

Optimizacija rada tehničkog ureda proizvodne kompanije

Šajina, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:893429>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-08**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Iva Šajina

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić

Student:

Iva Šajina

Zagreb, 2023.

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

Zahvaljujem se Doc. dr. sc. Miri Hegediću i Ivani Antičić, rukovoditeljici konstrukcije Končar MES-a na ukazanoj prilici, povjerenju i mentorstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se na podršci i ostalim prijateljima i kolegama iz firme koji su mi olakšali i uljepšali posao tijekom proteklih mjeseci.

Hvala mojoj obitelji koja je godinama ulagala i vjerovala u mene. Hvala što ste mi prenijeli svoj optimizam.

Posebna zahvala Filipu – za veliko strpljenje i potporu u ključnim trenucima.

Konačno, hvala prijateljima i kolegama s fakulteta za svu pomoć i savjete tijekom cijelog studiranja.

Iva Šajina



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Iva Šajina** JMBAG: 0035203855

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Optimizacija rada tehničkog ureda proizvodne kompanije**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Work optimization of the technical office in the manufacturing company**

Opis zadatka:

Tvrtke koje se bave proizvodnjom stalno se suočavaju s izazovom poboljšanja produktivnosti i smanjenja vremena isporuke kako bi ostale konkurentne u današnjem brzom poslovnom okruženju. Jedan pristup koji se pokazao uspješnim u postizanju tih ciljeva je lean razvoj proizvoda i procesa. Lean principi i prakse pružaju okvir za identifikaciju i eliminaciju gubitaka u procesima razvoja proizvoda i proizvodnje, što rezultira većom produktivnošću i kraćim vremenima isporuke. Tehnički ured je srce razvoja proizvoda u proizvodnoj kompaniji. Odgovoran je za konstruiranje i razvijanje novih proizvoda, poboljšanje postojećih i osiguravanje učinkovite proizvodnje. Stoga je ključno postizanje veće produktivnosti u tehničkom uredu kako bi se poboljšala ukupna produktivnost tvrtke, ali i smanjila vodeća vremena.

U radu je potrebno

1. Opisati rad tehničkog ureda i trendove u organizaciji istog.
2. Definirati lean pristup optimizaciji procesa s fokusom na lean razvoj proizvoda i procesa.
3. Definirati pristup unaprjeđenju procesa tehničkog ureda sa svrhom skraćivanja vodećeg vremena.
4. Na proizvoljno odabranom poduzeću koje ima tehnički ured provesti unaprjeđenje procesa rada tehničkog ureda na proizvoljno odabranom problemu.
5. Predložiti plan kontrole postignutih unaprjeđenja te mogućnosti korištenja digitalnih alata.

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

2. ožujka 2023.

4. svibnja 2023.

8. – 12. svibnja 2023.

Zadatak zadao:


Doc. dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. LEAN METODOLOGIJA.....	2
2.1. RAZVOJ I PRINCIPI LEAN METODOLOGIJE	2
2.1.1. Vrste gubitaka	2
2.1.2. Osnovni principi lean menadžmenta.....	4
2.1.3. Strategija Točno-na-vrijeme	5
2.1.4. Kanban	5
2.1.5. 5S metoda.....	5
2.2. LEAN RAZVOJ PROIZVODA I PROCESA	7
2.2.1. Mapiranje toka vrijednosti	7
2.2.2. Ishikawa dijagram	8
2.2.3. Lean razvoj proizvoda i procesa u proizvodnji jedinstvenih proizvoda	10
2.2.4. Trendovi u organizaciji tehničkog ureda	11
2.2.5. Primjer uvođenja lean razvoja proizvoda i procesa u realnoj kompaniji.....	13
3. PRIMJENA LEAN RAZVOJA PROIZVODA I PROCESA U REALNOJ INDUSTRIJI	16
3.1. TEHNIČKI URED	18
3.2. ALATI LEAN MENADŽMENTA U KOMPANIJI	22
3.2.1. Mapiranje toka vrijednosti	22
3.2.2. 5S	22
3.2.3. Primjena lean razvoj procesa i proizvoda u Končar-MES-u	24
3.2.4. Snimanje procesa otvaranja artikla	27
3.2.5. Analiza potencijalnih problema	30
3.2.6. Analiza temeljnih uzroka problema	32
3.3. UNAPRJEĐENJE RADA TEHNIČKOG UREDA	36
3.3.1. Mapiranje toka vrijednosti odjela konstrukcije.....	36
3.3.2. Prijedlozi rješenja problema iz analize potencijalnih problema	39
3.3.3. Standardizacija procesa izrade dokumentacije	42
3.3.4. Digitalizacija dokumentacije.....	46
4. ZAKLJUČAK.....	50

POPIS SLIKA

Slika 1:	Sedam tipova gubitaka (izrada autora prema [7])	3
Slika 2:	5 osnovnih principa leana (izrada autora prema [9]).....	4
Slika 3:	5S metodologija (izrada autora prema [14]).....	6
Slika 4:	Koraci mapiranja toka vrijednosti (izrada autora prema [21])	8
Slika 5:	Osnovni izgled Ishikawa dijagrama [23].....	9
Slika 6:	Primjer Ishikawa dijagrama [24].....	10
Slika 7:	Osnovna konstrukcija elektromotora (izrada autora)	16
Slika 8:	Organizacijska shema Končar-MES-a (izrada autora)	18
Slika 9:	Tok dokumentacije za izradu motora po odjelima (izrada autora).....	20
Slika 10:	Mjerna skica [29].....	21
Slika 11:	Stanje radnog prostora prije uvođenja metode 5S [29]	22
Slika 12:	Implementacija principa 5S metode (izrada autora prema [29]).....	23
Slika 13:	List identifikacijskih brojeva.....	33
Slika 14:	Ishikawa dijagram za problem uzimanja broja artikla	34
Slika 15:	Mapa trenutnog stanja - konstrukcija	37
Slika 16:	Mapa budućeg stanja - konstrukcija.....	38
Slika 17:	Dijagram toka standardiziranog procesa izrade proizvodne sastavnice	43
Slika 18:	Dijagram toka za izradu mjerne skice	44
Slika 19:	Uputa za izradu i imenovanje mjernih skica	45
Slika 20:	<i>Trello</i> TU ploča	48
Slika 21:	Predložak kartice u <i>Trellu</i>	49

POPIS TABLICA

Tablica 1: Predložak principa i metoda lean razvoja proizvoda za primjenu u kompaniji s proizvodnjom jedinstvenih proizvoda [3]	14
Tablica 2: Tablica ostvarenih ušteda nakon implementacije lean metodologije u proces razvoja proizvoda [3]	15
Tablica 3: Aspekti poslovanja s potencijalom za unaprjeđenje.....	26
Tablica 4: Izmjerene vrijednosti trajanja aktivnosti tehničkog ureda [29].....	27
Tablica 5: Analiza potencijalnih problema [29].....	30
Tablica 6: Potencijalna rješenja uočenih problema	39

SAŽETAK

Uspjeh kompanija ovisi o njihovoj sposobnosti za prilagođavanje stalno promjenjivim zahtjevima tržišta. Da bi ostale konkurentne, tvrtke moraju pronaći način za kontinuirano poboljšanje svojih proizvoda i usluga. Zato je važan proces dodavanja vrijednosti proizvodu, gdje važnu ulogu ima implementacija lean načina razmišljanja u poslovanje. U proizvodnim modelima čiji je svaki proizvod jedinstven se u tu svrhu može efektivno primijeniti metodologija lean razvoja proizvoda i procesa, budući da se u takvim poduzećima efikasnost u velikoj mjeri povećava unaprjeđenjem procesa u ranijim fazama nastanka proizvoda. Cilj rada je istražiti i implementirati takve metode u realnom proizvodnom okruženju. U tu svrhu je odabrana tvrtka Končar – MES d.o.o., gdje je provedena analiza postojećeg stanja rada tehničkog ureda, te su predložena rješenja za unaprjeđenje procesa izrade tehničke dokumentacije.

Ključne riječi: Lean razvoj proizvoda i procesa, tehnički ured, izrada dokumentacije

SUMMARY

The success of a company is dependent on its capability to adjust to the ever-changing business climate. To remain competitive, companies must continuously improve their products and services. For this reason, it is important to implement value adding activities to the production process. Lean way of thinking plays a major role in this regard. Companies with a one-of-a-kind production model can benefit significantly from the implementation of lean product and process development methodology, since the production efficacy of such companies is notably increased by improving work performance early in the product engineering process. The goal of this thesis is to research and implement such methods in a real production environment. For this purpose, a production company called Končar-MES d.o.o. was chosen. The current state of the Končar-MES technical office was analyzed and solutions for the improvement of the process of technical documentation creation were proposed.

Key words: Lean product and process development, technical office, creation of technical documentation

1. UVOD

Način na koji se odvija proces proizvodnje dobara i usluga koje zadovoljavaju potrebe kupaca se konstantno i rapidno mijenja, posebice tijekom prošlog stoljeća. Postignut je veliki napredak u pogledu efikasnosti proizvodnje, dok ta proizvodnja istovremeno postaje sve kompleksnija [1]. Kako bi ostale konkurentne, sve više kompanija primjenjuje lean način razmišljanja u svoje poslovanje - kako u proces proizvodnje, tako i u proces razvoja proizvoda [2].

Lean metodologija se koristi za proučavanje tokova vrijednosti proizvodne organizacije, identificiranje i eliminaciju svih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu, te konstantno prilagođavanje provedenih aktivnosti potrebama kupaca [3]. Brojni su primjeri poboljšanja efikasnosti proizvodnje primjenom leana, a najveća unaprjeđenja se uočavaju u sustavima s repetitivnom proizvodnjom, što ne začuđuje s obzirom na okolnosti u kojima je lean metodologija i nastala [4]. Međutim, u usporedbi s istraživanjima o primjeni leana u proizvodnji, postoji relativno malo podataka o načinu uvođenja istih principa u proces razvoja proizvoda [3]. Govoreći o kompanijama koje ne posluju po modelu repetitivne proizvodnje, već proizvode po narudžbi ili nude nekoliko baznih proizvoda s visokom razinom modularnosti, lako je pretpostaviti kako bi takva poduzeća mogla profitirati uvođenjem lean načina razmišljanja u ranim fazama nastanka proizvoda, budući da se u tom slučaju poseban trud i vrijeme ulaže u proces razvoja proizvoda. Taj proces se u kompanijama odvija unutar tehničkog ureda, stoga je za unaprjeđenje procesa razvoja proizvoda važno optimirati model organizacije tog odjela.

