture, realizovana analiza vremena i postignuta pozitivna klima i atmosfera kod zaposlenih u smislu podrške samom procesu i operacijama koji su rezultirali predlozima unapređenja, prelazi se na sledeću fazu modela.

### 6.2.5 Aktivnost 8 - 3M analiza

Posmatranjem sistema i datih analiza predstavljenih u tabelama poglavlja 6.2.1, moguće je definisati kojoj pojavi određeni vremenski interval NVA odnosno NNVA pripada. Date aktivnosti iz tabela, označene su svojim rednim brojem P1, P2...do P184. Svaka aktivnost u tabeli, sadrži u sebi neku od pojava 3M. Pauze i druga vremena tokom kojih se ne odvijaju aktivnosti koje utiču na proces, nisu uzete u obzir radi efikasnijeg definisanja pojava i merenja njihovog uticaja. Vrednosti definisane u tabeli 6.20,

predstavljaju procentualni učinak pojave u vremenu snimanja operatera koje ne dodaje vrednost (NVA+NNVA). Na primer, za operatera 1 redni broj aktivnosti P15 - odlazak po rukavice koje se ne nalaze u blizini radnog mesta, predstavlja gubitak bespotrebnog kretanja i iznosi 30 sekundi sa pređenih 15 metara. Ukupno vreme koje ne dodaje vrednost operatera 1 iznosi 3.15 sati, što u ovom slučaju procentualni učinak aktivnosti P15 iznosi 0.26%; za operatera 4 redni broj aktivnosti P144 - čekanje na šefa da napravi alat, pojava koja ne dodaje vrednost (NVA) iznosi 120 sekundi. U ukupnom vremenu posmatranja operatera suma aktivnosti koja ne dodaju vrednosti iznosi 313.8 minuta, a dve minute aktivnosti P144 predstavljaju procentualnu vrednost od 0.64%. Tako je redom za sve aktivnosti određen procentualni udeo u ukupnom vremenu koje ne dodaje vrednost.

Tabela 6.20 Definisanje pojava 3M u procesu bušenja (procentualni učinak)

Red.br.	Transport	Zalihe	Kretanje	Čekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal	MURA	MURI	NVA (%)	NNVA (%)
Operater 1												
P1				2.64								2.64
P2				1.06							1.06	
P3			1.06								1.06	
P4			11.1									11.10
P5			0.09								0.09	
P6			2.64								2.64	
P7			0.16								0.16	
P8			1.59									1.59
P9			0.26								0.26	
P10			0.09								0.09	
P11			1.06								1.06	
P12					11.9							11.90
P13			0.13									0.13
P14				0.31								0.31
P15			0.26									0.26
P16			0.33									0.33
P17												
P18			0.09								0.09	
P19			1.67									1.67
P20			0.09								0.09	
P21			1.67									1.67
P22				0.53							0.53	
P23			6.03									6.03
P24				0.09								0.09

P25								0.26			0.26	
P26				1.06								1.06
P27			0.09									0.09
P28				1.59							1.59	
P32				0.53								0.53
P33	0.53										0.53	
P34	18.42											18.42
P36	2.01											2.01
P37			1.59								1.59	
P38	16.74											16.74
P39				5.29								5.29
Operater 2												
P41				2								2.00
P42				0.8							0.80	
P43					2.81							2.81
P44			0.07									0.07
P45				0.07								0.07
P46			0.8									0.80
P47			0.07									0.07
P48				2							2.00	
P49				0.2							0.20	
P50			0.15									0.15
P51				0.13							0.13	
P52				0.07								0.07
P53			1.08									1.08
P54			0.03		0.17						0.03	0.17
P55			0.27								0.27	
P56			0.33								0.33	

P57			2									2.00
P58			0.07								0.07	
P59			0.07								0.07	
P60			4.61									4.61
P61			2.81								2.81	
P62			2.92									2.92
P63				10.42							10.42	
P65			0.13								0.13	
P66			2								2.00	
P67			0.07									0.07
P68			2.15									2.15
P70			1.2								1.20	
P71							0.13				0.13	
P72				1.6							1.60	
P73			4.92									4.92
P74			0.13								0.13	
P75			1.08									1.08
P76			0.4									0.40
P77			0.4								0.40	
P78			0.4								0.40	
P79			3.07									3.07
P80				0.8							0.80	
P81				0.8							0.80	
P82				0.4							0.40	
P83			0.4								0.40	
P85			1.2								1.20	
P86			1.69									1.69
P87				3.21							3.21	

P88				2.77							2.77
P89			0.4								0.40
P90					0.8						0.80
P91				1.23							1.23
P92			0.4								0.40
P94			1.23								1.23
P95				0.8							0.80
P96							0.8			0.80	
P97			0.27							0.27	
P98	0.07									0.07	
P99			0.27							0.27	
P100					0.8						0.80
P101				0.4						0.40	
P102			1.2							1.20	
P103			0.64								0.64
P104			0.8								0.80
P105				0.27							0.27
P106			0.16								0.16
P107				1.6						1.60	
P108					0.13						0.13
P109			1.56								1.56
P110				0.13						0.13	
P111			1.34							1.34	
P112			2.59								2.59
P113			0.4							0.40	
P114			0.9								0.90
P115			0.4							0.40	
P116			1.8								1.80

P117			0.4								0.40	
P118			1.8									1.80
P119			0.4								0.40	
P120			1.8									1.80
P121			0.4								0.40	
P122			1.38									1.38
P123				0.13							0.13	
P125				4.01								4.01
Operater 3												
P127				1.45								1.45
P128				0.58							0.58	
P129				5.22							5.22	
P130			4.1	22.01							22.01	4.10
P131			3.65									3.65
P133			5.25	28.24							28.24	5.25
P135			0.62	3.32							3.32	0.62
P136			0.58									0.58
P137			0.7	3.74							3.74	0.70
P138	3.82		5.79								3.82	5.79
P139			0.15	0.83							0.83	0.15
P140			3.19									3.19
P141				2.9								2.90
Operater 4												
P143				1.59								1.59
P144				0.64							0.64	
P145			0.64								0.64	
P146				4.46							4.46	
P147			7.87									7.87

P149	5.94		1.11							5.94	1.11
P151	5.94		1.11							5.94	1.11
P152			2.22								2.22
P153				13.71						13.71	
P154			9.83								9.83
P155			1.43								1.43
P156			5.9								5.90
P158			9.04								9.04
P159	10.97		2.04							10.97	2.04
P160			1.05								1.05
P161			7.08								7.08
P162				3.19							3.19
Operater 5											
P164				1.27							1.27
P165				0.51						0.51	
P166			0.51							0.51	
P167				25.77						25.77	
P168			0.75								0.75
P169				5.6						5.60	
P171				37.91						37.91	
P173			21.75								21.75
P174				2.54							2.54
Operater 6											
P176				1.58							1.58
P177				0.63							0.63
P178				44.03						44.03	
P180				47.2						47.20	
P181			1.9								1.90



P184			2.03									2.03
	Transport	Zalihe	Kretanje	Čekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal	MURA	MURI	NVA	NNVA
Suma	64.44	0.00	183.32	305.86	16.61	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00	320.85	250.61

Sumirajući aktivnosti koje ne dodaju vrednosti u procesu bušenja može se zaključiti da je najveći efekat uticaj pojava čekanja 305.86, 53% i bespotrebnog kretanja 183.32 što predstavlja oko 32% ukupnog efekta (571.46) pojava 3M na proces. Potom slede pojave transporta 64.44, prekomerne obrade 16.61 i neiskorišćenog ljudskog potencijala 1.19. Kako je analiza rađena prema vremenu trajanja određene pojave na proces, bilo je i za očekivati da zalihe, defekti, prekomerna proizvodnja, mura i muri nisu prikazale uticaj jer nisu vremenski određeni.

Kako bi se dokazala *Hipoteza 1*: „Moguće je definisati uzročno-posledične veze između pojava gubitaka (muda), neuravnoteženosti (mura) i preopterećenja (muri) koje se javljaju u proizvodnim procesima” kreirana je tabela 6.21. Analizama i praćenjem procesa, uočeno je da određene pojave utiču na stvaranje drugih pojava. Na primer pojava P34-operator nakon bušenja transportuje proizvode ručno i odlaže na paletu postavljenu na podu koja je udaljena nekoliko metara od radnog mesta, tokom koje se javlja kretanje operatera od 165 metara i opterećenje prilikom podizanja teškog tereta. Rezultat je preopterećenje operatera i stvaranje pojave muri. Samim tim kako ne bi išao često da odlaže proizvode, operater nagomilava određenu količinu proizvoda i utiče na kreiranje pojave mura. Ovakvim postupcima utiče se na stvaranje pojava bespotrebnog kretanja, stvaranje zaliha i prekomerne proizvodnje, što je predstavljeno zvezdicom u tabeli (\*). U nastavku prikazani su svi \* ostali uticaji i uzročno-posledične veze pojava 3M.

Tabela 6.21 Međusobno uzročno-posledične veze pojava 3M (procentualni učinak)

Pojave 3M	Transport	Zalihe	Kretanje	Čekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal	MURA	MURI
P1		*		2.64						
P2		*		1.06				*		
P14			*	0.31						*
P22		*		0.53						
P26		*		1.06						
P28				1.59				*		
P32		*		0.53						
P39		*		5.29						
P41		*		2						
P42		*		0.8				*		

P45		*		0.07	*					
P48		*		2				*		
P49		*		0.2						
P52				0.07				*		
P63		*		10.42						
P72		*		1.6						
P80		*		0.8						
P81		*		0.8						
P82		*		0.4						
P87		*	*	3.21						
P88		*	*	2.77		*			*	
P91		*	*	1.23		*			*	
P95		*		0.8						
P101		*		0.4						
P105		*		0.27						
P110		*		0.13					*	
P123		*		0.13						
P125		*		4.01						
P127		*		1.45						
P128		*		0.58				*		
P129		*		5.22						
P130		*		22.01						
P133		*		28.24						
P135		*		3.32						
P137		*		3.74						
P139		*		0.83						
P141		*		2.9						

P143		*		1.59						
P144		*		0.64				*		
P146		*		4.46						
P153				13.71						*
P162		*		3.19						
P164		*		1.27						
P165		*		0.51				*		
P174		*		2.54						
P176		*		1.58						
P177		*		0.63						
P24		*		0.09						
P51				0.13	*					
P107				1.6	*					
P167		*		25.77					*	
P169		*		5.6					*	
P171		*		37.91					*	
P178		*		44.03						*
P180		*		47.2						*
Uticaj čekanja		288.45	7.52		1.8	4		7.25	73.41	105.25
Broj pojava		49	4		3	2		8	6	4
P3	*		1.06	*			*			*
P4	*		11.1		*				*	*
P5	*		0.09	*			*			*
P6	*		2.64	*						
P7			0.16	*						*
P8		*	1.59		*	*	*		*	
P9			0.26	*						

P10			0.09	*						*
P11			1.06	*						
P13			0.13	*						
P15			0.26	*						
P16			0.33				*			*
P18	*		0.09				*		*	*
P19		*	1.67			*			*	
P20			0.09				*		*	*
P21		*	1.67			*			*	
P23		*	6.03			*			*	
P27			0.09	*						
P37		*	1.59	*						
P44			0.07	*						
P46			0.8	*			*			
P47			0.07	*						
P50		*	0.15	*		*			*	
P53		*	1.08	*		*			*	
P54			0.03	*						
P55			0.27	*						
P56			0.33	*						
P57		*	2	*		*			*	
P58			0.07	*						
P59			0.07	*						
P60		*	4.61	*		*			*	
P61		*	2.81	*						
P62		*	2.92	*		*			*	
P65			0.13	*						

P66	*		2	*					
P67			0.07	*					
P68		*	2.15	*		*			*
P70	*		1.2	*					
P73			4.92	*					
P74			0.13	*					
P75		*	1.08	*		*			*
P76			0.4	*	*				
P77			0.4	*	*				
P78			0.4	*					
P79		*	3.07	*		*			*
P83		*	0.4	*					
P85		*	1.2	*					
P86		*	1.69	*		*			*
P89			0.4	*	*				
P92			0.4	*	*				
P94		*	1.23	*		*			*
P97			0.27	*					
P99			0.27						
P102	*		1.2	*					*
P103			0.64	*		*			*
P104			0.8	*	*				
P106			0.16	*					
P109			1.56	*					
P111	*		1.34						*
P112			2.59	*					
P113	*		0.4						*

P114			0.9	*						
P115	*		0.4							*
P116			1.8	*					*	
P117	*		0.4							*
P118			1.8	*					*	
P119	*		0.4							*
P120			1.8	*					*	
P121	*		0.4							*
P122			1.38	*					*	
P130		*	4.1						*	*
P131			3.65	*					*	
P133		*	5.25						*	*
P135		*	0.62						*	*
P136			0.58	*						
P137		*	0.7						*	*
P138		*	5.79							*
P139		*	0.15							*
P140			3.19	*						
P145	*		0.64	*			*			*
P147			7.87	*						
P149		*	1.11							
P151		*	1.11							
P152			2.22	*						
P154			9.83	*						
P155			1.43	*						
P156			5.9	*						
P158			9.04	*						

P159		*	2.04							
P160			1.05	*						
P161			7.08	*						
P166	*		0.51				*			*
P168			0.75	*						
P173			21.75	*				*		*
P181			1.9	*						
P184			2.03	*						
Uticaj kretanja	23.87	57.81		137.79	15.09	31.58	5.2	21.75	63.96	57.06
Broj pojava	16	27		71	7	15	9	1	27	24
P12		*	*		11.9	*	*		*	
P43		*		*	2.81					
P54				*	0.17					
P90				*	0.8					
P100				*	0.8					
P108				*	0.13					
Uticaj obrade		14.71	11.9	4.71		11.9	11.9		11.9	
Broj pojava		2	1	5		1	1		1	
P25				*	*		*	0.26		
P71				*	*		*	0.13		
P96		*		*			*	0.8		
Uticaj potencijala		0.8		1.19	0.39		1.19			
Broj pojava		1		3	2		3			
P33	0.53		*	*						
P34	18.42	*	*			*			*	*
P36	2.01	*	*			*			*	*
P38	16.74	*	*			*			*	*

P98	0.07		*	*					*	
P138	3.82								*	
P149	5.94			*					*	
P151	5.94			*					*	
P159	10.97			*					*	
Uticaj transporta		37.17	37.77	23.45		37.17			37.17	63.91
Broj pojava		3	5	5		3			3	8

Iz date tabele 6.21 mogu se uočiti međusobno-uzročno posleđične veze pojava 3M. Sa zvezdom je prikazan uticaj određene pojave (prikazane u redovima) na stvaranje novih pojava 3M (prikazane u kolonama). Sumirajući njihove međusobne veze, kreirana j tabela 6.22. Date analize ukazuju da određeni tipovi pojava u najvećoj meri utiču na stvaranje pojava zaliha, čekanja i na pojave MURA i MURI.

Tabela 6.22 Sumirane uzročno-posleđične veze pojava 3M

Pojave 3M	Transport	Zalihe	Kretanje	Čekanje	Obrada	Proizvodnja	Defekt	Potencijal	MURA	MURI	Suma
Uticaj transporta		37.17	37.77	23.45		37.17			37.17	63.91	236.64
Broj pojava		3	5	5		3			3	8	27
Uticaj kretanja	23.87	57.81		137.79	15.09	31.58	5.2	21.75	63.96	57.06	414.11
Broj pojava	16	27		71	7	15	9	1	27	24	197
Uticaj čekanja		288.45	7.52		1.8	4		7.25	73.41	105.25	487.68
Broj pojava		49	4		3	2		8	6	4	76
Uticaj obrade		14.71	11.9	4.71		11.9	11.9		11.9		67.02
Broj pojava		2	1	5		1	1		1		11
Uticaj potencijala		0.8		1.19	0.39		1.19				3.57
Broj pojava		1		3	2		3				9
Uticaj pojava 3M	23.87	398.94	57.19	167.14	17.28	84.65	18.29	29	186.44	226.22	1209.02
Broj pojava	16	82	10	84	12	21	13	9	37	36	320



Takođe, može se primetiti da pojave kretanja i čekanja utiču u najvećoj meri na stvaranje ostalih pojava 3M. Te je tako uticaj pojava kretanja na ostale pojave 414.11, što utiče na stvaranje 197 ostalih pojava. Uticaj pojave čekanja je 487.68, transporta 236.64 koji utiču na stvaranje 76 odnosno 27 novih pojava.

