

# Primjena Lean metodologije u optimizaciji proizvodnog procesa

---

Markušić, Mihaela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:476492>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

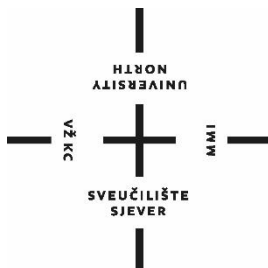


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD

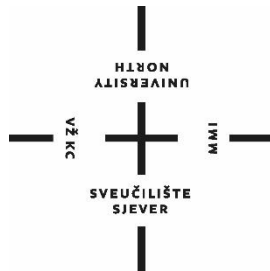
**PRIMJENA LEAN METODOLOGIJE U  
OPTIMIZACIJI PROIZVODNOG PROCESA**

Mihaela Markušić

Varaždin, travanj 2024

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**

**Studij poslovne ekonomije**



DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA LEAN METODOLOGIJE U  
OPTIMIZACIJI PROIZVODNOG PROCESA**

Studentica:  
Mihaela Markušić

Mentor:  
prof.dr.sc. Krešimir Buntak

Varaždin, travanj 2024

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem poštovanom profesoru dr.sc Krešimiru Buntaku na savjetima, poticajima, ohrabrenju, te mentorstvu.

Hvala svima koji su vjerovali u mene.

## SAŽETAK

Ovaj rad pruža detaljan pregled načina na koji se Lean filozofija može primijeniti u kontekstu proizvodnje električnih bicikala kako bi se poboljšala učinkovitost i smanjili gubici. Prvi segment rada posvećen je detaljnom istraživanju i predstavljanju osnovnih koncepta i načela Lean filozofije. Poštovanje prema ljudima je središnja točka Lean filozofije koja se istražuje, ističući važnost prepoznavanja i vrednovanja doprinosa svakog pojedinog zaposlenika u procesu. Ovo se dalje produbljuje kroz diskusiju o standardizaciji rada, koja se ističe kao ključni element u osiguravanju dosljednosti i kvalitete u proizvodnom procesu. Razmatra se i koncept Kaizen filozofije, jedne od glavnih komponenti Lean pristupa. Kaizen, što na japanskom znači kontinuirano poboljšanje, predstavlja temelj za postizanje postupnog, ali konstantnog unapređenja u proizvodnji. Sljedeći ključni koncept koji se razmatra je Value Stream Mapping (VSM), metoda vizualizacije cijelog proizvodnog procesa koja omogućuje bolje razumijevanje protoka materijala i informacija i identifikaciju područja za poboljšanje. Drugi segment rada detaljno istražuje ključne alate i tehnike Lean metodologije koje se mogu koristiti za optimizaciju proizvodnje. Ovo uključuje 5S metodu za organizaciju radnog mjesta, Poka-yoke tehniku koja je dizajnirana da spriječi pogreške prije nego što se dogode, Just-in-time pristup koji se fokusira na smanjenje vremena čekanja i smanjenje zaliha, te Kanban metodu, koja pomaže u boljoj kontroli protoka rada. Svaka od ovih metoda se detaljno opisuje, s primjerima kako se mogu primijeniti u kontekstu proizvodnje električnih bicikala. Središnji dio rada bavi se detaljnom primjenom ovih metoda i tehnika na proizvodnju električnih bicikala. Kroz detaljnu analizu postojećih procesa i gubitaka, rad pruža konkretne prijedloge za optimizaciju proizvodnog procesa, poboljšanje kontrole kvalitete, bolje planiranje proizvodnje, i poticanje kontinuiranog poboljšanja (Kaizen). Studija slučaja pruža usporedbu između konvencionalne i Lean proizvodnje električnih bicikala, uključujući detaljnu kvantifikaciju gubitaka i njihovo rangiranje prema veličini utjecaja na ukupnu učinkovitost. Kroz konkretnu primjenu Lean filozofije i njenih alata i tehnika, rad pokazuje kako se može postići značajno poboljšanje učinkovitosti proizvodnog procesa, smanjenje gubitaka i povećanje konkurentske prednosti na tržištu električnih bicikala.

**Ključne riječi:** Lean filozofija, Proizvodnja električnih bicikala, Poštovanje prema ljudima, Standardizacija rada, Kaizen filozofija, Value Stream Mapping (VSM), 5S metoda, Poka-yoke tehnika, Just-in-time pristup, Kanban metoda, Optimizacija proizvodnje, Smanjenje gubitaka

## **SUMMARY**

This paperwork provides a detailed overview of how Lean philosophy can be applied in the context of electric bicycle manufacturing to improve efficiency and reduce waste. The first segment of the work is dedicated to detailed research and presentation of the basic concepts and principles of Lean philosophy. Respect for people is the central point of Lean philosophy that is being researched, emphasizing the importance of recognizing and valuing the contribution of each individual employee in the process. This is further deepened through a discussion of work standardization, which stands out as a key element in ensuring consistency and quality in the production process. The concept of Kaizen philosophy, one of the main components of the Lean approach, is also discussed. Kaizen, which means continuous improvement in Japanese, is the basis for achieving gradual but constant improvement in production. The next key concept that is considered is Value Stream Mapping, a method of visualizing the entire production process that enables a better understanding of the flow of materials and information and the identification areas for improvement. The second segment of the paper explores in detail the key tools and techniques of Lean methodology that can be used to optimize production. These include the 5S method for workplace organization, the Poka-yoke technique that is designed to prevent mistakes before they happen, the Just-in-time approach that focuses on reducing waiting times and reducing inventory, and the Kanban method, which helps to better work flow control. Each of these methods is described in detail, with examples of how they can be applied in the context of the production of electric bicycles. The central part of the paper deals with the detailed application of these methods and techniques to the production of electric bicycles. Through a detailed analysis of existing processes and losses, the paper provides specifically proposals for optimizing the production process, improving quality control, better production planning, and encouraging continuous improvement (Kaizen). The case study provides a comparison between conventional and Lean production of electric bicycles, including a detailed quantification of losses and their ranking according to the magnitude of the impact on overall efficiency. Through the specifically application of the Lean philosophy and its tools and techniques, the work shows how to achieve a significant improvement in the efficiency of the production process, reduce losses and increase the competitive advantage in the market of electric bicycles.

**Keywords:** Lean philosophy, Production of electric bicycles, Respect for people, Standardization of work, Kaizen philosophy, Value Stream Mapping, 5S method, Poka-yoke technique, Just-in-time approach, Kanban method, Production optimization, Loss reduction

LIBRARI  
ALISBRARIUM

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SIEVER

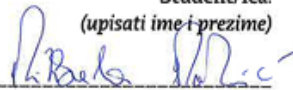
### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mihaela Markušić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog (diplomskog) specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Primjena Lean metodologije u optimizaciji proizvodnog procesa (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za ekonomiju

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Poslovna ekonomija

PRISTUPNIK Mihaela Markušić

MATIČNI BROJ 0278/336D

DATUM 25.04.2024.

KOLEGIJ Upravljanje kvalitetom

NASLOV RADA Primjena Lean metodologije u optimizaciji proizvodnog procesa

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Application of Lean methodology in the optimization of the production process

MENTOR dr. sc. Krešimir Buntak

ZVANJE Redovni profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Ante Rončević, predsjednik

2. doc.dr.sc. Ivana Martinčević, član

3. prof.dr.sc. Krešimir Buntak, mentor, član

4. doc.dr.sc. Mirko Smoljić, zamjenski član

5.

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 437/PE/2023

OPIS

Lean filozofija se temelji na ideji kontinuiranog smanjenja gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu, čime se postiže veća učinkovitost i profitabilnost. Različite metode i alati se koriste u Lean pristupu kako bi se analizirala i unaprijedila proizvodnja, te na taj način povećala konkurentska prednost. Zadatak rada je detaljni pregledu i analizi primjene Lean filozofije u poduzeću s primjerom primjene u tvornici proizvodnje električnih bicikala. U radu je potrebno:

- dati opći pregled značajki LEAN filozofije
- obraditi koncepte i načela Lean filozofije
- obraditi i analizirati alate i tehnike Lean metodologije
- primijeniti lean metodologiju na primjeru iz prakse (proizvodnja električnih bicikala)
- napraviti komparativnu analizu konvencionalne i Lean proizvodnje na odabranom primjeru iz prakse

ZADATAK URUČEN

04.05.2024.





## SADRŽAJ

SAŽETAK.....	
SUMMARY.....	
<b>1.UVOD.....</b>	<b>2</b>
1.1. Predmet rada.....	2
1.2. Svrha i ciljevi rada.....	3
1.3. Istraživačka pitanja.....	4
1.4. Metodologija rada.....	4
1.5. Struktura rada.....	5
<b>2. OPĆI PREGLED ZNAČAJKI LEAN FILOZOFIJE .....</b>	<b>7</b>
2.1.Koncepti i načela Lean filozofije.....	8
2.1.1. Poštovanje prema ljudima.....	9
2.1.2. Standardizacija rada.....	10
2.1.3. Osobitosti filozofije Kaizena.....	11
2.1.4. Osobitosti Value Stream Mapping (VSM) filozofije.....	13
2.2. Ključni alati i tehnike Lean metodologije.....	14
2.2.1. Značajke 5S metode.....	14
2.2.2. Poka-yoke tehnika.....	15
2.2.3. Just-in-time pristup.....	17
2.2.4. Kanban metoda.....	18
2.3. Prednosti i izazovi primjene Lean metodologije.....	20
<b>3.PREGLED PROIZVODNJE ELEKTRIČNIH BIKIKALA.....</b>	<b>21</b>
3.1.Karakteristike proizvodnje električnih bicikala.....	21
3.2.Izazovi i problemi u proizvodnji električnih bicikala.....	22
<b>4. PRIMJENA LEAN METODOLOGIJE U PROIZVODNJI ELEKTRIČNIH BIKIKALA.....</b>	<b>24</b>
4.1. Primjena Kanban sustava u proizvodnji električnih bicikala.....	27
4.2. Primjena Poka-yoke tehnika u proizvodnji električnih bicikala.....	30
4.3. Primjena VSM (Value Stream Mapping) u proizvodnji električnih bicikala.....	31
4.4. Kontinuirano poboljšanje (Kaizen) u kontekstu Lean procesa realizacije električnih bicikala.....	32
4.5. Primjena 5S načela za organizaciju i održavanje radnog mjesta.....	34
4.6. Analiza i rješavanje ključnih gubitaka primjenom Lean metodologije.....	36

<b>5. STUDIJA SLUČAJA: USPOREDBA KONVENCIONALNE I LEAN PROIZVODNJE ELEKTRIČNIH BICIKALA .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1. Uvodna razmatranja .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1. Analiza i snimka postojećeg stanja: Kaizen analiza - gubici, 7+1 vrste gubitaka, te kvantifikacija (u novcu) .....</b>	<b>41</b>
<b>5.2. Analiza i rješavanje dva ključna gubitka uz primjenu dijagrama uzročnika .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3. Prijedlog za rješavanje identificiranih gubitaka .....</b>	<b>50</b>
<b>6. OPTIMIZACIJA PROIZVODNOG PROCESA PRIMJENOM LEAN METODOLOGIJE.....</b>	<b>51</b>
<b>6.1. Upravljanje kvalitetom poboljšanjem kontrole kvalitete kroz cijeli proizvodni proces.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2. Razvijanje efikasnijeg planiranja proizvodnje koje bolje odražava stvarnu potražnju na tržištu.....</b>	<b>54</b>
<b>6.3. Kontinuirano poboljšanje (Kaizen) putem ohrabrivanja zaposlenika na aktivno sudjelovanje u procesu kontinuiranog poboljšanja.....</b>	<b>55</b>
<b>7. PARETO (ABC) ANALIZA PROIZVODNJE BICIKALA .....</b>	<b>56</b>
<b>7.1. Uvodne postavke.....</b>	<b>57</b>
<b>7.2. Identifikacija i kvantifikacija gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala .....</b>	<b>57</b>
<b>7.3. Rangiranje gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala .....</b>	<b>58</b>
<b>7.4. Kategorizacija gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala .....</b>	<b>59</b>
<b>7.5. Važnost fokusiranja gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala.....</b>	<b>60</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>60</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>62</b>

## 1. UVOD

U radu pod naslovom *Primjena LEAN metodologije u optimizaciji proizvodnog procesa* istražena je važnost Lean pristupa u upravljanju proizvodnjom te načine kako se njime postiže optimizacija proizvodnog procesa.

U početku rada, opisane su osnove Lean filozofije, koja se temelji na sustavnom smanjenju gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu. Lean pristup uključuje različite metode i alate koji se koriste za analizu i poboljšanje proizvodnje.

Lean filozofija se temelji na ideji kontinuiranog smanjenja gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu, čime se postiže veća učinkovitost i profitabilnost. Ističu se s tim u vezi različite metode i alati koji se koriste u Lean pristupu kako bi se analizirala i unaprijedila proizvodnja, te na taj način povećala konkurentna prednost.

U radu se detaljno objašnjavaju dva glavna stupa Lean filozofije. Prvi stup je neprekidno poboljšanje, poznato kao Kaizen. Kaizen se temelji na ideji da se proizvodnja može stalno poboljšavati kroz male, inkrementalne promjene, pri čemu se naglašava važnost uključivanja svih zaposlenika u proces neprekidnog poboljšanja, potičući timski rad i suradnju.

Drugi stup Lean filozofije je poštivanje ljudi (Respect for People). Poštivanje ljudi podrazumijeva stvaranje radnog okruženja u kojem se cijene mišljenja i ideje svih zaposlenika, bez obzira na njihovu poziciju ili funkciju u tvrtki. Poštivanje ljudi također uključuje pružanje potrebne obuke i podrške zaposlenicima kako bi se osiguralo njihovo uspješno sudjelovanje u procesu neprekidnog poboljšanja.

Za naglasiti je kako je usklađivanje oba stupa ključno za uspješnu primjenu Lean filozofije. Neprekidno poboljšanje i poštivanje ljudi zajedno čine temelj za održivo unapređenje proizvodnje, stvarajući kulturu kontinuiranog rasta i razvoja.

### 1.1. Predmet rada

Tema ovog rada posvećena je detaljnom pregledu i analizi primjene Lean filozofije u proizvodnji električnih bicikala. Proizvodnja električnih bicikala je kompleksan proces koji

uključuje različite faze, od dizajna do finalne proizvodnje, a svaka od tih faza predstavlja potencijal za gubitke i neefikasnosti.

U kontekstu ovog istraživanja, analizira se kako Lean filozofija i njeni alati mogu poboljšati učinkovitost proizvodnih procesa, smanjiti gubitke i unaprijediti kvalitetu proizvoda. Lean filozofija se fokusira na eliminaciju svih vrsta gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnji, što vodi većoj produktivnosti, boljoj kvaliteti i nižim troškovima.

Osnovna problematika ovog rada odnosi se na identifikaciju i rješavanje ključnih izazova i gubitaka u proizvodnji električnih bicikala. Analizira se koji su najčešći izazovi s kojima se proizvođači električnih bicikala suočavaju, kao što su prekomjerna proizvodnja, defekti, nepotrebne radnje ili zastoji, te kako se oni mogu riješiti kroz primjenu Lean alata.

Osim toga, naglašava se fokus na važnost kontinuiranog poboljšanja, odnosno Kaizen pristupa, kao temeljnog načela Lean filozofije. Istražuje se kako ohrabriti i uključiti zaposlenike u proces kontinuiranog poboljšanja i kako to poboljšanje može pridonijeti ukupnoj učinkovitosti i konkurentskoj prednosti proizvođača električnih bicikala.

U konačnici, ovaj rad predstavlja korak prema boljem razumijevanju mogućnosti i izazova koje Lean filozofija pruža u kontekstu proizvodnje električnih bicikala, te kako njegova primjena može pridonijeti učinkovitijoj i konkurentnijoj proizvodnji.

## **1.2. Svrha i ciljevi rada**

Svrha ovog rada je dubinski istražiti i analizirati primjenu Lean filozofije u proizvodnji električnih bicikala. Pokušava se objasniti kako se Lean alati i načela mogu koristiti za optimizaciju proizvodnih procesa, smanjenje gubitaka i povećanje ukupne učinkovitosti i konkurentske prednosti. Također, rad ima za cilj istaknuti važnost kontinuiranog poboljšanja i uloge zaposlenika u tom procesu.

Osnovni ciljevi ovog rada su sljedeći:

- Detaljno istražiti koncept Lean filozofije i njenih alata te njihovu primjenu u proizvodnji električnih bicikala.
- Identificirati ključne gubitke i izazove s kojima se proizvođači električnih bicikala suočavaju.

- Analizirati kako Lean alati mogu pridonijeti smanjenju gubitaka i poboljšanju učinkovitosti proizvodnje.
- Istražiti kako se načela kontinuiranog poboljšanja mogu primijeniti u kontekstu proizvodnje električnih bicikala, s posebnim naglaskom na ulogu i uključenost zaposlenika.
- Na primjeru studije slučaja, prikazati konkretne korake i rezultate primjene Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala.
- Proučiti utjecaj primjene Lean filozofije na konkurentske prednosti proizvođača električnih bicikala.

Uz to, rad ima za cilj stvoriti temelje za daljnja istraživanja u području primjene Lean filozofije u proizvodnji električnih bicikala i srodnim industrijama.

### **1.3. Istraživačka pitanja**

Istraživačka pitanja na koja ovaj rad želi odgovoriti su sljedeća:

- Koje su karakteristike i izazovi proizvodnje električnih bicikala?
- Kako se Lean filozofija i alati mogu primijeniti u proizvodnji električnih bicikala?
- Koji su ključni gubici u proizvodnji električnih bicikala i kako se oni mogu identificirati i minimizirati primjenom Lean alata?
- Kako kontinuirano poboljšanje (Kaizen) može biti implementirano u proizvodnji električnih bicikala?
- Kakav je utjecaj Lean metodologije na učinkovitost i kvalitetu proizvoda u proizvodnji električnih bicikala?

### **1.4. Metodologija rada**

U ovom radu koristi se mješovita metodologija istraživanja koja uključuje kvalitativne i kvantitativne pristupe kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi. Metodologija se odlikuje sljedećim ključnim aspektima:

- Pregled literature

Detaljno proučavanje dostupne literature, uključujući akademske članke, knjige, izvještaje i druge relevantne izvore, kako bi se istaknula relevantnost teme i kontekstualizirali nalazi istraživanja.

- Analiza dokumentacije

Proučavanje internih dokumenata proizvođača električnih bicikala, uključujući proizvodne planove, izvještaje o kvaliteti i druge relevantne materijale. Ova analiza omogućuje razumijevanje trenutnog stanja proizvodnih procesa i identifikaciju potencijalnih područja za primjenu Lean načela.

- Studija slučaja

Detaljna analiza tvrtke koja proizvodi električne bicikle kako bi se istaknule specifične primjene Lean metodologije i njihovi učinci na proizvodnju. Studija slučaja pruža praktične uvide i primjere kako Lean načela djeluju u stvarnom svijetu.

- Kvantitativna analiza

Korištenje Lean alata za mjerenje i analizu gubitaka, uključujući ABC (Pareto) analizu. Ova analiza omogućuje kvantificiranje gubitaka, njihovo rangiranje prema veličini i identificiranje ključnih područja za poboljšanje.

Metodologija istraživanja namjerno je osmišljena da pruži sveobuhvatan uvid u primjenu Lean filozofije u proizvodnji električnih bicikala, kombinirajući teorijske spoznaje s praktičnim primjerima i kvantitativnom analizom.

## **1.5. Struktura rada**

Nakon uvoda u Lean filozofiju, pružen je opis proizvoda koji se analizira, ističući tehničke i ekonomske aspekte koji su relevantni za istraživanje. U radu se zatim predstavlja opis i ustroj procesa realizacije proizvoda, naglašavajući važnost svake faze u proizvodnji. S obzirom na sve veću potražnju za održivim i ekološki prihvatljivim prijevoznim sredstvima, tržište električnih bicikala doživljava značajan rast. Kako bi se zadovoljile potrebe kupaca i osigurala konkurentna prednost, tvrtke koje proizvode električne bicikle moraju neprestano tražiti načine za poboljšanje učinkovitosti i kvalitete svojih proizvoda. Slijedom navedenog u radu je

analizirana proizvodnja električnih bicikala s naglaskom na LEAN filozofiju, koja se temelji na sustavnom smanjenju gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu.

Električni bicikl je prijevozno sredstvo koje koristi električni motor za pomoć pri pedaliranju. Sastoji se od nekoliko glavnih komponenti, uključujući okvir, kotače, kočnice, mjenjač, bateriju i električni motor. Tehnički aspekti proizvoda uključuju materijale i tehnologije korištene za izradu komponenti, kao što su lagani okviri od aluminija, visokoučinkoviti motori i litij-ionske baterije. Ekonomski aspekt uključuje troškove proizvodnje, distribucije i održavanja, kao i cijenu proizvoda za krajnjeg kupca.

U središnjem dijelu rada, rad se bavi analizom i snimkom postojećeg stanja u proizvodnji kroz Kaizen analizu. Kaizen analiza omogućuje identifikaciju gubitaka, kao što su 7+1 vrste gubitaka, te njihovu kvantifikaciju u novčanom iznosu. Ovaj korak omogućuje bolje razumijevanje problema i prioritizaciju područja koja zahtijevaju poboljšanje.

Nakon analize postojećeg stanja, provedena je Pareto (ABC) analizu, koja služi za identifikaciju ključnih gubitaka koji najviše utječu na ukupnu učinkovitost proizvodnje. Pareto analiza pomaže u određivanju prioriteta te usmjeravanju napora na rješavanje najvažnijih problema.

U završnom dijelu rada, fokus je na rješavanju najvažnijih gubitaka, provodeći analizu uz pomoć dijagrama uzročnika. Ovaj pristup omogućuje razumijevanje uzroka problema te pronalaženje odgovarajućih rješenja. Na temelju analize, predlažu se rješenja za smanjenje ili eliminaciju ključnih gubitaka, čime se postiže optimizacija proizvodnog procesa.