U ovom radu će se definirati lean pristup optimizaciji rada kompanije, s posebnim fokusom na lean razvoj proizvoda i procesa. Definirat će se pristup unaprjeđenju procesa rada tehničkog ureda sa svrhom skraćivanja vodećeg vremena. Kao objekt promatranja primjene lean metodologije odabrana je tvrtka Končar - Motori i električni sustavi. Utvrdit će se postojeće stanje u poduzeću u pogledu organizacije rada, te će se definirati potencijal za implementaciju lean menadžmenta u rad tehničkog ureda s fokusom na rad odjela konstrukcije. Bit će predložen i način praćenja postignutih unaprjeđenja kako bi se utvrdio utjecaj implementiranih lean principa u rad kompanije.

2. LEAN METODOLOGIJA

2.1. RAZVOJ I PRINCIPI LEAN METODOLOGIJE

Lean proizvodnja je način proizvodnje koji svako trošenje resursa koje ne stvara vrijednost deklarira kao gubitak koji se nastoji eliminirati. Vrijednost je definirana iz perspektive kupca, a označava sve ono što je kupac spreman platiti. Pojam vitka proizvodnja - lean se prvi put spominje 1990. godine u knjizi „*The Machine that Changed the World*” J. P. Womacka i D. T. Jonesa. Knjiga sadrži rezultate nastojanja zapadnjačkih proizvođača da stvore mjerilo prema kojem će se usporediti s japanskom industrijom i odrediti uzroke njenog uspjeha na sjeverno američkom i europskom tržištu. Krajem 1980-ih su kompanije kao što su Toyota, Nissan, Sony i Honda bile uzori ostalim proizvođačima zbog svog naglog razvoja [5]. Rezultati su pokazali kako japanski model poslovanja rezultira manjom količinom uloženog napora i manjom potrošnjom različitih resursa: materijala, prostora i kapitala [6].

2.1.1. Vrste gubitaka

Taiichi Ohno, japanski industrijski inženjer i začetnik Toyotinog sustava proizvodnje, definirao je sedam vrsta gubitaka u proizvodnji [7]:

1. Prekomjerna proizvodnja: Gubici u ovoj kategoriji su posljedica loše analize zahtjeva tržišta. To uključuje stvaranje proizvoda koji se ne mogu prodati, izvođenje operacija koje nisu neophodne i izradu nepotrebne dokumentacije.
2. Transport: Gubitke predstavlja svako nepotrebno kretanje materijala koje je posljedica korištenja neučinkovitih rasporeda proizvodnog sustava. Osim u transportu materijala, gubici se očituju i u neučinkovitom toku informacija te lošoj komunikaciji među djelatnicima koja rezultira gubitkom podataka i neusklađenosti u raznim fazama proizvodnje.
3. Čekanje: Vrijeme čekanja materijala i informacija je posljedica lošeg planiranja proizvodnje.
4. Prekomjerna obrada: Loša konstrukcija i zastarjela tehnologija izrade mogu rezultirati predimenzioniranim ili nepotrebno kompleksnim proizvodima. Resursi se nepotrebno

troše u procesu konstrukcije, pripreme, obrade materijala i čišćenja između pojedinih faza obrade.

5. Zalihe: Velika količina materijala, poluproizvoda i proizvoda u skladištima povezane su s prekomjernom proizvodnjom, predstavljaju tzv. zamrznuti kapital i stvaraju nepotrebne troškove skladištenja.
6. Nepotrebni pokreti: Zbog lošeg rasporeda radnih jedinica dolazi do nepotrebno gibanja djelatnika kako bi došli do materijala ili informacija.
7. Škart: Škart se javlja zbog nepotpunih, netočnih i nepravovremenih informacija koje uzrokuju greške u procesu proizvodnje. Proizvod s greškom se mora odbaciti te je potrebno ponovno započeti s proizvodnjom te komponente.

Kasnije su prepoznate i druge vrste gubitaka: proizvodi i usluge koji ne zadovoljavaju potrebe kupca i izgubljeni potencijal i znanje zaposlenika [8].

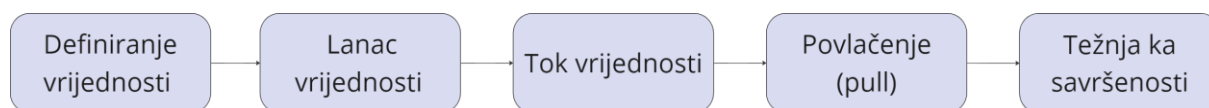


Slika 1: Sedam tipova gubitaka (izrada autora prema [7])

2.1.2. Osnovni principi lean menadžmenta

Lean način razmišljanja je oprečan mentalitetu sustava koji stvara gubitke. Gubitke je moguće eliminirati implementiranjem pet osnovnih lean principa [9]:

1. Definiranje vrijednosti. Važno je sagledati vrijednost iz perspektive kupca. Ako vrijednost određuju proizvodne organizacije i tehnički stručnjaci, postoji mogućnost da će nastati nepotrebno kompleksan proizvod sa značajkama koje kupac u konačnosti ne prepoznaje kao dodanu vrijednost.
2. Lanac vrijednosti. Potrebno je definirati niz radnji koje dodaju vrijednost proizvodu, a nužne su za isporuku proizvoda kupcu. Sve radnje u lancu vrijednosti se mogu podijeliti s obzirom na razinu dodavanja vrijednosti na [10]:
 - a) aktivnosti koje dodaju vrijednost,
 - b) neophodne aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i
 - c) aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i nisu neophodne – „čisti“ gubitak.
3. Tok vrijednosti. Treba stvoriti kontinuirani protok materijala i informacija među proizvodnim koracima i eliminirati dijelove procesa na kojima se materijal nakuplja i šalje na sljedeću proizvodnu jedinicu u velikoj hrpi.
4. Povlačenje (*eng. pull*). Kupac je taj koji inicira proizvodnju (*pull*) umjesto da se unaprijed proizvedeni artikl pokuša prodati kupcu (*eng. push*). Proizvodi se točno ono što je potrebno, u trenutku kad je potrebno.
5. Težnja ka savršenosti. Težnja kontinuiranom unaprjeđenju procesa s ciljem smanjenja nastanka grešaka i uštede vremena, prostora i troškova.



Slika 2: 5 osnovnih principa leana (izrada autora prema [9])

2.1.3. Strategija Točno-na-vrijeme

Japanska industrija je začetnik strategije točno-na-vrijeme (*eng. Just-in-time, JIT*). To je strategija proizvodnje koja zagovara proizvodnju točno onog što se traži, u točno vrijeme, na točnom mjestu, točno u traženoj količini i kvaliteti. JIT je prvi put uveden u Toyotinoj proizvodnji, a služio je kao alat za maksimalno iskorištavanje dostupnih resursa koji su u vrijeme poslijeratne krize bili posebno ograničeni. JIT je dodatno dobio na popularnosti 1973., uslijed naftne krize [11].

2.1.4. Kanban

JIT strategija se može primijeniti korištenjem kanban sustava koji omogućava visoku razinu proizvodnosti i iskoristivosti kapaciteta kompanije. Kanban je japanska riječ koja znači "vidljiva kartica" ili "pločica", te se koristi kao sustav za organizaciju rada i kontrolu inventara kompanije. Ta kartica sadrži sve informacije potrebne za izradu određenog proizvoda za svaki korak proizvodnje i sve detalje o njegovom trenutnom stanju u proizvodnom toku [12]. Kartice signaliziraju nedostatak materijala i dijelova u određenoj fazi proizvodnje i ističu potrebu za pomakom materijala iz jednog procesa u sljedeći. Materijal se dakle „povlači“ iz sljedeće operacije u nizu. Izvršenje operacija u završnoj fazi montaže proizvoda je jedina aktivnost kojom se upravlja iz ureda otpreme. Tako se osigurava da se materijal pomiče isključivo kada za to postoji potreba, što smanjuje nepotrebne pokrete materijala, prekomjernu proizvodnju i gomilanje zaliha. U slučaju da je uočena greška, ili je potrebno provesti izmjenu na nekom dijelu proizvodnje, kanban metoda omogućava fleksibilnu proizvodnju s brzim uvođenjem izmjene u toku, prije nego se proizvede velika količina neispravnih komada. Primjenom kanbana se uvodi mjerenje vremena potrebnog za obavljanje pojedinog koraka, praćenje toka rada i optimizacija aktivnosti svake radne stanice [13].

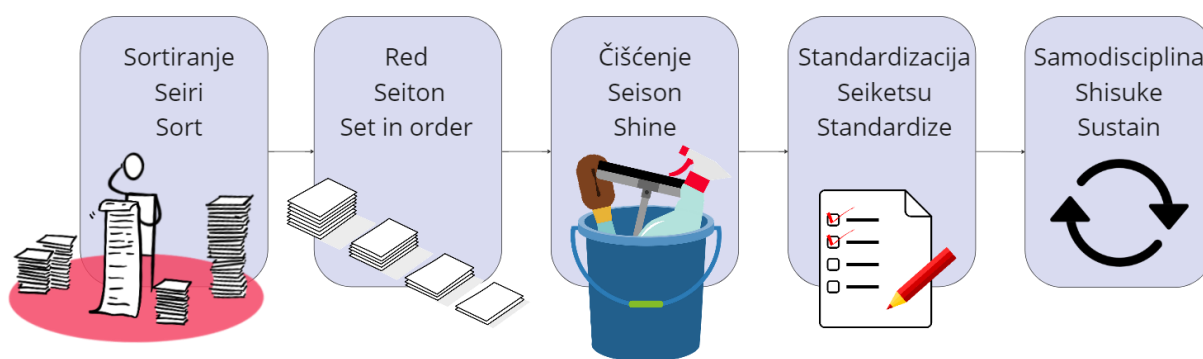
2.1.5. 5S metoda

Jedan od najraširenijih koncepata leana je tzv. 5S metoda. Metoda se smatra jednim od osnovnih lean alata jer osigurava stabilnost procesa s ciljem održavanja kontinuiranog

unaprjeđenja [14]. U japanskom jeziku je 5S kratica za pet riječi koje predstavljaju upute za održavanje urednog sustava:

1. Sortiranje (*jap. Seiri, eng. Sort*): Identificirati i odvojiti alate i materijale neophodne za rad od onih koji nisu potrebni. Stvari koje se nikad ne koriste je potrebno baciti.
2. Red (*jap. Seiton, eng. Set in order*): Alate i materijale poredati po učestalosti korištenja. Treba jasno definirati i označiti mjesta odlaganja. Stvari treba spremi na odgovarajuća mjesta s obzirom na učestalost korištenja; najčešće korištene stvari trebaju biti najdostupnije.
3. Čišćenje (*jap. Seiso, eng. Shine*): Provesti dubinsko čišćenje, eliminirati uzroke prekomjernog prljanja okoline, pojednostaviti proces čišćenja. Čišćenje je potrebno provoditi redovito.
4. Standardizacija (*jap. Seiketsu, eng. Standardize*): Uspostaviti pravila i odrediti mjesta skladištenja korištenjem vizualnih uputa s ciljem da se smanji vrijeme za traženje alata i materijala i da se smanji vjerojatnost za vraćanje starim navikama.
5. Samodisciplina (*jap. Shitsuke, eng. Sustain*): Sve propisane aktivnosti se trebaju pratiti, evaluirati i kontinuirano poboljšavati kako bi uvedeni sustav bio održan.