Datom matricom uzročno-posledičnih veza potvrđena je hipoteza 1 „Moguće je definisati uzročno-posledične veze između pojava gubitaka (muda), neuravnoteženosti (mura) i preopterećenja (muri) koje se javljaju u proizvodnim procesima”.

#### 6.2.6 Aktivnost 9 - Identifikacija uzroka

Da bi se utvrdio uzrok korena nastajanja ovih pojava, upotrebljen je Ishikawa dijagram prikazan na slici 6.36. Ishikawom je za svaku od pojava 3M prikazan uzrok njegovog nastajanja. Gubici se ne mogu eliminisati bez poznavanja njihovih uzoraka nastajanja (Seddon, O'Donovan, & Zokaei, 2011).

Tako je za transport kao pojavu muda gubitaka uzrok nastajanja prikazano: prekomerna proizvodnja- proizvodnja unapred količina koje nisu poručene utiče na povišen stepen transporta i opterećuje kako transportne puteve tako i operatere; ukoliko su međusobno povezane operacije udaljene jedna od druge, stvara se potreba za transportovanjem predmeta rada do date operacije; blokirani prolozi koji su uočeni tokom analize sistema zahtevaju stvaranje novih zaobilaznih transportnih puteva;

Na nivo zaliha i međuzaliha utiče vreme čekanja na proizvod. Primećeno je na mestima gde se čeka na operatera, na transport, na sledeću operaciju stvaraju međuzalihe koje se nagomilavaju i predstavljaju gubitak muda; prekomernom proizvodnjom se utiče na taj način što velike količine gotovih proizvoda stvaraju bespotrebne zalihe koje nemaju kupca; takođe prilikom otkaza mašine dolazi do nagomilavanja zaliha na prethodnim operacijama; karakteristike sredstva rada, korišćenjem neodgovarajućih alata utiče na usporen rad što za posledicu ima stvaranje zaliha.

Na prekomernu obradu utiče obučenosť zaposlenih. Analizom je uočeno da se iste operacije kod dva različita operatera javljaju razlike u vremenima trajanja a takođe je i manipulacija proizvodom dosta kompleksnija; nedostatak standardnih procedura i radnih instrukcija koja bi ukazala na jasne korake izvršavanja operacija i zahvata takođe ima za posledicu neodgovarajuću obradu; kvalitet, alati i specifikacija mašine prouzrokuju povišenje nivoa obrade.

Na prekomernu proizvodnju utiče loš plan proizvodnje, koji definiše izradu proizvoda nekoliko nedelja pa i meseci unapred; takođe nagomilavanje bespotrebnog materijala u skladištu ima za posledicu guranje tih materijala u proizvodnju kako bi se oslobodio prostor za nove količine; veličine kanbana odnosno količina proizvoda koji se prenosi sa operacije ne operaciju utiču da je potrebno procesuirati datu količinu pre nego što se ona pošalje na sledeće operacije.

Mura kao pojava neuravnoteženja procesa, ljudi i mašina ili nagomilavanja nastaje na osnovu uzroka neuravnoteženog ciklusa. Dolazi do nagomilavanja i disbalansa u procesu ukoliko postoje razlike u vremenima pojedinih linijskih operacija; transportna

sredstva takođe svojim osobinama, kapacitetom nosivosti utiču na to da se po nekada transportuju veoma male količine gabaritnim sredstvima velike nosivosti ili obratno; otkazi mašine utiču na prebacivanje dela proizvodnje na druge mašine i tako utiču na neuravnoteženja procesa;

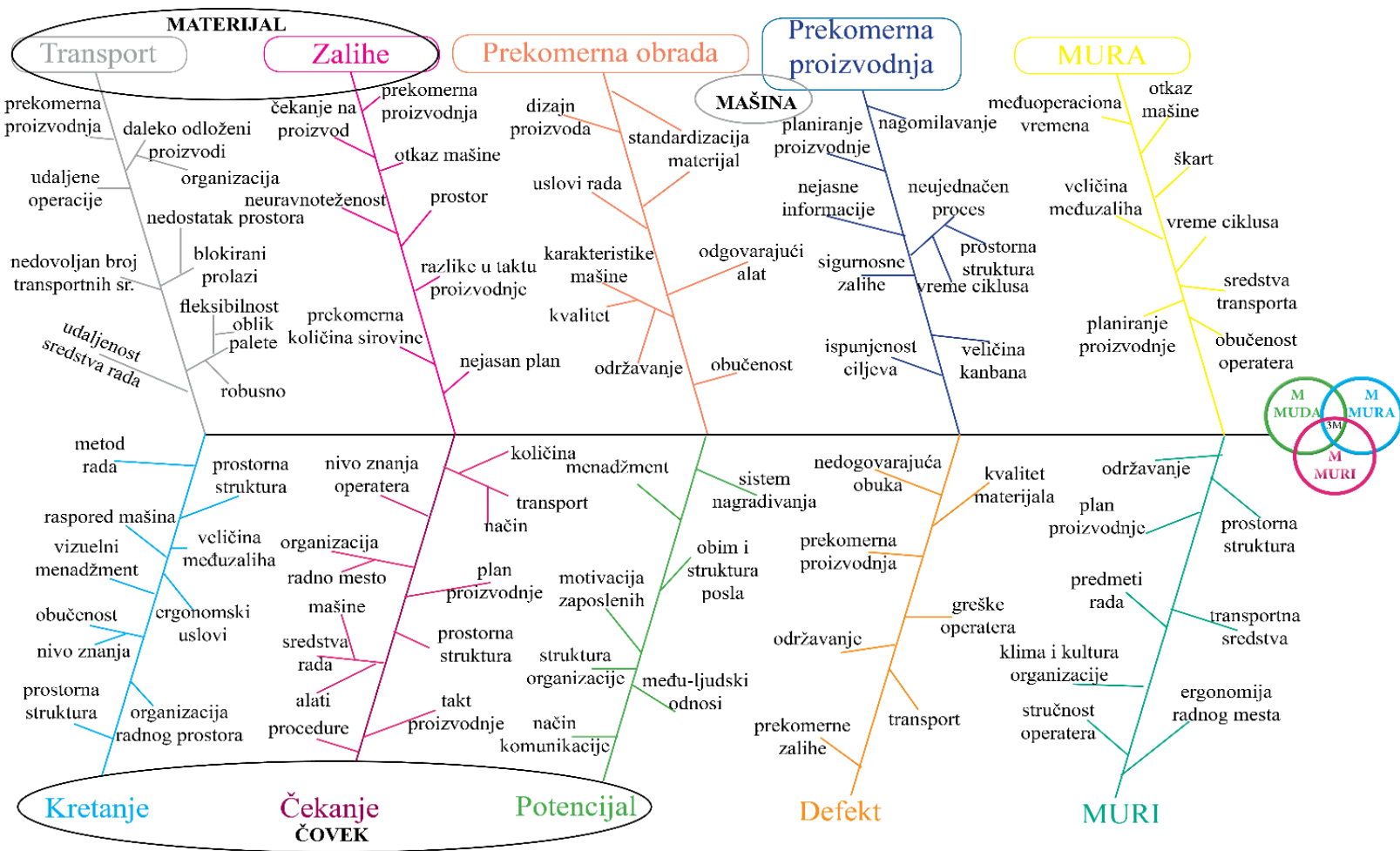
Muri kao pojava preopterećenja nastaje prilikom preopterećenja mašina ili ljudi i loše organizovanog plana proizvodnje. Plan proizvodnje utiče da se pojedine mašine ili operateri opterete kako bi se ispunili ciljevi i očekivani rezultati, a pre svega rokovi isporuke; takođe pojedini operateri imaju više znanja i iskustva u odnosu na druge pa su tako i više opterećeni (menadžment i rukovodioci sektora im daju više posla); klima i kultura organizacije, odnos prema zaposlenima utiče da se ljudi osećaju prijatno, a ne preopterećeno pri lošim uslovima rada.

Defektni proizvodi nastaju kao posledica lošeg održavanja mašina, prilikom čega dolazi do pucanja pojedinih alata i stvaranja oštećenja na samom proizvodu; greške operatera prilikom rada i nedovoljne obučenosti utiču na pojavu škartnog proizvoda; prilikom nagomilavanja zaliha proizvodi se mogu oštetiti i postati neupotrebljivi; način i vrsta transporta takođe utiču da se određeni proizvodi oštete i postanu škart.

Ljudski potencijal je prema mnogima jedan od veoma zanemarenih kapitala ili vrednosti jedne organizacije. Analizom datog Sistema prouzrokovan je načinom komunikacije, menadžmentom kao i odnosom prema zaposlenima. Često je odgovarajuća hijerarhijska struktura i birokratija posledica neiskorišćenog ljudskog potencijala, u kom pojedinac ne oseća želju niti ima hrabrosti da ispolji svoje ideje i predloge unapređenja. Način motivacije i nagrađivanja utiče na kreativnost i inicijative zaposlenih.

Čekanje u datom sistemu ima najveći uticaj na stvaranje ostalih pojava 3M. Čekanje nastaje kao posledica različitih vremena operacija, kada sledeća aktivnost čeka na prethodnu zbog nižeg takta proizvodnje; ukoliko se transportuju male količine proizvoda, postoji čekanje dok ne stigne sledeća partija; čekanje zbog loše mašine ili alata koja produžava vreme operacije; čekanje zbog loše organizovanosti prostorne strukture odnosno rasporeda mašina i opreme.

Kretanje, datim analizama sistema utiče na stvaranje najvećeg broja pojava 3M. Kretanje nastaje kao posledica loše obučenosti operatera, koji tokom operacija preduzima veći broj zahvata kako bi obradio dati proizvod; loša organizovanost radnog mesta, alata stvara dodatne napore i pokrete kako bi se alat dohvatio ili pronašao; mesto odlaganja proizvoda na pod utiče na dodatne napore i kretanja operatera kako bi odložio predmet rada; vizuelni znaci utiču na smanjenje kretanja i traženja alata i predmeta rada; ergonomija radnog mesta utiče na smanjenje pokreta i dodatnih napora.



Slika 6.36 Dijagram uzrok-posledica pojava 3M

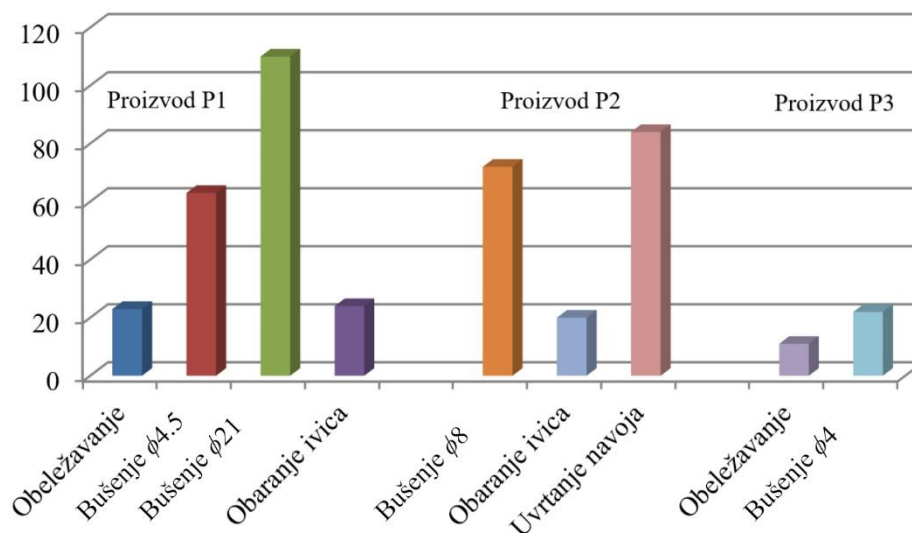
### 6.2.7 Aktivnost 10 - Unapređenje procesa

Detaljnim analizam predstavljenim u poglavlju 6.2.5 primećen je najveći efekat pojava kretanja i čekanja na stvaranje ostalih pojava 3M. Kretanje i čekanje je u najvećoj meri prouzrokovano lošim rasporedom mašina i opreme, neorganizovanim radnim mestom, neuravnoteženjem vremena operacija i drugim uzrocima prikazanim u Ishikawa dijagramu. Kako bi se dati uzroci eliminisali, a samim tim i smanjio uticaj pojava na stvaranje ostalih pojava 3M predložena su određenja unapređenja procesa.

Uočen je različit takt proizvodnje međusobno povezanih operacija na procesu bušenja, prikazan u tabeli 6.23.

Tabela 6.23 Vremena trajanja operacija na bušenju proizvoda P1, P2 i P3

Proizvod P1	Vreme sek.	Proizvod P2	Vreme sek.	Proizvod P3	Vreme sek.
Obeležavanje	23	Bušenje $\phi 8$	72	Obeležavanje	11
Bušenje $\phi 4.5$	63	Obaranje ivica	20	Bušenje $\phi 4$	22
Bušenje $\phi 21$	110	Uvrtanje navoja	84		
Obaranje ivica	24				



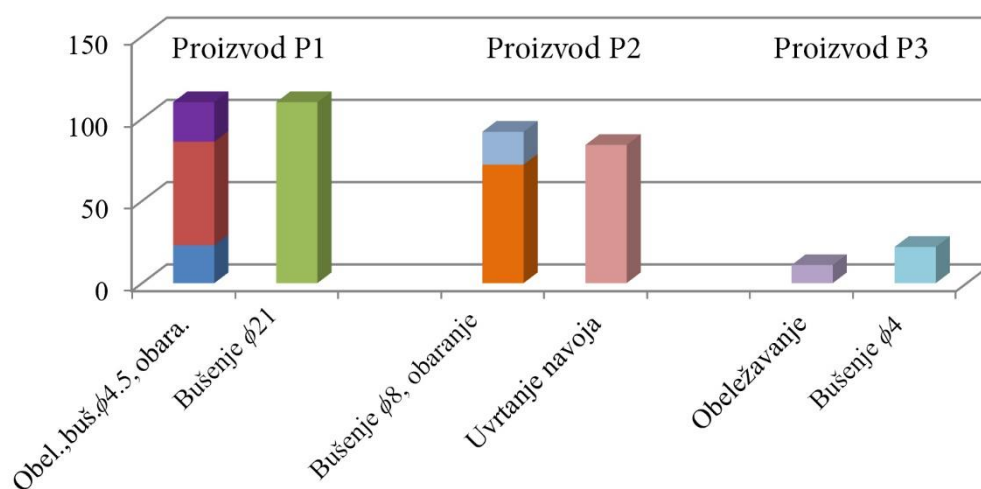
Grafik 6.1 Vreme trajanja operacija na bušenju proizvoda P1, P2 i P3

Kao što se može primetiti sa grafika 6.1 na operacijama bušenja postoji neuravnoteženje vremena operacija, odnosno vremena za obradu proizvoda P1 nemaju približno jednako vreme takta kako bi se obezbedio tok i otklonio gubitak čekanja i ostalih pojava 3M. Sa grafika se može uočiti da za proizvod P1 postoje četiri operacije, a to su: obeležavanje, bušenje  $\phi 4.5$ , bušenje  $\phi 21$  i obaranje ivica. Operacija obeležavnje se odvija mnogo brže od ostalih operacija i na taj način nastaju međuzalihe i nagomilavanje poluproizvoda. Slično je i kod ostalih aktivnosti proizvoda P2 i P3. Ukupno šest operatera bilo je angažovano na datim opracijama u toku posmatranju sistema i za to vreme isporučili ka sledećim procesima 190 P1, 81 P2 i 155 komada proizvoda P3.

Analizama i dijagramom uzroka predstavljenim u prethodnim poglavljima dolazi se do predloga rešenja uravnoteženja vremena datog procesa, prikazan u tabeli 6.24 i na grafiku 6.2.