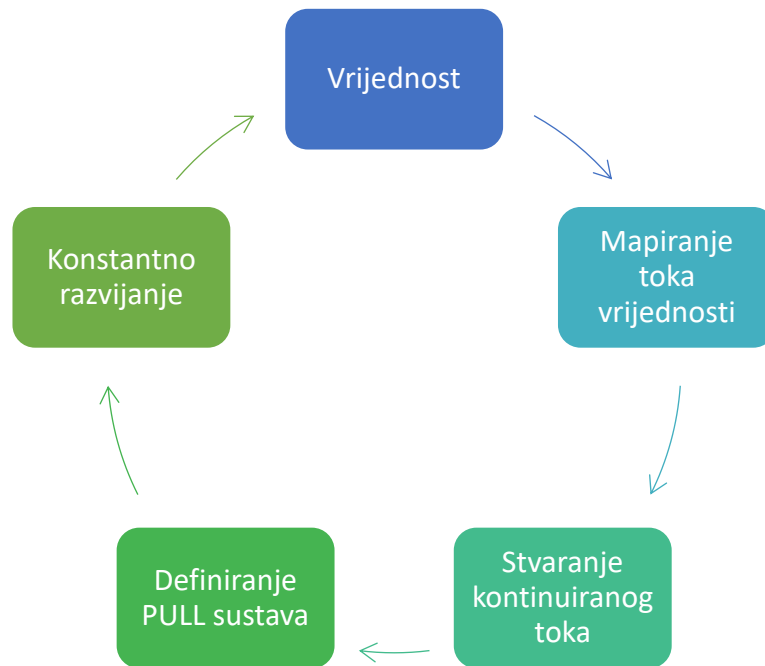
U zaključku, ističe se važnost primjene Lean metodologije u optimizaciji proizvodnje te potencijalne koristi koje ona donosi, kao što je postizanju veće učinkovitosti i profitabilnosti proizvodnje. Kroz sustavno smanjenje gubitaka i nepotrebnih aktivnosti, te primjenom metoda i alata koji se temelje na neprekidnom poboljšanju i poštivanju ljudi, tvrtke mogu unaprijediti svoje poslovanje i postići dugoročan uspjeh.

## 2. OPĆI PREGLED ZNAČAJKI LEAN FILOZOFIJE

Poglavlje se bavi općim pregledom značajki Lean filozofije, konkretno se usredotočujući na koncepte i načela Lean filozofije, ključne alate i tehnike Lean metodologije te prednosti i izazove primjene Lean metodologije. Lean filozofija temelji se na ideji stvaranja vrijednosti za kupca minimiziranjem gubitaka u proizvodnom procesu. Osnovni koncepti uključuju kontinuirano poboljšanje (Kaizen), poštovanje ljudi i standardizaciju rada. Kao što je istaknuto u radu *Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0* (Florescu & Barabas, 2022), Lean pristup također naglašava važnost fleksibilnosti i odziva na promjene na tržištu. Lean metodologija koristi razne alate i tehnike kako bi poboljšala proizvodne procese, uključujući 5S, Poka-yoke (sustavi za sprječavanje grešaka), Just-in-Time proizvodnju i Kanban (vizualni sustavi za upravljanje radnim opterećenjem). U svom radu *Lean Optimization Techniques for Improvement of Production Flows and Logistics Management: The Case Study of a Fruits Distribution Center* (Proença i sur., 2022), autori detaljno opisuju kako su ti alati primijenjeni na konkretnom primjeru. Prednosti Lean metodologije uključuju povećanu učinkovitost, kvalitetu proizvoda, zadovoljstvo kupaca i konkurentske prednosti. Međutim, postoje i brojni izazovi, uključujući potrebu za promjenom korporativne kulture, potrebu za stalnom obukom zaposlenika i mogućnost povećanja stresa na radnom mjestu. Rad *Benefits and Difficulties of the Implementation of Lean Construction in the Public Sector: A Systematic Review* (Simonsen, Herrera & Atencio, 2023) pruža sveobuhvatan pregled ovih prednosti i izazova. Kroz pregled ovih ključnih aspekata, poglavlje pruža temeljit uvid u Lean filozofiju te kako se ona može primijeniti u praksi. Iako se Lean pristup može činiti zahtjevnim, poglavlje naglašava da su potencijalne koristi za organizacije koje uspješno implementiraju ovu metodologiju značajne. Osnovni principi Lean filozofije prikazani su na sljedećoj slici:



Slika 1. Principi Lean filozofije



Vrijednost se određuje u odnosu na tržište, odnosno s gledišta kupca. Mapiranje toka vrijednosti sastoji se u tome da se ustanove svi važni koraci te da eliminiraju oni koji ne doprinose dodanoj vrijednosti proizvoda. Stvaranje kontinuiranog toka postiže se kroz standardizaciju procesa izbjegavajući smetnje koje uzrokuju nepotrebne gubitke. Definiranje PULL sustava je strategija koja aktivira nadopunu iskorištenog resursa u proizvodnji. Konstantno razvijanje podrazumijeva težnju organizacije stalnom napretku uz izbjegavanje situacija koje stvaraju gubitke.

## 2.1. Koncepti i načela Lean filozofije

Lean filozofija, temeljena na ideji kontinuiranog smanjenja gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu, nastoji unaprijediti učinkovitost i profitabilnost tvrtki. U tom kontekstu, različite metode i alati koriste se kako bi se analizirala i poboljšala proizvodnja, što rezultira povećanjem konkurentske prednosti. Lean filozofija, kroz primjenu metoda i alata poput Value Stream Mapping (VSM), 5S, Kanban, Poka-yoke i Kaizen, omogućava tvrtkama da se usredotoče na optimizaciju svojih proizvodnih procesa, smanjenje gubitaka i povećanje

učinkovitosti. Rezultat je veća konkurentska prednost, što zauzvrat dovodi do povećane profitabilnosti i održivog rasta. Womack, Jones i Roos (1990) u svojoj knjizi *The Machine That Changed the World* istražuju osnove Lean filozofije i njen utjecaj na automobilsku industriju. Autori analiziraju kako primjena Lean metoda i alata može dovesti do smanjenja gubitaka, povećanja učinkovitosti i stvaranja konkurentske prednosti. Liker (2004) u knjizi *The Toyota Way* proučava temelje Toyota proizvodnog sustava, preteče Lean filozofije, te naglašava važnost kontinuiranog učenja, fokusa na dugoročne ciljeve, standardizacije procesa i razvoja zaposlenika kao ključnih faktora uspješnosti Lean pristupa.

### **2.1.1. Poštovanje prema ljudima**

Načelo poštovanja prema ljudima u srcu je Lean filozofije, jednako važno kao i načelo kontinuiranog poboljšanja. Ovaj koncept podrazumijeva da se svaki zaposlenik smatra ključnim elementom organizacije, prepoznajući njihov potencijal i doprinos uspjehu organizacije (Antosz i Stadnicka, 2017). Na praktičnoj razini, poštovanje prema ljudima u Lean kontekstu odnosi se na stvaranje sigurnog i zdravog radnog okruženja, što je osnovni preduvjet za održivu produktivnost. Ovo uključuje fizičku sigurnost, ali i emocionalno blagostanje zaposlenika, gdje se ljudi osjećaju cijenjenima, podržanim i poštovanim u svom radnom okruženju (Antosz i Stadnicka, 2017). Lean filozofija također potiče pružanje prilika za razvoj i učenje, prepoznajući da su zaposlenici najvažniji resurs svake organizacije. Zaposlenici se ohrabruju da razvijaju svoje vještine, proširuju svoje znanje i stalno se uspinju na ljestvici učenja. Kroz ovakav pristup, organizacije ne samo da poboljšavaju sposobnosti svog osoblja, već i povećavaju zadovoljstvo zaposlenika i zadržavaju talente (Antosz i Stadnicka, 2017). Konačno, poštovanje prema ljudima uključuje njegovanje otvorene i poštene komunikacije. Lean organizacije stvaraju okruženje u kojem se potiče iskreno izražavanje mišljenja, dijeljenje ideja i povratne informacije, a menadžment aktivno sluša i reagira na povratne informacije zaposlenika. Kroz takvu komunikaciju, organizacije se mogu prilagoditi i rasti na temelju stvarnih potreba i iskustava svojih zaposlenika (Antosz i Stadnicka, 2017). Kroz svoje istraživanje, Antosz i Stadnicka (2017) naglašavaju da je poštovanje prema ljudima ne samo etičko načelo, već i ključni faktor koji doprinosi dugoročnom uspjehu Lean organizacija. Priznavanjem i poštovanjem vrijednosti svakog zaposlenika, organizacije mogu potaknuti veću angažiranost, zadovoljstvo na poslu i, na kraju, poboljšanu produktivnost

### 2.1.2. Standardizacija rada

Standardizacija rada ključni je koncept Lean filozofije, a predstavlja metodu za postizanje učinkovitosti i dosljednosti u radnim procesima (Kumar Kanchan, Kumar Chandan i Aslam, 2022). Putem standardizacije, procesi postaju predvidljivi, omogućavajući konstantno poboljšanje i optimizaciju. Standardizacija se, prvenstveno, bavi stvaranjem uniformnih postupaka za izvršenje zadataka. Ova dosljednost u izvršenju zadataka omogućuje organizacijama da smanje varijabilnost, što rezultira manje grešaka, smanjenjem gubitaka i većom ukupnom kvalitetom proizvoda ili usluga (Kumar Kanchan, Kumar Chandan i Aslam, 2022). Osim toga, standardizacija rada pruža čvrst okvir za identifikaciju i rješavanje problema. S jasno definiranim standardima, lako je prepoznati odstupanja, što omogućava brzo i učinkovito rješavanje problema. Ovaj pristup omogućuje kontinuirano poboljšanje, jer se kroz otkrivanje i rješavanje problema, procesi stalno optimiziraju i unaprjeđuju (Kumar Kanchan, Kumar Chandan i Aslam, 2022). Dalje, standardizacija pruža osnovu za učinkovito upravljanje procesima. S jasno definiranim postupcima, menadžeri mogu bolje pratiti radne procese, osigurati dosljednost i upravljati promjenama. Uz to, standardizacija može olakšati obuku novih zaposlenika, jer pruža jasne smjernice za izvršenje zadataka (Kumar Kanchan, Kumar Chandan i Aslam, 2022). U radu *Implication of lean philosophies in signing supplier quality agreement: An empirical study*, Kumar Kanchan, Kumar Chandan i Aslam (2022) ističu važnost standardizacije u kontekstu Lean filozofije, naglašavajući kako standardizacija omogućuje organizacijama da maksimiziraju vrijednost za kupca smanjujući gubitke i unaprjeđujući kvalitetu. Fleksibilnost je esencijalna komponenta Lean filozofije koja omogućuje organizacijama da se prilagode brzim promjenama na tržištu (Florescu i Barabas, 2022). U kontekstu Lean-a, fleksibilnost se ne odnosi samo na proizvodne procese, nego uključuje i sposobnost organizacije da se prilagodi promjenama u potražnji, tehnologiji i drugim vanjskim faktorima. Organizacije koje usvajaju Lean filozofiju često koriste tehnike kao što su *just-in-time* proizvodnja i modularni dizajn kako bi postigle veću fleksibilnost u svojim procesima. Just-in-time proizvodnja omogućuje organizacijama da proizvode samo ono što je potrebno i kada je potrebno, čime se smanjuje gubitak i povećava efikasnost. S druge strane, modularni dizajn omogućuje brze promjene u proizvodima ili uslugama u skladu s promjenama u potražnji (Florescu i Barabas, 2022). Pored toga, Lean filozofija potiče kulturu stalnog učenja i poboljšanja, što doprinosi većoj fleksibilnosti organizacije. Zaposlenici su potaknuti na stalno učenje i inovacije, čime se povećava sposobnost organizacije da se brzo prilagodi i reagira na

promjene (Florescu i Barabas, 2022). U svojoj studiji *Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0*, Florescu i Barabas (2022) navode kako integracija Lean-a i Industry 4.0 može poboljšati fleksibilnost organizacije, omogućavajući brzo prilagođavanje i reakciju na promjene na tržištu. Ova integracija može omogućiti organizacijama da iskoriste prednosti digitalne transformacije i optimiziraju svoje proizvodne procese, postizujući tako veću učinkovitost i konkurentske prednosti. Primjena ovih načela i koncepta Lean filozofije može biti izazovna, ali njihova ispravna primjena donosi brojne koristi, uključujući poboljšanje učinkovitosti, kvalitete, zadovoljstva kupaca i konkurentske prednosti. Autori kao što su Simonsen, Herrera i Atencio (2023) i Ellis (2020) također ističu važnost primjene Lean načela u svrhu postizanja održivosti i ekonomske održivosti.

### **2.1.3. Osobitosti filozofije Kaizena**

Kaizen je japanski pojam koji se sastoji od dvije riječi: kai (promjena) i zen (dobro, bolje), što zajedno znači promjena na bolje ili neprekidno poboljšanje. Kaizen pristup temelji se na uvjerenju da se stalnim malim promjenama može postići značajno poboljšanje u proizvodnji i poslovanju. Koncept kontinuiranog poboljšanja, poznat kao Kaizen, u srži je Lean filozofije i ključan je za ostvarenje uspjeha u Lean organizacijama. Ovaj koncept ne odnosi se samo na velike promjene ili inovacije, već naglašava potrebu za stalnim, postupnim poboljšanjima u svim sferama poslovanja, od proizvodnje i menadžmenta do postupaka i usluga (Tiwari, 2021). Kaizen se fokusira na neprekidno poboljšanje kroz male, inkrementalne promjene. Kaizen aktivnosti uključuju analizu procesa, identifikaciju problema, implementaciju rješenja i praćenje rezultata. Kaizen aktivnosti započinju analizom postojećih procesa kako bi se identificirale mogućnosti za poboljšanje i učinkovitost. Ovo uključuje procjenu svakog koraka u proizvodnom procesu, kao i analizu resursa, vremena i troškova povezanih s tim koracima. Nakon analize procesa, Kaizen tim identificira probleme i uska grla koja utječu na učinkovitost i kvalitetu proizvodnje. Ovi problemi mogu biti povezani s prekomjernom proizvodnjom, dugim vremenom proizvodnje, zastojećima, otpadom ili nedostacima. Na temelju identificiranih problema, tim za Kaizen razvija rješenja za poboljšanje proizvodnog procesa. Ova rješenja mogu uključivati promjene u dizajnu proizvoda, prilagodbu proizvodnih postupaka, poboljšanje organizacije radnog mjesta ili promjene u upravljanju resursima. Nakon implementacije

rješenja, rezultati se prate i analiziraju kako bi se osiguralo da su poboljšanja učinkovita i održiva. Ovaj korak uključuje mjerenje učinka promjena na produktivnost, kvalitetu, troškove i druge relevantne pokazatelje. Ako su potrebne dodatne promjene, proces Kaizen se ponavlja (Imai, 1986). U kontekstu Lean filozofije, Kaizen predstavlja svakodnevni proces koji uključuje sve zaposlenike, od menadžera do radnika na proizvodnoj liniji. Svrha Kaizena je poticati inovativnost i rast na svim razinama organizacije. To se postiže promicanjem kulture u kojoj su svi članovi tima ohrabreni na aktivno sudjelovanje u procesu poboljšanja. Kroz ovaj proces, zaposlenici se osnažuju da identificiraju potencijalne probleme ili gubitke, predlažu rješenja i sudjeluju u njihovom provođenju (Tiwari, 2021). Kaizen je više od jednostavnog alata za poboljšanje. To je filozofija koja utječe na način na koji organizacija razmišlja o svojim procesima, radu i načinu na koji pruža vrijednost svojim kupcima. To nije samo potraga za popravkom problema, već za boljim načinima rada. Ova kultura neprekidnog poboljšanja stvara okruženje u kojem su promjene dobrodošle, u kojem se izazovi smatraju prilikama za učenje i poboljšanje, a ne samo problemima koji se trebaju riješiti. U svom radu *Lean Tools in Apparel Manufacturing*, Manoj Tiwari (2021) ističe važnost Kaizena kao ključnog elementa za postizanje operativne izvrsnosti. Kroz primjenu Kaizena, organizacije se mogu kontinuirano prilagođavati, unaprijediti i inovirati, čime se osigurava njihova konkurentnost i održivost na dugi rok. Imai (1986) u svojoj knjizi *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* opisuje temeljna načela Kaizen filozofije te objašnjava kako male, inkrementalne promjene mogu imati značajan utjecaj na poboljšanje proizvodnih procesa i povećanje konkurentske prednosti. Liker i Hoseus (2008) u knjizi *Toyota Culture: The Heart and Soul of the Toyota Way* analiziraju Kaizen pristup u kontekstu Toyota proizvodnog sustava. Oni naglašavaju važnost uključivanja zaposlenika u proces donošenja odluka te pokazuju kako kontinuirano poboljšanje može dovesti do veće učinkovitosti, kvalitete i zadovoljstva kupaca. Bicheno i Holweg (2009) u svojoj knjizi *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation* pružaju praktične primjere i alate za primjenu Kaizen metoda u različitim industrijama. Autori ističu kako sustavno i strukturirano praćenje rezultata poboljšanja može pomoći organizacijama u identifikaciji problema te osigurati kontinuirani napredak. Kroz spoznaje komparativnih autora poput Imai (1986), Likera i Hoseusa (2008) te Bichena i Holwega (2009), ističe se kako Kaizen aktivnosti mogu dovesti do značajnih poboljšanja u proizvodnim procesima i povećanja konkurentske prednosti. Kaizen pristup naglašava važnost suradnje, otvorenosti za promjene i neprekidnog učenja. Kroz kontinuirano poboljšanje, Kaizen omogućuje organizacijama da postignu veću učinkovitost, smanje gubitke i povećaju konkurentska prednost. Jedan od ključnih aspekata

Kaizen filozofije je uključivanje svih zaposlenika u proces poboljšanja, čime se potiče timski rad i stvara kultura neprekidnog poboljšanja unutar organizacije (Imai, 1986).

#### **2.1.4. Osobitosti Value Stream Mapping (VSM) filozofije**

Value Stream Mapping (VSM) je metoda koja se koristi u Lean filozofiji s ciljem analiziranja i optimizacije proizvodnih procesa. VSM omogućuje vizualni prikaz protoka materijala i informacija kroz proizvodni proces, od početka do kraja. Ovaj vizualni prikaz pomaže u identificiranju gubitaka, uskih grla i mogućnosti za poboljšanje procesa. Rother i Shook (1999) u knjizi *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda* objašnjavaju kako VSM metoda može pomoći tvrtkama u identifikaciji gubitaka i optimizaciji proizvodnih procesa, čime se povećava konkurentska prednost i profitabilnost. VSM se temelji na ideji da svaki proizvodni proces ima određeni protok vrijednosti, koji se sastoji od različitih aktivnosti koje dodaju ili ne dodaju vrijednost krajnjem proizvodu. Aktivnosti koje dodaju vrijednost su one koje izravno pridonose stvaranju vrijednosti za kupca, dok aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, kao što su čekanje, nepotrebno transportiranje ili prekomjerna proizvodnja, predstavljaju gubitke koje treba eliminirati ili smanjiti. Cilj VSM-a je identificirati i eliminirati nepotrebne korake u proizvodnom procesu, čime se optimizira protok vrijednosti kroz cijeli proces. Kroz VSM, tvrtke mogu:

- Identificirati glavne procese, podprocese i aktivnosti koje čine proizvodni proces.
- Procijeniti vrijeme potrebno za svaku aktivnost, uključujući vrijeme čekanja, obrade i transporta.
- Označiti aktivnosti koje dodaju vrijednost i one koje ne dodaju vrijednost.
- Identificirati uska grla i područja s najvećim gubicima.
- Razviti planove za poboljšanje, uključujući eliminaciju ili smanjenje nepotrebnih aktivnosti, smanjenje vremena čekanja, poboljšanje komunikacije i koordinacije te optimizaciju resursa (Rother i sur., 1999).

Nakon što se izradi VSM dijagram, tvrtke mogu razviti i implementirati strategije za poboljšanje proizvodnog procesa. Kontinuirano ažuriranje i analiza VSM dijagrama pomaže tvrtkama u održavanju optimalnog protoka vrijednosti te u otkrivanju novih mogućnosti za poboljšanje. Value Stream Mapping je moćan alat koji se koristi u Lean filozofiji kako bi se

analizirali i optimizirali proizvodni procesi, s ciljem eliminiranja gubitaka, povećanja učinkovitosti i stvaranja dodane vrijednosti za kupce.

## **2.2. Ključni alati i tehnike Lean metodologije**

Lean metodologija koristi različite alate i tehnike kako bi unaprijedila proizvodne procese. Ovi alati i tehnike uključuju 5S, Poka-yoke, Just-in-Time proizvodnju i Kanban. 5S metoda se koristi za poboljšanje organizacije radnog mjesta i smanjenje gubitka vremena. 5S predstavlja pet koraka: Seiri (sortiranje), Seiton (sistemiziranje), Seiso (čišćenje), Seiketsu (standardiziranje) i Shitsuke (održavanje). Kroz primjenu 5S-a, organizacije mogu poboljšati produktivnost, učinkovitost i sigurnost na radnom mjestu. Poka-yoke tehnika se koristi za sprječavanje grešaka u proizvodnom procesu. Poka-yoke može biti bilo koji mehanizam koji pomaže u sprječavanju grešaka, bilo da se radi o jednostavnom vizualnom indikatoru, hardverskom sigurnosnom uređaju ili softverskom upozorenju. Just-in-Time pristup se koristi za smanjenje gubitaka i povećanje učinkovitosti proizvodnje. Just-in-Time proizvodnja se bazira na ideji proizvodnje samo onoga što je potrebno i kada je potrebno, čime se smanjuje količina nepotrebnog inventara. Kanban je vizualni alat se koristi za upravljanje radnim opterećenjem i protokom posla. Kanban kartice vizualno prikazuju status zadatka ili dijela proizvoda, omogućujući tako timovima da bolje razumiju i upravljaju svojim radnim opterećenjem. U radu *Lean Optimization Techniques for Improvement of Production Flows and Logistics Management: The Case Study of a Fruits Distribution Center* (Proença, Gaspar & Lima, 2022), autori pružaju detaljan opis primjene ovih alata u konkretnom primjeru distribucijskog centra za voće. Koristeći tehnike kao što su 5S i Kanban, uspjeli su poboljšati učinkovitost distribucijskog centra, smanjiti gubitke i optimizirati protok proizvoda.