Glavni cilj 5S metode je stvaranje vizualno preglednog radnog mjesta u kojem se kratkim razgledavanjem može utvrditi trenutno stanje posla, što omogućava brzo provođenje izmjena i poduzimanje radnji potrebnih za unaprjeđenje procesa [15].



Slika 3: 5S metodologija (izrada autora prema [14])

2.2. LEAN RAZVOJ PROIZVODA I PROCESA

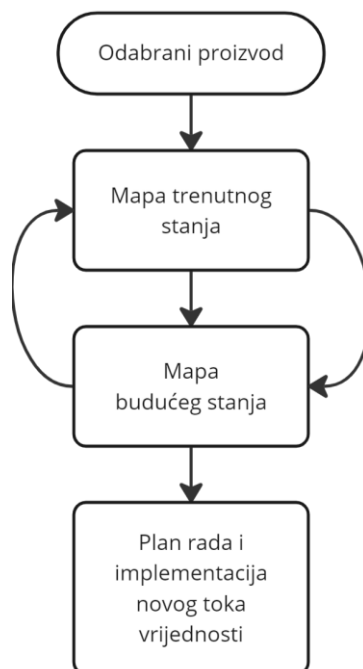
Lean razvoj proizvoda je metodologija kojom se razmatra kako se principi lean menadžmenta proizvodnje mogu primijeniti na područje razvoja proizvoda s ciljem stvaranja procesa inovacije proizvoda koji je brz, efikasan i orijentiran ka stvaranju dodane vrijednosti [16]. U lean razvoju proizvoda se velika važnost pridaje stvaranju i zapisivanju znanja koje će se primijeniti na buduće projekte. To podrazumijeva maksimiziranje vremena utrošenog na istraživanje rano u razvoju proizvoda, prije donošenja odluka. Prikupljanje dostatne količine znanja na početku projekta smanjuje vjerojatnost za nastanak grešaka te se smanjuje vrijeme utrošeno na ispravljanje i ponovno pregledavanje već izvedenog rada [3]. Provođenje izmjena nakon detekcije pogreške je ujedno jeftinije ako se izvodi u ranim fazama projekta [17].

Principe lean menadžmenta iz područja proizvodnje je potrebno pažljivo prilagoditi na proces razvoja proizvoda u tehničkom uredu. Ta dva pristupa unaprjeđenju rada će se značajno razlikovati zbog razlike u resursima i mehanizmima koji se koriste za stvaranje vrijednosti [18].

2.2.1. *Mapiranje toka vrijednosti*

Za početak, potrebno je odrediti što čini gubitke u procesu razvoja proizvoda. Za tu svrhu se pokazalo kako je korisno provesti mapiranje toka vrijednosti [19]. To je alat za poboljšanje rada poduzeća koji pomaže u vizualizaciji razvojnih i proizvodnih procesa prikazujući tok informacija i materijala [20].

Glavni cilj mapiranja je izrada mape budućeg stanja toka vrijednosti koji će biti u skladu s lean načinom razmišljanja. Mapa budućeg stanja se generira iz mape trenutnog stanja koja koristi podatke prikupljene iz postojećeg procesa rada kompanije. Izrada mape trenutnog i budućeg stanja je proces koji teče paralelno; prilikom izrade mape trenutnog stanja, proizlaze ideje o izgledu mape budućeg stanja, dok se istovremeno pri izradi mape budućeg stanja ističu aspekti postojećeg procesa koji su zanemareni u inicijalnoj analizi [21]. Glavni problemi u pogledu stvaranja gubitaka postaju odmah prepoznatljivi nakon iscrtavanja mape toka [20].



Slika 4: Koraci mapiranja toka vrijednosti (izrada autora prema [21])

2.2.2. Ishikawa dijagram

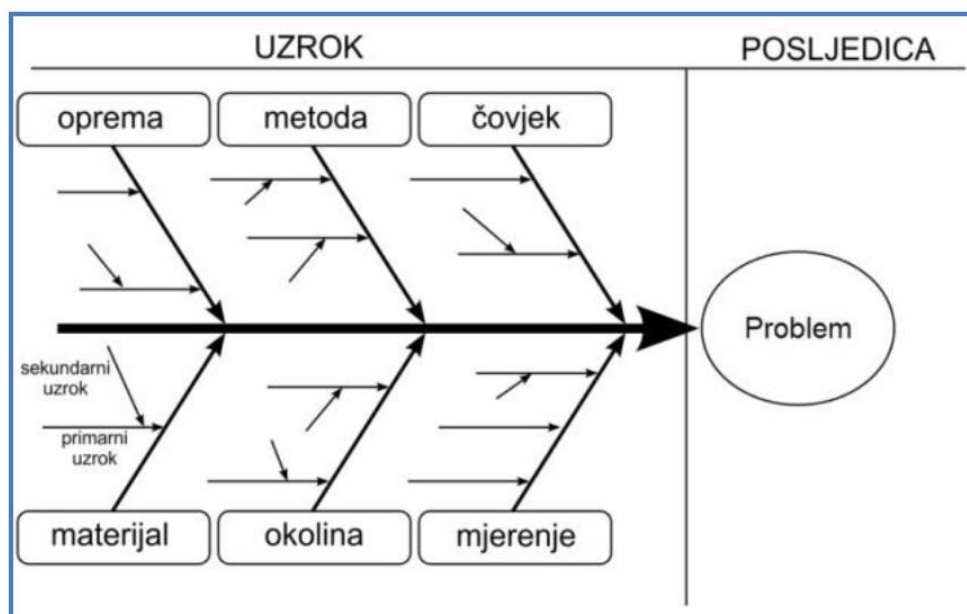
Nakon definiranja gubitaka, potrebno je odrediti uzroke istih, te provesti radnje kako bi se eliminirale aktivnosti koje ne doprinose vrijednosti proizvoda. U slučaju da uzroci nastalih gubitaka nisu jasni na prvi pogled, koriste se alati razvijeni za njihovo lakše otkrivanje. Jedan od takvih alata je dijagram uzroka i posljedica, poznat i pod nazivom Ishikawa dijagram prema japanskom znanstveniku koji ga je prvi put primijenio, Kaoru Ishikawi. Dijagram ilustrira odnos između uočenog problema i svih faktora koji su ga uzrokovali.

Ideja ove metode je promišljanje o svim mogućim uzrocima određenog problema provođenjem detaljne analize uočenog stanja. Alat se koristi u četiri koraka: identifikacija problema, definiranje glavnih faktora koji su doprinijeli nastanku problema, identifikacija mogućih uzroka i analiza dijagrama [22].

Uzroci se generalno grupiraju u 6 glavnih grupa uzroka, tzv. 6M, unutar kojih se analiziraju različiti faktori procesa:

- a) Čovjek (*eng. man*). Analiza svih sudionika procesa.

- b) Metoda (*eng. method*). Analiza procedura, pravila, regulacija ili zakona koji propisuju način izvođenja procesa.
- c) Stroj (*eng. machine*). Analiza opreme, računala i ostalih alata korištenih za izvođenje procesa.
- d) Materijal (*eng. material*). Analiza sirovina, poluproizvoda, dijelova i ostalih materijala korištenih u procesu.
- e) Mjerenja (*eng. measurement*). Analiza načina generiranja podataka koji proizlaze iz provođenja procesa, a koriste se za njegovu evaluaciju.
- f) Okolina (*eng. mother nature*). Analiza uvjeta poput lokacije, vremena, temperature i kulture unutar kojih se odvija proces.



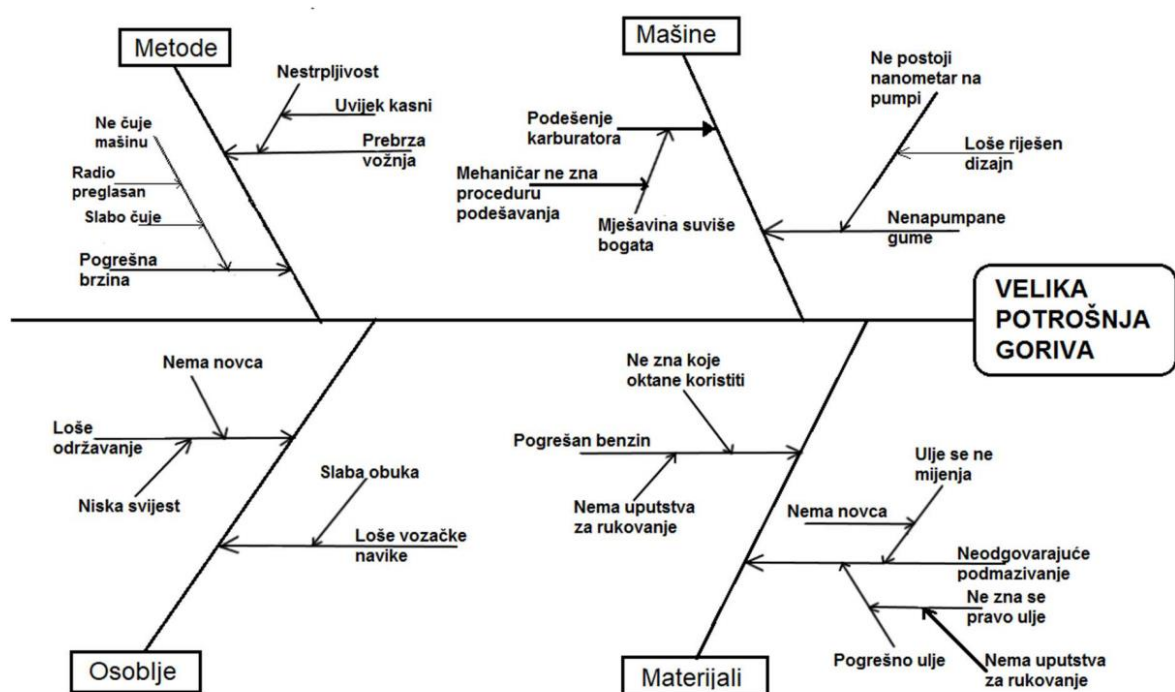
Slika 5: Osnovni izgled Ishikawa dijagrama [23]

Ovisno o potrebi, dijagram izostavlja određene grupe koji nisu relevantne za područje primjene. Ponekad se u 7M modelu Ishikawa dijagrama u obzir uzima dodatna grupa uzroka – upravljanje (*eng. Management*) [22].