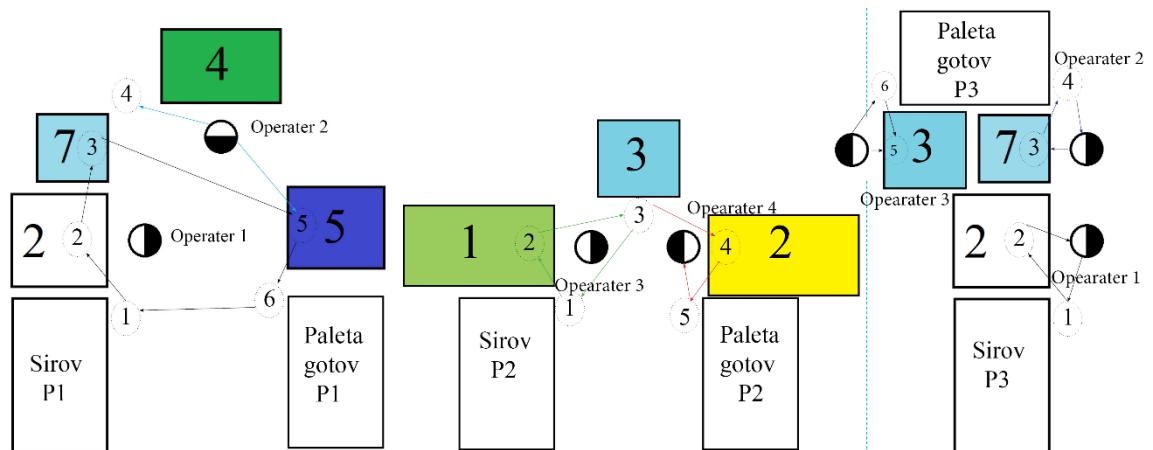
Tabela 6.24 Uravnoteženje vremena procesa bušenja

Proizvod P1	Vreme sek.	Proizvod P2	Vreme sek.	Proizvod P3	Vreme sek.
Obeležavanje	23	Bušenje $\phi 8$	72	Obeležavanje	11
Bušenje $\phi 4.5$	63	Obaranje	20		
Obaranje ivica	24				
Bušenje $\phi 21$	110	Uvrtnanje navoja	84	Bušenje $\phi 4$	22/11



Grafik 6.2 Uravnoteženje vremena procesa bušenja za proizvode P1, P2 i P3

Predlog uravnoteženja vremena procesa bušenja podrazumeva razmeštaj opreme, paleta i drugih sredstava rada prikazan na slici 6.37. S obzirom na težinu mašina, moguće ih je prema potrebama premeštati i prilagođavati predmetima rada. Predlog uravnoteženja podrazumeva sledeće: Operater na proizvodu P1 koji je do sada obavljao funkciju obeležavanja mesta bušenja proizvoda P1, preuzima aktivnosti bušenja  $\phi 4.5$  na mašini 7, kao i obaranje ivica na proizvodu P1, mašina 5. Kako bi se obezbedila maksimalna iskorišćenost prostora kao i brzina rada i eliminisale pojave 3M predloženo je da se za operatera 1, koji će obavljati ove operacije organizuje u-shape raspored mašina. Na ovaj način operateru će sredstva rada biti bliža i omogućiće nesmetano kretanje poluproizvoda kao i uravnoteženje samog procesa. Za operatere 3 i 4 kod proizvoda P2, napravljeno je slično uravnoteženje gde operater 3 pored bušenja  $\phi 8$ , na mašini 1 preuzima operacije obaranja ivica na mašini 3. Obrada proizvoda P3 prikazana je u nastavku na mašini 7 i uz korišćenje mašine 3 kako bi se ujednačio takt, nakon završenog procesa obrade proizvoda P1 i P2.

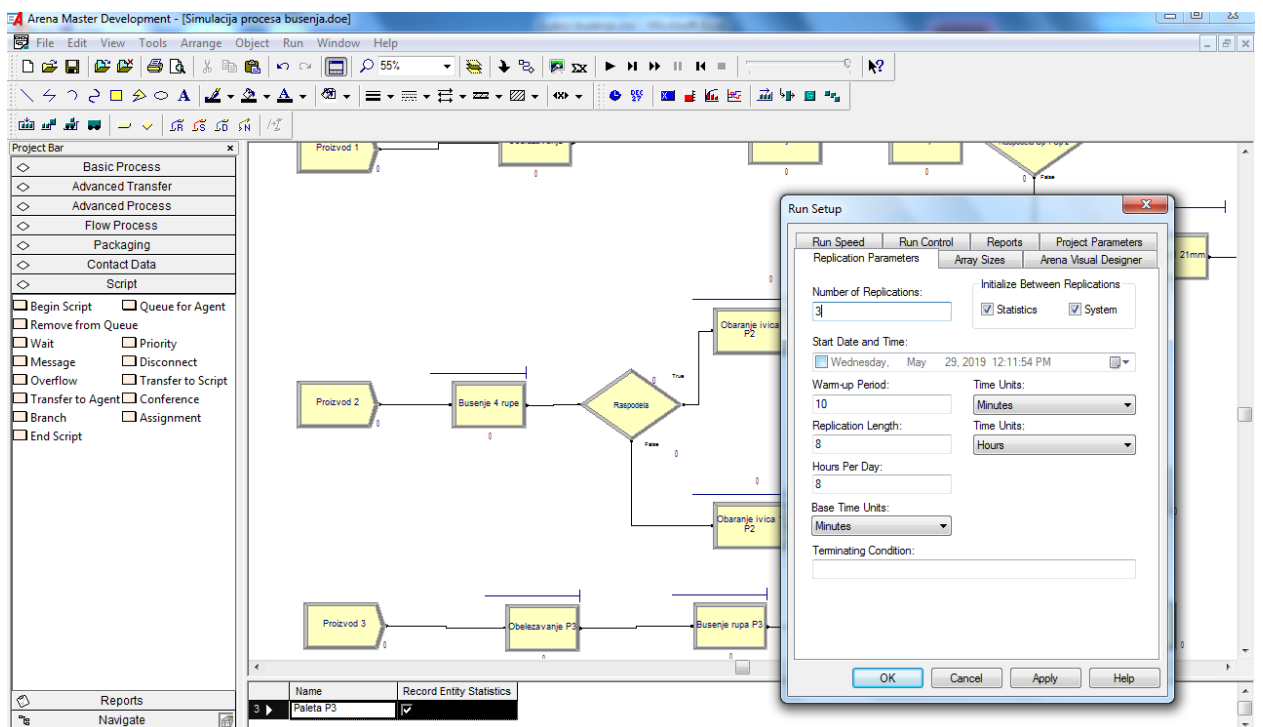


Slika 6.37 Uravnoteženje vremena procesa bušenja proizvoda P1, P2 i P3

### 6.2.7.1 Simulacija procesa

Predlozi unapređenja korišćenjem model Lean 3M u datom sistemu kompanije Global Co., simulirani su u softverkom okruženju Arena za proces obrade tri poluproizvoda. Raspored mašina, međuzaliha i operatera prikazan je na slici 6.37. Nakon detaljne analize procesa uočeni su gubici predstavljeni u prethodnim poglavljima kao i velika neuravnoteženost vremena operacija.

U softveru za simulaciju prvo su unešeni osnovni parametri koji simuliraju realno stanje sistema, kao što su vremena operacija, vreme transporta, količine puštene u proizvodnju, a potom vreme trajanja i drugi podaci koji su u nastavku detaljno objašnjeni.



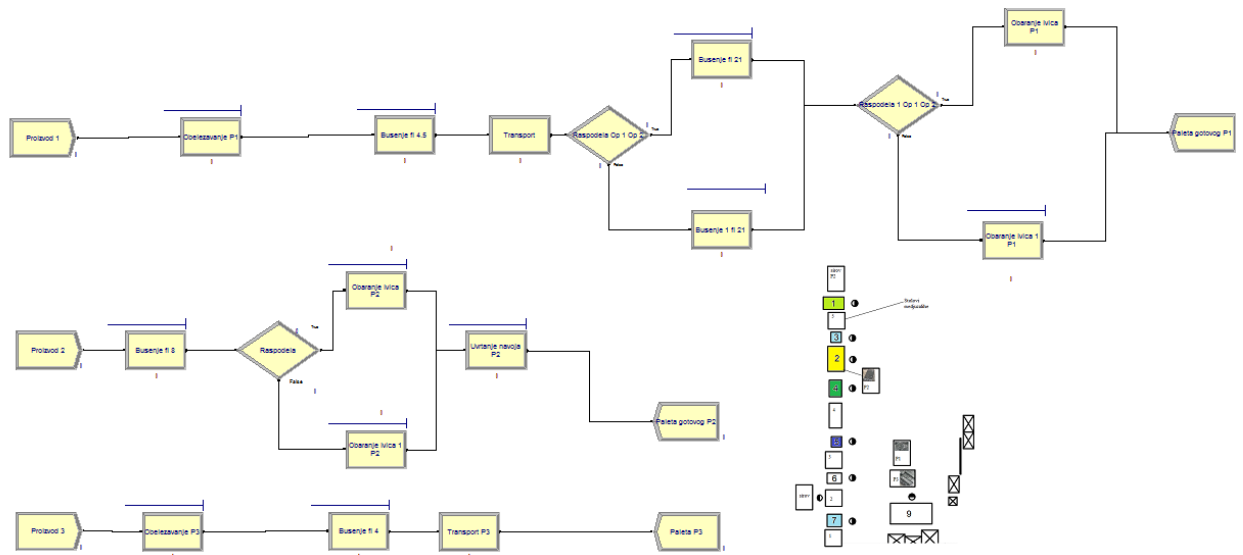
Slika 6.38 Podešavanja softverkog okruženja za simulaciju

Za svaku operaciju u simulaciji dodeljena su vremena trajanja dobijena analizom opisanom u poglavlju 6.2.1. Početak proizvodnje u simulaciji počinje sa zaostatkom od 10

minuta- pripremno vreme (Warm-up period), a za proizvode P2 i P3 zaostatak je pet, odnosno šest sati, koji su nastali zbog nedovoljnog broja operatera i mašine u otkazu koja buši rupe za proizvod P2. U tabeli 6.25 su prikazani parametri za simulaciju kao i softversko okruženje Arene na slici 6.38 i slici 6.39.

Tabela 6.25 Parametri simulacije studije slučaja Global Co.

Opis	vreme/kom
Smena	8 sati
Broj ponavljanja simulacije	3
Ukupna planirana količina Poluproizvod P1	230
Ukupna planirana količina Poluproizvod P2	100
Ukupna planirana količina Poluproizvod P3	200
Proizvod P1	
Operacija obeležavanje	21-25 sec.
Operacija bušenje $\phi 4.5$	60-66 sec.
Transport	10-20 sec.
Raspodela Op1 Op2	74% true
Operacija bušenje $\phi 21$ (1 operater)	100-120 sec.
Operacija bušenje $\phi 21$ (2 operater)	105-115 sec.
Raspodela 1 Op1 Op2	74% true
Operacija obaranje ivica	22-26 sec.
Operacija obaranje ivica 1	22-26 sec.
Proizvod 2	
Operacija bušenje $\phi 8$	69-75 sec.
Raspodela	70% true
Operacija obaranje ivica P2 (1 operater)	18-22 sec.
Operacija obaranje ivica 1 P2 (2 operater)	18-22 sec.
Operacija uvrtnanje navoja P2	80-88 sec.
Proizvod P3	
Operacija obeležavanje P3	10-12 sec.
Operacija bušenje $\phi 4$	19-24 sec.
Transport P3	35-45 sec.



Slika 6.39 Proces simulacije obrade proizvoda na operaciji bušenja

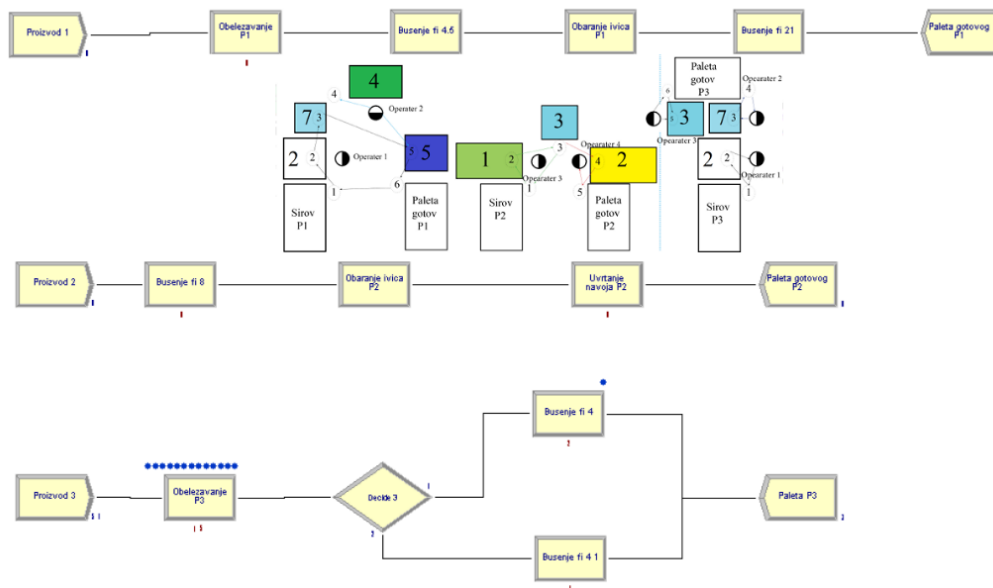
Nakon tri ponavljanja simulacije proizvodnje koja se odvija u procesu bušenja poluproizvoda P1, P2 i P3, u trajanju od po 8 sati sa pauzama po 30+15+15min., dobijeni su sledeći rezultati prikazani u tabeli 6.26:

Tabela 6.26 Rezultati simulacije trenutnog stanja sistema

Operacija	Pros. WIP (min)	Maks. WIP (min)	Pros. komada
<b>Proizvod P1</b>			
Obeležavanje P1	171	342	102
Bušenje $\phi 4.5$ P1	66.76	133.60	32.89
Bušenje 1 $\phi 21$ P1	0.34	2.29	0.05
Bušenje $\phi 21$ P1	102.89	132.36	36.39
Obaranje ivica 1 P1	0.75	4.87	0.09
Obaranje ivica P1	0.03	0.42	0.01
<b>Proizvod P2</b>			
Bušenje $\phi 8$ P2	63	127	15.9
Obaranje ivica 1 P2	37.92	62.38	2.05
Uvrtnje navoja P2	2.42	5.46	0.47
<b>Proizvod P3</b>			
Bušenje $\phi 4$ P3	13.60	27.17	7.70
Obeležavanje P3	161	178	76
<b>Sumirane količine</b>			
Proizvedeno P1	202	Proizvedeno P3	151
Proizvedeno P2	77	Ukupno	430 kom.

Za svaki proizvod je proračunato prosečno vreme čekanja proizvoda na datoj operaciji (Pros.WIP), maksimalno vreme čekanja (Maks. WIP), prosečan broj komada koji čekaju (Pros. kom.). Može se primetiti da na većini operacija postoje međuzalihe koje čekaju na sledeću operaciju. Operacija bušenja  $\phi 21$  predstavlja najduže vreme WIP, operacija koja traje 110 sekundi, te je ujedno i na njoj najveće nagomilavanje. Uravnoteženje vremena i prethodno naznačeni predlozi primenom Lean 3M modela, simulirani su u softveru Arena (slika 6.40), a rezultati simulacije prikazani u tabeli 6.27.





Slika 6.40 Simulacija u softverskom okruženju sa unapređenjem

Tabela 6.27 Rezultati simulacije nakon primene unapređenja

Operacija	Pros. WIP (min)	Maks. WIP (min)	Pros. komada
<b>Proizvod P1</b>			
Obeležavanje P1	171	342	96
Bušenje $\phi 4.5$ P1	0.58	0.83	0.32
Bušenje $\phi 21$ P1	0.58	1.16	0.32
Obaranje ivica P1	0.58	0.83	0.32
<b>Proizvod P2</b>			
Bušenje $\phi 8$ P2	63	127	13.7
Obaranje ivica 1 P2	0.73	1.15	0.15
Uvrtnanje navoja P2	0.54	1.08	0.16
<b>Proizvod P3</b>			
Bušenje $\phi 4$ P3	1.25	2.5	0.29
Obeležavanje P3	161	178	78
<b>Sumirane količine</b>			
Proizvedeno P1	225	Proizvedeno P3	197
Proizvedeno P2	91	Ukupno	564 kom.