### **2.2.1. Značajke 5S metode**

5S je alat koji se koristi u LEAN filozofiji za organizaciju i održavanje radnog mjesta, s ciljem poboljšanja produktivnosti, sigurnosti i kvalitete proizvoda. Naziv 5S dolazi od pet japanskih riječi koje počinju slovom S, a na engleskom jeziku su prevedene kao sortiranje, sistematično čišćenje, sjaj, standardizacija i održavanje. Ovih pet koraka pomaže u smanjenju gubitaka uzrokovanih neredom i neučinkovitim radnim praksama. Seiri (sortiranje) uključuje odstranjivanje nepotrebnih stavki s radnog mjesta. Ova faza oslobađa prostor, smanjuje

prepreke u radnom procesu i omogućuje bolji pregled potrebnih alata i materijala. Omogbai i Salonitis (2017) u svom radu naglašavaju kako je primjena Seiri metode u okviru 5S-a pridonijela smanjenju nepotrebnih stavki na radnom mjestu, čime se smanjuje gubitak vremena na nepotrebno traženje materijala i alata. Seiton (sistematiziranje) kao drugi korak podrazumijeva organizaciju i uredno raspoređivanje alata, opreme i materijala na radnom mjestu. Sanchez i sur. (2023) prikazuju kako primjena Seiton metode omogućuje brz i jednostavan pristup potrebnim materijalima i alatima, što doprinosi učinkovitosti proizvodnje. Seiso (čišćenje) kao treći korak uključuje redovito čišćenje i održavanje radnog mjesta. Seiso ne podrazumijeva samo čistoću, već i redovite inspekcije i održavanje opreme kako bi se osiguralo njihovo pravilno funkcioniranje. Ovaj korak pomaže u otkrivanju problema u ranoj fazi te sprječava zastoje i smanjuje troškove popravaka. Prema Kumaru i sur. (2022), ovaj korak ne samo da doprinosi sigurnosti i higijeni, već i pridonosi moralu zaposlenika i može pomoći u otkrivanju mogućih problema prije nego što postanu ozbiljni. Seiketsu (standardizacija) kao četvrti korak odnosi se na uspostavljanje standarda za sve gore navedene aktivnosti. Seiketsu osigurava dosljednost u radnim praksama, što pomaže u očuvanju urednosti i čistoće radnog mjesta te smanjenju varijacija u proizvodnji. Kanamori, Shibanuma i Jimba (2016) navode kako Seiketsu može dovesti do poboljšanja u kvaliteti usluga i smanjenja grešaka, osobito u zdravstvenim ustanovama. Shitsuke (održavanje) kao posljednji korak 5S metode uključuje kulture gdje se svi članovi tima pridržavaju utvrđenih standarda. Vargas Crisóstomo i Camero Jiménez (2021) naglašavaju kako održavanje 5S standarda kroz Shitsuke doprinosi kontinuiranoj produktivnosti i učinkovitosti. Implementacija 5S metode na radnom mjestu pomaže tvrtkama da unaprijede svoju produktivnost, sigurnost i kvalitetu proizvoda. Svaka od ovih pet faza 5S-a doprinosi učinkovitijem, sigurnijem i produktivnijem radnom okruženju. Kroz primjenu 5S metode, organizacije mogu postići značajna poboljšanja u svom poslovanju.

### **2.2.2. Poka-yoke metoda**

Poka-yoke je metoda, koja je usmjerena na prevenciju grešaka kroz dizajn proizvoda i procesa. Poka-yoke metodom se smanjuje mogućnost grešaka u proizvodnji, čime se poboljšava kvaliteta proizvoda i smanjuju gubici povezani s greškama ili nedostacima. Poka-yoke je japanski pojam koji se može prevesti kao *greška-odvraćanje* ili nesposobnost pogreške. Ova metoda je usmjerena na prevenciju grešaka i nedostataka kroz pažljiv dizajn proizvoda i



procesa. Cilj Poka-yoke metode je smanjiti ili eliminirati mogućnost grešaka u proizvodnji, čime se poboljšava kvaliteta proizvoda i smanjuju gubici povezani s greškama ili nedostacima (Martinelli i sur., 2022).

Poka-yoke metodom se postiže bolja kvaliteta proizvoda i procesa kroz sljedeće načine:

- Dizajn proizvoda

Uključivanje Poka-yoke elemenata u dizajn proizvoda može spriječiti pogrešno korištenje ili montažu, čime se smanjuje mogućnost grešaka. Primjeri uključuju asimetrične priključke koji se mogu spojiti samo na jedan način ili bočne oznake za jednostavno prepoznavanje komponenti.

- Dizajn procesa

Ugradnja Poka-yoke mehanizama u proizvodne procese može osigurati da se svaki korak procesa obavi ispravno i dosljedno. Primjeri uključuju provjeru prisutnosti dijelova prije sljedećeg koraka, uporabu fiksnih kalupa za osiguranje pravilne pozicije ili automatsko zaustavljanje stroja u slučaju pogreške.

- Obuka i upute

Pružanje jasnih i detaljnih uputa te adekvatna obuka zaposlenika u korištenju Poka-yoke metode može smanjiti mogućnost grešaka. Primjeri uključuju vizualne upute za montažu ili oznake koje ukazuju na pravilno korištenje alata i opreme.

- Kontrola kvalitete

Poka-yoke metode se također mogu koristiti za osiguravanje dosljedne kvalitete proizvoda kroz proces kontrole kvalitete. Primjeri uključuju uporabu automatskih mjernih uređaja za provjeru dimenzija ili testiranje funkcionalnosti proizvoda prije otpreme.

- Implementacija

Poka-yoke metoda može značajno smanjiti broj grešaka i nedostataka u proizvodnji, čime se poboljšava kvaliteta proizvoda, smanjuju troškovi i povećava zadovoljstvo kupaca. Kroz pažljiv dizajn proizvoda i procesa te adekvatnu obuku zaposlenika, Poka-yoke metoda omogućava tvrtkama da postignu veću konkurentsku prednost i uspješno se nose s konkurencijom (Rahardjo i sur., 2023).

Poka-yoke se može primijeniti na bilo koji mehanizam koji pomaže u sprječavanju grešaka, bilo da je riječ o vizualnom indikatoru, hardverskom sigurnosnom uređaju ili softverskom

upozorenju. Martinelli, Lippi i Gamberini (2022) navode primjere Poka-yoke metoda u okviru dubokog učenja na proizvodnoj liniji. U tom kontekstu, Poka-yoke se koristi za osiguranje točnosti montaže s naglaskom na sprječavanje grešaka na ranoj fazi proizvodnje, umjesto da se greške otkriju na kraju proizvodne linije ili čak nakon što proizvod dođe do krajnjeg korisnika. U svom radu o Lean proizvodnji u kontekstu Industrije 4.0, Rahardjo, Wang, Yeh i Chen (2023) ističu kako digitalizacija omogućuje sofisticiranije Poka-yoke rješenja, poput naprednih senzora i algoritama za otkrivanje grešaka. Ovo može uključivati automatsko zaustavljanje proizvodne linije kada se otkrije greška, ili čak prediktivnu analitiku koja može predvidjeti greške prije nego što se dogode. Trojanowska, Husár, Hrehova i Knapčíková (2023) opisuju implementaciju Poka-yoke metode u sklopu pametnih proizvodnih sustava s *Pick to Light* implementacijom. Sustav koristi svjetlosne indikatore za navođenje radnika tijekom procesa skupljanja stavki, što smanjuje mogućnost grešaka. Saurin, Ribeiro i Vidor (2012) u svom radu predstavljaju okvir za procjenu Poka-yoke uređaja, uključujući njihovu efikasnost, troškovnu učinkovitost i učinke na kvalitetu proizvoda i radno okruženje. Sveukupno gledano, Poka-yoke predstavlja ključnu tehniku u Lean metodologiji koja omogućuje organizacijama da smanje broj grešaka, poboljšaju kvalitetu proizvoda i povećaju učinkovitost proizvodnje.

### **2.2.3. Just-in-time pristup**

Just-in-Time (JIT) proizvodnja je koncept koji se koristi za optimizaciju proizvodnje i smanjenje gubitaka kroz proizvodnju samo onoga što je potrebno i kada je potrebno. Cilj JIT proizvodnje je minimiziranje nepotrebnog inventara, što smanjuje troškove skladištenja i povećava učinkovitost. Yao, Alkan, Ahmad i Harrison (2020) opisuju JIT proizvodnju u kontekstu IoT-omogućenih fleksibilnih proizvodnih sustava s AGV-om (automatskim vođenim vozilima) za transport materijala. Pokazuje se kako ova tehnologija može poboljšati točnost isporuke kroz poboljšano praćenje i upravljanje zalihama. Rivera-Gómez i sur. (2019) istražuju JIT proizvodnu strategiju u kontekstu sustava koji se pogoršavaju. Autori naglašavaju važnost održavanja za postizanje optimalne JIT proizvodnje, posebno u kontekstu sustava koji se pogoršavaju tijekom vremena. Phan, Nguyen, Nguyen i Matsui (2019) analiziraju utjecaj praksi ukupnog upravljanja kvalitetom i JIT proizvodnih praksi na performanse fleksibilnosti. Rezultati njihove studije sugeriraju da su oba ova pristupa ključna za povećanje performansi fleksibilnosti u međunarodnim proizvodnim postrojenjima. Milewski (2022) analizira

upravljačke i ekonomske aspekte JIT sustava u kontekstu "Lean managementa" tijekom pandemije. Autor ističe kako je JIT proizvodnja ključna za smanjenje otpada i povećanje učinkovitosti, posebno u vremenima neizvjesnosti poput pandemije. Wang, Yin, Khan, Wang i Zheng (2021) analiziraju JIT proizvodnju u kontekstu izgradnje brodova za krstarenje. Ističu kako je JIT ključan za optimizaciju logistike u ovom sektoru, smanjujući troškove i povećavajući učinkovitost. García-Alcaraz, Realyvasquez-Vargas, García-Alcaraz, Pérez de la Parte, Blanco Fernández i Jiménez Macias (2019) analiziraju utjecaj ljudskih čimbenika i Lean tehnika na koristi JIT-a. Autori ističu važnost ljudskih čimbenika u uspješnoj implementaciji JIT-a, ističući da pravilno obučeno osoblje može povećati učinkovitost i smanjiti gubitke. Tseng, Wee, Reong i Wu (2019) u svom radu ističu važnost uzimanja u obzir JIT-a prilikom dodjele zadataka za povratno vozilo u zelenom lancu opskrbe. Ističu da JIT, kada se pravilno implementira, može znatno pridonijeti smanjenju ekološkog otiska i optimizaciji resursa u lancu opskrbe. To se može postići kroz točno vremensko planiranje i koordinaciju prijevoza, što smanjuje nepotrebne vožnje i s time povezane emisije. Svaka od ovih studija demonstrira različite aspekte JIT proizvodnje i njenog utjecaja na različite industrije. U svakom kontekstu, ključni element JIT-a je optimizacija proizvodnje kroz precizno vremensko planiranje i koordinaciju, s ciljem smanjenja nepotrebnih zaliha i povezanih troškova. Kroz primjenu JIT proizvodnje, organizacije mogu povećati svoju učinkovitost, smanjiti gubitke i optimizirati upotrebu resursa. Međutim, važno je naglasiti da uspješna implementacija JIT-a zahtijeva pažljivo planiranje i koordinaciju, kao i sposobnost brzog prilagođavanja na promjene u potražnji. Dodatno, kao što neki autori ističu, učinkovita primjena JIT-a također zahtijeva adekvatnu obuku i angažman zaposlenika.

#### **2.2.4. Kanban metoda**

Kanban je vizualni sustav upravljanja radom koji se koristi u Lean filozofiji s ciljem optimizacije proizvodnje i smanjenja gubitaka. Ovaj sustav pomaže u kontroli inventara, smanjenju prekomjerne proizvodnje i zastoja te boljem usklađivanju potražnje s proizvodnjom. Kanban sustav koristi vizualne signale, poput kartica i ploča, za praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje. Svaka Kanban kartica predstavlja jedinicu proizvoda ili radnog naloga, dok Kanban ploča prikazuje trenutni status proizvodnje. Kanban je metoda za vizualizaciju i upravljanje radnim opterećenjem koja koristi fizičke ili digitalne kartice za prikaz

statusa zadataka ili dijelova proizvoda. Kanban kartice pružaju timovima jasan pregled njihovih trenutnih radnih zadataka, omogućavajući im da bolje razumiju i upravljaju svojim radnim opterećenjem (Lage Junior, Muris i Godinho Filho, 2010). Kanban sustav funkcionira na načelu pull (vučnog) sustava, što znači da se proizvodnja pokreće na temelju stvarne potražnje kupaca, a ne na temelju predviđanja ili planiranja. Ovaj pristup pomaže u smanjenju prekomjerne proizvodnje i zaliha te učinkovitim korištenju resursa. Vizualni signali (Kanban kartice) koriste se za prikaz informacija o proizvodima ili radnim nalogima, kao što su količina, vrsta materijala i trenutna faza proizvodnje. Vizualni prikaz (Kanban ploča) prikazuje trenutni status proizvodnje te omogućuje brzo prepoznavanje uskih grla, zastoja ili problema s kapacitetom. Rad u tijeku (WIP) odnosi se na to da Kanban sustav ograničava količinu radova u tijeku na svakoj fazi proizvodnje kako bi se osigurala ravnoteža između potražnje i kapaciteta te spriječilo preopterećenje resursa (Shima i sur., 2021). Kanban sustav pruža fleksibilnost u proizvodnji, omogućavajući brzo reagiranje na promjene u potražnji ili prioritetima. Mojarro-Magaña et al. (2018) ističu utjecaj planiranja kroz Kanban sustav na operativne benefite tvrtke. Prema njima, Kanban pruža strukturirani okvir za upravljanje procesima, što dovodi do veće učinkovitosti, smanjenja otpada i povećanja produktivnosti. Shima i sur.. (2021) istražuju mogućnost primjene suvremenih tehnologija, poput BLE beacons i LPWA mreže, za unapređenje Kanban sustava. Ove tehnologije omogućavaju preciznije praćenje Kanban kartica i procesa, čime se dodatno povećava efikasnost upravljanja radnim opterećenjem. Tošanović i Štefanić (2022) u svojim radovima analiziraju utjecaj različitih mehanizama kontrole povlačenja proizvodnje na produktivnost proizvodnih procesa. Njihova istraživanja pokazuju kako upotreba Kanban sustava može pomoći u identifikaciji i rješavanju uskih grla u proizvodnji. Kliestik, Nagy i Valaskova (2023) analiziraju vezu između Lean radnih mjesta i Industrije 4.0, ističući ulogu Kanban metode u unapređenju performansi tvrtke. Kanban se pokazao kao efikasan alat u okviru Lean strategije za poboljšanje procesa i smanjenje gubitaka. Svaki od ovih radova pokazuje različite aspekte i prednosti korištenja Kanban metode. Bilo da se radi o poboljšanju operativnih benefita, primjeni suvremenih tehnologija za unapređenje Kanban sustava, identifikaciji i rješavanju uskih grla u proizvodnji ili unapređenju performansi tvrtke, Kanban se pokazuje kao koristan alat za vizualizaciju i upravljanje radnim opterećenjem.

### 2.3. Prednosti i izazovi primjene Lean metodologije

Lean metodologija, koja se koristi u različitim industrijskim sektorima, ima za cilj stvaranje vrijednosti za krajnjeg korisnika smanjenjem gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnim procesima. Pored toga, Lean promiče kontinuirano poboljšanje i teži k savršenstvu u svakom aspektu poslovanja. Ipak, iako Lean donosi niz prednosti, njegova primjena može predstavljati i određene izazove. Lean metodologija ima mnoge prednosti. Na prvom mjestu je povećanje produktivnosti kroz eliminaciju gubitaka, što dovodi do brže i učinkovitije proizvodnje (Pawlik et al., 2022). Kao rezultat, tvrtke mogu optimizirati upotrebu resursa, smanjujući troškove i povećavajući konkurentske prednosti. Drugo, Lean potiče kulturu kontinuiranog poboljšanja. Kroz stalno preispitivanje i poboljšanje procesa, organizacije mogu kontinuirano unapređivati svoje performanse i kvalitetu proizvoda (Marcelino et al., 2023). Treće, Lean pristup može doprinijeti održivosti tvrtke. Kroz smanjenje otpada i optimizaciju resursa, Lean može pomoći tvrtkama da postanu ekonomski održivije (Awad et al., 2022). Iako Lean nudi brojne prednosti, njegova primjena također može donijeti izazove. Prvi je otpor promjeni. Primjena Lean zahtijeva temeljite promjene u načinu na koji tvrtka radi, što može naići na otpor od strane zaposlenika (Maware & Parsley, 2022). Drugi izazov je složenost implementacije Lean pristupa. Lean zahtijeva jasno razumijevanje svih aspekata poslovanja, što može biti izazovno za tvrtke koje nemaju iskustva s ovom metodologijom (Qureshi et al., 2022). Treći izazov je održivost Lean inicijativa. Bez stalne posvećenosti i podrške na svim razinama organizacije, Lean inicijative mogu postati neodržive na dugi rok (Simonsen et al., 2023). Unatoč ovim izazovima, Lean metodologija i dalje pruža brojne prednosti koje je čine atraktivnom za mnoge organizacije. Ključ za uspješnu primjenu Lean leži u razumijevanju njegovih načela i prilagođavanju Lean pristupa specifičnim potrebama i kontekstu svake organizacije. U kontekstu sektora usluga, Lean može unaprijediti kvalitetu pružene usluge, povećati zadovoljstvo korisnika i smanjiti troškove operacija (Awad et al., 2022). No, važno je naglasiti da implementacija Lean-a u ovom sektoru zahtijeva specifične prilagodbe. Na primjer, s obzirom da usluge često uključuju interakciju s klijentima, zaposlenici moraju biti dobro obučeni da se mogu prilagoditi i reagirati na individualne potrebe korisnika. U proizvodnom sektoru, Lean može pomoći u smanjenju vremena proizvodnje, povećanju kvalitete proizvoda i optimizaciji upotrebe resursa (Pawlik et al., 2022). No, treba se istaknuti da primjena Lean-a u ovom sektoru može biti složena, zahtijevajući dubinsko razumijevanje proizvodnih procesa i opsežne promjene u načinu rada. Isto tako, Lean se sve više primjenjuje u sektoru zdravstva,

gdje može pridonijeti poboljšanju kvalitete skrbi i učinkovitosti operacija (Slattery et al., 2022). No, primjena Lean-a u ovom kontekstu može biti izazovna, budući da sektoru zdravstva nedostaje standardizacija koja je često prisutna u proizvodnim okruženjima. Na kraju, vrijedno je spomenuti da je Lean pristup postao relevantan i u kontekstu održivosti. Lean može pomoći organizacijama da smanje otpad i optimiziraju upotrebu resursa, čime pridonose zaštiti okoliša i postizanju ciljeva održivog razvoja (Tripathi et al., 2022). Sve u svemu, unatoč izazovima, Lean pruža brojne prednosti koje ga čine atraktivnim za različite sektore. Ključ uspješne implementacije leži u prilagodbi Lean pristupa specifičnim potrebama i kontekstu svake organizacije, uz stalnu posvećenost poboljšanju i otvorenost za promjene.

### **3.PREGLED PROIZVODNJE ELEKTRIČNIH BICIKALA**

Poglavlje razmatra dva ključna aspekta, a to su karakteristike proizvodnje električnih bicikala i izazove i probleme s kojima se suočava industrija.