U svakoj od navedenih grupa se određuju primarni uzroci nastalog problema. Na idućoj razini se traže uzroci primarnih uzroka itd., čime se tvori dijagram koji se zbog svog izgleda naziva i dijagramom riblje kosti. Grana uzroka se širi primjenom tehnike 5W (*eng. where, what,*

when, who, why), u kojoj za pronalazak sljedećeg uzroka u nizu kreator dijagrama postavlja pitanja: „Gdje? Što? Kad? Tko?“ i „Zašto?“. Analiza podataka slijedi nakon što se na određenom nivou dijagrama iscrpe svi pronađeni uzroci. Jedna od značajnijih prednosti korištenja ove metode je mogućnost usmjeravanja na osnovne uzroke problema i identificiranje linije kritičnih uzroka [23].

Budući da dijagram ima široku praktičnu primjenu, dijagram se najbolje objašnjava primjerom iz realnog okruženja. Sljedeća slika prikazuje Ishikawa dijagram na primjeru problema velike potrošnje goriva u poduzećima koja koriste motorna vozila za transport u svom poslovanju.



Slika 6: Primjer Ishikawa dijagrama [24]

2.2.3. Lean razvoj proizvoda i procesa u proizvodnji jedinstvenih proizvoda

Lean metodologija repetitivne proizvodnje se dodatno razvija kako bi se mogla primijeniti na razvoj proizvoda u kompanijama čiji je svaki proizvod jedinstven i prilagođen specijalnih zahtjevima kupaca. Razvoj novog proizvoda takvih kompanija ne kreće od nule, već se odvija izmjenom izvedbe postojeće konstrukcije. Iako u projektima uvijek postoji određeni

udio komponenti koje imaju potpuno novu konstrukciju, glavni dio razvoja čini brza i robusna modifikacija postojećih konstrukcijskih rješenja. Stoga je važno kvalitetno provesti standardizaciju konstrukcije i procesa razvoja proizvoda. U procesu se nastoji smanjiti varijabilnost konstrukcije, dok se istovremeno pokušava održati određena razina kreativnosti koja je nužna za stvaranje kvalitetnog i inovativnog proizvoda. Standardizacija osigurava stabilnost procesa razvoja proizvoda s lako predvidljivim rezultatima u pogledu kvalitete i brzine izrade [3].

2.2.4. Trendovi u organizaciji tehničkog ureda

Tehnički ured je mjesto razvoja novih proizvoda. Taj odjel je odgovoran za koncipiranje proizvoda, definiranje njegovog oblika, specifikacija i tehnologija njegove izrade. Važna zadaća tehničkog ureda je izrada i pohrana cjelokupne tehničke dokumentacije razvijenih komponenti i gotovih proizvoda. To uključuje kreaciju proizvodnih sastavnica, radioničkih i montažnih nacrti, skica, dokumenata s tehničkim specifikacijama proizvoda i sl. U suradnji s odjelom prodaje, tehnički ured izrađuje dokumentaciju za kupca koja je nužna prilikom izrade ponuda i narudžbi. Za navedene aktivnosti se već standardno koriste 3D CAD i CAM alati, dok se informacije o proizvodu iz tehničkog ureda prikupljaju na središnjoj bazi podataka kompanije kroz ERP (*eng. Enterprise resource planning*) sustav. Poboljšanjem efikasnosti tehničkog ureda i unaprjeđenjem njegove organizacije povećava se produktivnost cijele kompanije, a smanjenje vremena utrošenog na razvoj proizvoda skraćuje vodeća vremena.

Za unaprjeđenje efikasnosti rada tehničkog ureda nužno je uskladiti sve faze razvoja, uključujući razvoj proizvoda i razvoj procesa njegove proizvodnje [25]. Budući da su ti procesi kompleksni kod proizvodnje jedinstvenih proizvoda, važno je sustavno zapisivanje stečenog znanja iz prošlih projekata kako bi se ono moglo što efikasnije ponovno iskoristiti [26].

U proizvodnim kompanijama se sve više implementiraju principi i alati tzv. industrije 4.0. Industrija 4.0 označava svojevrsnu industrijsku revoluciju u kojoj su uređaji međusobno povezani u mrežnoj infrastrukturi zvanoj internet stvari (*eng. internet of things*). Na taj način se ostvaruje integracija fizičkih i virtualnih sustava koja omogućuje praćenje i upravljanje procesima u realnom vremenu. Pohranom podataka iz faze razvoja proizvoda na internet stvari, moguće je povećati znanje o razvijenim proizvodima na razini cijele kompanije. Prednosti tog postupka se posebno ističu u razvoju jedinstvenih proizvoda, gdje posjedovanje znanja o

postojećim proizvodima i greškama koje su se ranije javljale značajno skraćuju razvoj novog proizvoda [26].

Upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM, *eng. product lifecycle management*) je proces razvijen za sustavno zapisivanje i organizaciju znanja. PLM sustavi daju djelatnicima različitih odjela kompanije pristup bazi podataka i trenutno stanje određenog proizvoda, što omogućuje njihovu suradnju u razvoju. Prilikom konstruiranja proizvoda, djelatnici tehničkog ureda generiraju i u PLM sustav unose podatke poput proizvodne sastavnice, CAD datoteka, popisa nužnih operacija te alata i strojeva koje je potrebno koristiti da bi se dobio konačni proizvod. Korisno je definirati i sustav klasifikacije proizvoda koji će se koristiti u PLM sustavu. Proizvodi se mogu grupirati prema komponentama i materijalima od kojih se sastoje, te prema njihovom obliku, veličini i funkciji. Ovakvom sistematizacijom podataka o postojećim proizvodima se omogućava njihovo jednostavno pronalaženje i korištenje prilikom razvoja sličnih proizvoda [26].

Komunikacija između ljudi, kompanija i institucija se sada odvija uglavnom dijeljenjem digitalnih informacija zbog razvoja industrije 4.0, digitalizacije i širenja upotrebe informatičkih sustava. Tako veliku količinu informacija je nemoguće pravovremeno obraditi isključivo ljudskim radom, stoga se u poslovanju sve više koristi robotska automatizacija procesa (RPA, *eng. Robotic process automation*). RPA se definira kao tehnika za automatsko izvršenje zadataka u administraciji, znanosti i industriji se koristi kao alat za obavljanje aktivnosti umjesto čovjeka, a služi za smanjenje obujma repetitivnih zadataka u radu zaposlenika. Razvoj umjetne inteligencije je usko povezan s robotskom automatizacijom procesa. Umjetna inteligencija se koristi za poboljšanje preciznosti stroja prilikom obavljanja zadataka implementacijom strojnog učenja. U tom procesu stroj „uči“ kako što efikasnije obrađivati podatke oponašanjem ljudskog načina učenja koristeći tehnike statistike i vjerojatnosti te povezivanja i prepoznavanja uzoraka. Stroj postaje sposoban za klasifikaciju, povezivanje, optimiranje, grupiranje i predviđanje informacija, te se kao takav može implementirati u procese vezane uz ERP sustave (rad odjela tehničkog ureda, financija, kadrovske službe i sl.). Robotska automatizacija s podrškom umjetne inteligencije je predviđena za implementaciju u jasno definiranim i stabilnim radnim procesima u kojima čovjek može stroju jasno postaviti upute za izvršavanje zadatka unošenjem varijabli i korištenjem nekog oblika snimanja procesa [27].

Upravljanje informacijama postaje sve važniji aspekt poslovanja, čak i u proizvodnim kompanijama, gdje se danas i do 75% zaposlenika bavi obradom informacija umjesto obradom materijala. Teži uvjeti na tržištu prisiljavaju poduzeća, posebno ona u sektoru industrije, na zamjenu tradicionalnih organizacijskih struktura modernim modelima poslovanja. Radna mjesta koja se bave upravljanjem informacija su pogodna za implementaciju rada na daljinu. Ciljevi uvođenja rada na daljinu su decentralizacija rada širenjem vremenskog i prostornog okvira za obavljanje poslova, brže vrijeme reakcije na upite, skraćanje vodećeg vremena i povećanje produktivnosti djelatnika. Preduvjeti za ostvarivanje ovakvog načina rada su dostupnost svih potrebnih alata za potpunu integraciju zaposlenika u proces rada, organizacija odgovarajuće raspodjele zadataka među djelatnicima i postizanje dobre koordinacije u zadacima koji zahtijevaju suradnju [28]. Tehnički uredi s naprednim digitalnim sustavima i odgovarajućom organizacijskom strukturom mogu biti pogodno okruženje za implementaciju rada na daljinu.

2.2.5. Primjer uvođenja lean razvoja proizvoda i procesa u realnoj kompaniji

Varl, Duhovnik i Tavčar u svom radu definiraju proces implementacije lean razvoja proizvoda na kompaniji koja proizvodi transformatore snage u kojoj je svaki proizvod modifikacija postojećeg konstrukcijskog rješenja s obzirom na zahtjeve kupca. U radu dijele principe lean razvoja proizvoda u tri grupe: procesi i alati, ljudski resursi i znanje. Principi u grupama ljudski resursi i znanje se mogu generalizirati i lako implementirati u poslovanje drugih kompanija. Principi iz grupe procesi i alati su s druge strane kompleksniji i u velikoj mjeri definiraju proces razvoja proizvoda kompanije, stoga se trebaju pažljivo prilagoditi prema specifičnim zahtjevima procesa svake kompanije. Izrađena je tablica koja sistematizira značajke potrebne za postizanje robusnog procesa lean razvoja proizvoda po navedenim grupama. Tablica je poopćena pa je kao takva primjenjiva na radna okruženja slična onom u kompaniji na kojem je istraživanje provedeno [3].