Kao što se može primetiti iz tabele 6.27, došlo je do znatnog unapređenja procesa tokom simulacije i povećanja produktivnosti sa 430 na 513 komada, odnosno povećanje od 20%. U datim uslovima simulacije izbegnuto je čekanje i prebacivanje proizvoda sa jedne na drugu paletu. Izbegnuto je transport, prosečno vreme čekanja proizvoda je znatno smanjeno kao i broj komada koji čekaju na obradu. Nakon što su rezultati simulacije dali pozitivne vrednosti modela, predložena unapređenja primenjena su u sistemu kompanije Global Co. kako bi se uvideli realni pokazatelji procesa.

Prilikom posmatranja sistema sa unapređenjima, pojedini parametri sistema su uzeti u obzir da bi se dobili kvalitetniji rezultati i sami efekti primene modela. Mašina 6-bušilica tokom prethodne analize vremena otkazala je u 8:38. Mašina 1- viševretenasta

bušilica počela je da se koristi tek od 12:45 zbog konstruisanja alata i obuke operatera za njen rad, što je prikazano u poglavlju 5.2.1. Ovi parametri su primenjeni prilikom novog snimanja stanja, pa mašina 1 u datom vremenskom intervalu nije korišćena, a mašina 6 je bila i dalje u otkazu. Proces obrade proizvoda P1 i P2 počeo je u 7 časova. Obrada proizvoda P1 trajala je do 14 časova, do momenta dok nije postignut plan. Nakon toga, operateri 1 i 2 su prešli na obradu proizvoda P3. Obrada proizvoda P2 trajala je 2 časa i 5 minuta, kao i tokom prethodne analize. Nakon toga operateri 3 i 4 poslani su na operacije montaže. Kako bi se ostvario kontinuiran tok, operater 3 je u 14:00 časova vraćen na obradu proizvoda P3 za mašinom 3 (bušenje) zajedno sa operaterima 1 i 2. Obrada proizvoda P3 je trajala do kraja smene, odnosno 38 min. Rezultati primene modela su prikazani u tabeli 6.28.

Tabela 6.28 Rezultati nakon primene modela Lean 3M u realnim uslovima

Proizvod	Planirana količina	Vreme operacije	Urađeno	Operateri
P1	230	7-14:00 časova	230	1 i 2
P2	92	7-9:05 časova	88	3 i 4
P3	228	14:07-14:45 časova	200	1, 2 i 3

Planirana količina predstavlja odnos raspoloživog vremena i prosečnog vremena po komadu. Raspoloživo vreme je 410 min., kada se odbiju pauze i pripremno vreme. Iz tabele se može primetiti da su dva operatera angažovana na obradi proizvoda P1, dva na P2 i nakon završene obrade proizvoda P1 tri operatera su prešla na obradu proizvoda P3 uz korišćenje dve bušilice kako bi se ostvario tok sa taktom od 10 sekundi.

### 6.3 Provera – Korak 3

#### 6.3.1 Aktivnost 11 – Evaluacija

Nakon primene modela, podaci se upoređuju sa bazom kako bi se uvideli efekti unapređenja. Sa implementacijom unapređenja i modela došlo je do smanjenja vremena potrebnom za pojedine operacije, kao što je prikazano u tabeli 6.29. gde kolona Pre označava vreme ciklusa pre implementacije modela, Lean 3M stanje nakog primene modela i % prikazuje procenat smanjenja vremena trajanja operacije.

Tabela 6.29 Vreme ciklusa pre i posle primene modela Lean 3M

Operacije/Proizvod	Pre	Lean 3M	%
Proizvod P1	C/T P1	C/T P1	
Operacija obeležavanje	23	20	13.04
Operacija bušenje $\phi 4.5$	63	50	20.63
Transport	15		
Operacija bušenje $\phi 21$ (1 operater)	110	90	18.18
Operacija bušenje $\phi 21$ (2 operater)	110		
Operacija obaranje ivica	23	20	13.04
Operacija obaranje ivica 1	23		
Proizvod P2	C/T P2	C/T P2	
Operacija bušenje $\phi 8$	72	62	13.89
Operacija obaranje ivica P2 (1 opearater)	20	19	5
Operacija obaranje ivica 1 P2 (2 opearater)	20		
Operacija uvrtnanje navoja P2	84	80	4.76

Proizvod P3	C/T P3	C/T P3	
Operacija obeležavanje P3	11	10	9.09
Operacija bušenje $\phi 4$	21	20	4.76
Transport P3	40		
Ukupno pređeno metara	4720	2450	48

Umanjenjem vremena ciklusa na većini operacija kao i primenom predstavljenih unapređenja, doprinelo je smanjenju uticaja pojava 3M. Radna mesta su približena; organizacija alata i pribora je unapređenja primenom 5S; umesto paleta koje su stajale na podu postavljeni su stolovi u visini operacija; primaknuti su ručni viljuškari na mestima koja zahtevaju transport gotovog proizvoda; smanjeno je kretanje. Primena modela Lean 3M smanjila je uticaj pojava gubitaka, neuravnoteženosti i preopterećenja kao što je prikazano u tabeli 6.30

Tabela 6.30 Pojave 3M pre i posle primene modela

Pre primene modela (min.)			Nakon primene modela (min.)	
Operater	NVA	NNVA	NVA	NNVA
Operater 1	34	154	14	195
Operater 2	108	140	25	89
Operater 3	247	97	8	112
Operater 4	146	167	6	116
Operater 5	289	103	/	
Operater 6	288	19	/	

Iz tabele se mogu primetiti umanjena pojava 3M, odnosno vremena koje ne dodaju vrednost proizvoda. NVA vrednosti su znatno smanjena, dok je kod NNVA na pojedinim operacijama vrednost veća u odnosu na prethodno stanje. Ove vrednosti su veće kod operatera 1 i 3, jer su dati operateri pored obrade proizvoda P1 angažovani i na proizvodu P3, pa je samim tim i vreme koje ne dodaje vrednost veće. Na osnovu datih rezultata potvrđena je hipoteza 2: “Moguće je razviti model za unapređenje proizvodnog procesa zasnovan na identifikaciji i smanjenju uticaja pojava muda, mura, muri – Lean 3M model”.

Sumirajući dosadašnje rezultate i ukupne proizvedene količine (tabela 6.31), moguće je utvrditi stepen efikasnosti i efektivnosti sistema i uticaj primene modela Lean 3M.

Tabela 6.31 Ukupne količine operacija bušenja pre i posle primene modela

Proizvod	Proizvedena količina bez modela	Planirana količina	Proizvedena količina sa modelom	Broj operatera	
				Pre	Posle
P1	190	230	230	4	2
P2	81	92	88	3	2
P3	155	228	200	2	3

$$\text{Efikasnost} = \frac{\text{izlazna vrednost}}{\text{ulazne resurse}} * 100\% = \frac{\text{količina proizvedenih komada} * \text{prosečno vreme}}{\text{broj operatera} * \text{ukupno vreme}} * 100\%$$

Ukupno vreme obrade proizvoda P1, P2 i P3 u minutama moguće je videti u tabelama poglavlja 6.2.1 i tabele 6.28, odakle se može primetiti da je ukupno vreme P1, P2

i P3 pre/posle primene modela sledeće: P1 410/350, P2 125/125 i P3 60/38. Da bi se izračunala efikasnost procesa bušenja, posmatrane su sve operacije i njihova vremena ciklusa (tabela 6.32).

Efikasnost pre primene modela Lean 3M

$$P1 = \frac{(23+63+110+23)*190}{4*410*60} = \frac{41610}{98400} = 42\%, P2 = \frac{(71+20+84)*81}{3*125*60} = \frac{14175}{22500} = 65\%$$

$$P3 = \frac{(11+21)*155}{2*60*60} = \frac{4960}{7200} = 68\%.$$

Efikasnost nakon primene modela Lean 3M

$$P1 = \frac{(20+50+90+20)*230}{2*350*60} = \frac{41400}{42000} = 98\%, P2 = \frac{(62+19+80)*88}{2*125*60} = \frac{14168}{15000} = 94\%$$

$$P3 = \frac{(10+10+10)*200}{3*38*60} = \frac{6000}{6840} = 87\%.$$

Efektivnost sistema prikazuje odnos proizvedenih i planiranih količina, pa je u ovom slučaju efektivnost sistema bez primene modela sledeća:

$$\text{Efektivnost} = \frac{\text{broj proizvedenih komada}}{\text{planirana količina}} * 100\%$$

$$P1 = \frac{190}{230} * 100\% = 82\%; P2 = \frac{81}{92} * 100\% = 88\%; P3 = \frac{155}{228} * 100\% = 68\%$$

Efektivnost nakon primene modela Lean 3M

$$P1 = \frac{230}{230} * 100\% = 100\%; P2 = \frac{88}{92} * 100\% = 96\%; P3 = \frac{200}{228} * 100\% = 87\%$$

Tabela 6.32 Odnos efikasnosti i efektivnosti pre i posle primene modela Lean 3M

Proizvod	Efikasnost pre/posle	% unapređenja	Efektivnost pre/posle	% unapređenja
P1	42/98	133	82/100	22
P2	65/94	44	88/96	9
P3	68/87	27	68/87	28

Iz tabele 6.32 se uočavaju značajne promene stepena efikasnosti i efektivnosti sistema. Rezultati dobijeni primenom modela potvrđuju hipotezu 3 "Primenom Lean 3M modela u realnom okruženju moguće je projektovati procese povišenog stepena efektivnosti i efikasnosti ". Najveći stepen efikasnosti postignut je kod obrade proizvoda P1, gde su na početku procesa angažovana 4 operatera na 4 različita radna mesta. Kasnijim unapređenjem i primenom modela postignuta je efikasnost od 98%, angažujući samo 2 operatera i postignuta je efektivnost od 100%.

## 6.4 Delovanje – Korak 4

### 6.4.1 Aktivnost 12 – Težiti savršenstvu

Nakon primene Lean 3M modela u realnim uslovima postignuta su pojedina unapređenja procesa i povećan stepen produktivnosti. Međutim poslednji korak modela ukazuje na još jedna od principa Lean sistema a to je težnja ka savršenstvu. Eliminacija pojava postignutih Lean 3M modelom predstavlja samo početak borbe sa pojavama koje utiču na efekte procesa i sistema u celini. U ovom koraku je potrebno preispitati postignute rezultate i putem povratne sprege prikazane na slici 5.2, vratiti se na pojedine faze modela i nastaviti eliminaciju pojava 3M. Obnoviti znanje u oblasti Lean, oformiti nove timove, sagledati mape tokova neke druge familije proizvoda, kreirati buduće mape tokova vrednosti, projektovati unapređenu prostornu strukturu, razmatrati predloge zaposlenih i primeniti ključne ideje. U nastavku su predstavljena dalja unapređenja sistema.

#### 6.4.1.1 Uravnoteženje vremena

Za date podsklopove 2039 boksa, iz analize stanja i tehnološkog postupka prikazana su i sumirana vremena neophodna za izvršenje pojedinih operacija predstavljenih u tabeli 6.33, od momenta sklapanja do konačne montaže. Kako bi se obezbedilo uravnoteženje vremena ovih podsklopova, podjednak takt i podjednaka opterećenost radnih mesta prilikom proizvodnje jednog 2039 boksa izvršena je raspodela operacija po radnim mestima.

Tabela 6.33 Vremena operacija za obradu podsklopova boksa 2039

Naziv	kom.	poz.	Vreme u minutama						
			sklapanje	zavarivanje	brušenje	odmaščivanje	farbanje	montaža	
ruka	2	1.05	0.5						
stub	4	1.09	2						
desna strana	1	1.02	10						
leva strana	1	1.03	12						
dno	1	1.08	20	85	5				
dno sa elementima	1	1.01	12						
nosač	2	1.60	0.5						
stopa	4	1.06	1.5						
trn	1	1.61	2		0.25				
trn	1	1.62	2		0.25				
trn	1	1.63	2		0.25				
trn	1	1.64	2		0.25				
trn	1	3.4	2		0.25				
trn	1	3.5	2		0.25				

komp. deo za ruku 1	1	3.6	3					
srednja ruka 1	1	3.1	5	15	3	0.5		
deo za ruku 1	1	3.2	4.5	8	1	0.5		
mala ruka 1	1	3.3	1	2	1	0.33		
trn	1	2.3	2		0.25			
trn	1	2.4	2		0.25			
deo za ruku 2	1	2.1	7	10	2	0.66		
deo za ruku 2	1	2.2	1	2	0.5	0.5		
gornja desna ruka	1	5	2	2	0.5	0.33		
gornja leva ruka	1	4	3	3	1	0.5		
dno sa stranicama	1	1	8	70	5	10	35	
montaža final	1	0						35

Prilikom kreiranja predloga uravnoteženja vremena pojedinih operacija, potrebno je voditi računa o načinu sklapanja podsklopova, delovima koji pripadaju datoj grupi podsklopa kako bi se izbegao nepotreban transport. Nemoguće je sklapati, zavarivati i montirati različite grupe delova podsklopova. Uzimajući u obzir sve parametre koje utiču na podsklopove, prikazan je predlog uravnoteženja vremena podsklopova u tabeli 6.34, kao i grafički na grafiku 6.3.

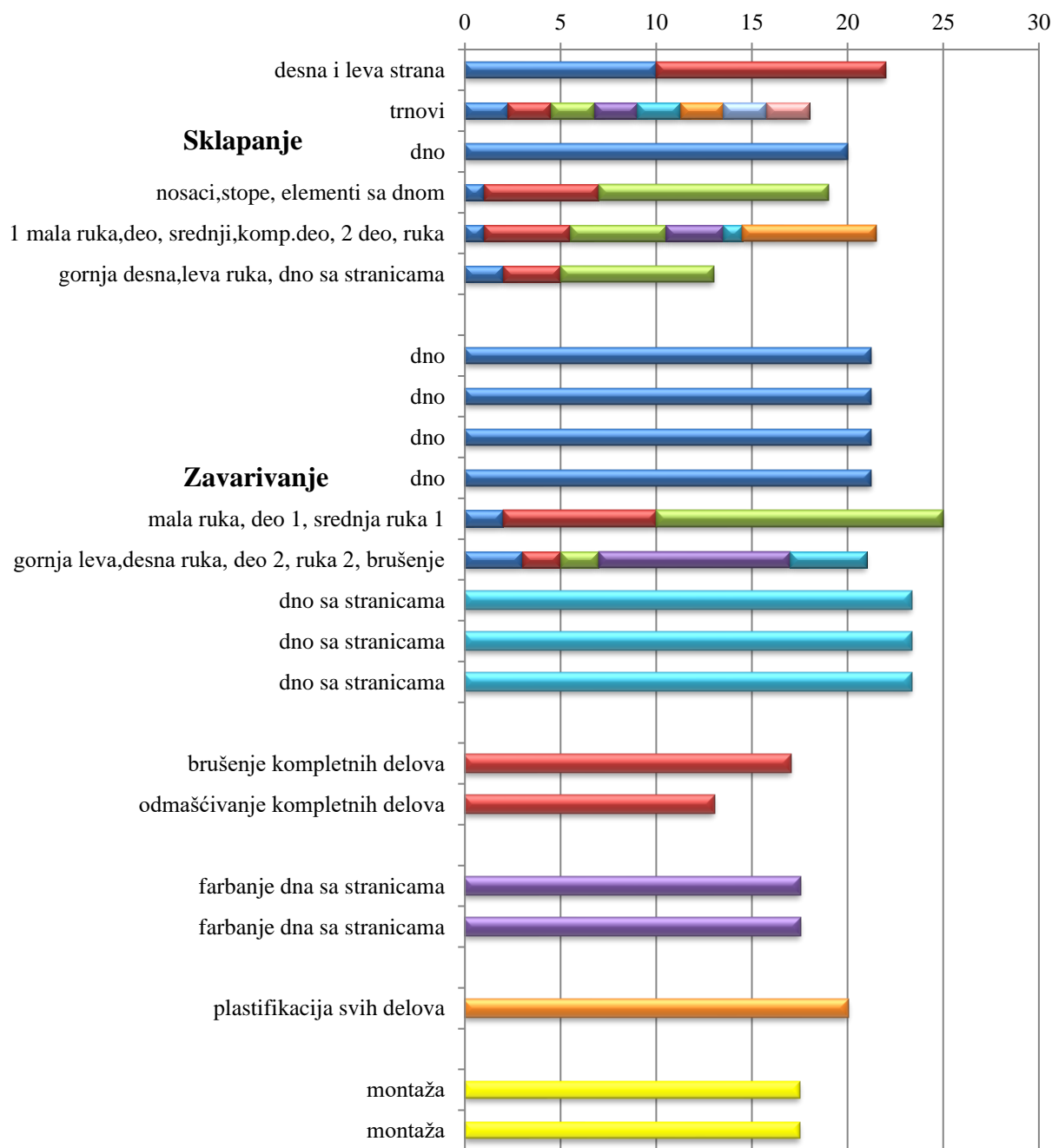
Tabela 6.34 Uravnoteženje vremena podsklopova prema radnim mestima