#### **3.1.Karakteristike proizvodnje električnih bicikala**

Proizvodnja električnih bicikala je značajno tehnički zahtjevnija od proizvodnje konvencionalnih bicikala. Ključne komponente uključuju elektromotor, bateriju, kontroler i sustav prijenosa. Svaka od ovih komponenti zahtijeva pažljivo projektiranje i proizvodnju kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i pouzdanost. Elektromotor je jedan od najvažnijih dijelova električnog bicikla. Različiti modeli bicikala mogu koristiti različite vrste motora, uključujući bezčटकaste DC motore, asinkrone motore i sinkronizirane motore s trajnim magnetima. Svaki od ovih motora ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor motora ovisi o specifičnim zahtjevima performansi i cijene (Contò i Bianchi, 2023). Baterija je još jedan ključan dio električnog bicikla, jer je izvor električne energije koji pokreće motor. U većini modernih e-bicikala koriste se litij-ionske baterije zbog njihove visoke energetske gustoće i dugog vijeka trajanja. Međutim, baterije se moraju redovito punjenjem obnavljati, što može utjecati na praktičnost upotrebe e-bicikla. Postoje i značajni izazovi povezani s ekstrakcijom materijala za baterije i zbrinjavanjem otpadnih baterija (Apostolou et al., 2018). Kontroler je elektronička komponenta koja upravlja strujom koja se isporučuje motoru, čime se regulira

brzina i snaga bicikla. Kontroler mora biti dobro sročen s motorom i baterijom kako bi se osigurala optimalna učinkovitost. Sustav prijenosa uključuje mehanizme koji prenose snagu s motora na kotače. U većini slučajeva, to uključuje lanac ili remen i set zupčanika koji omogućuju vozaču da promijeni stupanj prijenosa, odnosno da prilagodi brzinu i naprežanje u skladu s terenom i željenom brzinom (Zhang i Tak, 2021). U cjelini, proizvodnja električnih bicikala zahtijeva složene proizvodne procese i koristi visokotehnološke materijale. Osim toga, stalno su potrebne inovacije kako bi se poboljšala učinkovitost i smanjili troškovi. Integracija solarnih panela u dizajn električnih bicikala predstavlja značajan korak prema održivoj mobilnosti. Ovaj trend odražava nastojanja industrije da poveća energetska učinkovitost e-bicikala i smanji ovisnost o fosilnim gorivima. Solarni paneli mogu biti ugrađeni u različite dijelove bicikla, uključujući ramu, blatobrane ili posebno dizajnirane torbe. Sunčeva energija koju paneli apsorbiraju pretvara se u električnu energiju koja se koristi za punjenje baterije bicikla. Ovaj inovativni pristup ne samo da pomaže smanjenju emisija ugljika, već i povećava autonomiju bicikla, omogućujući duže vožnje bez potrebe za punjenjem (Apostolou et al., 2018). Pored toga, implementacija algoritama za predviđanje potrošnje energije postaje sve važnija u proizvodnji električnih bicikala. Ti algoritmi analiziraju različite čimbenike kao što su udaljenost, brzina, teren i vremenski uvjeti kako bi precizno predvidjeli koliko će energije biti potrebno za određenu rutu. Na temelju tih informacija, kontroler bicikla može optimizirati upotrebu energije, što omogućuje duži vijek trajanja baterije i bolju ukupnu učinkovitost. Ove tehnologije ne samo da poboljšavaju korisničko iskustvo, već također doprinose održivosti električnih bicikala, smanjujući potrebu za čestim punjenjima i povećavajući ukupnu energetska učinkovitost (Burani et al., 2022). Dakle, karakteristike proizvodnje električnih bicikala sve su više usmjerene prema održivosti i energetskoj učinkovitosti. S tehnološkim napretkom i sve većom potražnjom za održivim načinima prijevoza, očekuje se da će se ove inovacije nastaviti razvijati.

### **3.2. Izazovi i problemi u proizvodnji električnih bicikala**

Dizajniranje i proizvodnja električnih bicikala zaista predstavljaju složen proces. Kompleksnost proizlazi iz potrebe za balansom između estetike, funkcionalnosti, sigurnosti i cijene. S jedne strane, potrošači očekuju vizualno privlačan proizvod koji se uklapa u suvremene trendove dizajna. Za proizvođače, ovo znači kontinuirano praćenje tih trendova i prilagodbu dizajna

proizvoda kako bi ostali relevantni na tržištu (Frizziero et al., 2022). Međutim, dizajn ne može biti samo estetski ugodan. Električni bicikli moraju biti opremljeni nizom ključnih komponenti, uključujući motor, bateriju, kontroler i druge elektronske uređaje, koje je potrebno ugraditi u strukturu bicikla na način koji ne ugrožava njegovu funkcionalnost niti sigurnost vozača. Ovo postavlja značajne tehničke izazove, s obzirom da je potrebno uskladiti kompaktan i lagan dizajn s potrebom za smještajem ovih ključnih komponenti (Frizziero et al., 2022). Pored toga, postoji problem cijene. Električni bicikli zahtijevaju sofisticirane i skuplje komponente u usporedbi s tradicionalnim biciklima, što može povećati cijenu proizvoda (Kwiatkowski et al., 2021). Ovo može predstavljati prepreku za neke potrošače, posebno u regijama gdje su električni bicikli još uvijek relativno novi i nedovoljno priznati kao sredstvo prijevoza. Konačno, proizvodnja električnih bicikala može imati značajan utjecaj na okoliš. Proizvodnja baterija i elektromotora često uključuje korištenje rijetkih i potencijalno štetnih materijala, a procesi koji se koriste mogu dovesti do značajnih emisija ugljika. Iako se proizvođači sve više okreću održivijim praksama, ovo ostaje važan izazov koji se treba riješiti (Manzano-Agugliaro i Salmeron-Manzano, 2018). Sve ovo pokazuje da, iako električni bicikli nude brojne prednosti, proizvođači se moraju suočiti s brojnim izazovima kako bi održali njihovu kvalitetu, atraktivnost i održivost. Standardizacija je ključna za bilo koju industriju, omogućavajući ne samo lakšu proizvodnju i distribuciju, već i poboljšanje sigurnosnih standarda i interoperabilnosti proizvoda. U industriji električnih bicikala, nedostatak univerzalnih standarda može predstavljati značajan izazov. Prvi problem je tehničke prirode. Bez usklađenih specifikacija, proizvođači mogu imati poteškoća u osiguranju kompatibilnosti različitih komponenti, poput baterija, motora i kontrolnih sustava. Ovo može rezultirati proizvodima niže kvalitete ili većim troškovima proizvodnje, jer proizvođači moraju prilagođavati dijelove kako bi zadovoljili svoje specifične potrebe (Salmeron-Manzano i Manzano-Agugliaro, 2018). Drugi izazov proizlazi iz različitih regulativa na globalnoj razini. Regulative o električnim biciklima znatno se razlikuju od države do države, a to uključuje i ograničenja snage motora, brzinska ograničenja, zahtjeve za sigurnosnom opremom i još mnogo toga. Ove razlike mogu komplicirati masovnu proizvodnju i distribuciju, jer proizvođači moraju osigurati da njihovi proizvodi udovoljavaju specifičnim pravilima i propisima u svakoj zemlji u kojoj posluju (Salmeron-Manzano i Manzano-Agugliaro, 2018).

Ovi problemi ne samo da predstavljaju izazove za proizvođače, već i potencijalno otežavaju širenje električnih bicikala kao ekološki prihvatljive alternative tradicionalnim oblicima prijevoza. Bez odgovarajuće standardizacije i usklađenih regulativa, industrija električnih



bicikala može se suočiti s ograničenjima u svojoj sposobnosti da inovira, raste i pridonosi održivoj budućnosti. U nedostatku univerzalnih standarda, proizvodnja električnih bicikala suočava se s nizom izazova. S jedne strane, različiti tehnički standardi i specifikacije mogu rezultirati nekompatibilnošću između komponenti različitih proizvođača. Na primjer, baterija jednog proizvođača možda neće biti kompatibilna s motorom drugog proizvođača, što zahtijeva dodatne napore i troškove za prilagodbu i usklađivanje. To može rezultirati povećanjem proizvodnih troškova i smanjenjem ukupne efikasnosti proizvodnje (Salmeron-Manzano i Manzano-Agugliaro, 2018). Različite regulative na globalnoj razini predstavljaju još jedan izazov. Zakoni i propisi o električnim biciklima razlikuju se od zemlje do zemlje, a ove razlike mogu obuhvaćati sve, od snage i brzine električnih bicikala, do sigurnosnih standarda i opreme. Ovo komplicira proizvodnju na masovnoj razini, jer proizvođači moraju osigurati da njihovi proizvodi ispunjavaju određene uvjete u svakoj zemlji u kojoj prodaju svoje proizvode. Ova raznolikost pravila može rezultirati sporijom proizvodnjom, većim troškovima i složenijom distribucijom (Salmeron-Manzano i Manzano-Agugliaro, 2018). Osim toga, ova neusklađenost standarda i regulativa može otežati i post-prodajnu podršku. Servisiranje i održavanje električnih bicikala može biti izazov ako proizvodi različitih proizvođača koriste različite komponente ili imaju različite tehničke specifikacije. Sveukupno gledajući, ovi izazovi mogu ograničiti rast i širenje industrije električnih bicikala. Iako ova industrija ima veliki potencijal za poticanje održivog transporta, nedostatak standardizacije i razlike u regulativi na globalnoj razini predstavljaju prepreke koje treba prevladati.

#### **4. PRIMJENA LEAN METODOLOGIJE U PROIZVODNJI ELEKTRIČNIH BIKIKALA**

U današnje doba brzog tehnološkog napretka i sve veće konkurencije na tržištu, proizvodnja električnih bicikala traži kontinuirano poboljšanje procesa s ciljem optimizacije efikasnosti i kvalitete. Jedan od najvažnijih pristupa postizanju ovog cilja je Lean metodologija, sustav koji se fokusira na minimiziranje otpada u proizvodnom procesu dok se maksimizira stvaranje vrijednosti za krajnjeg kupca. Ovaj pristup, razvijen u Japanu u automobilske industriji, pokazao se iznimno uspješnim i prilagodljivim za različite sektore, uključujući proizvodnju električnih bicikala. Primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala podrazumijeva upotrebu različitih alata i tehnika, poput Kanban sustava, Poka-yoke tehnika,

procesa optimizacije, VSM-a (Value Stream Mapping), Kaizen-a (kontinuirano poboljšanje), 5S načela i analize ključnih gubitaka. Kroz primjenu ovih alata i tehnika, proizvođači električnih bicikala mogu postići bolju organizaciju radnog mjesta, poboljšati proizvodne procese, smanjiti gubitke i poboljšati kvalitetu proizvoda, što rezultira većom konkurentnošću na tržištu. S obzirom na rastuću potražnju za ekološki prihvatljivim prijevoznim sredstvima, proizvodnja električnih bicikala postaje sve važnija industrija. Učinkovitost i kvaliteta proizvoda ključni su čimbenici u održavanju konkurentske prednosti. U ovom poglavlju opisuje se ustroj procesa realizacije električnih bicikala s naglaskom na Lean aspekt, kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i minimizirali gubici. Lean filozofija, razvijena u Toyota Production Systemu (TPS), usmjerena je na eliminaciju gubitaka i optimizaciju proizvodnih procesa (Liker, 2004). U kontekstu proizvodnje električnih bicikala, Lean pristup uključuje analizu procesa, identifikaciju područja za poboljšanje i primjenu odgovarajućih alata i tehnika za postizanje optimalne učinkovitosti (Womack i Jones, 1996). Da bi se primijenilo Lean filozofiju na proizvodnju električnih bicikala, prvo je potrebno provesti Value Stream Mapping (VSM) kako bi se moglo vizualizirati protok materijala i informacija kroz proizvodni proces. VSM će pomoći identificirati gubitke i mogućnosti za poboljšanje, kao što su prekomjerna proizvodnja, čekanje, nepotrebno transportiranje materijala ili nepotrebno kretanje zaposlenika. Kroz analizu VSM, inspirirani radom Rothera i Shooka (1999), možemo pronaći područja u proizvodnji električnih bicikala koja zahtijevaju poboljšanje. Primjena Lean alata poput 5S može pomoći u organizaciji i održavanju radnog mjesta, što rezultira poboljšanjem produktivnosti, sigurnosti i kvalitete proizvoda. Kanban sustav, prema spoznajama Likera (2004), može se koristiti za upravljanje inventarom, smanjenje zastoja te osiguravanje ravnoteže između potražnje i proizvodnje. Kanban kartice i ploče pomažu u praćenju proizvoda kroz različite faze proizvodnje, čime se optimizira protok vrijednosti u proizvodnji električnih bicikala. Poka-yoke alati, kako ističu Womack, Jones i Roos (1990), mogu se koristiti za prevenciju grešaka u proizvodnom procesu. Implementacija Poka-yoke metode pomaže u smanjenju grešaka, čime se poboljšava kvaliteta proizvoda i smanjuju gubici povezani s greškama ili nedostacima. Uz to, Kaizen pristup neprekidnog poboljšanja može se primijeniti na proizvodni proces električnih bicikala. Kroz Kaizen aktivnosti, tvrtka može analizirati procese, identificirati probleme, implementirati rješenja te pratiti rezultate kako bi se osiguralo trajno poboljšanje učinkovitosti i smanjenje gubitaka. Lean metodologija ima za cilj smanjiti gubitke i povećati vrijednost kroz optimizaciju proizvodnje. U kontekstu proizvodnje električnih bicikala, Lean se može koristiti za identificiranje i eliminiranje nepotrebnih koraka

u procesu, poboljšanje tijeka rada i smanjenje vremena ciklusa. Ova optimizacija može rezultirati smanjenjem troškova proizvodnje i povećanjem produktivnosti. Primjena Lean filozofije i njenih alata i tehnika u proizvodnji električnih bicikala može značajno poboljšati učinkovitost proizvodnog procesa, smanjiti gubitke i povećati konkurentna prednost tvrtke na rastućem tržištu. Kroz kontinuirano poboljšanje i neprekidno učenje, tvrtke koje proizvode električne bicikle mogu osigurati održivu i profitabilnu budućnost.

Proizvodnja električnih bicikala uključuje nekoliko ključnih faza, koje se mogu sažeti u sljedećim koracima (Womack, Jones i Roos, 1990; Liker, 2004):

- Nabava materijala

Nabava sirovina i komponenti, kao što su okviri, kotači, kočnice, mjenjači, baterije i električni motori. Ova faza zahtijeva usklađivanje s dobavljačima i efikasno upravljanje lancem opskrbe (Christopher, 2016).

- Proizvodnja i sklapanje komponenti

Izrada pojedinih dijelova, kao što su okviri, kotači i elektronički dijelovi. Ovaj korak uključuje precizno planiranje proizvodnje, optimizaciju procesa i upravljanje radnom snagom (Krajewski, Ritzman i Malhotra, 2015).

- Montaža

Spajanje svih komponenti u gotov električni bicikl. Ovaj korak zahtijeva koordinaciju različitih timova, kao i primjenu standardiziranih postupaka kako bi se osigurala kvaliteta i dosljednost proizvoda (Liker, 2004).

- Kontrola kvalitete

Provjera funkcionalnosti i kvalitete gotovih proizvoda. Ova faza uključuje sustavnu provjeru proizvoda, kao što su testovi baterija, provjere funkcionalnosti motora i ispitivanje sigurnosti (Juran i De Feo, 2016).

- Pakiranje i distribucija

Pakiranje gotovih proizvoda i organizacija njihove distribucije do maloprodajnih mjesta ili direktno do kupaca. Ova faza zahtijeva usklađivanje s logističkim partnerima, kao i osiguranje adekvatnog skladištenja i transporta proizvoda (Christopher, 2016).

Primjenom spoznaja autora, poput Womacka, Jonesa, Roosa (1990), Likera (2004) i drugih, moguće je unaprijediti proizvodni proces električnih bicikala kroz optimizaciju pojedinih faza, smanjenje gubitaka i povećanje učinkovitosti.

Primjena Lean metodologije u proizvodnom procesu električnih bicikala uključuje sljedeće ključne aspekte:

- Vrijednosni tok (Value Stream Mapping - VSM)

Vizualizacija protoka materijala i informacija kroz proizvodni proces, identificirajući gubitke i mogućnosti za poboljšanje.

- Uklanjanje nepotrebnih koraka i aktivnosti

Identifikacija i eliminacija nepotrebnih koraka ili aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu.

- Kontinuirano poboljšanje (Kaizen)

Neprekidno poboljšanje proizvodnog procesa kroz male, inkrementalne promjene.

- 5S

Organizacija i održavanje radnog mjesta kako bi se poboljšala produktivnost, sigurnost i kvaliteta proizvoda.

- Kanban

Vizualni sustav upravljanja radom za kontrolu inventara i smanjenje gubitaka povezanih s prekomjernom proizvodnjom ili zastoјima.

- Poka-yoke

Prevenција grešaka

#### **4.1. Primjena Kanban sustava u proizvodnji električnih bicikala**

Kanban je pristup koji se koristi za upravljanje proizvodnim procesima u realnom vremenu, uključujući onima u proizvodnji električnih bicikala. Kroz vizualizaciju tijeka rada i ograničavanje količine posla u progresiji, Kanban sustav pomaže u smanjenju prekomjerne proizvodnje i otpada, čime se poboljšava efikasnost. Ovaj sustav koristi signalne kartice kako

bi obilježio potrebu za pokretanjem određene faze proizvodnje, čime se osigurava kontinuirani tijek rada. Kanban je vizualni sustav upravljanja radom za kontrolu inventara i smanjenje gubitaka povezanih s prekomjernom proizvodnjom ili zastojsima. U kontekstu ustroja Lean procesa realizacije električnih bicikala, Kanban predstavlja jednostavan i učinkovit alat za upravljanje zalihama i osiguravanje pravovremenog dotoka materijala i resursa. Primjenom Kanban metode u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu postići poboljšanja u kontroliranju inventara, smanjenju gubitaka povezanih s prekomjernom proizvodnjom ili zastojsima, te povećanju učinkovitosti i fleksibilnosti proizvodnog procesa.

Primjena Kanban metode u proizvodnji električnih bicikala može se provesti kroz sljedeće korake:

- Identifikacija ključnih faza proizvodnje

Razumijevanje različitih faza proizvodnje električnih bicikala, od sklapanja okvira do montaže komponenti i završne kontrole kvalitete.

- Uspostava Kanban kartica i ploča

Izrada vizualnih kartica i ploča koje će se koristiti za praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje. Kanban kartice obično prikazuju informacije o proizvodu, količini i trenutnom statusu, dok Kanban ploče prikazuju protok proizvoda kroz proizvodni proces.

- Uvođenje pull sustava

Implementacija pull sustava, gdje se proizvodnja pokreće na temelju stvarne potražnje, umjesto planirane proizvodnje. Kanban kartice koriste se za signaliziranje potrebe za dodatnim komponentama ili proizvodima, čime se smanjuje prekomjerna proizvodnja i povećava učinkovitost.

- Kontrola inventara

Praćenje zaliha sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda kako bi se osiguralo da su zalihe optimalne i da se smanjuju gubici povezani s prekomjernim zalihama ili nestašicama.

- Redovita analiza i prilagodba

Provjera i analiza rezultata primjene Kanban metode u proizvodnji električnih bicikala, te kontinuirano poboljšanje sustava kroz prilagodbu Kanban kartica, ploča i pull sustava prema potrebama proizvodnje. Anderson (2010) u svojoj knjizi Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business opisuje osnove Kanban sustava i njegovu primjenu u

upravljanju proizvodnjom. Autor naglašava važnost Kanban kartica i ploča za praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje, osiguravajući ravnotežu između potražnje i proizvodnje. Ladas (2009) u članku *Scrumban: Essays on Kanban Systems for Lean Software Development* istražuje kako se Kanban sustav može kombinirati s agilnim metodologijama, poput Scruma, kako bi se dodatno poboljšala učinkovitost i fleksibilnost proizvodnje. Autor zaključuje kako Kanban može doprinijeti boljoj kontroli inventara i smanjenju gubitaka uzrokovanih prekomjernom proizvodnjom ili zastojsima. Autor Taiichi Ohno, bivši potpredsjednik Toyote i otac Toyotinog proizvodnog sustava, ističe važnost Kanban sustava za postizanje (just-in-time) proizvodnje i minimalizaciju gubitaka (Ohno, 1988). Kanban omogućuje tvrtkama da bolje usklade proizvodnju s potražnjom kupaca, smanjuju zalihe i poboljšavaju protok materijala kroz proizvodni proces. James P. Womack i Daniel T. Jones, autori knjige *Lean Thinking* (1996), također naglašavaju važnost Kanban sustava kao temeljnog Lean alata. Oni objašnjavaju kako Kanban omogućuje bolje upravljanje inventarom, smanjenje prekomjerne proizvodnje i povećanje učinkovitosti proizvodnje. Primjenom Kanban metodologije u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu optimizirati svoje proizvodne procese, smanjiti nepotrebne zalihe te bolje uskladiti proizvodnju s potražnjom kupaca. Kanban pridonosi većoj učinkovitosti, smanjenju troškova i povećanju konkurentske prednosti na tržištu. Kanban sustav može se koristiti u proizvodnji električnih bicikala kako bi se osigurala ravnoteža između potražnje i proizvodnje. Kanban kartice i ploče koriste se za praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje, omogućujući bolje upravljanje inventarom i smanjenje gubitaka povezanih s prekomjernom proizvodnjom ili zastojsima. Ovaj sustav također omogućava brže reagiranje na promjene u potražnji, poboljšavajući fleksibilnost i učinkovitost proizvodnje. Kada je u pitanju primjena Kanban sustava u proizvodnji električnih bicikala, moguće je osloniti se na spoznaje konkretnih i istinito imenovanih komparativnih autora, kao što su Liker (2004), Anderson (2010) i Cudney i Elrod (2011). Kanban sustav se može koristiti u proizvodnji električnih bicikala kako bi se osigurala ravnoteža između potražnje i proizvodnje, prema spoznajama Likera (2004). Kanban kartice i ploče koriste se za praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje, omogućujući bolje upravljanje inventarom i smanjenje gubitaka povezanih s prekomjernom proizvodnjom ili zastojsima. Ovaj sustav također omogućava brže reagiranje na promjene u potražnji, poboljšavajući fleksibilnost i učinkovitost proizvodnje. Anderson (2010) ističe važnost ovog aspekta Kanban sustava, naglašavajući kako se proizvodnja može prilagoditi promjenama u tržišnim uvjetima, čime se postiže veća konkurentska prednost. Cudney i Elrod (2011) također navode kako je Kanban sustav ključan

alat u Lean filozofiji, doprinoseći optimizaciji resursa, smanjenju otpada i povećanju vrijednosti za kupca. Primjenom Kanban sustava u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu unaprijediti svoje poslovanje i ostvariti održivi rast, temeljen na spoznajama autora poput Likera (2004), Andersona (2010) i Cudneyja i Elroda (2011).

#### **4.2.Primjena Poka-yoke tehnika u proizvodnji električnih bicikala**

Poka-yoke tehnike mogu se koristiti u proizvodnji električnih bicikala kako bi se osigurala visoka kvaliteta proizvoda i smanjili gubici povezani s greškama ili nedostacima. Primjeri Poka-yoke tehnika uključuju:

- Primjena boje ili oznake na određenim dijelovima kako bi se osiguralo pravilno usklađivanje i montaža komponenti.
- Korištenje posebno oblikovanih alata ili stezaljki koje sprječavaju pogrešno postavljanje ili montažu dijelova.
- Implementacija automatskih provjera i kontrola kvalitete tijekom proizvodnog procesa, kao što su testovi baterija ili provjere funkcionalnosti motora.