Tablica 1: Predložak principa i metoda lean razvoja proizvoda za primjenu u kompaniji s proizvodnjom jedinstvenih proizvoda [3]

	Princip	Ciljevi	Alati, metode, aktivnosti
Procesi i alati	Individualizirani pristup kupcu	Neograničena mogućnost individualizacije proizvoda predstavlja vrijednost proizvoda za kupca.	Standardizacija konstrukcije proizvoda. Kreiranje modularne konstrukcije s neograničenim mogućnostima individualizacije.
	Standardiziran proces konstruiranja	Stvaranje efikasnog razvojnog odjela i odjela konstrukcije s predvidljivom produktivnosti.	Kreiranje baze standardnih dijelova i sklopova. Kreiranje standardiziranog pristupa konstruiranju koji će koristiti svi konstruktori.
	Upravljanje podacima s naprednom informatičkom podrškom	Kreiranje preglednog sustava pohranjivanja podataka.	Uvođenje parametarskog modeliranja, primjena sustava za praćenje životnog ciklusa proizvoda.
Ljudski resursi	Uključivanje dobavljača u proces razvoja proizvoda	Pravovremeno definiranje proizvodnih potencijala.	Uspostava dugotrajnih partnerskih odnosa s dobavljačima. Međusobna razmjena znanja i istraživanje novih mogućnosti za razvoj.
	Stabilna struktura projektnog tima	Suradnja stručnjaka koja rezultira maksimalnom efikasnosti zbog doprinosa specifičnih znanja svakog pojedinca.	Imenovanje kompetentnog vodećeg inženjera. Uspostava jasne hijerarhije unutar projektnog tima. Prilagodba strukture tima po principu pokretne trake. Imenovanje projektnog menadžera koji će predstavljati poveznicu između kupaca, dobavljača, vodećeg inženjera, konstruktora i proizvodnje.
Znanje	Generiranje znanja	Stalno ulaganje u razvoj proizvoda koje rezultira poboljšanjem kreativnosti, produktivnosti i konkurentnosti kompanije	Uspostava tima za istraživanje i razvoj koji će biti odgovoran za stvaranje novog znanja. Istraživanje se izvodi istovremeno s tekućim poslovima. Nove ideje se testiraju na konkretnim projektima te se implementiraju u proizvodnju nakon pozitivne tehničke i ekonomske ocjene.
	Upravljanje znanjem	Očuvanje i usvajanje znanja stečeno u prethodnim projektima.	Kreiranje sustava za pohranu znanja. Poticanje suradnje i mentorstva između iskusnih inženjera i pripravnika. Stvaranje kompanije koja zastupa načelo kontinuiranog učenja.
	Prelazak na lean način razmišljanja	Mijenjanje mentaliteta kompanije kako bi se težilo kontinuiranom unaprjeđenju razvojnih i proizvodnih procesa.	Inzistiranje na primjeni novouvedenih promjena.

U kompaniji koja je bila predmet istraživanja je uvedeno mnogo radikalnih promjena. Provedena je analiza postojećeg stanja u kojoj se utvrdilo što dodaje vrijednost proizvodu, a što predstavlja gubitke procesu nastanka proizvoda. U tu svrhu su korišteni poznati lean alati, između ostalog i mapiranje toka vrijednosti. Kako bi se unaprijedio proces rada kompanije, uveden je sustav za upravljanje životnog vijeka proizvoda. Provedena je standardizacija procesa konstruiranja proizvoda s fokusom na izvođenje modularne konstrukcije i kreiranje baze standardnih dijelova i sklopova. U pogledu upravljanja ljudskim resursima, organizirani su projektni timovi čija je zadaća uspješno povezivanje odjela konstrukcije, prodaje i nabave. Redovna interakcija s dobavljačima se pokazala kao važan faktor u dugoročnom osiguranju kvalitete proizvoda. Rezultati uvedenih mjera su iskazani u tablici koja prikazuje ostvarene uštede koje su prepoznate kao direktna posljedica novouvedenih promjena.

Tablica 2: Tablica ostvarenih ušteda nakon implementacije lean metodologije u proces razvoja proizvoda [3]

	T_{PREP}/min	T_{3D}/h	T_{DRW}/h	T_{TOTAL}/h	Projekti/god.	EC stopa
Prije provedbe	60	16	24	40	45	5
Nakon provedbe	10	5	18	23	78	1
Poboljšanje	50	11	6	17	33	4
	83%	69%	25%	43%	73%	80%

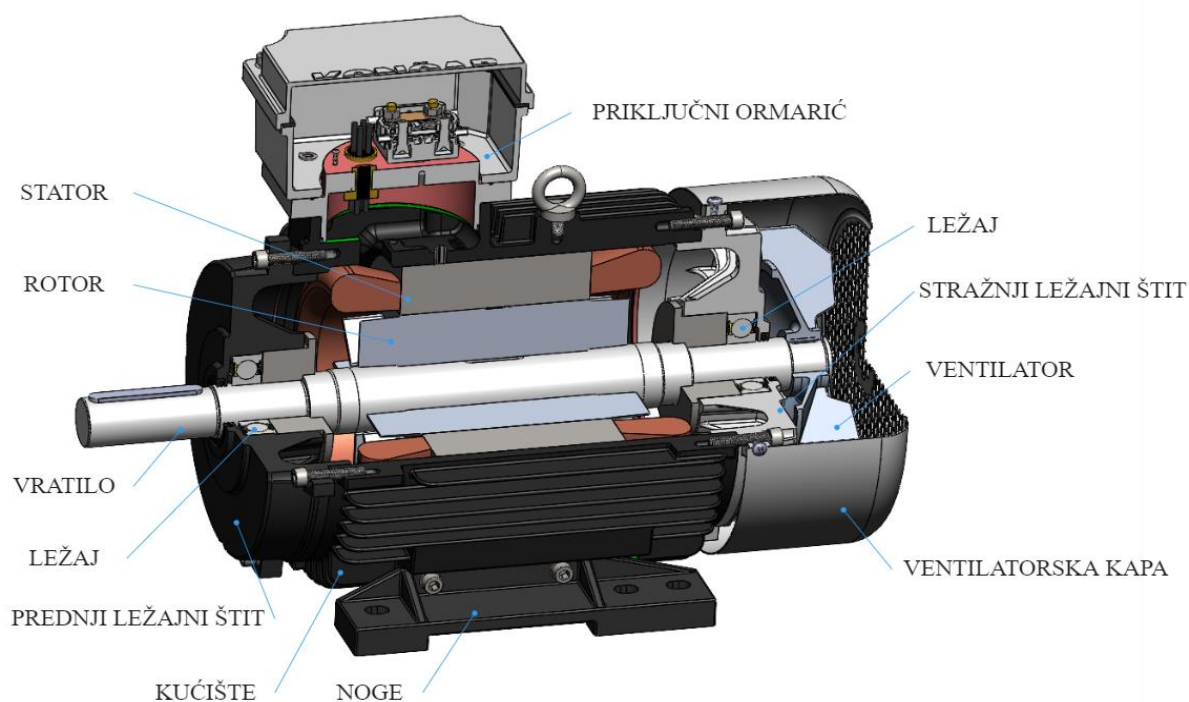
U nastavku je definirano značenje oznaka u tablici:

- T_{PREP}/min – vrijeme pripreme tijekom kojeg se prikupljaju svi podaci potrebni za nesmetani proces konstrukcije,
- T_{3D}/h – vrijeme izradu 3D sklopa,
- T_{TOTAL}/h – ukupno vrijeme konstrukcije ($T_{TOTAL}/\text{h} = T_{PREP}/\text{min} + T_{3D}/\text{h}$),
- Projekti/god. – broj realiziranih projekata u godini, po osobi,
- EC stopa – udio realiziranih projekata gdje su bile potrebne promjene u konstrukciji (prepravljanje).

Vrijednosti u tablici su rezultat jednogodišnjeg perioda ispitivanja. Uštede su ostvarene u pogledu smanjenja vremena takta razvoja proizvoda, smanjenja vodećeg vremena, smanjenja radnih sati, smanjenja vremena utrošenog na ispravljanje grešaka i evaluiranje ispravljenog rada. Indirektna poboljšanja se očituju u optimiziranom upravljanju znanjem i povećanom ugledu kompanije.

3. PRIMJENA LEAN RAZVOJA PROIZVODA I PROCESA U REALNOJ INDUSTRIJI

Za implementaciju ranije navedenih metoda unaprjeđenja odabrano je poduzeće Končar - Motori i električni sustavi d.o.o. Poslovanje kompanije se bazira najviše na proizvodnji malih elektromotora (veličine 56 - 315 prema IEC standardu), ventilatora i pogona. Ovaj rad će se usredotočiti na proces izrade tehničke dokumentacije prilikom konstrukcije asinkronih niskonaponskih elektromotora u standardnim i specijalnim izvedbama (motori u protueksplozivnoj zaštiti, brodske izvedbe, motori s prilagrađenom elektromagnetskom kočnicom i sl.).



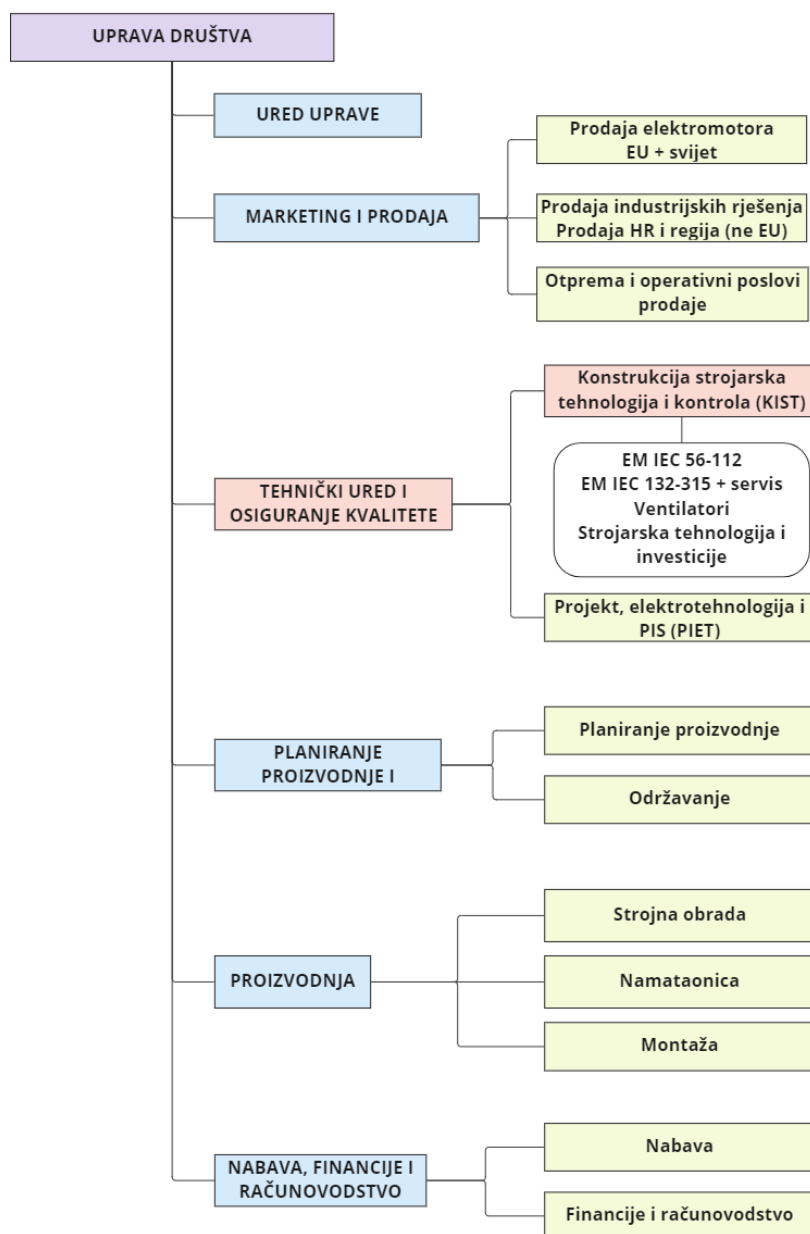
Slika 7: Osnovna konstrukcija elektromotora (izrada autora)