Pozicija	Podsklop	vreme u min podsklopova			
Bravar 1	leva i desna strana	10	12		
Bravar 2	trnovi 8 komada	2.25	2.25	2.25	2.25
		2.25	2.25	2.25	2.25
Bravar 3	dno	20			
Bravar 4	stope i dno sa elementima	1	6	12	
Bravar 5	ruka 1 i ruka 2	13.5	8		
Bravar 6	gornja leva i desna ruka i dno	2	3	8	
Zavarivač 1	dno	21.25			
Zavarivač 2	dno	21.25			
Zavarivač 3	dno	21.25			
Zavarivač 4	dno	21.25			
Zavarivač 5	ruka 1	2	8	15	

Zavarivač 6	gornja leva, desna ruka, deo 2, ruka 2 i brušenje	3	2	2	14
Zavarivač 7	dno sa stranicama	23.3			
Zavarivač 8	dno sa stranicama	23.3			
Zavarivač 9	dno sa stranicama	23.3			
Brušenje 1	kompletnih delova	17			
Odmašćivanje 1	kompletnih delova	13			
Farbar 1	dno sa stranicama	17.5			
Farbar 2	dno sa stranicama	17.5			
Plastifikacija	svih delova	20			
Montaža 1	montiranje 2039 boks	17.5			
Montaža 2	montiranje 2039 boks	17.5			

Ukupan broj operatera za obradu podsklopova

Radno mesto	Broj operatera
Bravar	6
Zavarivanje	9
Brušenje	1
Odmašćivanje	1
Farbanje	2
Plastifikacija	1
Montaža	2
<b>Ukupan broj operatera</b>	<b>22</b>



Grafik 6.3 Uravnoteženje vremena podsklopova predstavljeno grafički

#### 6.4.1.2 Unapređenje prostorne strukture

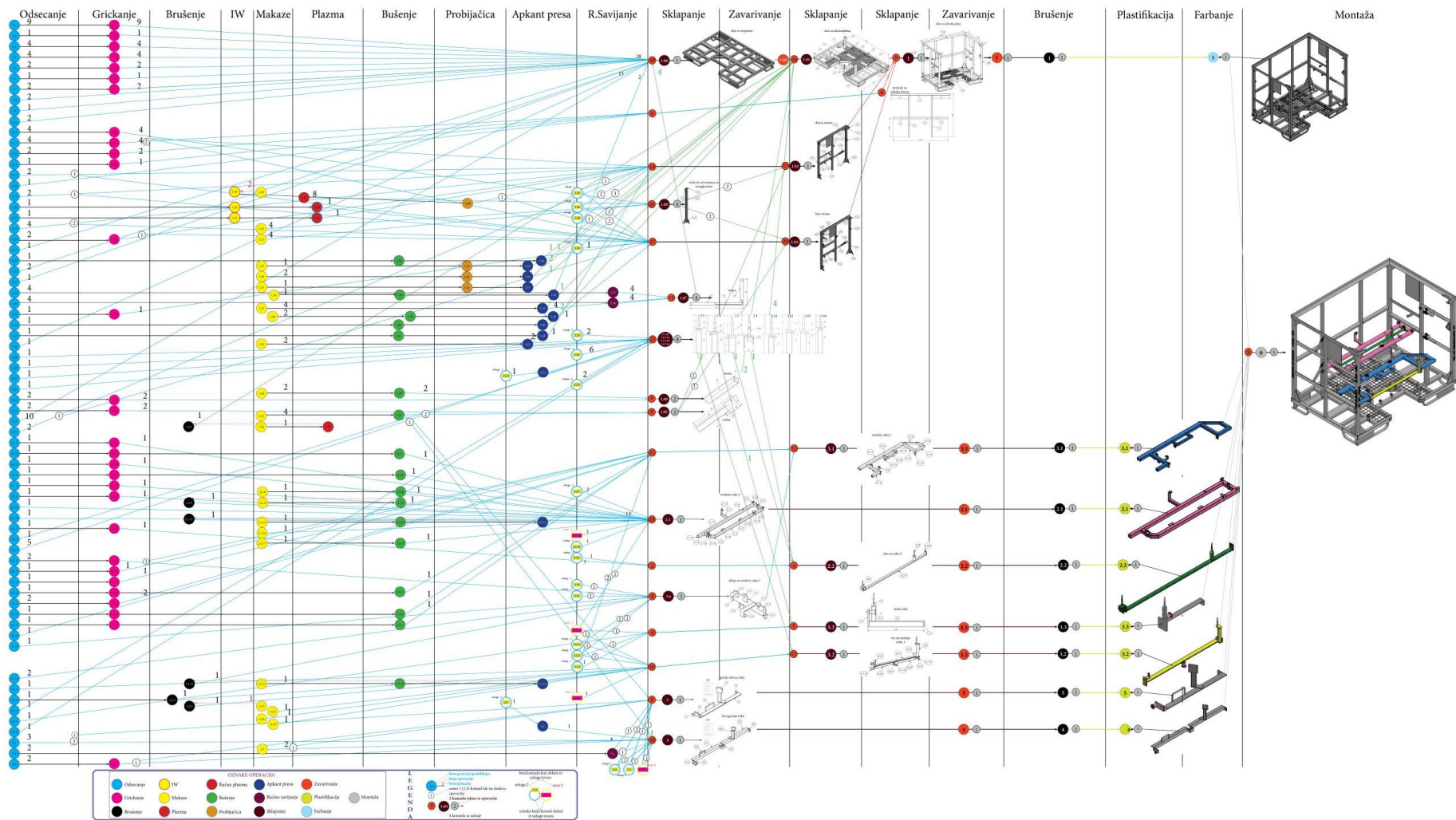
Na detaljnom grafiku 6.4 prikazni su tokovi svake od pozicija koje čine proizvod 2039 boksa. Operacije sečenja su najbrojnije, odnosno odsecanja prikazano na početku dijagrama, potom sledi operacija grickanja ili presa koja kreira otvore na profilima. U veoma malom broju slučajeva proces brušenja se odvija nakon sečenja određenih profila kako bi dalje olakšao rad operaterima i manipulaciju sa datim delom. U legendi na slici objašnjeni su pojmovi koji ukazuju na broj pozicija koji se transportuje ka datoj operaciji, kao i broj komada i drugi elementi koji čine grafik.



Nakon operacija obrade moguće je primetiti tokove pozicija ka sklapanju. Vidi se da 49 komada odlazi na sklapanje dna boksa. Potom dno boksa odlazi na sklapanje sa 16 novih pozicija i kreira se pozicija 1.01 koja čini dno boksa sa svim svojim delovima, odnosno pozicijama. Ispod dna na dijagramu moguće je primetiti i kretanje materijala koje čine ostale delove i podsklopove datog proizvoda. Tako je na primer za sklapanje stranice boksa potrebno 14 delova, na koje se dodaju 3 podsklopa koja su prethodno zavarena. Potom se tako zavarena stranica, koja čini novu poziciju broj 1.02 odnosno 1.03 (leva i desna strana) zavaruje sa pozicijom dna boksa 1.01 i stvara novu poziciju 1, koja predstavlja dno boksa sa svojim stranicama. Tako sklopljena pozicija 1 se transportuje na proces brušenja, a potom farbanja.

Pored dna boksa, moguće je primetiti i podsklopove boksa koji se sklapaju uz pomoć određenih pozicija koje su prethodno obrađene na procesima sečenja, bušenja itd. Tako pozicija 3.1 podsklop srednja ruka 1 sastavljena je iz 11 pozicija i jednog podsklopa 3.6. Novo formirana pozicija 3.1 odlazi na proces zavarivanja, brušenja i plastifikacije, gde se na kraju montira zajedno sa ostalih 7 pozicija i kreira kompletan proizvod, odnosno pozicija 0.

Sa predstavljenog detaljnog dijagrama, uočavaju se kretanja pozicija odnosno materijala od početne operacije do finalnog proizvoda. Ova analiza koristi kako bi se sagledale putanje i opterećenja tokova i dali predlozi unapređenja. Iz analiza se zaključuje da je potrebno kreirati novu prostornu strukturu, raspored mašina na način da se približe procesi, skрати transportni put, olakšaju kretanja operatera, smanji iskorišćen prostor i samim tim poveća efikasnost i efektivnost datog sistema.



Grafik 6.4 Tok pozicija u procesu proizvodnje boksa 2039

Unapređena prostorna struktura predstavljena na slici 6.41. uzima u obzir prethodno naznačene međuzavisnosti. Kako je naglašeno u novoj prostornoj strukturi mesto magacina je spojeno sa operacijama sečenja na makazama, kako bi se izbegao transport teških i dugačkih delova ( do 6 metara). Takose nakon skladištenja proizvoda materijali odsecaju na makazama (tok 1), a potom u određenim količinama transportuju ka sledećim operacijama limarije (tok 2) ili bušenja (tok 3). Kao što se može primetiti u odnosu na prethodnu prostornu strukturu dodata je mašina broj 20. odnosno laser-probijačica. Ustanovljeno je da se veoma mnogo vremena gubi na sečenje limova, bušenju, probijanju kao i na velikom broju delova koji dolaze iz usluge, pa je sa ovakvim rešenjem taj problem eliminisan. Raspored ostalih mašina na sektoru limarije napravljen je linijski kako bi se obezbedio tok, smanjio transport i nepotrebno kretanje.

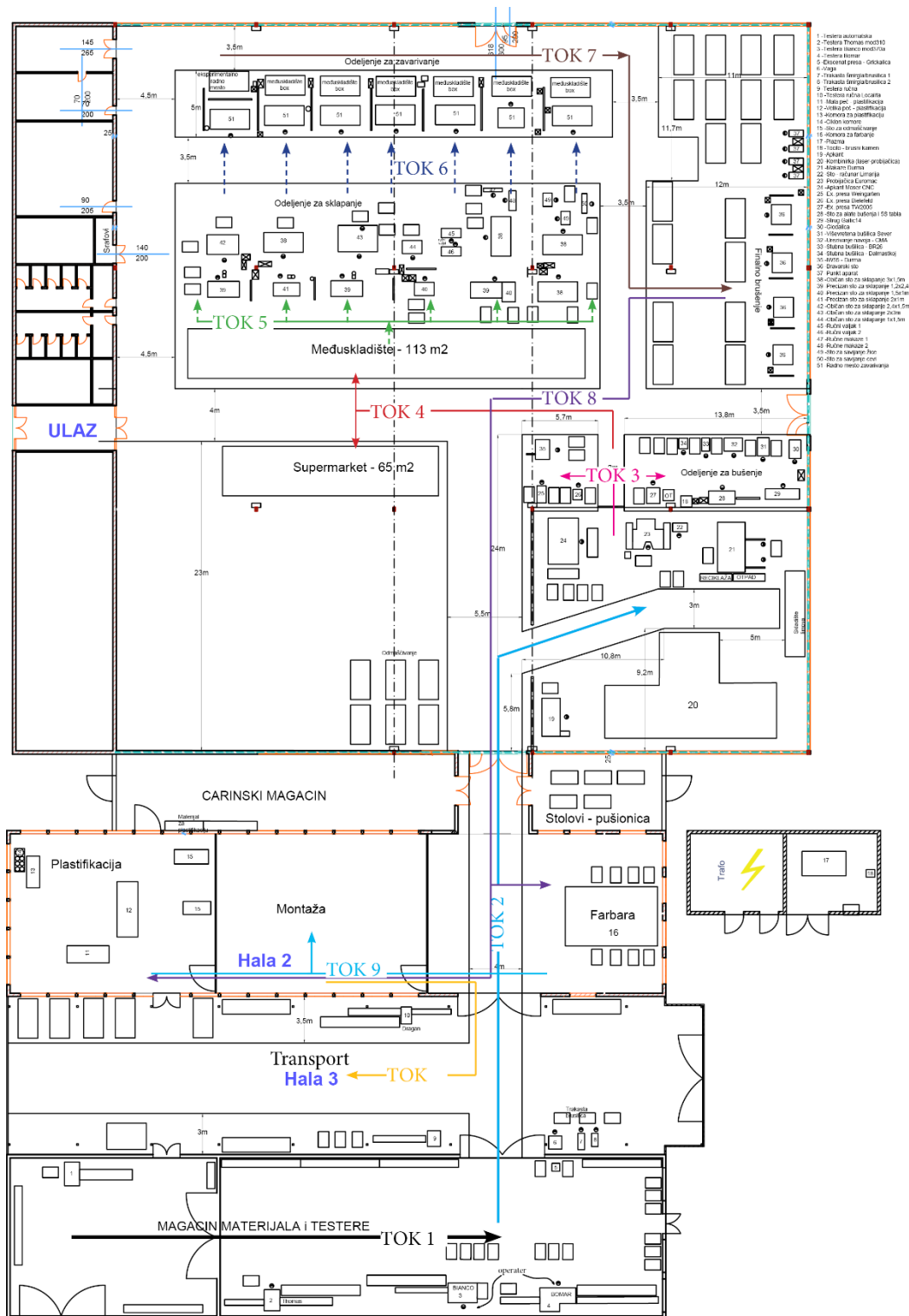
Odeljenje bušenja je organizovano na sličan način gde se vodilo računa o načinima i metodama rada, približene su pozicije za odlaganje i prihvatanje materijala kao i alati i mašine. Takođe i šef na odeljenju bušenja, sto 28 koji je u neprestanoj komunikaciji sa operaterima je pozicioniran na srednjem delu sektora kako bi se obezbedila efikasna komunikacija i snabdevanje alatima. Tabla 5S je postavljena odmah uz sto 28 i znatno je smanjila vreme čekanja i traženja alata.

Nakon obrade sirovih materijala, bušenja i limarskih radova dati proizvodi odlaze ili u supermarket ili u međuskladište. Supermarket je kreiran kako bi se eliminisalo nagomilavanje predmeta rada na pozicijama zavarivanja odnosno sklapanja elemenata. Međuskladišta predstavljaju pozicije za određenu vrstu projekata koju se trenutno rade na odeljenjima sklapanja. Date pozicije međuskladišta po nekada zahtevaju i preko 50 različitih delova kako bi se sklopio jedan deo proizvoda, te je iz tog razloga u početnom rešenju dat ovakav predlog prostorne strukture. Ukoliko su pozicije međuskladišta prazne, proizvodi se transportuju na međuskladišta. Ako je u toku neki projekat i prostor je rezervisan, delovi se transportuju na supermarkete. Data međuskladišta su kreirana iz razloga početnog rešenja problema nagomilavanja i zahtevaju dalju analizu, kako bi se zalihe eliminisale u potpunosti.

Nakon sklapanja, proizvod se transportuje do odeljenja zavarivanja, tok 6. Na odeljenju zavarivanja su dodatne pozicije međuskladište boksa, odnosno mesto gde bi operater nakon završenog boksa mogao da pređe na drugi, na operacije brušenja ili dodatnog sklapanja. Ovim predlogom iskorišćen je prostor koji je bio neupotrebljen, znatno su skraćena vremena čekanja operatera, koja su se odnosila na čekanje transportnog sredstva, čekanje na druge operatere, dodatna kretanja, opterećenja, nagomilavanja i druge pojave 3M prikazana u prethodnim analizama.