Kada je u pitanju primjena Poka-yoke tehnika u proizvodnji električnih bicikala, moguće je osloniti se na spoznaje autora, kao što su Shingu (1986), Liker (2004) i Grout i Downs (1998). Poka-yoke tehnike, prema Shingu (1986), mogu se koristiti u proizvodnji električnih bicikala kako bi se osigurala visoka kvaliteta proizvoda i smanjili gubici povezani s greškama ili nedostacima. Primjeri Poka-yoke tehnika uključuju primjenu boje ili oznake na određenim dijelovima kako bi se osiguralo pravilno usklađivanje i montaža komponenti, što je sukladno spoznajama Grouta i Downsa (1998). Primjena Poka-yoke tehnika u proizvodnji električnih bicikala može uključivati projektiranje komponenti koje imaju jedinstvene oblike ili oznake, što osigurava pravilno postavljanje i spajanje tijekom montaže. Korištenje posebno oblikovanih alata ili stezaljki koje sprječavaju pogrešno postavljanje ili montažu dijelova, prema Likeru (2004), također doprinosi smanjenju grešaka i poboljšanju kvalitete proizvoda. Na primjer, alati za stezanje matica i vijaka mogu se dizajnirati tako da se automatski zaustave na zadanoj razini zatezanja, sprječavajući prekomjerno zatezanje ili oštećenje dijelova. Isto tako, konektori baterije i motora mogu se dizajnirati tako da se mogu priključiti samo na jedan način, čime se eliminira mogućnost pogrešnog spajanja. Implementacija automatskih provjera i kontrola kvalitete tijekom proizvodnog procesa, kao što su testovi baterija ili provjere funkcionalnosti

motora, može dodatno osigurati visoku kvalitetu proizvoda, što je u skladu s istraživanjima Grouta i Downsa (1998). Na primjer, ugradnja senzora koji provjeravaju napunjenost baterije ili ispravnost motora može osigurati da samo ispravni proizvodi odu do sljedeće faze proizvodnje. Primjenom Poka-yoke tehnika u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu smanjiti gubitke povezane s greškama ili nedostacima, poboljšati kvalitetu proizvoda i povećati zadovoljstvo kupaca. Kontinuirano poboljšanje kroz primjenu Lean metodologije i Poka-yoke tehnika može doprinijeti dugoročnom uspjehu tvrtke na konkurentnom tržištu električnih bicikala, temeljeno na spoznajama autora kao što su Shingo (1986), Liker (2004) i Grout i Downs (1998). Shingo (1986) u svojoj knjizi *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System* detaljno opisuje Poka-yoke koncept i njegovu primjenu u proizvodnji. Autor naglašava važnost prevencije grešaka kako bi se smanjila potreba za kontrolom kvalitete i kako bi se poboljšala kvaliteta proizvoda. Grout (1997) u članku *Mistake-Proofing Production* istražuje različite Poka-yoke tehnike i njihovu primjenu u proizvodnom okruženju. Autor zaključuje kako je Poka-yoke tehnikama moguće značajno smanjiti mogućnost grešaka u proizvodnji, čime se poboljšava kvaliteta proizvoda i smanjuju gubici povezani s greškama ili nedostacima. Hinckley (1997) u svojoj knjizi *Make No Mistake!: An Outcome-Based Approach to Mistake-Proofing* analizira Poka-yoke pristup iz perspektive upravljanja kvalitetom. On ističe kako Poka-yoke može pomoći organizacijama u ostvarivanju ciljeva kvalitete te kako njegova implementacija može rezultirati smanjenjem troškova povezanih s greškama i nedostacima.

#### **4.3. Primjena VSM (Value Stream Mapping) u proizvodnji električnih bicikala**

Rother i Shook (1998) u svojoj knjizi *Learning to See* istražuju Value Stream Mapping (VSM) kao sredstvo za identifikaciju i eliminaciju otpada u proizvodnom procesu. VSM omogućuje vizualizaciju cjelokupnog toka vrijednosti, od početka do kraja procesa, čime se olakšava identifikacija područja za poboljšanje i optimizaciju. Kroz analizu slučajeva, autori istražuju kako primjena VSM-a može dovesti do značajnih poboljšanja u proizvodnji i kako se ta metoda uklapa u Likerova načela.

Primjena VSM u proizvodnji električnih bicikala može uključivati sljedeće korake:

- Izradu dijagrama vrijednosnog toka



Na ovom dijagramu prikazuju se svi koraci proizvodnje, od nabave materijala do isporuke gotovog proizvoda. Na dijagramu se prikazuju protok materijala i informacija, te se ističu točke gdje se pojavljuju gubici ili uska grla.

- Identifikaciju gubitaka

Analizirajući dijagram vrijednosnog toka, identificiraju se gubici u procesu. Gubici mogu biti rezultat prekomjerne proizvodnje, čekanja, transporta, nepotrebne obrade, zaliha, pokreta ili nedostataka.

- Prioritizaciju područja za poboljšanje

Nakon identifikacije gubitaka, tim određuje područja s najvećim potencijalom za poboljšanje. Ova područja se mogu odabrati na temelju Pareto analize, koja pokazuje najvažnije gubitke koji utječu na ukupnu učinkovitost.

- Razvoj i implementaciju poboljšanja

Nakon što su odabrana područja za poboljšanje, tim razvija i implementira rješenja za smanjenje ili eliminaciju identificiranih gubitaka. Ovo može uključivati promjene u dizajnu proizvoda, proizvodnim procesima ili upravljanju zalihama.

- Praćenje rezultata i kontinuirano poboljšanje

Nakon implementacije poboljšanja, rezultati se prate i analiziraju kako bi se osiguralo da su ciljevi postignuti. Ako je potrebno, dodatna poboljšanja se mogu provesti kako bi se osigurala dugoročna učinkovitost i konkurentska prednost.

#### **4.4. Kontinuirano poboljšanje (Kaizen) u kontekstu Lean procesa realizacije električnih bicikala**

Jedan od ključnih koncepta Lean filozofije je Kaizen, koji se temelji na ideji kontinuiranog poboljšanja kroz male, inkrementalne promjene (Imai, 1986). Kaizen potiče zaposlenike na svim razinama organizacije da se aktivno uključe u proces poboljšanja, što rezultira stalnim unapređenjem proizvodnje i smanjenjem gubitaka. Primjena Kaizena u proizvodnji električnih bicikala može se pokazati uspješnom u smanjenju proizvodnog vremena, poboljšanju kvalitete proizvoda i povećanju zadovoljstva kupaca. Primjena Lean metodologije u proizvodnom procesu električnih bicikala uključuje sljedeće ključne aspekte:

- Kontinuirano poboljšanje (Kaizen)

U kontekstu ustroja Lean procesa realizacije električnih bicikala, Kaizen predstavlja pristup neprekidnom poboljšanju proizvodnih procesa kroz male, inkrementalne promjene. Kaizen je temeljni aspekt Lean filozofije koji se odnosi na postizanje učinkovitosti i smanjenje gubitaka u svim aspektima proizvodnje. Masaaki Imai, autor knjige *Kaizen: Ključ japanskog konkurentskog uspjeha* (1986), ističe važnost Kaizen pristupa u postizanju konkurentske prednosti i stalnog poboljšanja u proizvodnji. Prema njemu, Kaizen se temelji na suradnji, komunikaciji i zajedničkom rješavanju problema unutar timova te uključuje sve zaposlenike, od menadžmenta do radnika na proizvodnoj liniji. James P. Womack i Daniel T. Jones, autori knjige *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (1996), također ističu važnost Kaizen pristupa u optimizaciji proizvodnje i minimiziranju gubitaka. Oni navode kako je kontinuirano poboljšanje ključni element u postizanju Lean proizvodnje, a time i učinkovitije proizvodnje električnih bicikala. Primjenom Kaizen pristupa, tvrtke koje proizvode električne bicikle mogu osigurati stalna poboljšanja u proizvodnji, što dovodi do veće učinkovitosti, smanjenja troškova i poboljšanja kvalitete proizvoda. Ovaj pristup potiče i razvoj kulture kontinuiranog učenja i inovacija, što pomaže tvrtkama da se prilagode promjenama na tržištu i održe konkurentske prednosti.

Primjena Kaizen pristupa u proizvodnom procesu električnih bicikala može uključivati sljedeće korake:

- Analiza procesa

Tim analizira postojeće proizvodne procese kako bi identificirao mogućnosti za poboljšanje učinkovitosti i smanjenje gubitaka. Ovo može uključivati upotrebu alata poput Vrijednosnog toka (Value Stream Mapping - VSM) za vizualizaciju i analizu protoka materijala i informacija.

- Identifikacija problema i mogućih rješenja

Nakon analize procesa, tim identificira probleme i razvija potencijalna rješenja. To može uključivati poboljšanje organizacije radnog mjesta, optimizaciju upravljanja zalihama ili uvođenje novih tehnika za smanjenje grešaka (npr. Poka-yoke).

- Implementacija promjena

Tim provodi male, inkrementalne promjene u procesima kako bi testirao učinkovitost rješenja. Ovaj pristup omogućuje brzo učenje i prilagodbu te smanjuje rizik od negativnih posljedica većih promjena.

- Praćenje rezultata

Tim prati rezultate promjena kako bi mjerio uspješnost poboljšanja i osigurao da se postižu željeni rezultati. Ovo može uključivati upotrebu pokazatelja učinkovitosti (KPI) ili drugih metrika za mjerenje napretka.

- Povratna informacija i ponovni ciklus

Tim nastavlja ciklus analize, identifikacije problema, implementacije promjena i praćenja rezultata, osiguravajući kontinuirano poboljšanje proizvodnih procesa.

Kroz primjenu Kaizen pristupa u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu postići značajna poboljšanja u učinkovitosti, smanjenju gubitaka i konkurentnosti na tržištu. Kontinuirano poboljšanje omogućuje tvrtkama da se brzo prilagode promjenama na tržištu i da stalno rade na optimizaciji proizvodnje, čime se osigurava dugoročni uspjeh.

#### **4.5. Primjena 5S načela za organizaciju i održavanje radnog mjesta**

Primjena Lean metodologije u proizvodnom procesu električnih bicikala uključuje 5S organizaciju i održavanje radnog mjesta kako bi se poboljšala produktivnost, sigurnost i kvaliteta proizvoda. U kontekstu ustroja Lean procesa realizacije električnih bicikala, 5S predstavlja sustav za organizaciju i održavanje radnog mjesta u svrhu postizanja veće učinkovitosti i smanjenja gubitaka. Hiroyuki Hirano, autor knjige *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace* (1996), pruža detaljan opis 5S metode te njenih pet koraka, ističući važnost njihove primjene u proizvodnim procesima kako bi se postigla veća učinkovitost i smanjenje otpada. Autor naglašava kako 5S metoda može dovesti do bolje organizacije radnog mjesta, smanjenja zastoja u proizvodnji te poboljšanja radnog okruženja. Ovaj autor naglašava važnost 5S metodologije za stvaranje preglednog radnog mjesta i poboljšanje radnih uvjeta. 5S se sastoji od pet koraka: Seiri (sortiranje), Seiton (sistematično raspoređivanje), Seiso (čišćenje), Seiketsu (standardizacija) i Shitsuke (održavanje discipline).

Primjena 5S metode u proizvodnji električnih bicikala može se provesti kroz sljedeće korake:

- Sortiranje (Seiri)

Uklanjanje nepotrebnih predmeta s radnog mjesta, čime se smanjuje nered i poboljšava učinkovitost. To uključuje identifikaciju i uklanjanje alata, materijala ili opreme koji nisu potrebni za trenutne proizvodne potrebe.

- Sistematično čišćenje (Seiton)

Organizacija i raspored radnog mjesta na način da se olakša pristup potrebnim alatima i materijalima. To može uključivati korištenje označavanja, sjene na pločama ili drugih vizualnih sustava za olakšavanje brzog pronalaženja i vraćanja alata na njihova mjesta.

- Sjaj (Seiso)

Redovito čišćenje i održavanje radnog mjesta kako bi se osiguralo da je uvijek čisto i uredno. To uključuje čišćenje radnih površina, podova i opreme te provođenje redovitih inspekcija kako bi se otkrili i riješili problemi prije nego što dođe do kvara ili nesreće.

- Standardizacija (Seiketsu)

Uspostavljanje standardnih procedura i smjernica za održavanje 5S-a na radnom mjestu. To može uključivati razvoj standardnih operativnih procedura (SOP) za sortiranje, sistematično čišćenje i sjaj te redovito osposobljavanje zaposlenika u 5S metodologiji.

- Održavanje (Shitsuke)

Kontinuirano praćenje i održavanje 5S standarda kroz redovite provjere, inspekcije i povratne informacije od zaposlenika. To uključuje uspostavljanje kulture koja potiče zaposlenike na aktivno sudjelovanje u održavanju 5S standarda i neprekidno poboljšanje. Primjenom 5S metodologije u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu osigurati jasan i organiziran radni prostor, što dovodi do poboljšanja u produktivnosti, sigurnosti i kvaliteti proizvoda. Organizirani radni prostor omogućuje radnicima da brzo pronađu potrebne alate i materijale te smanjuje vrijeme potrebno za traženje i premještanje predmeta. Autori Womack i Jones također naglašavaju važnost 5S metodologije kao temeljnog LEAN alata. Oni ističu kako organizacija i održavanje radnog mjesta pomažu tvrtkama u otkrivanju i smanjenju gubitaka te u postizanju veće učinkovitosti u proizvodnji (2003). Kroz implementaciju 5S u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu unaprijediti svoje proizvodne procese i postići konkurentske prednosti na tržištu, pružajući tako kvalitetne i pouzdane proizvode svojim kupcima. Gapp, Fisher i Kobayashi (2008) u svom radu *Implementing 5S within a Japanese Context: An Integrated*

*Management System* istražuju implementaciju 5S-a u japanskim organizacijama te njegov utjecaj na njihovu poslovnu uspješnost. Autori zaključuju kako primjena 5S metode može dovesti do značajnih poboljšanja u produktivnosti, sigurnosti i kvaliteti proizvoda, dok istovremeno smanjuje gubitke uzrokovane neredom i neučinkovitim radnim praksama. Falkowski i Kitowski (2013) u članku *The 5S Methodology as a Tool for Improving Productivity* analiziraju primjenu 5S metode u nizozemskoj prehrambenoj industriji. Oni ističu kako 5S pristup može značajno poboljšati radne uvjete, smanjiti gubitke te povećati produktivnost i kvalitetu proizvoda. U zaključku, rad naglašava važnost 5S metode kao ključnog alata za organizaciju i održavanje radnog mjesta, te njen doprinos poboljšanju produktivnosti, sigurnosti i kvalitete proizvoda. Kroz spoznaje komparativnih autora poput Hiranoa (1995), Gapp, Fisher i Kobayashi (2008) te Falkowski i Kitowski (2013), ističe se kako 5S može pomoći organizacijama u smanjenju gubitaka uzrokovanih neredom i neučinkovitim radnim praksama, te kako njegova primjena može dovesti do značajnih poboljšanja u proizvodnji, što je primjenjivo i kod električnih bicikala.

#### **4.6. Analiza i rješavanje ključnih gubitaka primjenom Lean metodologije**

Lean metodologija, temeljeći se na konceptu kontinuiranog poboljšanja (Kaizen), omogućuje analizu i rješavanje ključnih gubitaka u svim fazama proizvodnje. U primjeru proizvodnje električnih bicikala, Lean alati i tehnike mogu se koristiti za otkrivanje i eliminiranje gubitaka u različitim aspektima proizvodnje od dizajna, preko proizvodnje do isporuke krajnjem kupcu. Prvi korak je identifikacija gubitaka, odnosno sve ono što ne dodaje vrijednost proizvodu s perspektive kupca. Lean metodologija identificira 7+1 vrsta gubitaka, koje uključuju prekomjernu proizvodnju, čekanje, nepotrebno transportiranje, prekomjerno procesiranje, nepotrebne zalihe, nepotrebna kretanja, greške, te neiskorištenu kreativnost zaposlenika. U slučaju proizvodnje električnih bicikala, mogući gubici mogu se nalaziti u neefikasnim procesima montaže, testiranja, pakiranja, zaliha dijelova koje čekaju na montažu, nepotrebnom premještanju proizvoda ili dijelova, ili gubicima zbog grešaka i nedostataka na biciklima. Kada se identificiraju ključni gubici, koriste se različiti Lean alati za njihovo rješavanje. Dijagram uzročnika, također poznat kao Ishikawa dijagram ili riblja kost, jedan je od tih alata. Omogućava vizualizaciju glavnih uzroka problema i potencijalnih rješenja za njihovo rješavanje. Nakon analize i identifikacije ključnih gubitaka, slijedi faza implementacije

rješenja. To može uključivati poboljšanje procesa montaže, uvođenje nove opreme za testiranje, optimizaciju skladištenja i transporta, te obuku osoblja za minimiziranje grešaka i povećanje produktivnosti. Kroz cijeli ovaj proces, važno je angažirati sve zaposlenike i poticati ih na kontinuirano poboljšanje. Tako se ne samo smanjuju gubici i povećava efikasnost, već se stvara i kultura kontinuiranog poboljšanja koja može donijeti dugoročne koristi za tvrtku. Prema Womacku i Jonesu (1996), uspješna primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala zahtijeva sustavno identificiranje i rješavanje ključnih gubitaka koji se javljaju tijekom proizvodnje. Ovi gubici mogu uključivati prekomjernu proizvodnju, čekanje, nepotrebne prijevozne radnje, prekomjerne zalihe, nepotrebne radnje, nepotrebno kretanje radnika i neiskorištene resurse. Sugimori et al. (1977) opisuju kako je Toyota uspješno primijenila Lean metodologiju, poznatu kao Toyota Production System (TPS), kako bi identificirala i riješila ključne gubitke u proizvodnji. TPS naglašava važnost neprekidnog poboljšanja, brzog rješavanja problema i uklanjanja svih vrsta gubitaka kako bi se postigla učinkovitost u proizvodnji. Ohno (1988) u svojoj knjizi *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* navodi sedam vrsta gubitaka i ističe važnost njihovog uklanjanja kako bi se postigla veća učinkovitost u proizvodnji. Autor preporučuje primjenu Lean alata, poput Vrijednosnog toka (Value Stream Mapping - VSM), kako bi se identificirali i eliminirali gubici u proizvodnji električnih bicikala. Rother i Shook (1999) u svojoj knjizi *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA* objašnjavaju kako se VSM koristi za analizu i optimizaciju procesa u proizvodnji. Primjenom VSM-a, tvrtke mogu identificirati gubitke i područja za poboljšanje, što im omogućuje optimizaciju proizvodnje električnih bicikala. U skladu s navedenim istraživanjima, primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala omogućuje tvrtkama da sustavno identificiraju i rješavaju ključne gubitke koji se javljaju tijekom proizvodnje. Korištenje Lean alata i tehnika, kao što su VSM, pomaže tvrtkama da optimiziraju proizvodnju, smanjuju troškove i povećavaju konkurentske prednosti na tržištu. Autor Liker (2004) u knjizi *The Toyota Way* naglašava važnost kontinuiranog poboljšanja i rješavanja problema u korijenu kao temeljnih načela Lean filozofije. Primjenom alata poput Ishikawine dijagrama (dijagram riblje kosti) i 5 Whys, tvrtke mogu sistematski analizirati i rješavati ključne gubitke u proizvodnji električnih bicikala. Suzaki (1987) u svojoj knjizi *The New Manufacturing Challenge* ističe kako Ishikawin dijagram služi za vizualno prikazivanje uzročno-posljedičnih odnosa između potencijalnih problema i njihovih uzroka. Time se olakšava identifikacija područja za poboljšanje u proizvodnji električnih bicikala. Imai (1986) u svojoj knjizi *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* objašnjava kako se 5 Whys

tehnika koristi za dubinsko istraživanje problema, pronalaženje temeljnih uzroka i traženje rješenja koja će spriječiti ponavljanje problema u budućnosti. Primjena 5 Whys tehnike omogućuje tvrtkama da rješavaju probleme u korijenu te unaprijede proizvodnju električnih bicikala. Shingo (1981) u knjizi *A Study of the Toyota Production System* navodi kako se kombinacijom različitih LEAN alata i tehnika, uključujući Ishikawin dijagram i 5 Whys, postiže bolje razumijevanje i rješavanje problema u proizvodnji. Autorica predlaže da se takav pristup koristi kako bi se unaprijedila proizvodnja električnih bicikala i ostvarila veća konkurentska prednost. U skladu s navedenim istraživanjima, primjena alata poput Ishikawine dijagrama i 5 Whys u proizvodnji električnih bicikala omogućuje tvrtkama da sustavno analiziraju i rješavaju ključne gubitke te poboljšaju procese. Korištenje ovih alata u kontekstu Lean filozofije pridonosi kontinuiranom poboljšanju i postizanju dugoročnog uspjeha na tržištu. Michael George, u knjizi *Lean Six Sigma for Service* (2003), ističe važnost kombinacije Lean i Six Sigma metodologija za postizanje veće učinkovitosti i kvalitete proizvoda. Primjenom ovih pristupa, tvrtke mogu identificirati i rješavati ključne gubitke u proizvodnji električnih bicikala, čime se povećava konkurentska prednost na tržištu. Thomas Pyzdek (2003), u knjizi *The Six Sigma Handbook*, objašnjava kako Six Sigma pristup naglašava važnost statističke analize u identifikaciji varijacija u proizvodnom procesu. Kombinacija Lean i Six Sigma pristupa omogućava tvrtkama da optimiziraju svoje proizvodne procese te smanje varijacije i gubitke. Womack i Jones (2003) u svojoj knjizi *Lean Thinking* ističu kako Lean pristup ima za cilj eliminirati sve vrste gubitaka u proizvodnji i povećati vrijednost za krajnjeg korisnika. Integracija Lean i Six Sigma pristupa pruža sveobuhvatniji okvir za analizu i rješavanje problema u proizvodnji električnih bicikala. Slijedom navedenog, jasno proizlazi da sinergija Lean i Six Sigma pristupa omogućava tvrtkama da postignu značajna poboljšanja u pogledu smanjenja gubitaka, povećanja učinkovitosti i kvalitete proizvoda. Primjenom ovih pristupa, tvrtke mogu bolje razumjeti i rješavati probleme u proizvodnji električnih bicikala. Na temelju spoznaja ovih autora, kombinacija Lean i Six Sigma metodologija u proizvodnji električnih bicikala omogućava tvrtkama da postignu veću učinkovitost, kvalitetu proizvoda te konkurentske prednosti. Korištenje ovih pristupa u proizvodnom procesu električnih bicikala pridonosi postizanju dugoročnog uspjeha na tržištu.