Slika 7 prikazuje osnovnu konstrukciju elektromotora. Sastoji se od rotirajućeg dijela, rotora, i od nepomične komponente, statora. Konstrukcija statora je takva da protok električne struje kroz namot statora stvara rotacijsko magnetsko polje koje inducira stvaranje magnetskog polja na rotoru. Magnetsko polje rotora se nastoji poravnati s rotirajućim magnetskim poljem statora što generira moment na rotoru koji se prenosi na vratilo. Priključenjem radnog stroja na

vratilo se moment prenosi dalje i iskorištava za korisni rad. Stator je uprešan u kućište elektromotora. Na kućište se montira priključni ormarić u kojem se nalaze priključne pločice, redne stezaljke i ostale komponente preko kojih se priključuje napajanje iz mreže i dodatna oprema elektromotora (kočnice, termička zaštita, grijači namota i sl.). Vratilo motora je uležišteno na prednjoj i stražnjoj strani motora u ležajnim štitovima koji se također montiraju na kućište. U standardnoj izvedbi, motor se hladi pomoću ventilatora koji je montiran na vratilo; motor se hladi vlastitim pogonom.

3.1. TEHNIČKI URED

Organizacijska struktura kompanije Končar-MES prikazana je slikom 2. Proces razvoja novih proizvoda se odvija unutar odjela tehničkog ureda. Tehnički ured se dijeli na dva odjela: Konstrukcija, strojarska tehnologija i kontrola (KIST) i Projekt, elektrotehnologija i projektna ispitna stanica (PIET). Ovaj rad će se koncentrirati na optimizaciju rada tehničkog ureda, posebno odjela konstrukcije. Uloga odjela konstrukcije je definiranje oblika, materijala i načina obrade mehaničkih komponenti elektromotora.

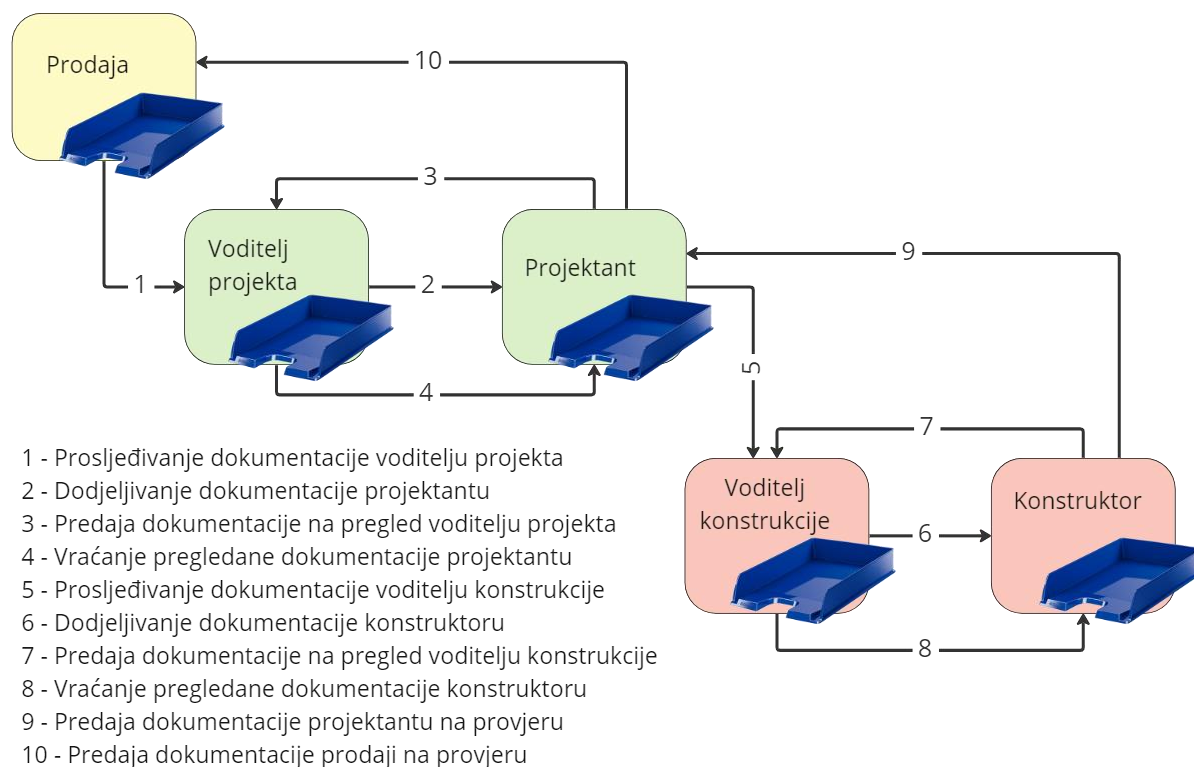


Slika 8: Organizacijska shema Končar-MES-a (izrada autora)

Jedan od glavnih zadataka tehničkog ureda je izrada tehničke dokumentacije za proizvode za koje je planirana isporuka kupcu. Za svaki novi naručeni proizvod je potrebno otvoriti njegov artikl. Svakom artiklu se dodjeljuje jedinstveni sedmeroznamenasti broj, te se pod tim brojem u ERP sustavu definira proizvodna sastavnica sa svim mehaničkim komponentama koje tvore proizvod, definiraju se operacije koje se trebaju izvršiti u proizvodnji, te se prilaže cjelokupna dokumentacija potrebna za kompletnu izradu traženog proizvoda.

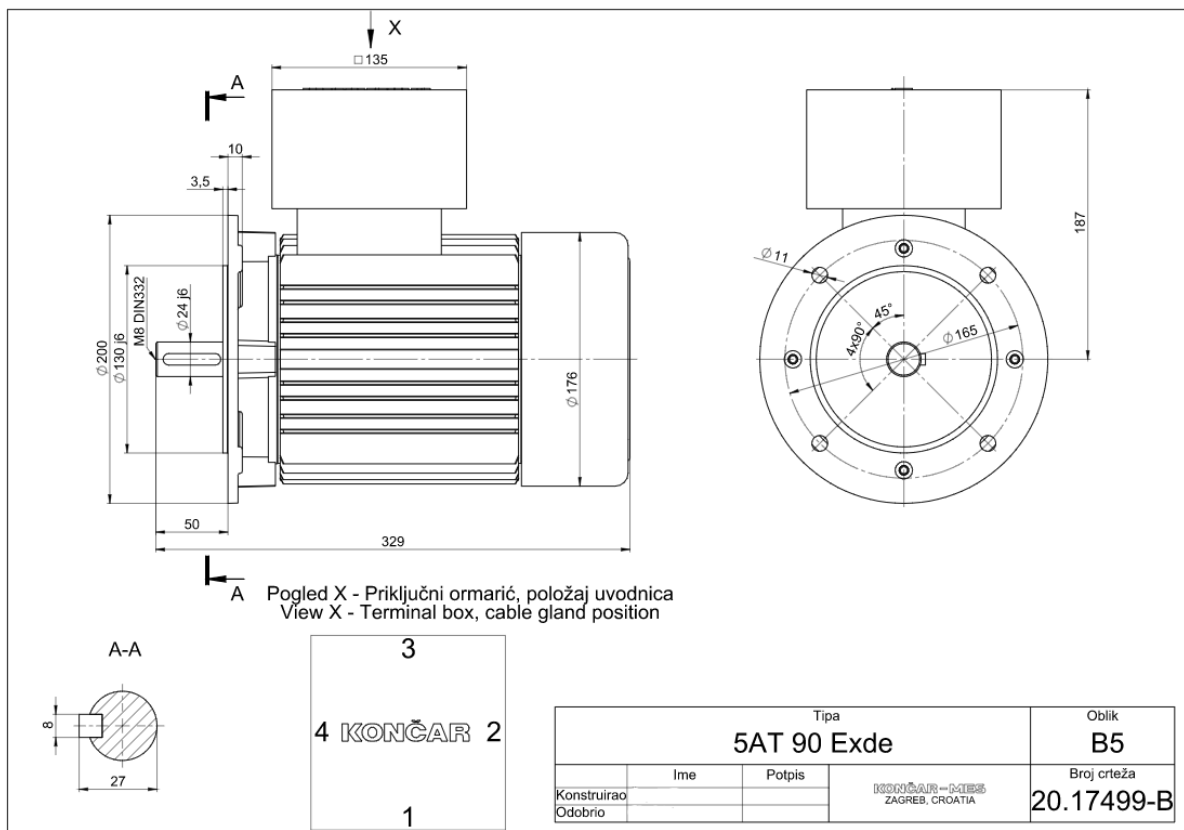
Proces izrade dokumentacije kreće zaprimanjem narudžbe iz odjela prodaje. U narudžbi su definirane sve glavne karakteristike traženog proizvoda. Dokumentacija se iz prodaje prosljeđuje odjelu projekta unutar kojeg se otvara artikl proizvoda te se definiraju karakteristike motora potrebne kako bi se zadovoljili zahtjevi iz narudžbe. Nakon toga se iz ERP sustava ispisuje kartica motora koja sadrži podatke s definiranim karakteristikama i dodatnim opisom s eventualnim specijalnim zahtjevima kupaca. Uz karticu se prilaže dokumentacija iz odjela prodaje (korespondencija s kupcem, skice kupaca, skice koje su se koristile za formiranje ponude i sl.) te se na nju potpisuje odgovorni projektant koji zatim karticu fizički prosljeđuje u odjel konstrukcije. Kartica tada služi za signalizaciju sljedećem djelatniku u nizu na potrebu odrađivanja zadataka vezanih uz pripadni artikl. Voditelj konstrukcije predaje karticu na izradu nekom od zaposlenika konstrukcije. Konstruktor zatim definira mehaničke komponente proizvoda kreiranjem proizvodne sastavnice u ERP sustavu. Pritom izvedena konstrukcija mora zadovoljavati zahtjeve kupca koji su proslijeđeni iz odjela prodaje i mora biti kompatibilna s elektrotehničkim značajkama definiranih od strane odjela projekta. Slika 8 prikazuje način na koji se dokumentacija prosljeđuje iz odjela u odjel.