Proizvodi se potom transportuju do mesta finalnog brušenja tok 7, gde se dalje šalju na farbanje ili plastifikaciju (tok 8). Sledi proces montaže (tok 9) i konačna isporuka kupcu (tok 10). Određena ograničenja prilikom projektovanja unapređene prostorne strukture su postojala, kao što je na primer razvod sistema za zavarivanje koji je bio fiksiran, transportni putevi oko fabrike, ulaz materijala koji su u određenoj meri uticali da nije bilo moguće u potpunosti unaprediti tokove materijala i kretanja. Pored prethodno definisanih unapređenja, moguće je uočiti da je datim

predlogom oslobođeno blizu 430 m<sup>2</sup> prostora, što znatno utiče na smanjenje budućih investicija u proizvodne hale koje su bile predmet planiranja prilikom uvođenja novih mašina i opreme.



Slika 6.41 Predlog unapređenja prostorne strukture sistema Global Co.

### 6.4.1.3 Mapa budućeg toka vrednosti - FVSM

Na osnovu prethodno definisanih vremena, analizom radnih mesta, razgovorom sa operaterima i menadžmentom kompanije dolazi se do predloga nove mape stvaranja vrednosti. Kreiranje buduće mape stvaranje vrednosti polazi od osnovnih 8 koraka definisanih od strane Rothem i Shook. Pitanja koja treba postaviti na početku kreiranja buduće mape su:

Koliki je takt?

Vreme takta se računa kao količnik raspoloživog radnog vremena sa dnevnim potrebama tržišta. U datoj situaciji ukupno radno vreme je 8 časova, sa radom u jednoj smeni. Od raspoloživih 8 časova, 30 min. + 15 min. pauza + 15 min. pauza za čišćenje, ostaje 7 sati odnosno 420 min raspoloživog vremena za rad. Dnevna potražnja je 7 komada proizvoda, te je tako takt proizvodnje:

$$\text{Takt} = \frac{\text{raspoloživo radno vreme}}{\text{dnevne potrebe korisnika}} = \frac{420 \text{ min.}}{7 \text{ kom.}} = 60 \text{ min/kom.}$$

Dati takt ukazuje da je potrebno svakih 60 minuta napraviti jedan proizvod, kako bi se zadovoljile potrebe tržišta.

Da li će proizvodi zameniti proizvode u supermarketu na zalihama ili će biti isporučeni direktno kupcu?

Kompanija Global Co. proizvodi specifične proizvode za određene kupce, a zahtevi se često menjaju te je predlog trenutnog rešenja proizvoditi za supermarket, pri zalihama od jednog dana sa tendencijom prelaska na direktnu isporuku kupcu u budućnosti.

Gde se može proizvoditi u kontinualnom toku?

Kontinualan tok podrazumeva proizvodnju u serijama od jednog komada. Ovakva vrsta toka je moguća u slučajevima kada su vremena ciklusa međusobno povezanih operacija približno jednaka. U slučaju Global Co. kompanije moguće je primetiti različita vremena ciklusa. Takođe, na određenim operacijama kao što je sečenje, bušenje, obrada lima nije moguće napraviti tok između operacija iz razloga što je za naredne operacije sklapanja potrebno veoma veliki broj delova sa prethodnih operacija kako bi se sastavio proizvod. Tako se na datim operacijama proizvodi veći broj komada koji se sklapa u jedan komad, na operaciji sklapanja.

Mesto na kom je moguće postići kontinualni tok su operacije zavarivanje, brušenje, farbanje, plastifikacija, montaža. Operacija farbanja, kao što je prikazano u analizi podrazumeva čekanje operatera na viljuškaristu kako bi mu pomogao oko podizanja i premeštanja boksa. Moguće je ovaj gubitak izbeći tako što će se postaviti ručni viljuškar kod farbara, koji će se koristiti za date aktivnosti. Gubitak čekanja je bio 840 sekundi, što predstavlja 14 minuta. Ovim bi proces farbanja trajao umesto 50, 36 minuta. Proces plastifikacije se odvija na način da je moguće više elemenata staviti u peć za plastifikaciju, te ukoliko se postave dva seta pozicija na plastifikaciju, operacija će po komadu trajati 35 minuta. Na operaciji montaže, se pored dva operatera ponekad uključuju i ostali operateri u zavisnosti od hitnosti i količine pristiglih proizvoda. Ukoliko bi se postavio

kontinualni tok na prethodnim operacijama, ne bi dolazilo do situacije da se stvara nagomilavanje te je ovde moguć rad samo jednog operatera.

Gde se može postaviti pull sistem sa supermarketima?

Pull sistem podrazumeva povlačenje proizvodnje od strane procesa koji sledi. Trenutno proces podrazumeva push sistem, gde se proizvodi guraju ka sledećim operacijama. Kako bi se izbeglo nagomilavanje materijala, moguće je postaviti supermarket na mestu magacina, koji će obavestiti nabavku da je potrebno poručiti nove količine proizvoda. Takođe, moguće je definisati određen broj delova koji je potreban na operaciji sklapanja, kako se ne bi dati process nagomilavao zalihama.

Odakle će se rukovoditi proizvodnjom?

Mesto odakle će se upravljati proizvodnjom je zapravo davalac tempa, on zaprvao pokreće sve ostale operacije. Proces sklapanja od koga i počinje povlačenje je davalac tempa. Prema sklapanju stiže dnevni plan proizvodnje, odakle se dalje sa supermarketa povlače poluproizvodi neophodni za sklapanje.

Kako ujednačiti miks proizvoda?

Nivelisanje ili ujednačavanje procesa (Heijunka) podrazumeva proizvodnju različitih vrsta proizvoda tokom vremena, umesto velikih serija jedne vrste. Ujednačavanje miksa proizvoda je moguće postaviti na operaciji sklapanja, odakle će sektor upravljanja proizvodnje diktirati koji proizvodi i koje količine je potrebno dalje procesuirati.

Da li postoji mogućnost postizanja takta?

Osećaj takta je već prisutan i može se primetiti da ostale operacije do brušenja imaju slično ciklusno vreme, uzimajući u obzir broj operatera koji radi na tim pozicijama. Prosečno vreme takta tih operacija je 20-30 minuta. Međutim, kako je za operaciju sklapanja potrebna velika količina različitih proizvoda koji dolaze sa bušenja, limarije, sečenja, nije moguće u potpunosti napraviti pull sistem, već su potrebni određeni baferi, odnosno supermarketi na tim mestima.

Koji će se procesi unaprediti?

Pored prethodno naznačenih unapređenja, moguće je: na operacijama bušenja implementirati 5S, kako bi se skratilo vreme čekanja, traženja i kretanja operatera. Samim tim će se i vreme ciklusa smanjiti jer operater kretanjem produžava proces. Vreme zamene alata (c/o) će se takođe smanjiti sa boljom organizacijom alata i pribora. Mašine za sečenje i bušenje imaju povremene otkaze, zbog veoma lošeg sistema održavanja. Tek kada mašina otkáže vrši se njen remont, a održavanje je veoma retko. Pravilnim procedurama održavanja moguće je postignuti 100% nivo iskorišćenja kapaciteta. Operacija obrade lima, ima poteškoća prilikom zamene alata jer alati nisu organizovani ni vizuelno obeleženi. Takođe softver probijačice zahteva dosta vremena kako bi se dati fajlovi pronašli koji su neophodni za rad. Pojedini delovi se mogu raditi na presi primenom određenih alata kako bi se skratilo vreme procesuiranja proizvoda za minimalno 3 minuta. Primenom 5S moguće je uticati na skraćanje vremena zamene alata i pokretanja mašina sa 15 na 8 minuta. Proces zavarivanja ima dosta gubitaka u smislu čekanja na viljuškar. Obezbeđivanjem viljuškara koji bi

služio samo u svrhe procesa zavarivanja uticao bi na smanjenje vremena. Prilikom poručivanja materijala, potrebno je voditi računa o tome da se nabavi materijal koji je neophodan za proizvodnju u trajanju od jedne nedelje (dobavljač vrši isporuku minimalno jednom nedeljno). Takođe bitno je naglasiti tokove informacija. Neophodno je ulogu direktora kao ključnu osobu u procesu komunikacije sa kupcima i dobavljačima umanjiti i taj deo prepustiti službi nabavke i upravljanja proizvodnjom. Proces komunikacije treba da se odvija uglavnom elektronskim putem. Direktor (CEO) je neophodan samo u posebnim situacijama kada se pregovara o cenama nabavke, kao i u momentima pregovora na zahteve kupca, ali taj deo komunikacije bi trebao da se odvija između direktora i sektora koji upravlja proizvodnjom i nabavkom. Pored toga, neprestana komunikacija između tehničke pripreme i operatera kao i komunikacija između sektora upravljanja proizvodnjom i operatera se može rešiti davanjem jasnih instrukcija i radnih naloga operaterima. Postavljanjem standardnih procedura i mesta za kačenje radnih naloga, koji će biti detaljno i kompletno ispunjeni od strane tehničke pripreme ovi tokovi informacija se mogu unaprediti. Takođe i svakodnevna komunikacija službe nabavke sa dobavljačima se može umanjiti ukoliko se pravi interni plan na osnovu kog će se znati šta je potrebno poručiti tokom narednih dana.

Nakon predstavljenih unapređenja kreirana je buduća mapa toka vrednosti (VSM) prikazana na slici 6.42. Moguće je uočiti prethodno opisana kaizen unapređenja, kao i primenu 5S kako bi se smanjila vremena čekanja i traženja. Između pojedinih operacija obezbedio se kontinualan tok i FIFO princip (prvi koji uđe u process, nakon obrade izlazi i nastavlja ka sledećem procesu). Magacin putem Kanban kartica koje se kače na predviđeno mesto, obaveštava nabavku da je potrebno poručiti određene količine proizvoda. Operacija sečenja povlači sa supermarketa magacina neophodne količine koje nakon procesuiranja odlaže na sledeći supermarket. Operacije bušenja i obrade lima povlače sa datih supermarketa materijale, na osnovu kojih se proizvodnim kanbanom obaveštava prethodni process da je potrebno izraditi novu količinu. Proces sklapanja je davalac tempa koji putem kanbana za povlačenje preuzima određenu količinu poluproizvoda. Dato povlačenje kreira signalni kanban koji se šalje prethodnoj operaciji za potrebe nove količine. Ostale operacije sve do procesa montaže odvijaju se putem FIFO principa. Nakon montaže proizvodi se odlažu u privremen supermarket gde čekaju transport, koji se odvija svaki drugi dan. Moguće je primetiti da se nakon pomenutih unapređenja protočno vreme znatno smanjilo, sa 32.01 dana na svega 12 dana. Ovo je postignuto upravo kreiranjem određenih supermarketa kao i planiranjem procesa nabavke. Vreme koje dodaje vrednost je takođe smanjeno sa 667 na 634 minuta. Dato unapređenje je realizovano uz primenu 5S kao i određenim idejama i kaizen događajima koji su unapredili procese i skratili vreme.

Dalja unapređenja treba primeniti na skraćanju zaliha sirovog materijala, na način da se obezbedi konstantna isporuka materijala od strane dobavljača. Takođe, potrebna je dodatna obuka za rad na pojedinim mašinama kako bi se gubitak bezpotrebnog kretanja eliminisao, a samim tim i vreme procesuiranja skratilo.





## 7 Diskusija rezultata i zaključna zapažanja

Kao što je predstavljeno na početku rada, cilj ove disertacije je kreiranje modela koji je fokusiran na umanjeње pojava gubitaka, neuravnoteženosti i preopterećenja (muda, mura i muri) koristeći Lean sistem kao polaznu osnovu u načinu razmišljanja. Disertacija prikazuje primenu modela u kompaniji Global Co. koja se bavi proizvodnjom transportnih bokseva za automobilsku industriju. Hipoteze disertacije su dokazane ne sledeći način:

Hipoteza 1: "Moguće je definisati uzročno-posledične veze između pojava gubitaka (muda), neuravnoteženosti (mura) i preopterećenja (muri) koje se javljaju u proizvodnim procesima" potvrđena je prilikom detaljnog snimanja stanja, dekomponovanjem procesa na operacije, aktivnosti i zahvate, čime je omogućen jasan uvid u aktivnosti koje dodaju, odnosno ne dodaju vrednosti. Pojave 3M i njihove uzročno posledične veze su predstavljene u tabelama (6.21 i 6.22). Sumirajući njihove odnose može se zaključiti da pojave muda, odnosno čekanje i kretanje u najvećoj meri utiču na stvaranje ostalih pojava 3M analiziranog procesa. Kretanje za posledicu ima stvaranje 197, a čekanje 76 novih pojava 3M.

Hipoteza 2: "Moguće je razviti model za unapređenje proizvodnog procesa zasnovan na identifikaciji i smanjenju uticaja pojava muda, mura, muri – Lean 3M model". Nakon definisanja pojava koje imaju najveći uticaj na proces, predložena su unapređenja sistema koja su prvo simulirana u softveru Arena i nakon pozitivno dobijenih rezultata, omogućila implementaciju u realnim uslovima. Primenom odgovarajućih alata modela, proces bušenja u proizvodnom pogonu kompanije je znatno unapređen, a pojave 3M smanjene. Vremena ciklusa operacija na procesu bušenja smanjena su i do 20%. Kretanja operatera smanjena su sa pređenih 4720 metara na 2450 metara, umanjeње od 48%. Pojave 3M tokom snimanja početnog stanja iznosile su: NVA= 1112 minuta, NNVA 680 minuta. Nakon primene modela efekti pojava su znatno smanjeni, NVA 53 minuta, NNVA 512 minuta. Produktivnost procesa je takođe unapređena, sa rezultatima obrađenih proizvoda P1=190, P2=81, P3=155, model je doprineo rezultatima: P1=230, P2=88 i P3=200. Broj operatera je smanjen sa 6 na 4.

Hipoteza 3: "Primenom Lean 3M modela u realnom okruženju moguće je projektovati procese povišenog stepena efektivnosti i efikasnosti". Kako bi se potvrdila i treća hipoteza disertacije, izmeren je stepen efikasnosti i efektivnosti procesa pre i nakon primene modela Lean 3M. Efikasnost procesa obrade proizvoda P1, P2 i P3 porasla je za 133, 44 i 27%, a efektivnosti datih procesa porasla je za 22%, 9% i 28%. Pojedina ograničenja su postojala prilikom primene modela kao što je raspoloživa radna snaga, kapacitet sistema i raspoloživo vreme trajanja pojedinih operacija.

Detaljnim pregledom literature uočen je veoma veliki broj radova koji definišu Lean metodologiju, načine i korake Lean implementacije. Predstavljani koraci se svode na opšte prihvaćen stav Lean sistema i strategiju menjanja poslovne kulture i klime organizacije. Modeli nisu uspeali na jasan i sistematičan način da objasne i daju odgovore na pitanja: Kako se uočavaju pojave 3M u sistemu, kako se mere i prate, koji su koraci

njihove eliminacije i kako se dalje nastavlja borba sa ciljem postizanja savršenstva u sistemu?

Postoji mnogo primera neuspeha Lean implementacije. Jedan od najčešće prihvaćenih stavova leži upravo u nerazumevanju samog koncepta Lean sistema, njegove uloge, ciljeva i principa. Pogrešna metodologija, pogrešni koraci, pogrešan Lean sensei ili nedovoljna spremnost kompanije za promene. Lean zahteva promenu načina razmišljanja i postupanja u procesima za koje mnoge kompanije nisu spremne. Takođe, izbor odgovarajućeg Lean tima predstavlja jedan od bitnih preduslova implementacije. Odakle početi Lean inicijativu, sa kojim resursima, koje alate primeniti, kako identifikovati pojave, efekte 3M, uzroke njihovog nastajanja?