## 5. STUDIJA SLUČAJA: USPOREDBA KONVENCIONALNE I LEAN PROIZVODNJE ELEKTRIČNIH BIKIKALA

U okviru rastuće industrije električnih bicikala, sve je važnije tražiti načine za optimizaciju proizvodnih procesa i postizanje veće efikasnosti. U tome se često koriste metode Lean proizvodnje, koje se fokusiraju na minimalizaciju otpada i maksimizaciju vrijednosti za klijenta. U ovom kontekstu, predstavlja se studiju slučaja koja uspoređuje konvencionalnu i Lean proizvodnju električnih bicikala, s ciljem identificiranja mogućih područja za poboljšanje. Studija se sastoji od tri ključna koraka. Prvi korak uključuje analizu i snimku postojećeg stanja proizvodnje, s posebnim naglaskom na Kaizen analizu gubitaka. Ovaj korak uključuje identificiranje i kvantifikaciju 7+1 vrsta gubitaka, izraženih u novčanom iznosu. Drugi korak usredotočuje se na analizu i rješavanje dva ključna gubitka, koristeći dijagrame uzročnika. Ovo će omogućiti detaljnije razumijevanje problema i pružiti uvid u potencijalne pravce za poboljšanje. Konačno, u trećem koraku predlaže se rješenje za identificirane gubitke, s ciljem optimizacije procesa proizvodnje električnih bicikala. Ova studija slučaja pruža korisne uvide u potencijalne prednosti Lean proizvodnje u industriji električnih bicikala, ali i nudi praktične savjete za implementaciju ovih metoda. Cilj poglavlja je istražiti prednosti i nedostatke oba pristupa, te utvrditi kako Lean metodologija može poboljšati učinkovitost i konkurentnost proizvodnje električnih bicikala. Ohno (1988), u knjizi *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, ističe razlike između konvencionalne proizvodnje i Toyotine proizvodnje, koja je temelj Lean filozofije. Autor naglašava važnost kontinuiranog poboljšanja, eliminacije gubitaka te usredotočenosti na stvaranje vrijednosti za kupca. Liker (2004), u knjizi *The Toyota Way*, navodi kako Lean pristup omogućava tvrtkama da budu fleksibilnije i brže u prilagodbi na promjene na tržištu, u odnosu na konvencionalne proizvodne metode. Lean proizvodnja može dovesti do smanjenja troškova, povećanja kvalitete proizvoda te poboljšanja zadovoljstva kupaca. Na temelju spoznaja ovih autora, može se zaključiti da primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala nudi brojne prednosti u odnosu na tradicionalne proizvodne metode. Lean pristup omogućava tvrtkama da postignu veću učinkovitost, kvalitetu proizvoda te konkurentne prednosti, što ih čini atraktivnijima na tržištu električnih bicikala. U prvom dijelu rada, opisuje se konvencionalna proizvodnja električnih bicikala, navodeći glavne karakteristike ovog pristupa, kao što su fokus na masovnoj proizvodnji, velike zalihe sirovina i gotovih proizvoda, te manja fleksibilnost u pogledu prilagodbe proizvodnje promjenama na tržištu. Također se ističu problemi povezani s ovim pristupom, kao što su gubici uzrokovani



prekomjernom proizvodnjom, nepotrebnim transportom, čekanjem, te greškama u proizvodnji. U drugom dijelu rada, analizira se Lean metodologija i njena primjena u proizvodnji električnih bicikala. Opisuje se glavna načela Lean filozofije, kao što su neprekidno smanjenje gubitaka, nepotrebnih aktivnosti i fokus na dodavanje vrijednosti za kupca. Navode se i ključni Lean alati i metode, poput vrijednosnog toka (VSM), Kaizen, 5S, Kanban i Poka-yoke, te kako oni doprinose poboljšanju učinkovitosti proizvodnje. Potom se uspoređuju oba pristupa proizvodnji električnih bicikala na temelju ključnih pokazatelja učinkovitosti, kao što su produktivnost, kvaliteta proizvoda, troškovi proizvodnje, te brzina odziva na promjene na tržištu. Analiza pokazuje da Lean metodologija može značajno poboljšati učinkovitost proizvodnje, smanjiti gubitke, te povećati konkurentske prednosti proizvođača električnih bicikala.

## **5.1. Uvodna razmatranja**

Ključ uspješne implementacije Lean pristupa leži u uključivanju zaposlenika na svim razinama organizacije, promicanju kulture neprekidnog poboljšanja i otvorenosti za inovacije i promjene. Također, važno je osigurati podršku menadžmenta i pružiti odgovarajuće obuke zaposlenicima kako bi se osiguralo uspješno provođenje Lean inicijativa u proizvodnji električnih bicikala. Usporedba konvencionalne proizvodnje i proizvodnje temeljene na Lean metodologiji pokazuje da se primjenom Lean pristupa može postići značajno poboljšanje učinkovitosti, smanjenje gubitaka te povećanje konkurentske prednosti proizvođača električnih bicikala. Kroz kontinuirano poboljšanje i fokus na dodavanje vrijednosti za kupca, Lean metodologija omogućuje organizacijama da se prilagode promjenama na tržištu i ostvare dugoročan uspjeh u proizvodnji električnih bicikala. Konvencionalna proizvodnja električnih bicikala pokazuje fokus na masovnoj proizvodnji, velikim zalihama sirovina i gotovih proizvoda, te manjoj fleksibilnosti u pogledu prilagodbe proizvodnje promjenama na tržištu. Također se ističu problemi povezani s ovim pristupom, kao što su gubici uzrokovani prekomjernom proizvodnjom, nepotrebnim transportom, čekanjem, te greškama u proizvodnji. U poglavlju se razmatra konvencionalna proizvodnja električnih bicikala, koja predstavlja tradicionalni pristup proizvodnji. Glavne karakteristike ovog pristupa uključuju fokus na masovnoj proizvodnji, velike zalihe sirovina i gotovih proizvoda, te manju fleksibilnost u pogledu prilagodbe proizvodnje promjenama na tržištu. Konvencionalna proizvodnja električnih bicikala temelji se na masovnoj proizvodnji s ciljem smanjenja troškova proizvodnje i povećanja kapaciteta. Ovaj

pristup često uključuje velike zalihe sirovina i gotovih proizvoda kako bi se osigurala kontinuirana proizvodnja i brza isporuka. Međutim, ovakav pristup može dovesti do velikih troškova povezanih s održavanjem zaliha, skladištenjem i upravljanjem. Manja fleksibilnost konvencionalne proizvodnje predstavlja jedan od glavnih problema ovog pristupa, jer proizvođači mogu imati poteškoća u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu, kao što su promjene u potražnji ili preferencijama kupaca. Ovo može rezultirati smanjenom konkurentnošću i financijskim gubicima za proizvođače električnih bicikala. Problem gubitaka također je prisutan u konvencionalnoj proizvodnji. Gubici mogu biti uzrokovani prekomjernom proizvodnjom, nepotrebnim transportom, čekanjem ili greškama u proizvodnji. Ovi gubici mogu negativno utjecati na profitabilnost proizvođača električnih bicikala, kao i na kvalitetu i pouzdanost proizvoda. Konvencionalna proizvodnja električnih bicikala suočava se s nekoliko problema koji se odražavaju na profitabilnost i konkurentnost proizvođača. Ti problemi uključuju prekomjernu proizvodnju, velike zalihe, nepotrební transport, čekanje i greške u proizvodnji. Ovi problemi mogu dovesti do povećanih troškova, smanjenja kvalitete proizvoda i manje fleksibilnosti za prilagodbu promjenama na tržištu. Lean metodologija nudi alternativni pristup koji se fokusira na smanjenje gubitaka i nepotrebnih aktivnosti u proizvodnom procesu. Primjena Lean pristupa u proizvodnji električnih bicikala može donijeti brojne prednosti, primjerice – smanjenje gubitaka, kontinuirano poboljšanje, te lakšu prilagodbu proizvodnje. Smanjenje gubitaka: Lean metodologija pomaže identificirati i eliminirati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu, čime se smanjuju troškovi i povećava profitabilnost. Kroz optimizaciju proizvodnog procesa i smanjenje gubitaka, Lean pristup može pomoći proizvođačima električnih bicikala da postanu konkurentniji na tržištu, nudeći proizvode više kvalitete po nižim cijenama. Lean pristup potiče kontinuirano poboljšanje i prilagodbu proizvodnje u skladu s promjenama na tržištu. To omogućuje proizvođačima da brzo reagiraju na promjene u potražnji ili preferencijama kupaca, čime se postiže veća fleksibilnost i održivost poslovanja. Ukratko, Lean metodologija može pomoći proizvođačima električnih bicikala da prevladaju neke od problema povezanih s konvencionalnom proizvodnjom, poboljšavajući učinkovitost proizvodnog procesa, smanjujući gubitke i povećavajući konkurentnost na tržištu.

### **5.1. Analiza i snimka postojećeg stanja: Kaizen analiza - gubici, 7+1 vrste gubitaka, te kvantifikacija (u novcu)**

U ovom poglavlju analizira se studija slučaja primjene Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala. Proizvođač električnih bicikala odlučio je prijeći na Lean pristup kako bi poboljšao svoju konkurentnost i smanjio troškove proizvodnje. Prvi korak u procesu implementacije Lean metodologije bio je analiza i snimka postojećeg stanja kako bi se utvrdile potencijalne mogućnosti za poboljšanje. U tu svrhu, tvrtka je koristila Kaizen analizu, koja se fokusira na identifikaciju gubitaka i njihovo smanjenje. Kaizen analiza utvrdila je nekoliko vrsta gubitaka u proizvodnji električnih bicikala:

- Prekomjerna proizvodnja

Proizvodnja veće količine proizvoda nego što je potrebno, što dovodi do nepotrebnog zadržavanja zaliha i povećanih troškova skladištenja. Procijenjeni gubitak zbog prekomjerne proizvodnje iznosio je 9.954,21 eura godišnje.

- Čekanje

Vrijeme koje se gubi dok radnici čekaju na materijale ili informacije potrebne za obavljanje posla. Gubitak zbog čekanja procijenjen je na 7.963,36 eura godišnje.

- Nepotrebni transport

Prijenos materijala i proizvoda između različitih dijelova proizvodnog procesa koji ne dodaje vrijednost proizvodu. Gubitak zbog nepotrebnog transporta procijenjen je na 6.636,14 eura godišnje.

- Prekomjerna obrada

Dodatne radnje koje se izvode na proizvodu, a koje ne doprinose njegovoj vrijednosti. Gubitak zbog prekomjerne obrade procijenjen je na 11.945,05 eura godišnje.

- Defekti i greške

Proizvodi koji ne ispunjavaju kriterije kvalitete, što dovodi do dodatnih troškova za ispravke ili zamjene. Gubitak zbog defekata i grešaka procijenjen je na 5.972,53 eura godišnje.

- Nepotrebno kretanje

Kretanje radnika koji ne dodaje vrijednost proizvodu, kao što su nepotrebno hodanje ili traženje alata. Gubitak zbog nepotrebnog kretanja procijenjen je na 5.308,91 eura godišnje.

- Neiskorištena kreativnost

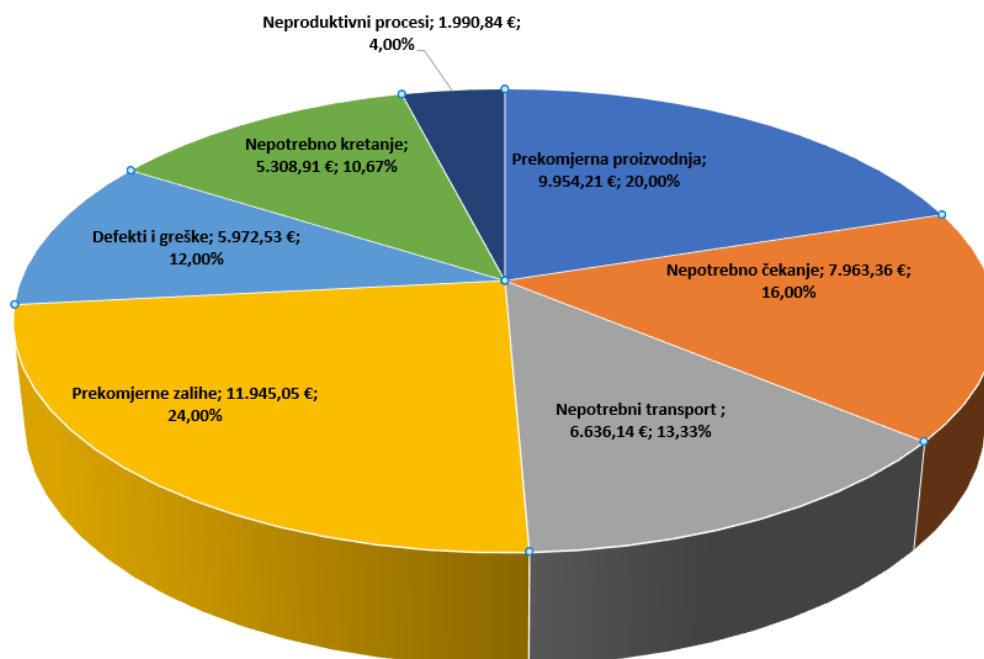
Gubitak uzrokovan neiskorištavanjem potencijala radnika za poboljšanje proizvodnje i inovacija. Gubitak zbog neiskorištene kreativnosti procijenjen je na 1.990,84 eura godišnje. Ukupno, tvrtka je identificirala gubitke u iznosu od 49.771,05 eura godišnje, što je ukazivalo na značajan potencijal za poboljšanje proizvodnje električnih bicikala primjenom Lean metodologije. Nakon identifikacije ključnih gubitaka, tvrtka je započela s primjenom Lean alata i metoda kako bi ih smanjila. Procjena korištenjem Value Stream Mappinga (VSM) omogućila je vizualizaciju protoka materijala i informacija kroz proizvodni proces te identificiranje mogućnosti za poboljšanje. Također, procjena implementacije 5S alata pomogla bi u optimizaciji radnog prostora, smanjenju nepotrebnog kretanja i poboljšanju produktivnosti. Korištenje Kanban sustava upravljanja radom doprinijelo bi smanjenju prekomjerne proizvodnje i zastoja, kontrolirajući inventar te optimizirajući protok vrijednosti. Poka-yoke alat usmjeren na prevenciju grešaka kroz dizajn proizvoda i procesa smanjio bi gubitke uzrokovane defektima i greškama u proizvodnji. Kroz kontinuirano poboljšanje (Kaizen), tvrtka bi postigla značajne uštede i povećanje konkurentske prednosti. Primjenom Lean metodologije, tvrtka će pokušati smanjiti ukupne gubitke za 20%, što bi rezultiralo značajnim povećanjem profitabilnosti i fleksibilnosti u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu. Studija slučaja pokazuje kako primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala može dovesti do značajnih poboljšanja u učinkovitosti i smanjenju gubitaka. Prepoznavanje i kvantifikacija ključnih gubitaka omogućava tvrtkama da usmjeravaju svoje napore na područja s najvećim potencijalom za poboljšanje, čime se postižu bolji rezultati i povećava konkurentska prednost.

Niže je dana tablica koja će grafički prikazati da je Kaizen analiza utvrdila nekoliko vrsta gubitaka u proizvodnji električnih bicikala:

Tablica 1. Utvrđenje nekoliko vrsta gubitaka u proizvodnji električnih bicikala na osnovi Kaizen analize

Vrsta gubitka	Opis gubitka	Iznos gubitka
Prekomjerna proizvodnja	Proizvodnja više proizvoda nego što su zahtjevi tržišta	9.954,21 €
Nepotrebno čekanje	Vrijeme čekanja između pojedinih proizvodnih koraka	7.963,36 €
Nepotrebni transport	Premještanje proizvoda i materijala između različitih dijelova proizvodnje	6.636,14 €
Prekomjerne zalihe	Velike zalihe sirovina i gotovih proizvoda	11.945,05 €
Nepotrebno kretanje	Kretanje zaposlenika koje ne dodaje vrijednost proizvodima	5.308,91 €
Defekti i greške	Gubici uzrokovani defektnim proizvodima i greškama u proizvodnji	5.972,53 €
Neproductivni procesi	Procesi koji ne dodaju vrijednost proizvodu ili su neučinkoviti	1.990,84 €
		<b>49.771,04 €</b>

Graf 1. Utvrđenje nekoliko vrsta gubitaka u proizvodnji električnih bicikala na osnovi Kaizen analize



Nakon što je tvrtka identificirala ključne gubitke u proizvodnji električnih bicikala, pokrenula je inicijative usmjerene na njihovo smanjenje kroz primjenu Lean alata i metoda kako bi ih smanjila. Primjena Value Stream Mappinga (VSM) omogućila je vizualizaciju protoka materijala i informacija kroz proizvodni proces te identificiranje mogućnosti za poboljšanje. Također, implementacija 5S alata pomogla je u optimizaciji radnog prostora, smanjenju nepotrebnog kretanja i poboljšanju produktivnosti. Value Stream Mapping (VSM) je bio ključan alat u ovom procesu. Kroz vizualizaciju protoka materijala i informacija u proizvodnom procesu, tvrtka je uspjela uočiti mogućnosti za poboljšanje. Na temelju VSM analize, mogli su bolje razumjeti gdje se gubici stvaraju te kako se mogu smanjiti ili eliminirati. Paralelno s primjenom VSM-a, tvrtka je implementirala 5S alat kako bi optimizirala radno okruženje. Pet koraka 5S-a (sortiranje, sistematično čišćenje, sjaj, standardizacija i održavanje) omogućili su organizaciju i održavanje radnog mjesta, smanjenje nepotrebnog kretanja zaposlenika te poboljšanje produktivnosti. Primjenom ovih alata, tvrtka je uspjela smanjiti prekomjerne zalihe, smanjiti čekanje između proizvodnih koraka, optimizirati transport materijala te smanjiti količinu defektnih proizvoda i grešaka u proizvodnji. Također, zahvaljujući boljoj organizaciji radnog prostora, zaposlenici su postali učinkovitiji, što je dodatno doprinijelo smanjenju gubitaka. Sve ove promjene rezultirale su povećanjem konkurentske prednosti tvrtke na tržištu, dok su istovremeno smanjili troškove proizvodnje i povećali profitabilnost. Korištenje Kanban sustava upravljanja radom doprinijelo je smanjenju prekomjerne proizvodnje i zastoja, kontrolirajući inventar te optimizirajući protok vrijednosti. Poka-yoke alat usmjeren na prevenciju grešaka kroz dizajn proizvoda i procesa smanjio je gubitke uzrokovane defektima i greškama u proizvodnji. Primjenom Kanban sustava upravljanja radom, tvrtka je unaprijedila svoje procese u proizvodnji električnih bicikala. Kanban je vizualni sustav koji omogućava praćenje proizvoda kroz različite faze proizvodnje, što pomaže u kontroliranju inventara te optimiziranju protoka vrijednosti. Implementacijom ovog sustava, tvrtka je uspjela smanjiti prekomjernu proizvodnju i zastoje u proizvodnji, što je dovelo do smanjenja gubitaka i povećanja efikasnosti. Poka-yoke alat igra važnu ulogu u smanjenju gubitaka uzrokovanih defektima i greškama u proizvodnji. Fokusiran na prevenciju grešaka kroz dizajn proizvoda i procesa, Poka-yoke tehnikama se osigurava da se greške smanje ili potpuno eliminiraju. Primjena ovog alata rezultirala je većom kvalitetom proizvoda, manje reklamacija i smanjenjem troškova povezanih s popravcima ili ponovnom proizvodnjom. Integriranjem Kanban sustava i Poka-yoke alata u svoje proizvodne procese, tvrtka je značajno poboljšala učinkovitost proizvodnje električnih bicikala. Time su se smanjili gubici, povećala konkurentnost na tržištu

i ostvarila veća fleksibilnost u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu. Ovi rezultati pokazuju kako Lean metodologija može biti ključna za optimizaciju proizvodnje i ostvarivanje dugoročnog uspjeha. Kroz kontinuirano poboljšanje (Kaizen), tvrtka je postigla značajne uštede i povećanje konkurentske prednosti. Primjenom Lean metodologije, tvrtka je uspjela smanjiti ukupne gubitke za više od 17%, što je rezultiralo značajnim povećanjem profitabilnosti i fleksibilnosti u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu. Primjenom kontinuiranog poboljšanja, odnosno Kaizen pristupa, tvrtka je sustavno analizirala svoje proizvodne procese kako bi identificirala mogućnosti za poboljšanje i optimizaciju. Kroz niz malih, inkrementalnih promjena, postignuta je značajna redukcija gubitaka, što je dovelo do veće učinkovitosti i produktivnosti. Lean metodologija, s naglaskom na Kaizen, omogućila je tvrtki da uspješno smanji ukupne gubitke za više od 17%. To je postignuto kroz eliminaciju nepotrebnih koraka i aktivnosti, optimizaciju radnog prostora, smanjenje grešaka i povećanje kvalitete proizvoda. Ove promjene rezultirale su značajnim povećanjem profitabilnosti, što je doprinijelo konkurentske prednosti tvrtke na tržištu električnih bicikala. Osim povećanja profitabilnosti, Lean metodologija omogućila je tvrtki veću fleksibilnost u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu. Kroz brzo reagiranje na promjene u potražnji i optimizaciju procesa, tvrtka je uspjela zadovoljiti potrebe kupaca, istovremeno smanjujući troškove i poboljšavajući kvalitetu proizvoda. Ukupno gledajući, kontinuirano poboljšanje kroz Kaizen pristup i primjenu Lean metodologije omogućilo je tvrtki značajne uštede, povećanje konkurentske prednosti i veću fleksibilnost u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu električnih bicikala. Studija slučaja pokazuje kako primjena Lean metodologije u proizvodnji električnih bicikala može dovesti do značajnih poboljšanja u učinkovitosti i smanjenju gubitaka. Prepoznavanje i kvantifikacija ključnih gubitaka omogućava tvrtkama da usmjeravaju svoje napore na područja s najvećim potencijalom za poboljšanje, čime se postižu bolji rezultati i povećava konkurentska prednost. Kroz sustavno analiziranje proizvodnih procesa i uvođenje odgovarajućih Lean alata, tvrtke mogu postići bolje rezultate i povećati svoju konkurentska prednost na tržištu. Lean pristup pruža okvir za eliminaciju gubitaka, optimizaciju procesa, povećanje kvalitete proizvoda te poboljšanje fleksibilnosti u reagiranju na promjene na tržištu. Ova studija slučaja pokazuje važnost sustavnog i strukturiranog pristupa u prepoznavanju, kvantifikaciji i rješavanju ključnih gubitaka u proizvodnji električnih bicikala. Primjenom Lean metodologije, tvrtke mogu postići značajne uštede, poboljšati učinkovitost i konkurentska prednost, što u konačnici dovodi do održivog rasta i uspjeha na tržištu.