Tok dokumentacije prati se korištenjem za to predviđene *MS Excel* tablice. Djelatnici odjela prodaje upisuju glavne podatke naručenog proizvoda i krajnji rok isporuke, voditelji projekta i konstrukcije upisuju rokove za izradu dokumentacije u svojim odjelima i djelatnike kojima su dodijelili određeni artikl, a konstruktori i projektanti upisuju datum predaje kartice na pregled nadređenom voditelju i vrijeme koje im je bilo potrebno za rad na dodijeljenom zadatku. Tako se na jednom mjestu prati trenutno stanje izrade dokumentacije i duljina zadržavanja kartice u određenom dijelu procesa.



Slika 9: Tok dokumentacije za izradu motora po odjelima (izrada autora)

Ostali zadaci odjela konstrukcije uključuju provedbu projekata razvoja novih mehaničkih komponenti, provedbu projekata certifikacije konstrukcije elektromotora i izradu mjernih skica. Mjerne skice su nacrti konstrukcije motora ili određenog dijela motora koji prikazuje oblik, prigodne mjere proizvoda i sve ostale mjere koje kupca zanimaju. Služe za pružanje informacija prilikom nuđenja proizvoda, dobivanje potvrde kupca o ispunjenju konstrukcijskih zahtjeva, te za potvrdu istovjetnosti izrađenog proizvoda i zahtjeva prilikom završne kontrole. Način izrade mjerne skice je u određenoj mjeri standardiziran i propisan u radnoj uputi.



Slika 10: Mjerna skica [29]

3.2. ALATI LEAN MENADŽMENTA U KOMPANIJI

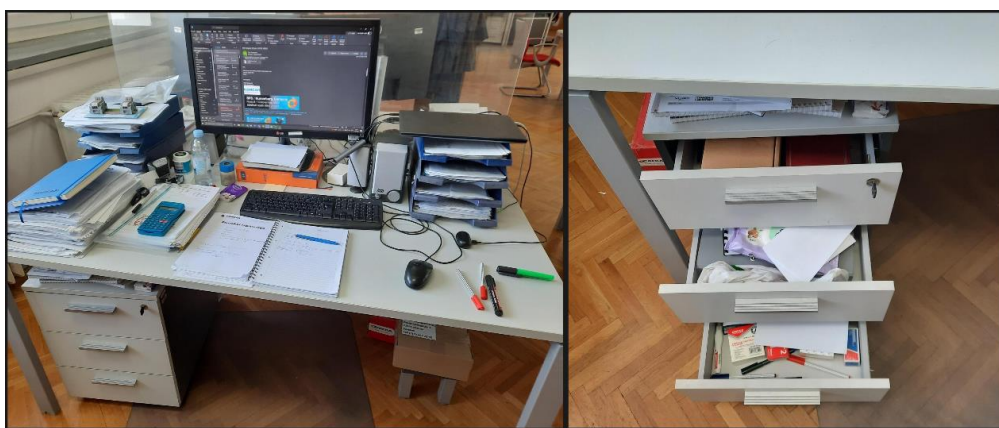
Tehnički ured kompanije već nastoji implementirati neke provjerene metode lean načina razmišljanja. U tijeku je provedba edukacije rukovodećeg kadra u sklopu koje se razvijeni alati lean menadžmenta prilagođavaju specifičnim zahtjevima proizvodnje u Končar-MES-u. U nastavku će biti prikazani neki koraci koji su poduzeti s ciljem unaprjeđenja rada, te će biti istaknute aktivnosti u radu koje u trenutku pisanja ovog rada nisu optimirane.

3.2.1. *Mapiranje toka vrijednosti*

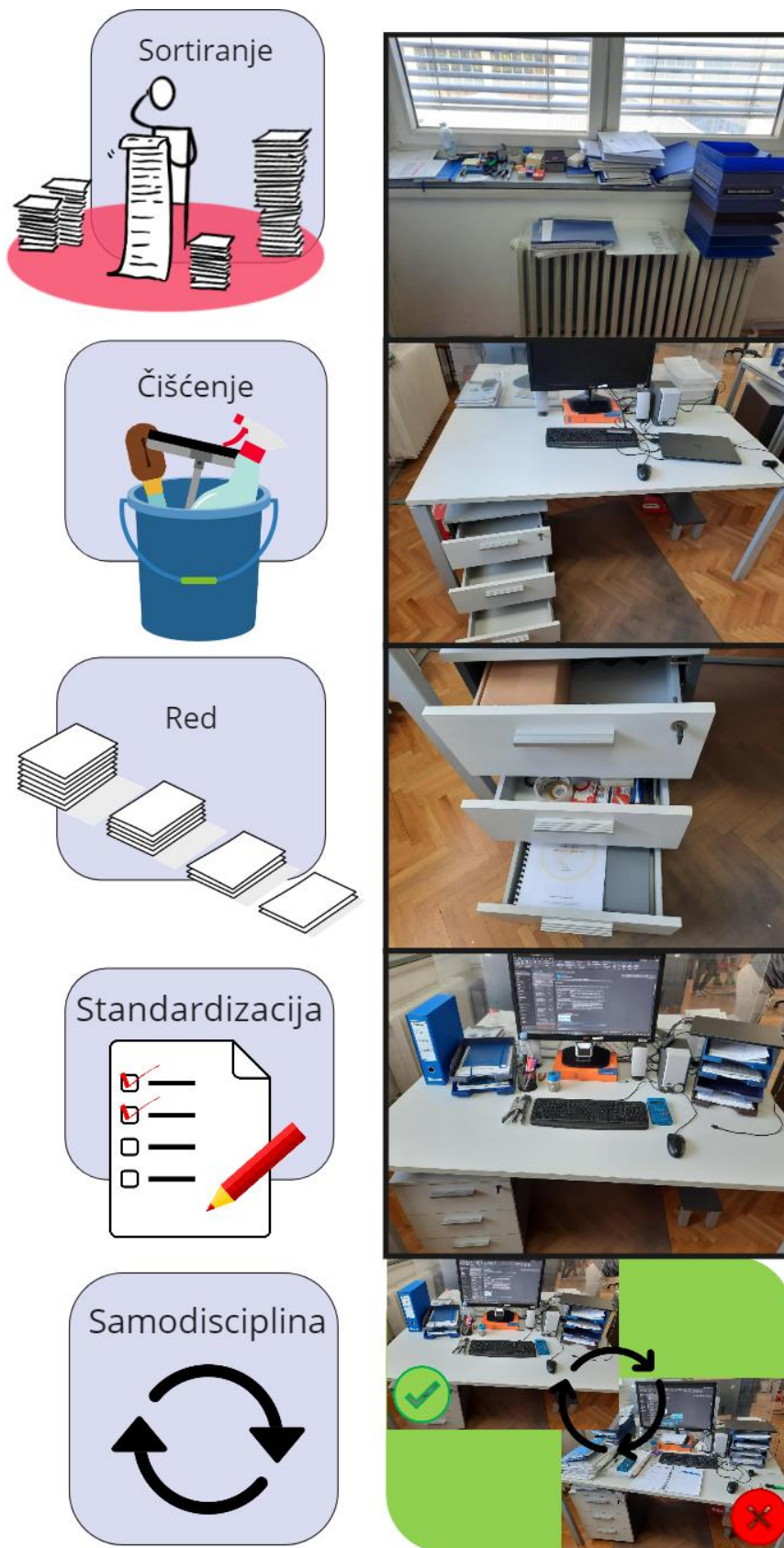
Mapirano je trenutno i planirano stanja toka vrijednosti u procesu otvaranja artikala proizvoda, od faze poslanog upita od strane kupca, do lansiranja naloga za proizvodnju traženog proizvoda. U procesu su ilustrirani dijagrami toka koji prikazuju sve procese definirane procedurom upravljanja tehničkom dokumentacijom. Mapom budućeg stanja nastoje se eliminirati koraci koji su ranijom analizom prepoznati kao suvišni.

3.2.2. 5S

Okolina tehničkog ureda se održava prema principima 5S metodologije. Djelatnike se potiče na redovno čišćenje i održavanje organiziranog vlastitog radnog prostora, a prije početka godišnjih odmora se posebno izdvaja vrijeme za reevalvaciju radnog prostora, sortiranje uredskog materijala i odbacivanje nepotrebnog. U nastavku je prikazan proces primjene principa 5S koji je dokumentiran prilikom prvog uvođenja metode kako bi poslužio kao primjer i podsjetnik na način na koji valja održavati radni prostor.



Slika 11: Stanje radnog prostora prije uvođenja metode 5S [29]



Slika 12: Implementacija principa 5S metode (izrada autora prema [29])

Iako se osobna radna mjesta generalno uspješno održavaju urednima primjenom navedenih uputa, isto se ne primjenjuje u jednakoj mjeri na prostorima koje djelatnici zajedno koriste. Postoji prostor za poboljšanje u pogledu organizacije zajedničkog radnog prostora te u pogledu jasnijeg vizualnog označavanja dediceranih spremišta i isticanja uputa i podsjetnika za održavanje radnog mjesta.

Također, postoji ideja o uvođenju tzv. 5S virtualnog okruženja. U ovom trenutku ne postoji standard ili kakva uputa koja bi definirala izgled virtualnog sučelja koje djelatnici koriste. Svaki djelatnik može odrediti vlastiti izgled aplikacija i radne površine, a za rad potrebne informacije crpi iz neorganiziranih zabilješki, tablica i ostalih dokumenata koji su nastali spontano kao pokušaj zapisivanja usmeno prenesenog znanja. Optimiran izgled sučelja (ERP sustava, radne površine, mapa s relevantnom dokumentacijom) bi djelatnicima omogućio brži pristup potrebnim informacijama i aplikacijama, te bi pridonio standardizaciji načina rada tehničkom uredu.

3.2.3. Primjena lean razvoj procesa i proizvoda u Končar-MES-u

Konstrukcija elektromotora temelji se na principu adaptivnog konstruiranja; razvoj novog proizvoda kreće izmjenom postojećeg rješenja. S obzirom na tip proizvodnje, može se zaključiti kako se metode iz izvora [3] mogu uspješno prilagoditi i primijeniti na rad tehničkog ureda Končar-MES-a. Način rada tehničkog ureda Končar MES-a se može usporediti s alatima, metodama i aktivnostima koje se u tablici 1 navode kao važni faktori efikasnog razvoja procesa i proizvoda u kompaniji. U nastavku je opisano stanje tehničkog ureda s obzirom na alate i metode uvedene u usporedivoj kompaniji iz izvora [3].