Kreiran Lean 3M model doprinosi upravo ovom delu i daje odgovore na postavljena pitanja. Model polazi od faze planiranja u kojoj se predstavljaju koraci koje je potrebno primeniti kako bi se postigla eliminacija pojava 3M i unapređenje sistema u celini. U fazi planiranja se vrši obuka zaposlenih, kreira Lean tim i prenosi svo neophodno znanje da bi se u kasnijem radu lakše uočavale i razlikovale pojave koje dodaju od onih koje ne dodaju vrednost proizvodu. Ukoliko su postignuti uslovi iz prve faze planiranja kreće se u realizaciju daljih koraka modela. Realizacija plana putem gembe je sledeći korak modela koji daje jasnu sliku procesa i stanja u kom se odvijaju tokovi materijala i tokovi informacija. Prilikom gembe stvaraju se podloge za kreiranje mape toka vrednosti. Uočavaju se procesna vremena, prate se tokovi odakle dolaze informacije, nalozi i uputstva o daljem radu. Snima se proizvodni sistem, sredstva rada, predmeti rada, uočavaju se aktivnosti koje ne dodaju vrednosti, odnosno pojave 3M. Koristi se stečeno znanje koje dovodi do kreiranja predloga unapređenja od strane zaposlenih.

Kada se ispune dati uslovi iz modela moguće je izvršiti dekomponovanje procesa na aktivnosti koje dodaju ili ne dodaju vrednosti (VA, NVA, NNVA). Detaljno dekomponovanje sistema doprinosi lakšem razumevanju procesa. Kada su uočene pojave, predstoji njihovo selektiranje prema tipu pojave kom pripadaju. Rezultati date analize ukazuju na tip pojave koji ima najveći uticaj na procese i koji doprinosi stvaranju najvećih gubitaka. Korišćenjem dijagrama uzrok-posledica daje se jasna slika o korenima uzroka određenih pojava koje imaju najveći efekat na sistem.

Primena Lean alata i tehnika utiče na eliminaciju uzroka nastajanja gubitaka, a samim tim i na unapređenje procesa i povećanje produktivnosti. Neophodno je beležiti podatke o procesima pre i nakon primene modela kako bi se uvideli efekti njegove primene i nastavili dalji koraci implementacije.

Poslednji deo modela ukazuje na konstantnu težnju ka poboljšanju procesa i postizanju savršenstva. Prilikom primene modela u kompaniji Global Co. dalja unapređenja podrazumevala su: projektovanje nove prostorne strukture (layout); uravnoteženje vremena pojedinih procesa sklapanja, zavarivanja, brušenja, plastifikacija, farbanja i montaže; kreiranje buduće mape toka vrednosti. Data unapređenja obuhvataju novi raspored mašina i opreme, nove tokove informacija, vizuelne oznake, implementaciju 5S, kreiranje standardnih procedura, fokus na održavanju mašina i ostale kaizen aktivnosti koje imaju za cilj eliminaciju pojava 3M.

Predstavljeni rezultati ukazuju da model Lean 3M utiče na povećanje stepena efikasnosti, efektivnosti i produktivnosti procesa i da ga je moguće primeniti u bilo kom proizvodnom sistemu. Primena modela je neophodna u sistemima zemalja u tranziciji kao što je i Srbija, kojoj predstoji dugoročna borba na svetskom tržištu radi opstanka i postizanja konkurentске prednosti. Da bi se postigli ovakvi ciljevi i obezbedilo širenje modela Lean 3M u praksi, povezanost akademske zajednice sa privatnim sektorom je od velikog značaja. Dalja istraživanja u okviru predstavljenog modela trebaju biti usmerena ka primeni modela u uslužnom sektoru. Pored toga, model je imao za fokus analizu vremena prilikom posmatranja procesa. Vreme je predstavljalo odlučujući faktor tokom analize uticaja pojava na sam sistem. U budućem radu potrebno je pažnju usmeriti ka troškovima koje određene pojave 3M stvaraju. Ovakva analiza bi bila moguća pri dugoročnom snimanju procesa, kako bi se mogla uporediti stanja troškova pre i nakon primene modela. Predstavljeni model ne uključuje faze dugoročnog planiranja, već je direktno usmeren na procese identifikacije i eliminacije pojava 3M u sistemu. Stoga je potrebno pratiti pojedine korake Lean implementacije koje disertacija naglašava u kombinaciji sa modelom Lean 3M ukoliko se žele postići željeni ciljevi i pozitivni efekti Lean sistema.

## 8 Literatura

1. Alp, N. (2001). The Lean transformational model for the education system. Conference Proceedings: *International Conference of Computers and Industrial Engineering ICC&IE*. Montreal.
2. Anand, G., & Kodali, R. (2010). Analysis of Lean Manufacturing Frameworks. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 09(01), 1–30. <https://doi.org/10.1142/S0219686710001776>
3. Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679–695. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
4. Azizi, A., & Manoharan, T. a/p. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>
5. Badurdeen, F., Marksberry, P., Hall, A., & Gregory, B. (2010). Teaching Lean Manufacturing with Simulations and Games: A Survey and Future Directions. *Simulation & Gaming*, 41(4), 465–486. <https://doi.org/10.1177/1046878109334331>
6. Baskaran, M. S. (2018). Ranking of lean tools using weighted scoring method. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(1), 1107–1112. <https://doi.org/10.24247/ijmperdfeb2018131>
7. Beker, I., Šević, D., Milisavljević, S., Radlovački, V., Delić, M., Brkljač, N. (2016). Is Economy of Vojvodina ready for joining EU? Proceedings of the 8th International Scientific and Expert Conference - TEAM 2016, pp. 355-360, Trnava, Slovakia.
8. Beker, I., Morača, S., Lazarević, M., Šević, D., Tešić, Z., Rikalović, A., & Radlovački, V. (2017). *Lean sistem*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu.
9. Ben Ruben, R., Vinodh, S., & Asokan, P. (2018). State of art perspectives of lean and sustainable manufacturing. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1–23. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2016-0070>
10. Berlec, T., Kleindienst, M., Rabitsch, C., & Ramsauer, C. (2017). Methodology to facilitate successful lean implementation. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 63(7–8), 457–465. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2017.4302>
11. Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. In *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 34, 7, 876-940, <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
12. Bititci, U., Ackermann, F., Ates, A., Davies, J., Gibb, S., MacBryde, J., Mackay, D., Maguire, C., Meer, R., Shafti, F., Bourne, M. (2010). Managerial processes: an operations management perspective towards dynamic capabilities. *Production Planning & Control*, Vol. 22, No. 2, 157-173.
13. Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18–19), 3929–3952. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
14. Braglia, M., Frosolini, M., Gallo, M. (2016). Enhancing SMED: Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. *Production planning and control*, Vol. 27, Issue 4, 328–342.

15. Bryman, A., & Bell, E. (2015). *Business research methods*. Oxford, UK: Oxford University Press.
16. Burgess, N., & Radnor, Z. (2013). Evaluating Lean in healthcare. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 26(3), 220–235. <https://doi.org/10.1108/09526861311311418>
17. Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that work: Powerful tools dramatically reducing waste and maximizing profit*. New York: American Management Association.
18. Chandra, W.W., Noya, S. (2014). Waste analysis in self-service process. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 2 No. 3, 168 – 17.
19. Comm, C.L., Mathaisel, D.F.X. (2005). An exploratory analysis in applying lean manufacturing to a labor-intensive industry in China. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Vol. 17 No. 4, 63-80.
20. Danese, P., Manfè, V., & Romano, P. (2018). A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions. *International Journal of Management Reviews*, 20(2), 579–605. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12156>
21. Daultani, Y., Chaudhuri, A., & Kumar, S. (2015). A Decade of Lean in Healthcare: Current State and Future Directions. *Global Business Review*, 16(6), 1082–1099. <https://doi.org/10.1177/0972150915604520>
22. Davenport, T.H. (2005). The coming commoditization of processes. *Harvard Business Review*, 83 (6), 100-108.
23. de Oliveira, R. I., Sousa, S. O., & de Campos, F. C. (2019). Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007–2018. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1–4), 979–988. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
24. de Souza, V. B. R., & Carpinetti, C. R. L. (2014). A FMEA-based approach to prioritize waste reduction in lean implementation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(4), 346–366. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0058>
25. Deming, E. (1993). *The New Economics*. Cambridge, MA: MIT press.
26. Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study.
27. Drucker, P. F. (1971). What we can learn from Japanese management. *Harvard Business Review*, 49(2), 110–122.
28. Duggan, K. J. (2013). *Creating Mixed Model Value Streams: Practical Lean Techniques for Building to Demand*. Taylor & Francis, Boca Raton.
29. Fawcett, S. E.; Pearson, J. N (2015). Requirements and Benefits of Implementing Just-In-Time Manufacturing for Small-Firm Manufacturers. *Journal of Small Business Strategy*, Vol. 1, Issue. 2, p. 10-26.
30. Ford, H. (1988). *Today and Tomorrow*. Oregon: Productivity Press
31. Freire, J., Alarcoín, L. (2002). Achieving a lean design process. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 128: 248–256.
32. Furey T.R. (1993). A six-step guide to process reengineering. *Strategy & Leadership*, Vol. 21, No. 2. 20-23

33. Gabriel, E. (1997). The lean approach to project management. *International Journal of Project Management*, 15(4), 205–209. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00066-X)
34. Gómez P., F. J., & Filho, M. G. (2017). Complementing lean with quick response manufacturing: case studies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5–8), 1897–1910. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9513-4>
35. Grönroos, C., & Ojasalo, K. (2004). Service Productivity: Towards a Conceptualization of the Transformation of Inputs into Economic Results in Services. *Journal of Business Research*, 57, 414–423.
36. Guerindon, P.C. (1997). *Continuous flow manufacturing- quality in design and process*. New York: Marcel Dekker, Inc.
37. Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
38. Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York.: Harper Collins.
39. Harmon, P. (2010). *Scope and evolution of business process management*. Handbook on Business Process Management, International Handbooks Information System, Part I, Vol. 1, Springer, Warren, MI, 37-81.
40. Harrison D. B., Pratt M. D. (1993). Methodology for reengineering businesses. *Strategy & Leadership*, Vol. 21, No. 2. 6-11.
41. Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1984). *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*. New York: Wiley
42. Hayes, R., and Steven C. W. (1979). Link Manufacturing Process and Product Life Cycles. *Harvard Business Review*, 133–140.
43. Hines, P., Found, P., Griffiths, G., Harrison, R. (2011). *Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving*. 2<sup>nd</sup> edn. Productivity Press, New York, NY.
44. Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve. In *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 24, Issue 10, 994-101, <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
45. Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D., Taylor, D., Butterworth, C. and Sullivan, J. (1998). Value stream management. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 9 No. 1, p. 25-42.
46. Hines, P., Taylor, D., & Walsh, A. (2018). The Lean journey: have we got it wrong? *Total Quality Management and Business Excellence*, 14 (1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1429258>
47. Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the visual workplace*, New York, CRC Press.
48. Hirano, H. (2009). *JIT implementation manual: the complete guide to just-in-time manufacturing*. Boca Raton, FL: CRC Press.
49. Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning and Control*, 22(3), 237–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
50. Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/J.JOM.2006.04.001>

51. Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
52. Jaaron, A., & Backhouse, C. J. (2011). A methodology for the implementation of lean thinking in manufacturing support services. *International Journal of Services and Operations Management*, 9(4), 389. <https://doi.org/10.1504/ijksom.2011.041239>
53. Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., & Mateo, R. (2014). Learning 5S principles from Japanese best practitioners: Case studies of five manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 52(15), 4574–4586. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>
54. Jastia, N. V., & Kodali, R. (2015). Lean production: Literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867–885. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>
55. Kannan, G., Selladurai, D.V., Karthi, S. (2013). Swaging process for productivity improvement in the manufacture of spindles. *Journal of scientific and industrial research*, 72, 681–684.
56. Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169–196. <https://doi.org/10.1108/14637151311294912>
57. Khanh, H. D., Kim, S. Y. (2014). Identifying causes for waste factors in high-rise building projects: A survey in Vietnam. *Journal of Civil Engineering*, KSCE, Vol. 18, No. 4, 865-874.
58. Kitano, M. (1997). Toyota Production System 'One-by-One Confirmation', *Lean Manufacturing Conference*, keynote address, May-14-16, University of Kentucky.
59. Ko, C.-H., & Chung, N.-F. (2014). Lean Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(6), 401-411. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000824](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000824)
60. Korytkowski, P., Grimaud, F., Dolgiu, A. (2014). Exponential smoothing for multi-product lot-sizing with heijunka and varying demand. *Management and Production Engineering Review*, Vol. 5, Issue 2, 20–26.
61. Koskela L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction, Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, CA.
62. Koskela, L., Ballard, G., Tanhuanpa, V. (1997). Toward lean design management. In *Proceedings of 5th International Conference of the Group for Lean Construction (IGLC 5)*, Gold Coast, Australia.
63. Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, Vol. 30, 41-52. <https://doi.org/10.1108/01443570911005992>
64. Lander, E. and Liker, J.K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 16, 3681-3698.
65. Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, Dj., Debevec, M. (2019). A systematic literature review of Poka-Yoke and novel approach to theoretical aspects. *Strojniski vestnik - Journal of Mechanical Engineering (in press)*.

66. Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York, McGraw-Hill.
67. Macomber, H., & Howell, G. (2004). Two grate wastes in organization- A Typology for Addressing the Concern for the Underutilization of Human Potential. In *International Group for Lean Construction-IGLC 12*, Copenhagen.
68. Manfredsson, P. (2016). Textile management enabled by lean thinking: a case study of textile SMEs. *Production Planning & Control*, Vol. 27 Issue 7/8, 541-549.
69. Mirdad, W. K., & Eseonu, C. I. (2015). A Conceptual Map of the Lean Nomenclature: Comparing Expert Classification to the Lean Literature. *EMJ - Engineering Management Journal*, 27(4), 188–202. <https://doi.org/10.1080/10429247.2015.1082068>
70. Modarress, B., Ansari, A., Lockwood, D. L. (2005). Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. *International Journal of Production Research*, 43(9), 1751–1760.
71. Mohammed, A. (2016). Adjust Jidoka Occupational Fatigue Factors to Reduce Idle Times and Defects Using Data Mining (case study). *The Egyptian International Journal of Engineering Sciences & Technology*, Vol. 19, Issue 2, 312-318.
72. Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production and Manufacturing Research*, 1(1), 44–64. <https://doi.org/10.1080/21693277.2013.862159>
73. Moyano-Fuentes, J., & Sacristán-Díaz, M. (2012). Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(5), 551–582. <https://doi.org/10.1108/01443571211226498>
74. Narayanamurthy, G., Gurumurthy, A., & Moser, R. (2018). “8A” framework for value stream selection – an empirical case study. *Journal of Organizational Change Management*, JOCM-06-2017-0234. <https://doi.org/10.1108/JOCM-06-2017-0234>
75. Negrão, L. L. L., Godinho Filho, M., & Marodin, G. (2017). Lean practices and their effect on performance: a literature review. *Production Planning and Control*, 28(1), 33–56. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1231853>
76. Niepce, W., Molleman, E. (1996). A case study, characteristics of work organization in lean production and socio-technical systems. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16 No. 2, 77-90.
77. Oey, E., Nofrimurti, M. (2018). Lean implementation in traditional distributor warehouse – a case study in an FMCG company in Indonesia. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, vol. 8, no. 1, 1-15.
78. Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
79. Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning and Control*, 26(7), 564–587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>
80. Parry, G.C., Turner, C.E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, Vol. 17 No. 1, 77-86.
81. Pienkowski, M. (2014). Waste measurement techniques for Lean companies. *International Journal for Lean Thinking*, vol. 5, no. 1, 9-24.