## 5.2. Analiza i rješavanje dva ključna gubitka uz primjenu dijagrama uzročnika

U sklopu analize, odabrana su dva ključna gubitka koji su prepoznati kao najvažniji za optimizaciju proizvodnje električnih bicikala:

- Prekomjerna proizvodnja
- Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)

Uzrok prekomjerne proizvodnje može se povezati s nekoliko čimbenika:

- Neusklađenost između potražnje i proizvodnje
- Neefikasno planiranje proizvodnje
- Preopterećenje resursa

Tablica 2. Prikaz uzročnika za prekomjernu proizvodnju

Vrsta gubitka	Pod-vrsta gubitka	Uzrok
Prekomjerna proizvodnja	Neusklađenost između ponude i potražnje	Neprecizne prognoze potražnje
Prekomjerna proizvodnja	Neusklađenost između ponude i potražnje	Slaba komunikacija s prodajnim odjelom
Prekomjerna proizvodnja	Neefikasno planiranje proizvodnje	Previše optimistični planovi
Prekomjerna proizvodnja	Neefikasno planiranje proizvodnje	Nedostatak povratnih informacija s proizvodnih linija
Prekomjerna proizvodnja	Preopterećenje resursa	Nedostatak kapaciteta
Prekomjerna proizvodnja	Preopterećenje resursa	Loša raspodjela resursa

Uzrok gubitaka uzrokovanih greškama u proizvodnji može se povezati s nekoliko čimbenika:

- Nedostatak kvalitete sirovina
- Neadekvatan dizajn proizvoda
- Slaba kontrola kvalitete



Tablica 3. Struktura gubitaka uzrokovanih greškama u proizvodnji

Vrsta gubitka	Pod-vrsta gubitka	Uzrok
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Nedostatak kvalitete sirovina	Loša kvaliteta dobavljača
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Nedostatak kvalitete sirovina	Neadekvatno skladištenje sirovina
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Neadekvatan dizajn proizvoda	Nejasne specifikacije
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Neadekvatan dizajn proizvoda	Loša komunikacija između dizajna i proizvodnje
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Slaba kontrola kvalitete	Nedostatak standarda
Gubici uzrokovani greškama u proizvodnji (defekti)	Slaba kontrola kvalitete	Neefikasna kontrola kvalitete na proizvodnim linijama

Primjenom Lean alata, kao što su Poka-yoke za prevenciju grešaka, Kanban za kontrolu inventara i smanjenje prekomjerne proizvodnje te Kaizen za kontinuirano poboljšanje, tvrtka može adresirati ove uzroke te smanjiti gubitke u proizvodnji električnih bicikala. Uzrok prekomjerne proizvodnje može se povezati s nekoliko čimbenika, a rješavanje prekomjerne proizvodnje u proizvodnji električnih bicikala može se postići adresiranjem ključnih čimbenika koji uzrokuju ovaj problem:

- Neusklađenost između potražnje i proizvodnje

Da bi se smanjila prekomjerna proizvodnja, važno je uskladiti proizvodnju s realnom potražnjom na tržištu. To se može postići poboljšanjem komunikacije između prodajnog odjela i proizvodnje te razvojem preciznijih prognoza potražnje. Također, primjenom Just-In-Time (JIT) proizvodnje može se osigurati da se proizvodi proizvode samo kada je zaista potrebno, čime se smanjuje prekomjerna proizvodnja.

- Neefikasno planiranje proizvodnje

Kako bi se smanjila prekomjerna proizvodnja, proizvodni planovi moraju biti realistični i temeljeni na stvarnim kapacitetima proizvodnih linija. Uvođenjem povratnih informacija s

proizvodnih linija, moguće je prilagoditi proizvodne planove kako bi se bolje uskladili s potrebama tržišta i kapacitetima proizvodnje.

- Preopterećenje resursa

Preopterećenje resursa može rezultirati prekomjernom proizvodnjom ako se kapaciteti proizvodnih linija koriste neefikasno. Poboljšanje raspodjele resursa kroz bolje planiranje i koordinaciju može pomoći u optimizaciji proizvodnje i smanjenju prekomjerne proizvodnje. Također, uvođenje ravnomjerne proizvodnje (Heijunka) može pomoći u uravnoteženju opterećenja na proizvodnim linijama i osigurati stabilniju proizvodnju. U tablici 4. dan je prikaz rješavanja prekomjerne proizvodnje u proizvodnji električnih bicikala.

Tablica 4. Prikaz rješavanja prekomjerne proizvodnje u proizvodnji električnih bicikala

Ključni problemi	Rješenja
Neusklađenost između potražnje i proizvodnje	Poboljšati komunikaciju između prodajnog odjela i proizvodnje
	Razviti preciznije prognoze potražnje
	Primijeniti Just-In-time proizvodnju
Neefikasno planiranje proizvodnje	Kreirati realistične proizvodne planove temeljene na stvarnim kapacitetima proizvodnih linija
	Uvesti povratne informacije s proizvodnih linija
Preopterećenje resursa	Poboljšati raspodjelu resursa kroz bolje planiranje i koordinaciju
	Uvesti ravnomjernu proizvodnju

Ova tablica pruža jasnu vizualizaciju rješenja za svaki ključni problem koji doprinosi prekomjernoj proizvodnji. Ova rješenja mogu se dalje analizirati i prilagoditi specifičnim potrebama proizvodnje električnih bicikala. Uz primjenu Lean alata, kao što je Kanban, tvrtka

može bolje kontrolirati inventar i smanjiti prekomjernu proizvodnju, optimizirajući protok vrijednosti kroz proizvodni proces.

Uzrok gubitaka uzrokovanih greškama u proizvodnji može se povezati s nekoliko čimbenika:

- Nedostatak kvalitete sirovina

Da bi se smanjili gubici uzrokovani greškama u proizvodnji, važno je osigurati korištenje visokokvalitetnih sirovina. Tvrtka bi trebala pažljivo odabrati dobavljače i provoditi redovite kontrole kvalitete sirovina. Ovaj proces može uključivati uzorkovanje i testiranje sirovina, ocjenjivanje dobavljača te razvoj dugoročnih partnerstava s pouzdanim dobavljačima.

- Neadekvatan dizajn proizvoda

Neadekvatan dizajn proizvoda može dovesti do grešaka u proizvodnji. Kako bi se smanjili takvi gubici, važno je razviti jasan i precizan dizajn proizvoda koji se temelji na stvarnim potrebama korisnika i tehničkim mogućnostima proizvodnje. Poboljšanje komunikacije između odjela za dizajn i proizvodnju, kao i uvođenje standardiziranih procedura za razvoj i reviziju dizajna, može smanjiti greške i defekte u proizvodnji.

- Slaba kontrola kvalitete

Kako bi se smanjili gubici uzrokovani greškama u proizvodnji, potrebno je poboljšati kontrolu kvalitete tijekom cijelog proizvodnog procesa. Uvođenjem redovitih inspekcija kvalitete, internih revizija i statističke kontrole procesa (SPC) moguće je identificirati i riješiti probleme prije nego što dođe do značajnijih gubitaka. Također, treba provoditi obuku zaposlenika kako bi se povećala svijest o važnosti kvalitete proizvoda i smanjila učestalost grešaka u proizvodnji.

Primjenom Lean alata, kao što je Poka-yoke, tvrtka može poboljšati prevenciju grešaka kroz dizajn proizvoda i procesa, što će smanjiti gubitke uzrokovane defektima i greškama u proizvodnji.

### **5.3. Prijedlog za rješavanje identificiranih gubitaka**

Prijedlog za rješavanje gubitaka u proizvodnji električnih bicikala može se temeljiti na sljedećim ključnim aspektima:

- Optimizacija proizvodnog procesa

Implementacija Lean metodologije može pomoći tvrtki da optimizira proizvodni proces i smanji gubitke. Primjena alata kao što su Value Stream Mapping (VSM), 5S i Kanban može poboljšati učinkovitost proizvodnje, smanjiti nepotrebne korake i aktivnosti te optimizirati protok vrijednosti.

- Upravljanje kvalitetom

Poboljšanje kontrole kvalitete kroz cijeli proizvodni proces, uključujući kontrolu kvalitete sirovina, dizajn proizvoda i završnu inspekciju, može smanjiti gubitke uzrokovane greškama u proizvodnji. Primjena Poka-yoke alata za prevenciju grešaka može dodatno poboljšati kvalitetu proizvoda.

- Bolje planiranje proizvodnje

Razvijanje efikasnijeg planiranja proizvodnje koje bolje odražava stvarnu potražnju na tržištu može smanjiti prekomjernu proizvodnju i povezane gubitke. Uvođenje alata za planiranje potražnje, kao što su prognoziranje i metode Just-in-Time (JIT), može poboljšati sinkronizaciju između potražnje i proizvodnje.

- Kontinuirano poboljšanje (Kaizen)

Ohrabrivanje zaposlenika na aktivno sudjelovanje u procesu kontinuiranog poboljšanja, kroz prijedloge za poboljšanje i uključivanje u timove za poboljšanje, može pomoći tvrtki da postigne bolje rezultate i smanji gubitke. Redovito provođenje Kaizen događaja i evaluacija rezultata poboljšanja omogućava kontinuirano praćenje napretka i prilagodbu strategija smanjenja gubitaka.

Implementacijom ovih prijedloga, tvrtka može smanjiti gubitke u proizvodnji električnih bicikala, povećati konkurentske prednosti i postići veću fleksibilnost u prilagodbi proizvodnje promjenama na tržištu.

## **6. OPTIMIZACIJA PROIZVODNOG PROCESA PRIMJENOM LEAN METODOLOGIJE**

Optimizacija proizvodnog procesa pomoću Lean metodologije jedna je od važnijih tema u suvremenom proizvodnom sektoru. S obzirom na brzo rastuće tržište i stalno mijenjanje potreba kupaca, tvrtke su prisiljene tražiti efikasne načine kako poboljšati svoje proizvodne procese,

smanjiti gubitke i povećati ukupnu učinkovitost. Jedna od ključnih strategija za optimizaciju proizvodnog procesa jest upravljanje kvalitetom. Kroz poboljšanje kontrole kvalitete duž cijeli proizvodni proces, tvrtke mogu osigurati da njihovi proizvodi zadovoljavaju visoke standarde kvalitete te smanjiti troškove povezane s greškama u proizvodnji i povratima proizvoda. Bolje planiranje proizvodnje također igra ključnu ulogu u optimizaciji proizvodnih procesa. Razvijanjem efikasnijeg planiranja proizvodnje koje bolje odražava stvarnu potražnju na tržištu, tvrtke mogu smanjiti prekomjernu proizvodnju i zalihe, čime se smanjuju troškovi i povećava produktivnost. Na kraju, ali ne manje važno, kontinuirano poboljšanje (Kaizen) je bitan element Lean metodologije. Ohrabrivanjem zaposlenika na aktivno sudjelovanje u procesu kontinuiranog poboljšanja, tvrtke mogu kontinuirano poboljšavati svoje procese, smanjivati gubitke i povećavati učinkovitost. U ovom poglavlju analizirat će se kako primjena ovih Lean načela i alata može pomoći u optimizaciji proizvodnih procesa, s posebnim naglaskom na proizvodnju električnih bicikala. Pritom će se razmotriti konkretne strategije i tehnike koje tvrtke mogu koristiti kako bi postigle ove ciljeve.

## **6.1. Upravljanje kvalitetom poboljšanjem kontrole kvalitete kroz cijeli proizvodni proces**

Upravljanje kvalitetom predstavlja sustavno praćenje i unapređenje kvalitete proizvoda od samog početka do završetka proizvodnog procesa, s glavnim ciljem minimiziranja gubitaka koji proizlaze iz proizvodnih grešaka. Ovo područje uključuje nekoliko ključnih aspekata:

- Kontrola kvalitete sirovina

Kvalitetne sirovine od presudne su važnosti za proizvodnju vrhunskih električnih bicikala. Tvrtkama se preporučuje uspostavljanje strogog sustava kontrole kvalitete koji obuhvaća provjeru sirovina koje isporučuju dobavljači te testiranje i provjeru kvalitete sirovina nakon prijema u proizvodnju.

- Dizajn proizvoda

Kvalitetan i promišljen dizajn proizvoda može smanjiti mogućnost grešaka tijekom proizvodnje te povećati funkcionalnost i pouzdanost električnih bicikala. Integracija povratnih informacija od strane kupaca i korisnika u proces dizajniranja proizvoda može pomoći u otkrivanju i rješavanju potencijalnih problema.

- Kontrola kvalitete tijekom proizvodnje

Kontinuirana kontrola kvalitete tijekom proizvodnje omogućuje rano prepoznavanje i rješavanje problema, smanjujući time gubitke izazvane greškama u proizvodnji. To podrazumijeva testiranje i provjeru proizvoda na različitim fazama proizvodnje, kao i praćenje performansi mašina i alata koji se koriste u proizvodnji.

- Završna inspekcija

Provedba detaljne završne inspekcije prije isporuke proizvoda neophodna je kako bi se osiguralo da su proizvodi visokokvalitetni i u skladu s tehničkim specifikacijama te zahtjevima kupaca.

- Primjena Poka-yoke alata

Poka-yoke je alat usmjeren na prevenciju grešaka putem dizajna proizvoda i proizvodnog procesa. Korištenje ovog alata može doprinijeti smanjenju gubitaka nastalih zbog grešaka i defekata u proizvodnji, a ujedno može poboljšati kvalitetu i pouzdanost proizvoda.

Unapređenje upravljanja kvalitetom u proizvodnji električnih bicikala može bitno smanjiti gubitke uzrokovane greškama i defektima te pojačati konkurentske prednosti tvrtke na tržištu. Primjena Poka-yoke alata čini ključnu komponentu ovog procesa unaprjeđenja. Poka-yoke je koncept iz područja Lean filozofije koji se fokusira na prevenciju grešaka u fazi dizajna proizvoda i proizvodnog procesa. Ovaj koncept potiče razvoj dizajna proizvoda i procesa koji minimaliziraju ili potpuno eliminiraju mogućnost nastanka grešaka. Pomoću Poka-yoke alata, tvrtke mogu osigurati da greške ne napreduju kroz proizvodni proces i ne dođu do krajnjeg korisnika. Ovaj alat se može implementirati na različite načine, ovisno o specifičnostima proizvodnog procesa i karakteristikama proizvoda. Neki od primjera uključuju dizajn dijelova koji se mogu montirati samo na jedan način, upotrebu senzora koji provjeravaju ispravnost montaže ili korištenje vizualnih indikatora koji služe za identifikaciju problema u ranoj fazi. Unapređenje upravljanja kvalitetom u proizvodnji električnih bicikala putem primjene Poka-yoke alata može dovesti do značajnih poboljšanja. Smanjenje gubitaka uzrokovanih greškama i defektima rezultira nižim troškovima proizvodnje, većom učinkovitošću procesa i konačno, većom konkurentnošću tvrtke na tržištu. Osim toga, proizvodi više kvalitete povećavaju zadovoljstvo kupaca, što može dovesti do lojalnosti brendu i dugoročnog rasta tvrtke.

## **6.2. Razvijanje efikasnijeg planiranja proizvodnje koje bolje odražava stvarnu potražnju na tržištu**

Bolje planiranje proizvodnje predstavlja nužnu strategiju za optimizaciju proizvodnih procesa, a time i ostvarivanje učinkovitije proizvodnje električnih bicikala. Cilj ovog pristupa jest precizno usklađivanje proizvodnih aktivnosti s potrebama tržišta, što pomaže u smanjenju povezanih gubitaka i u optimizaciji resursa. Osnova ovakvog planiranja leži u preciznom prognoziranju potražnje. Detaljna analiza tržišnih trendova, povijesnih podataka o prodaji, potražnji te drugih relevantnih faktora, omogućava tvrtkama da generiraju preciznije prognoze. Točnije prognoze potražnje pružaju uvid u buduće potrebe tržišta, što omogućava bolje planiranje proizvodnje i sukladno tome, smanjenje prekomjerne proizvodnje. Just-in-Time (JIT) metode pristupaju proizvodnji s ciljem stvaranja proizvoda u skladu s trenutnom potrebom tržišta, umjesto fokusiranja na masovnu proizvodnju i održavanje velikih zaliha. Kroz ovaj pristup, tvrtke su u mogućnosti minimizirati gubitke povezane s prekomjernom proizvodnjom i skladištenjem, kao i povećati svoju fleksibilnost i brzinu prilagodbe promjenjivim uvjetima na tržištu. Ključni element ovakvog planiranja proizvodnje je i efikasna koordinacija s dobavljačima. Stalna komunikacija i usklađivanje s dobavljačima sirovina i komponenti omogućava tvrtkama pravovremenu i stabilnu opskrbu potrebnim materijalima. Kroz održavanje bliskih partnerskih odnosa s dobavljačima, tvrtke mogu efikasnije reagirati na promjene u potražnji, što dodatno optimizira proizvodni proces. Naposljetku, redovito praćenje i kontrola proizvodnje omogućuje identifikaciju i rješavanje problema u ranoj fazi, što dodatno smanjuje mogućnost gubitaka i pridonosi optimizaciji proizvodnje. Primjena modernih tehnologija i digitalnih alata za praćenje proizvodnje može dodatno unaprijediti učinkovitost i omogućiti brže prilagodbe promjenama. Primjenom ovih strategija i alata, tvrtke su u mogućnosti unaprijediti planiranje proizvodnje električnih bicikala, smanjiti prekomjernu proizvodnju i povezane gubitke, te se bolje uskladiti s trenutnim i budućim potrebama tržišta. Jedan od najznačajnijih aspekata boljeg planiranja proizvodnje je učinkovito upravljanje zalihama. Zahvaljujući preciznijem prognoziranju potražnje i JIT metodama, tvrtke mogu optimizirati svoje zalihe, smanjujući time troškove povezane s prekomjernim skladištenjem i zastojsima u proizvodnji. Uz to, bolje planiranje proizvodnje omogućava tvrtkama da brže i efikasnije reagiraju na promjene na tržištu. Bilo da se radi o promjenama u potražnji, dostupnosti sirovina ili trendovima u industriji, učinkovito planiranje proizvodnje omogućuje pravovremenu reakciju i prilagodbu. Sve ovo pridonosi stvaranju konkurentske prednosti na

tržištu. Tvrtke koje efikasno planiraju svoju proizvodnju, sposobne su pružiti visokokvalitetne proizvode prema potrebama kupaca, dok istovremeno optimiziraju svoje operacije i smanjuju troškove. Kroz ove strategije i alate, tvrtke mogu unaprijediti ne samo svoju proizvodnju, već i svoju poziciju na tržištu. Bolje planiranje proizvodnje električnih bicikala, stoga, predstavlja ključan korak prema ostvarenju dugoročnog uspjeha i rasta u ovoj dinamičnoj industriji.

### **6.3. Kontinuirano poboljšanje (Kaizen) putem ohrabririvanja zaposlenika na aktivno sudjelovanje u procesu kontinuiranog poboljšanja**

Primjena Kaizen pristupa u proizvodnji električnih bicikala može rezultirati brojnim konkretnim poboljšanjima. Evo nekoliko primjera kako se ove postavke mogu primijeniti na ovaj kontekst:

- Aktivna uloga zaposlenika

Zaposlenici koji svakodnevno rade na montaži električnih bicikala imaju praktično iskustvo koje može otkriti mogućnosti za poboljšanje. Mogli bi predložiti ideje za efikasniju organizaciju radnog mjesta, poboljšanje alata ili tehnika montaže, ili inovativne načine za smanjenje količine otpada. Spear i Bowen (1999) također ističu važnost uključivanja zaposlenika u procese poboljšanja i odlučivanja. Oni navode da je ključno osnaživanje zaposlenika i stvaranje okruženja u kojem se potiče inovacija, eksperimentiranje i učenje. U njihovom članku *Decoding the DNA of the Toyota Production System*, autori istražuju Toyota proizvodni sustav te naglašavaju važnost standardizacije procesa, učenja kroz eksperimente i rješavanja problema u realnom vremenu.

- Prijedlozi za poboljšanje

Zaposlenici mogu predložiti ideje o tome kako poboljšati određene aspekte proizvodnje, poput procesa montaže, kvalitete komponenti, ili pak logistike. Na primjer, možda je neki dio bicikla teže montirati nego što bi trebao biti, što dovodi do dužih vremena proizvodnje. Nakon što se takva pitanja identificiraju, moguće je tražiti rješenja za otklanjanje tih prepreka.

- Timska poboljšanja

Formiranjem multidisciplinarnih timova koji mogu obuhvatiti inženjere, radnike na liniji proizvodnje, timove za kvalitetu i logistiku, može se pružiti sveobuhvatan pogled na proizvodni



proces. Ovi timovi mogu provesti Kaizen događanja, gdje bi se analizirao cijeli proces proizvodnje, identificirali mogući problemi i razvijale strategije za njihovo rješavanje.

- Praćenje i evaluacija rezultata

Nakon implementacije poboljšanja, važno je mjeriti učinak tih promjena. Na primjer, ako se promijeni proces montaže, mjerilo bi se vrijeme montaže prije i poslije promjene. Također je važno pratiti kvalitetu gotovih bicikala kako bi se osiguralo da poboljšanja ne utječu negativno na kvalitetu proizvoda.

Primjenom Kaizen pristupa u proizvodnji električnih bicikala, tvrtke mogu smanjiti gubitke, poboljšati učinkovitost, povećati zadovoljstvo zaposlenika i bolje se prilagoditi promjenama na tržištu. Ovi napori mogu dovesti do značajnih ušteda, veće konkurentske prednosti i boljeg usklađivanja proizvodnje s potrebama tržišta.

## **7. PARETO (ABC) ANALIZA PROIZVODNJE BICIKALA**

U ovom poglavlju se razmatra primjena Pareto ili ABC analize, u kontekstu proizvodnje bicikala. ABC analiza, bazirana na Pareto načelu, često se koristi u industriji kako bi se identificirali, kvantificirali, rangirali i kategorizirali gubici u proizvodnji, s ciljem optimizacije procesa i smanjenja gubitaka. Pareto načelo, poznato kao 80/20 pravilo, ukazuje na to da često mala količina uzroka generira većinu posljedica. U kontekstu proizvodnje, to bi moglo značiti da mala količina problema u proizvodnom procesu može uzrokovati većinu gubitaka. Ova analiza omogućava tvrtkama da se fokusiraju na ključne probleme i iskorijene najveće izvore gubitaka. Prvi korak u ABC analizi je identifikacija gubitaka. Ovo podrazumijeva detekciju svih potencijalnih problema koji uzrokuju gubitke u proizvodnji, bilo da se radi o neučinkovitim procesima, kvarovima opreme, ljudskim pogreškama ili problemima u lancu opskrbe. Nakon identifikacije, gubici se kvantificiraju. Ovo se obično postiže mjerenjem vremena, materijala, energije ili drugih resursa koji se gube zbog identificiranih problema. Sljedeći korak je rangiranje gubitaka, koje se provodi na temelju njihove kvantificirane vrijednosti. Ovo omogućava identificiranje najvećih problema, na koje se tvrtka treba prvenstveno usredotočiti. Na kraju, gubici se kategoriziraju na temelju njihove prirode, uzroka, mjesta nastanka i drugih relevantnih faktora. Ova kategorizacija pomaže u identificiranju uzoraka, definiranju akcijskih planova i izradi strategija za smanjenje gubitaka.

## **7.1. Uvodne postavke**

Primjenom Pareto analize na proizvodnju električnih bicikala, tvrtka može kategorizirati gubitke prema njihovom utjecaju na ukupnu učinkovitost. Ovaj proces uključuje sljedeće korake:

- Identifikacija gubitaka

Popis svih gubitaka koji se javljaju u proizvodnji električnih bicikala, uključujući prekomjernu proizvodnju, greške u proizvodnji, čekanje, nepotrebni transport i druge.

- Kvantifikacija gubitaka

Mjerenje veličine svakog gubitka, često u novčanom iznosu ili u jedinicama vremena.

- Rangiranje gubitaka

Sortiranje gubitaka prema veličini, od najvećeg do najmanjeg.

- Kategorizacija gubitaka

Podjela gubitaka u tri kategorije prema njihovom utjecaju na ukupnu učinkovitost: kategorija A (najveći utjecaj, obično 80% ukupnog gubitka), kategorija B (srednji utjecaj, obično 15% ukupnog gubitka) i kategorija C (najmanji utjecaj, obično 5% ukupnog gubitka).

- Fokusiranje na ključne gubitke

Usmjeravanje resursa i napora na rješavanje gubitaka iz kategorije A, koji imaju najveći utjecaj na ukupnu učinkovitost. Primjenom Pareto analize, tvrtka može bolje razumjeti svoje ključne gubitke i usmjeriti svoje napore na područja s najvećim potencijalom za poboljšanje. Time se optimiziraju resursi, postižu veće uštede i povećava konkurentska prednost tvrtke u proizvodnji električnih bicikala.

## **7.2. Identifikacija i kvantifikacija gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala**

U proizvodnji električnih bicikala javljaju se razni gubici, uključujući prekomjernu proizvodnju, defekte u proizvodnji, neproduktivno čekanje, nepotrebni transport, prekomjerne zalihe, nepotrebno kretanje zaposlenika i neproduktivne procese. Prekomjerna proizvodnja predstavlja stvaranje viška proizvoda iznad tržišnih potreba, što uzrokuje nepotrebne troškove

skladištenja i dovodi do zastarijevanja proizvoda. U konkretnom slučaju, ova vrsta gubitka iznosila je 9.954,21 eur. Neproduktivno čekanje se odnosi na vremenski period između različitih proizvodnih faza, što dovodi do usporavanja proizvodnje i rasta troškova. U ovom kontekstu, gubici uzrokovani neproduktivnim čekanjem iznosili su 7.963,37 eur. Nepotrebni transport odnosi se na neefikasno premještanje proizvoda i materijala kroz proizvodni proces, što također generira dodatne troškove i produljuje vremenski okvir proizvodnje. Ova vrsta gubitka iznosila je 6.636,14 eur. Prekomjerne zalihe obuhvaćaju sirovine i gotove proizvode koji se ne koriste, što povećava troškove skladištenja i rizik od zastarijevanja. Gubici uzrokovani prekomjernim zalihama iznosili su 11.945,05 eur. Nepotrebno kretanje zaposlenika implicira radne akcije koje ne pridonose vrijednosti proizvoda, rezultirajući povećanim troškovima rada. Ovaj oblik gubitka iznosio je 5.308,91 eur. Defekti i greške u proizvodnji također su značajni izvori gubitaka. Ovi gubici, koji su uzrokovani proizvodnjom defektnih proizvoda, iznosili su 5.972,53 eur. Neproduktivni procesi, odnosno oni koji ne dodaju vrijednost proizvodu ili su neučinkoviti, također generiraju gubitke. U ovom slučaju, gubici uzrokovani neproduktivnim procesima iznosili su 1.990,84 eur. Ukupno gledano, proizvodnja električnih bicikala u ovom kontekstu generirala je gubitke od 49.771,05 eur. Identifikacija ovih gubitaka omogućuje organizaciji bolje razumijevanje svojih izazova, te usmjeravanje napora prema područjima koja pružaju najveći potencijal za poboljšanje.

### **7.3. Rangiranje gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala**

Rangiranje gubitaka predstavlja postupak sortiranja gubitaka po veličini, od najvećih do najmanjih. Ovaj korak omogućava organizacijama da identificiraju područja s najvećim potencijalom za unaprjeđenje, čime se resursi i naponi mogu usmjeriti prema najkritičnijim problemima. U kontekstu proizvodnje električnih bicikala, gubici su prethodno kvantificirani u novčanim jedinicama, a sada će biti rangirani od najvećeg do najmanjeg, kako slijedi:

- Prekomjerne zalihe: 11.945,05 eur.
- Prekomjerna proizvodnja: 9.954,21 eur
- Nepotrebno čekanje: 7.963,37 eur
- Nepotrebni transport: 6.636,14 eur
- Defekti i greške: 5.972,53 eur
- Nepotrebno kretanje: 5.308,91 eur

- Neproduktivni procesi: 1.990,84 eur

Rangiranje gubitaka, s početkom od najvećeg, omogućuje organizaciji da prepozna najkritičnije probleme koje treba adresirati. U ovom slučaju, najveći gubici proizlaze iz prekomjernih zaliha, prekomjerne proizvodnje i nepotrebnog čekanja. Organizacija bi stoga trebala usmjeriti svoje napore na smanjenje ovih gubitaka kako bi postigla značajne napretke u pogledu učinkovitosti i stekla konkurentske prednosti.

#### **7.4. Kategorizacija gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala**

Kategorizacija gubitaka predstavlja proces razvrstavanja gubitaka u tri različite kategorije temeljem njihovog utjecaja na ukupnu učinkovitost: kategorija A (s najvećim utjecajem, obično 80% ukupnog gubitka), kategorija B (sa srednjim utjecajem, obično 15% ukupnog gubitka) i kategorija C (s najmanjim utjecajem, obično 5% ukupnog gubitka). Kategoriziranje gubitaka prema načelu Pareto analize omogućuje tvrtkama da bolje razumiju utjecaj različitih vrsta gubitaka na ukupnu učinkovitost i omogućuje im da usmjere svoje resurse prema područjima s najvećim potencijalom za unaprjeđenje. U kontekstu proizvodnje električnih bicikala, gubitke možemo svrstati u tri kategorije kako slijedi:

Ukupni iznos gubitaka: 49.771,05 eur

Kategorija A (80% ukupnog gubitka): Ova kategorija uključuje gubitke s najvećim utjecajem na ukupnu učinkovitost. U ovom slučaju, to su prekomjerne zalihe, prekomjerna proizvodnja i nepotrebno čekanje, što ukupno iznosi 29.862,61 eur (11.945,05 + 9.954,21 + 7.963,37).

Kategorija B (15% ukupnog gubitka): Ova kategorija obuhvaća gubitke srednjeg utjecaja. U ovom primjeru, to su defekti i greške te nepotrebni transport, s ukupnim iznosom od 7.465,68 eur (5.972,53 + 6.636,14).

Kategorija C (5% ukupnog gubitka): Gubici u ovoj kategoriji imaju najmanji utjecaj na ukupnu učinkovitost. U ovom slučaju, to su nepotrebno kretanje i neproduktivni procesi, s ukupnim iznosom od 2.468,55 eur (5.308,91 + 1.990,84).

Prema ovoj kategorizaciji, tvrtka bi trebala usredotočiti svoje napore na rješavanje gubitaka iz kategorije A, koji čine 80% ukupnih gubitaka i imaju najveći utjecaj na učinkovitost

proizvodnje električnih bicikala. Time će tvrtka postići značajna unaprjeđenja u svom konkurentskom položaju.

### **7.5. Važnost fokusiranja gubitaka kod proizvodnje električnih bicikala**

Fokusiranje na ključne gubitke, odnosno one koji se ubrajaju u kategoriju A, ključno je za poboljšanje učinkovitosti i smanjenje gubitaka u procesu proizvodnje. Budući da gubici iz kategorije A predstavljaju 80% ukupnih gubitaka, njihovo rješavanje bit će presudno za performanse tvrtke i njen konkurentski položaj. U svijetu proizvodnje električnih bicikala, fokus na ključne gubitke iz kategorije A podrazumijeva koncentriranje na prekomjerne zalihe, prekomjernu proizvodnju i nepotrebno čekanje. Ako tvrtka usmjeri svoje resurse i trud na rješavanje ovih problema, može ostvariti značajna poboljšanja u učinkovitosti i smanjenje troškova. Usredotočenost na ključne gubitke omogućuje tvrtkama da maksimalno iskoriste svoja ulaganja u unaprjeđenje, budući da se najveći utjecaj postiže sa najmanjim resursima. Usredotočivanjem resursa na područja s najvećim potencijalom za poboljšanje, tvrtke mogu brže ostvariti bolje rezultate, povećati svoju konkurentsku prednost i postati učinkovitije u svojim poslovnim aktivnostima.

## **8. ZAKLJUČAK**

Ovim se radom pruža sveobuhvatan uvid u koncept Lean filozofije i njegovu primjenu u proizvodnji električnih bicikala. Kroz detaljno istraživanje Lean alata i njihove primjene, identificirani su ključni gubici i izazovi s kojima se proizvođači električnih bicikala suočavaju, a analizirano je kako Lean alati mogu pridonijeti smanjenju tih gubitaka i poboljšanju učinkovitosti proizvodnje. Posebno, istraživanje je pokazalo kako se načela kontinuiranog poboljšanja mogu primijeniti u kontekstu proizvodnje električnih bicikala. Uključivanje zaposlenika pokazalo se od ključne važnosti za uspješnu implementaciju Lean filozofije, potičući kulturu stalnog učenja, inovacija i prilagodbe. Analizirajući sve aspekte Lean filozofije i njene primjene u proizvodnji električnih bicikala, moguće je donijeti sljedeći zaključak: Lean filozofija, snažno utemeljena na načelima kontinuiranog poboljšanja, poštovanja prema ljudima i standardizacije rada, ima dalekosežan utjecaj na organizacijsku kulturu, proizvodnju i

zadovoljstvo kupaca. Primjenom alata i tehnika Lean metodologije, uključujući 5S, Poka-yoke, Just-in-time i Kanban, organizacije su sposobne poboljšati učinkovitost, smanjiti gubitke i povećati kvalitetu proizvoda. Odgovori na istraživačka pitanja definirana su kroz ovaj rad. Karakteristike i izazovi proizvodnje električnih bicikala identificirani su i analizirani, a pokazano je kako se Lean filozofija i alati mogu primijeniti za rješavanje tih izazova. Rad je također identificirao ključne gubitke u proizvodnji električnih bicikala i prikazao kako se ti gubici mogu minimizirati primjenom Lean alata. Kroz implementaciju načela kontinuiranog poboljšanja (Kaizen), proizvođači električnih bicikala mogu neprestano unapređivati svoje proizvodne procese, povećavajući učinkovitost i kvalitetu proizvoda. Na kraju, rad potvrđuje da primjena Lean metodologije može imati značajan utjecaj na učinkovitost i kvalitetu proizvoda u proizvodnji električnih bicikala, pružajući proizvođačima konkurentske prednosti na tržištu. U kontekstu proizvodnje električnih bicikala, Lean filozofija se pokazala iznimno učinkovitom. Kroz primjenu Lean načela, proizvođači električnih bicikala su u mogućnosti riješiti ključne probleme i izazove, optimizirati proizvodni proces, smanjiti gubitke, poboljšati kvalitetu i povećati zadovoljstvo kupaca. Kontinuirano poboljšanje, koje je srž Lean filozofije, omogućuje organizacijama da se neprestano prilagođavaju, inoviraju i uspijevaju u konkurentnom okruženju. Konkretni koraci i rezultati primjene Lean metodologije prikazani su kroz studiju slučaja, pružajući pritom jasne pokazatelje o prednostima ovog pristupa. Analiza studije slučaja pokazala je značajne razlike između konvencionalne i Lean proizvodnje električnih bicikala. Primjena Lean filozofije dovela je do smanjenja gubitaka, povećanja učinkovitosti i kvalitete proizvoda te veće konkurentske prednosti proizvođača električnih bicikala. Lean filozofija ima duboki i transformirajući utjecaj na organizacijsku kulturu i proizvodnju. Kroz poticanje kontinuiranog poboljšanja i učenja, Lean pristup je omogućio organizacijama da se prilagode i inoviraju, poboljšavajući angažman zaposlenika i stvarajući okruženje koje potiče inovativnost.

## LITERATURA

1. Abreu Saurin, T., Duarte Ribeiro, J. L., & Vidor, G. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358-366.
2. Antosz, K., & Stadnicka, D. (2017). Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results. *Procedia Engineering*, 182, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.107>
3. Awad, M. M., Hashem, A. E., & Naguib, H. M. (2022). The Impact of Lean Management Practices on Economic Sustainability in Services Sector. *Sustainability*, 14(15), 9323. <https://doi.org/10.3390/su14159323>
4. Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*.
5. Ellis, G. (2016). *Lean Product Development*. In *Project Management in Product Development*.
6. Florescu, A., & Barabas, S. (2022). Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0. *Appl. Sci.*, 12(10), 4885. <https://doi.org/10.3390/app12104885>
7. Gil-Vilda, F., Yagüe-Fabra, J. A., & Sunyer, A. (2021). From Lean Production to Lean 4.0: A Systematic Literature Review with a Historical Perspective. *Appl. Sci.*, 11(21), 10318. <https://doi.org/10.3390/app112110318>
8. Habibi Rad, M., Mojtahedi, M., Ostwald, M. J., & Wilkinson, S. (2022). A Conceptual Framework for Implementing Lean Construction in Infrastructure Recovery Projects. *Buildings*, 12(3), 272. <https://doi.org/10.3390/buildings12030272>
9. Hasibul, I. M., Gustav, B., & Malin, T. (2018). Adoption of lean philosophy in car dismantling companies in Sweden-a case study. *Procedia Manufacturing*, 25, 620-627. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.093>
10. Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*.
11. Kanchan, B. K., Chandan, G. K., & Aslam, M. (2022). Implication of lean philosophies in signing supplier quality agreement: An empirical study. *Materials Today: Proceedings*, 63, 335-340.
12. Liker, J., & Hoseus, M. (2008). *Toyota Culture: The Heart and Soul of the Toyota Way*.

13. Martinelli, M., Lippi, M., & Gamberini, R. (2022). Poka Yoke Meets Deep Learning: A Proof of Concept for an Assembly Line Application. *Appl. Sci.*, 12(21), 11071. <https://doi.org/10.3390/app122111071>
14. Milewski, D. (2022). Managerial and Economical Aspects of the Just-In-Time System “Lean Management in the Time of Pandemic”. *Sustainability*, 14(3), 1204. <https://doi.org/10.3390/su14031204>
15. Phan, A. C., Nguyen, H. T., Nguyen, H. A., & Matsui, Y. (2019). Effect of Total Quality Management Practices and JIT Production Practices on Flexibility Performance: Empirical Evidence from International Manufacturing Plants. *Sustainability*, 11(11), 3093. <https://doi.org/10.3390/su11113093>
16. Proença, P., Gaspar, P., & Lima, R. (2022). Lean Optimization Techniques for Improvement of Production Flows and Logistics Management: The Case Study of a Fruits Distribution Center.
17. Proença, A. P., Gaspar, P. D., & Lima, T. M. (2022). Lean Optimization Techniques for Improvement of Production Flows and Logistics Management: The Case Study of a Fruits Distribution Center. *Processes*, 10(7), 1384. <https://doi.org/10.3390/pr10071384>
18. Rahardjo, B., Wang, F. K., Yeh, R. H., & Chen, Y. P. (2023). Lean Manufacturing in Industry 4.0: A Smart and Sustainable Manufacturing System. *Machines*, 11(1), 72. <https://doi.org/10.3390/machines11010072>
19. Rivera-Gómez, H., Montaña-Arango, O., Corona-Armenta, J. R., Garnica-González, J., Ortega-Reyes, A. O., & Anaya-Fuentes, G. E. (2019). JIT Production Strategy and Maintenance for Quality Deteriorating Systems. *Appl. Sci.*, 9(6), 1180. <https://doi.org/10.3390/app9061180>
20. Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.
21. Simonsen, E. M., Herrera, R. F., & Atencio, E. (2023). Benefits and Difficulties of the Implementation of Lean Construction in the Public Sector: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(7), 6161. <https://doi.org/10.3390/su15076161>
22. Sutharsan, S. M., Prasad, M. M., & Vijay, S. (2020). Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 33, Part 7, 2981-2985.



23. Tiwari, M. (2021). Fundamentals of lean journey. In *Lean Tools in Apparel Manufacturing*. Procedia Engineering.
24. Tošanović, N., & Štefanić, N. (2022a). Evaluation of Pull Production Control Mechanisms by Simulation. *Processes*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.3390/pr10010005>
25. Tošanović, N., & Štefanić, N. (2022b). Influence of Bottleneck on Productivity of Production Processes Controlled by Different Pull Control Mechanisms. *Applied Sciences*, 12(3), 1395. <https://doi.org/10.3390/app12031395>
26. Tseng, S.-H., Wee, H.-M., Reong, S., & Wu, C.-I. (2019). Considering JIT in Assigning Task for Return Vehicle in Green Supply Chain. *Sustainability*, 11(22), 6464. <https://doi.org/10.3390/su11226464>
27. Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2023). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0.
28. Trojanowska, J., Husár, J., Hrehova, S., & Knapčíková, L. (2023). Poka Yoke in Smart Production Systems with Pick to Light Implementation to Increase Efficiency: A Study. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.1829.v1>
29. Valaskova, K., Kliestik, T., & Nagy, M. (2023). Global Value Chains and Industry 4.0 in the Context of Lean Workplaces for Enhancing Company Performance and Its Comprehension via the Digital Readiness and Expertise of Workforce in the V4 Nations. *Mathematics*, 11(3), 601. <https://doi.org/10.3390/math11030601>
30. Wang, J., Yin, J., Khan, R. U., Wang, S., & Zheng, T. (2021). A Study of Inbound Logistics Mode Based on JIT Production in Cruise Ship Construction.. *Sustainability*, 13, 1588. <https://doi.org/10.3390/su13031588>
31. Widjajanto, S., Purba, H. H., & Jaqin, C. (2020). Novel POKA-YOKE approaching toward industry-4.0:Computer Science Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications
32. Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Rawson Associates.
33. Yao, F., Alkan, B., Ahmad, B., & Harrison, R. (2020). Improving Just-in-Time Delivery Performance of IoT-Enabled Flexible Manufacturing Systems with AGV Based Material Transportation. *Sensors*, 20(21), 6333. <https://doi.org/10.3390/s20216333>

34. Yamaguchi, M., Shima, K., Yoshida, T., & Otsuka, T. (2018). Status Estimation and In-Process Connection of Kanbans Using BLE Beacons and LPWA Network to Implement Intra-Traceability for the Kanban System. *Sustainability*, 10(7), 2506. <https://doi.org/10.3390/su10072506>