82. Pool, A., Wijngaard, J. and Zee, D.J. (2011). Lean planning in the semi-process industry: a case study. *International Journal of Production Economics*, Vol. 1 No. 1, 1-10.
83. Prickett, P. (1994), "Cell-based manufacturing systems: design and implementation", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 2, 4-17.
84. Radnor, Z., Walley, P., Stephens, A. and Bucci, G. (2006). *Evaluation of the Lean Approach to Business Management and its use in the Public Sector*, Scottish Executive Social Research.
85. Rafael, D., Ali, A. (2012). An Analysis of Dual-Kanban Just-In-Time Systems in a Non-Repetitive Environment. *Production & Operations Management*. Vol. 19 Issue 2, 233-245.
86. Rafique, M. Z., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., & Arsad, N. (2019). A systematic review of lean implementation approaches: a proposed technology combined lean implementation framework. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3–4), 386–421. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308818>
87. Rahani, A. R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production flow analysis through Value Stream Mapping: A lean manufacturing process case study. *Procedia Engineering*, 41(Iris), 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
88. Rahman, A., & Karim, A. (2013). Application of lean production to reducing operational waste in a tile manufacturing process. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(2), 131–139. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.798948>
89. Reid, R.D., Sanders, N.R. (2005). *Operations Management: An Integrated Approach*, 2nd ed., NJ: John Wiley & Sons Inc.
90. Reusch, P.J.A., & Reusch, P. (2013). How to Develop Lean Project Management? The 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications 12-14 September 2013, Berlin, Germany.
91. Rhyder, R. F. (1997). *Manufacturing Process Design and Optimization*, New York: Marcel Dekker, Inc.
92. Richard M.J., Dewitte P.S. (1993). *Delivering Results: Evolving BPR art to engineering*. Department of Industrial Engineering Texas A&M University, College Station, Texas.
93. Rishi, J. P., Srinivas, T. R., Ramachandra, C. G., & Ashok, B. (2018). Implementing the Lean Framework in a Small & Medium & Enterprise (SME) – A case Study in Printing Press. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 376, 012126. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/376/1/012126>
94. Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. In *Lean Enterprise Institute Brookline*. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
95. Samuel, D., Found, P., & Williams, S. J. (2015). How did the publication of the book *The Machine That Changed The World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(10), 1386–1407. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2013-0555>

96. Sangwa, R., & Sangwan, K. S. (2018). Leanness assessment of organizational performance: a systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(5), 876–940. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2017-0196>
97. Satolo, E. G., Leite, C., Calado, R. D., Goes, G. A., & Salgado, D. D. (2018). Ranking lean tools for world class reach through grey relational analysis. *Grey Systems: Theory and Application*, 8(4), 399–423. <https://doi.org/10.1108/gS-06-2018-0031>
98. Schonberger, R. J. (1982). *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. New York: The Free Press.
99. Scroll, P., For, D. (2012). Gemba kaizen versus muda, mura, muri. *Distributed Generation & Alternative Energy Journal*, 27 (4), 5-7.
100. Seddon, J., O'Donovan, B., & Zokaei, K. (2011). *Rethinking Lean Service*. In *Service Science: Research and Innovations in the Service Economy*, 41-46. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8321-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8321-3_4)
101. Seyis, S., Ergen, E., and Pizzi, E. (2015). Identification of Waste Types and Their Root Causes in Green Building Project Delivery Process, *Journal of Construction Engineering. Managemen*, Vol. 142, Issue: 2, 04015059.
102. Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/J.JOM.2007.01.019>
103. Shenoy, V. (2016). Error Proofing: Effective Tool for Output Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Modern Education*, Vol. I, Issue I, 504 - 507.
104. Shingo, S (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint* (revised edd.). Productivity press, Cambridge, Co.
105. Shook, J. (2010). How to Change a Culture: Lessons From NUMMI. *MIT Sloan Management Review*, 51(2), 63–68.
106. Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2004). *Operations Management*, 4th ed., Financial Times/Prentice Hall, Essex.
107. Sremcevic, N., Lazarevic, M., Krainovic, B., Mandic, J., Medojevic, M. (2018). Improving teaching and learning process by applying Lean thinking. In: *Proceedings of 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (FAIM2018), June 11-14, Columbus, OH.
108. Sternberg, H., Stefansson, G., Westernberg, E., Boije af Gennäs, R., Allenström, E., & Linger Nauska, M. (2012). Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(1), 47–65. <https://doi.org/10.1108/17410401311285291>
109. Stojanovic, D., Tomasevic, I., Slovic, D., Gosnik, D., Suklan, J., & Kavcic, K. (2017). BPM in transition economies: joint empirical experience of Slovenia and Serbia. *Economic Research- Ekonomska Istrazivanja*, 30(1), 1237–1256. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2017.1355256>
110. Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112–132. <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
111. Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in- time and respect-for-human

- system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
112. The Standish Group. (2015). *The Chaos report*. The Standish Group International, Inc.
113. Thüerer, M., Tomašević, I., & Stevenson, M. (2017). On the meaning of ‘Waste’: review and definition. *Production Planning and Control*, 28(3), 244–255. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1264640>
114. Vamsi Krishna Jasti, N., & Kodali, R. (2014). A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(8), 1080–1122. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-04-2012-0169>
115. Villa, D. (2010). Automation, Lean, Six Sigma: synergies for improving laboratory efficiency. *Journal of Medical Biochemistry*, Vol. 29 No. 4, 339-348.
116. Villarreal, B. (2012). The transportation value stream map (TVSM). *European Journal of Industrial Engineering*, 6(2), 216–233. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2012.045606>
117. Vinodh, S., Arvind, K.R., Somanaathan, M. (2010). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 21 No. 7, 888-900.
118. Wang, X., Disney, S (2016). The bullwhip effect: Progress, trends and directions. *European Journal of Operational Research*, Vol. 250, issue 3, 691-701.
119. Womack, J. (2011). *Gemba Walks*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, Inc.
120. Womack, J., Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth for Your Corporation*, Simon and Schuster, New York, USA.
121. Womack, J., Jones, D., Roos, D., (1990). *The Machine that Changed the World*. Harper Collins Publishers, New York, USA.
122. Wong, Y.C., Wong, K.Y. and Ali, A. (2009). A study on lean manufacturing implementation in the Malaysian electrical and electronics industry. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 38 No. 4, 521-535.
123. Wu, Y.C. (2003). Lean manufacturing: a perspective of lean suppliers. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 23 No. 11, 1349-1376.
124. Yang, T., Lu, J.C. (2011). The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem, *International Journal of Production Research*, Vol. 49 No. 10, 2793-2817.
125. Zelenović, D. (2003). *Projektovanje proizvodnih sistema*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka
126. Zhang, L., Narkhede, B. E., & Chaple, A. P. (2017). Evaluating lean manufacturing barriers: An interpretive process. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1086–1114. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2017-0071>

## PRILOZI

### Tabele

Tabela 2.1 Poređenje NUMMI sa Toyotom i GM fabrikom .....	17
Tabela 2.2 Sumirana analiza karakteristika automobilskih kompanija .....	24
Tabela 2.3 Faze razvoja Lean-a, prilagođeno prema Holwegu, Shah i Ward .....	25
Tabela 2.4 Matrica proizvod-proces (Hayes & Steven, 1979) .....	32
Tabela 2.5 Familija proizvoda za izradu VSM.....	34
Tabela 4.1 Koraci transformacije ka Lean sistemu (Womack & Jones, 1996) .....	47
Tabela 4.2 Analiza vremena operatera na montaži.....	58
Tabela 4.3 Prikaz odnosa NVA i VA analizom vremena.....	58
Tabela 4.4 Procena uticaja W-FMEA metode analize gubitaka.....	62
Tabela 4.5 Alati koji doprinose Lean implementaciji .....	64
Tabela 5.1 Analiza vremena .....	73
Tabela 5.2 Matrica gubitaka .....	73
Tabela 5.3 Uzročno-posledične veze pojava 3M.....	74
Tabela 6.1 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sečenje lima .....	82
Tabela 6.2 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji probijanje lima.....	83
Tabela 6.3 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sečenje rešetke .....	83
Tabela 6.4 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji savijanje lima.....	84
Tabela 6.5 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji sklapanje stranica sad dnom boksa.....	85
Tabela 6.6 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji zavarivanje (operater 1).....	86
Tabela 6.7 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji odmaščivanje boksa.....	88
Tabela 6.8 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji plastifikacija boksa .....	89
Tabela 6.9 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji farbanje boksa.....	90
Tabela 6.10 Tok materijala po operacijama za P1, P2 i P3 .....	91
Tabela 6.11 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji obeležavanje rupe P1 .....	92
Tabela 6.12 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenje i obeležavanje rupe za P1 i P3.....	94
Tabela 6.13 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenje i obaranja ivica za proizvod P1 i P3..	100
Tabela 6.14 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji bušenje, obaranja i uvrtnja navoja za P1 i P2	102
Tabela 6.15 Vremena trajanja aktivnosti na operaciji obeležavanje i bušenje za P1 i P2.....	105
Tabela 6.16 Vremena trajanja aktivnosti operatera 6.....	106

Tabela 6.17 Vremena aktivnosti na procesu bušenja.....	108
Tabela 6.18 Sumirana vremena operatera na procesu bušenja (minuti) .....	108
Tabela 6.19 Vremena ciklusa (C/T) proizvodnje boksa 2039.....	115
Tabela 6.20 Definisanje pojava 3M u procesu bušenja (procentualni učinak) .....	123
Tabela 6.21 Međusobno uzročno-posledične veze pojava 3M (procentualni učinak) .....	129
Tabela 6.22 Sumirane uzročno-posledične veze pojava 3M.....	136
Tabela 6.23 Vremena trajanja operacija na bušenju proizvoda P1, P2 i P3 .....	140
Tabela 6.24 Uravnoteženje vremena procesa bušenja.....	141
Tabela 6.25 Parametri simulacije studije slučaja Global Co.....	143
Tabela 6.26 Rezultati simulacije trenutnog stanja sistema.....	144
Tabela 6.27 Rezultati simulacije nakon primene unapređenja.....	145
Tabela 6.28 Rezultati nakon primene modela Lean 3M u realnim uslovima.....	146
Tabela 6.29 Vreme ciklusa pre i posle primene modela Lean 3M .....	146
Tabela 6.30 Pojave 3M pre i posle primene modela.....	147
Tabela 6.31 Ukupne količine operacija bušenja pre i posle primene modela .....	147
Tabela 6.32 Odnos efikasnosti i efektivnosti pre i posle primene modela Lean 3M .....	148
Tabela 6.33 Vremena operacija za obradu podsklopova boksa 2039 .....	149
Tabela 6.34 Uravnoteženje vremena podsklopova prema radnim mestima.....	150

### **Slike**

Slika 2.1 Razboj za tkanje, patentiran 1891. godine .....	11
Slika 2.2 Mašina za namotavanje tkanine (levo) i razboj sa pogonom na paru .....	12
Slika 2.3 Kompanija NUMMI, Frimont- Kalifornija .....	15
Slika 2.4 Poređenje Japanske i Američke proizvodnje automobila u periodu 40 godina .	16
Slika 2.5 Kuća Toyota proizvodnog sistema prema Likeru (2004).....	18
Slika 2.6 Koraci kreiranja VSM .....	34
Slika 2.7 Simboli VSM.....	35
Slika 2.8 Mapa toka stvaranja vrednosti.....	36
Slika 2.9 5S krug kontinualnog unapređenja kompanije Global Co. ....	38
Slika 3.1 Pojave 3M prema Likeru (2004) .....	40
Slika 3.2 Prikaz upotrebe termina gubitak kreiran pregledom literature (Thurer et al., 2017)...	40
Slika 3.3 Dimenzije gubitaka (Thurer et al., 2017) .....	42

Slika 3.4 Grafički prikaz mura, muda, muri (Scroll & For, 2012) .....	43
Slika 3.5 Lean okvir eliminacije 3M .....	44
Slika 3.6 Međusobne veze pojava 3M.....	45
Slika 4.1 Faze Lean implementacije prema Bhamu & Sangwan .....	49
Slika 4.2 Model Lean implementacije prema autorima Berlec i drugi.....	51
Slika 4.3 Okvir Lean implementacije prema Mostafa i drugi .....	55
Slika 4.4 Tok vrednosti metodologije Lean implementacije (Karim & Zaman).....	56
Slika 4.5 Kreiranje toka metodologije Lean implementacije .....	57
Slika 4.6 Proces montaže delova za upraljački sklop.....	58
Slika 4.7 Merenje efektivnosti i efikasnosti sistema .....	59
Slika 4.8 Krug eliminacije gubitaka (Rahman & Karim).....	60
Slika 4.9 W-FMEA metoda analize gubitaka.....	61
Slika 4.10 Lean nedostaci i kritike .....	63
Slika 4.11 Lean implementacioni model .....	65
Slika 4.12 Krug Lean implementacije i procene uspešnosti.....	66
Slika 4.13 Ček lista za pronalaženje gubitaka .....	67
Slika 5.1 Dekomponovanje procesa .....	73
Slika 5.2 Model Lean 3M za unapređenje proizvodnog procesa .....	76
Slika 6.1 Transportni boks za auto delove.....	77
Slika 6.2 Lego kocke prilikom vežbe 5S.....	78
Slika 6.3 Radno mesto bušenja.....	79
Slika 6.4 Radno mesto bušenje - faza 1S sortiranje .....	79
Slika 6.5 Faza 1S - sortirani delovi radnog mesta bušenja.....	80
Slika 6.6 Lean tabla u pogonu fabrike Global Co. ....	80
Slika 6.7 Proizvod predstavnik kompanije Global Co. boks 2039.....	81
Slika 6.8 Snimak stanja na operaciji sečenja lima.....	82
Slika 6.9 Snimak stanja na operaciji probijanja lima .....	83
Slika 6.10 Snimak stanja na operaciji sečenja rešetke.....	84
Slika 6.11 Snimak stanja na operaciji savijanje lima .....	85
Slika 6.12 Snimak stanja na operaciji sklapanja.....	86
Slika 6.13 Snimak stanja na operaciji zavarivanje (operator 1) .....	87
Slika 6.14 Snimak stanja na operaciji zavarivanje (operator 2) .....	87

Slika 6.15 Snimak stanja na operaciji odmašćivanje boksa .....	88
Slika 6.16 Snimak stanja na operaciji plastifikacij boksa .....	90
Slika 6.17 Snimak stanja na operaciji farbanje boksa .....	91
Slika 6.18 Pozicije za boks .....	91
Slika 6.19 Snimak stanja na operaciji obeležavanje rupe za P1 .....	94
Slika 6.20 Snimak stanja operatera na bušenju i obeležavanju rupe za P1 i P3 .....	99
Slika 6.21 Snimak stanja operatera 3 na bušenju .....	101
Slika 6.22 Snimak stanja operatera na uvrtanju navoja za P2 .....	104
Slika 6.23 Snimak stanja operatera 5 na bušenju za P2.....	106
Slika 6.24 Proizvod P1 P2 i P3.....	108
Slika 6.25 Problemi na crtežima kupca .....	110
Slika 6.26 Radni sto magacionera .....	111
Slika 6.27 Trebovanje koje kontroliše magacioner .....	111
Slika 6.28 Pozicija 11 deo iz uvoza.....	112
Slika 6.29 Evidencija izdavanja crteža .....	114
Slika 6.30 Nalog sektoru limarije .....	114
Slika 6.31 Mapa toka stvaranja vrednosti – trenutno stanje .....	117
Slika 6.32 Analiza kretanja materijala u sistemu .....	119
Slika 6.33 Alat probijačice - sektor limarije pre i posle unapređenja.....	120
Slika 6.34 Tabla 5S na sektoru bušenja.....	121
Slika 6.35 Predlog organizacije alata na bušenju .....	121
Slika 6.36 Dijagram uzrok-posledica pojava 3M .....	139
Slika 6.37 Uravnoteženje vremena procesa bušenja proizvoda P1, P2 i P3.....	142
Slika 6.38 Podešavanja softverkog okruženja za simulaciju.....	142
Slika 6.39 Proces simulacije obrade proizvoda na operaciji bušenja .....	144
Slika 6.40 Simulacija u softverskom okruženju sa unapređenjem .....	145
Slika 6.41 Predlog unapređenja prostorne strukture sistema Global Co. ....	156
Slika 6.42 Mapa budućeg toka vrednosti (FVSM) .....	160

### **Grafikoni**

Grafik 2.1 Pregled autora prema mestu objavljivanja radova na temu Lean .....	21
Grafik 2.2 Publikacije u oblasti Lean .....	22

Grafik 6.1 Vreme trajanja operacija na bušenju proizvoda P1, P2 i P3 .....	140
Grafik 6.2 Uravnoteženje vremena procesa bušenja za proizvode P1, P2 i P3 .....	141
Grafik 6.3 Uravnoteženje vremena podsklopova predstavljeno grafički .....	152
Grafik 6.4 Tok pozicija u procesu proizvodnje boksa 2039 .....	154