Rad tehničkog ureda Končar MES-a dijeli neke osobine s procesima koji su optimirani primjenom principa lean razvoja i procesa. Tvrtka koristi ERP sustav koji, između ostalog, sadrži bazu korištenih artikala strojnih dijelova i sklopova, podatke, dokumentaciju i trenutno stanje istih. Proces konstruiranja je u nekoj mjeri standardiziran. Razvijena je standardizirana konstrukcija motora koja omogućava modularni način konstruiranja, ovisno o potrebama kupca. Definiran je standardni oblik motora koji se transformira u motor s traženim karakteristikama izmjenom odgovarajućih komponenti. Međutim, nedostaje unificirana pisana uputa koja bi sadržavala smjernice za uspješno konfiguriranje motora koji će posjedovati sve tražene značajke. Razina varijabilnosti konstrukcije motora je velika, nude se različite veličine

i oblici konačnog proizvoda sa širokim spektrom moguće dodatne opreme. Baza postojećih dijelova je velika i stara nekoliko desetljeća, zbog čega se konstruktori u svom radu susreću sa zastarjelom dokumentacijom koja je ili i dalje aktualna, ali nije ažurirana u skladu s važećim standardima, ili je u potpunosti neprimjenjiva. Iz tih razloga je za efikasno konstruiranje s malom količinom generiranih grešaka potrebna određena razina iskustva u radu u trenutnom sustavu, a uvođenje novih djelatnika u posao je relativno dug proces.

Znanje stečeno u kompaniji dugogodišnjim razvojem proizvoda, istraživanjem i iskustvom u praktičnoj primjeni je opsežno, međutim nedostaje mjesto na kojem će se to znanje zapisivati. Djelatnici crpe znanje iz niza različitih uputa, zabilješki i tablica, budući da nije uvedeno sustavno zapisivanje informacija, te se veliki dio znanja i dalje prenosi usmeno. U slučaju dobivanja nove informacije o načinu rada, djelatnici su samostalno odgovorni za primjenu te informacije u svoj rad jer se novostečeno znanje ne pohranjuje u predodređenu zajedničku bazu.

Nadalje, uspostavljena je tzv. 3D baza na kojoj se pohranjuju modeli i nacrti strojnih dijelova i sklopova. Ako se prilikom konstrukcije nekog motora javi potreba za korištenjem nove izvedbe strojnog dijela, ista se ne modelira iz nule, već se na 3D bazi pronalazi, kopira i izmjenjuje najsljednija komponenta. Time se uvelike reducira vrijeme za izradu tehničke dokumentacije nove komponente motora. Izdane su i upute kojima je propisan način modeliranja dijelova, čime se osigurava međusobna kompatibilnost modela. Po istom principu postoji i baza mjernih skica.

U ovom trenutku proces konstruiranja nije automatiziran, ne koristi se parametarsko modeliranje. Postoji mjesto za napredak u pogledu uvođenja naprednih informatičkih sustava i digitalnih alata u rad tehničkog ureda.

Što se tiče međuljudskih odnosa, hijerarhija u tehničkom uredu je jasno definirana te postoji ugodan redoslijed izvršavanja aktivnosti između pojedinih odjela i funkcija. U dobro strukturiranom timu s jasno definiranim ciljevima, zadacima i rokovima, svaki član tima osjeća vlastitu odgovornost i doprinos projektu.

Povremeno se formiraju projektni timovi koji rade na razvoju potpuno novih komponenti, čiji rad teče paralelno uz svakidašnje operativne zadatke tehničkog ureda. No takvih razvojnih zadataka ipak ima malo u odnosu na količinu operativnog posla kojim se djelatnici tehničkog ureda bave. Monotonost posla uzrokuje nezadovoljstvo radnika, a

posljedica je neautomatiziranog procesa izrade dokumentacije i velikog obujma takvog oblika posla koji je potrebno odraditi uz ograničen broj zaposlenih na toj funkciji.

Uspostavljeni su dobri partnerski odnosi s dobavljačima odljeva, elektroničkih komponenti i drugih materijala. Inženjeri u suradnji s dobavljačima razmatraju mogućnosti i u iterativnom procesu definiraju oblik i karakteristike dobavljenih komponenata koji će najbolje odgovarati za daljnju obradu i korištenje u kompaniji, a koje su u skladu s mogućnostima i dostupnom tehnologijom dobavljača.

Rezimirano, označena polja u sljedećoj tablici prikazuju ranije definirane aspekte poslovanja tehničkog ureda unaprjeđenjem kojih bi kompanija profitirala.

Tablica 3: Aspekti poslovanja s potencijalom za unaprjeđenje

Princip		Ciljevi
Procesi i alati	Individualizirani pristup kupcu	Neograničena mogućnost individualizacije proizvoda predstavlja vrijednost proizvoda za kupca.
	Standardiziran proces konstruiranja	Stvaranje efikasnog razvojnog odjela i odjela konstrukcije s predvidljivom produktivnosti.
	Upravljanje podacima s naprednom informatičkom podrškom	Kreiranje preglednog sustava pohranjivanja podataka.
Ljudski resursi	Uključivanje dobavljača u proces razvoja proizvoda	Pravovremeno definiranje proizvodnih potencijala.
	Stabilna struktura projektnog tima	Suradnja stručnjaka koja rezultira maksimalnom efikasnosti zbog doprinosa specifičnih znanja svakog pojedinca.
Znanje	Generiranje znanja	Stalno ulaganje u razvoj proizvoda koje rezultira poboljšanjem kreativnosti, produktivnosti i konkurentnosti kompanije
	Upravljanje znanjem	Očuvanje i usvajanje znanja stečeno u prethodnim projektima.
	Prelazak na lean način razmišljanja	Mijenjanje mentaliteta kompanije kako bi se težilo kontinuiranom unaprjeđenju razvojnih i proizvodnih procesa.

3.2.4. Snimanje procesa otvaranja artikla

U poduzeću se u 2022.g. provelo snimanje procesa otvaranja artikla unutar tehničkog ureda. Praćen je tok dokumentacije ranije definiran mapom toka vrijednosti za 5 različitih motora, pri čemu je zabilježeno vrijeme svakog koraka izrade dokumentacije u tehničkom uredu. Svaki od koraka se može svrstati u jednu od tri kategorije:

- a) **VAT** (*eng. Value Added Time*); vrijeme utrošeno na aktivnosti koje dodaju vrijednost: izrada tehnologije, izrada artikla, izrada sastavnice, crteži, modeli,
- b) **NVAT** (*eng. Non Value Added Time*); vrijeme utrošeno na neophodne aktivnosti koje ne dodaju vrijednost: provjera, upisivanje u tablicu, uzimanje broja artikla,
- c) **WT** (*eng. Waste Time*); vrijeme utrošeno na aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i nisu neophodne – „čisti“ gubitak: čekanje, hodanje s papirom.

Izmjereni podaci prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 4: Izmjerene vrijednosti trajanja aktivnosti tehničkog ureda [29]

	Operacija	Prosje. vrijeme (h)	Mjerenje			Trajanje (h)				
			VAT (h)	NVAT (h)	WT (h)	1	2	3	4	5
1	Čekanje u škrabici voditelja projekta	1,90			1,9	0,23	7,05	0,32	1,06	0,85
2	Dodjeljivanje dokumentacije projektantu	0,32		0,32		0,17	1	0,07	0,1	0,25
3	Čekanje u škrabici projektanta	6,25			6,25	3,2	4,15	2	10,95	10,95
4	Izrada dokumentacije - projekt	2,16	2,16			4,72	0,5	0,27	4,5	0,8

			Mjerenje			1	2	3	4	5
	Operacija	Prosje. vrijeme (h)	VAT (h)	NVAT (h)	WT (h)	Trajanje (h)				
5	Čekanje u škrabici voditelja projekta	0,07			0,07	0	0,33	0	0	0
6	Pregled dokumentacije - projekt	0,03		0,03		0	0,17	0	0	0
7	Čekanje u škrabici voditelja konstrukcije	2,70			2,7	3,2	2,83	2,38	3,2	1,9
8	Dodjeljivanje dokumentacije konstruktoru	0,12		0,12		0,03	0,18	0,1	0,1	0,17
9	Čekanje u škrabici konstruktora	11,86			11,9	23,6	15,12	2,5	0,1	18
10	Izrada dokumentacije - konstrukcija	2,04	2,04			1,67	0,57	2,25	4	1,72
11	Čekanje na pregled kod voditelja konstrukcije	12,07			12,1	6,58	38,43	3	0	12,4
12	Pregled dokumentacije - konstrukcija	0,11		0,11		0,1	0,1	0,28	0	0,07
13	Ispravak dokumentacije - konstrukcija	0,07			0,07	0,1	0	0	0	0,25

			Mjerenje			1	2	3	4	5
	Operacija	Prosje. vrijeme (h)	VAT (h)	NVAT (h)	WT (h)	Trajanje (h)				
14	Čekanje na pregled kod vođitelja konstrukcije	1,90			1,9	0	0	0	0	9,5
15	Pregled dokumentacije - konstrukcija	0,01			0,01	0,02	0	0	0	0,03
16	Upisivanje u tablicu i predaja dokumentacije u projekt	0,04		0,04		0,03	0,05	0,1	0	0,02
17	Čekanje u škrabici projektanta	2,79			2,79	4,37	0		3,3	3,5
18	Provjera dokumentacije - projektant	1,18			1,18	1,67	0		3	0,03
19	Čekanje u škrabici prodaje	4,44			4,44	5,85	8,6		0,3	3
20	Provjera dokumentacije - prodaja	0,29		0,29		0,07	0,07		0,9 2	0,08

Ukupno sati:	4,2	0,91	45,2
Postotno:	8,34	1,81	89,9
Ukupno minuta:	252	54,6	2714

Rezultati mjerenja su pokazali kako se gotovo 90% vremena troši na aktivnosti koje u konačnosti ne dodaju vrijednost proizvedenom motoru, što pokazuje veliki potencijal za unaprjeđenje ovog procesa.

3.2.5. Analiza potencijalnih problema

Nakon analize aktivnosti koje se provode u tehničkom uredu, provedena je i analiza potencijalnih problema s ciljem pronalaska uzroka gubitaka. Sljedeća tablica prikazuje prepoznate probleme na nekim aktivnostima tehničkog ureda, moguće uzroke tih problema i negativne posljedice koje se zbog njih javljaju.

Tablica 5: Analiza potencijalnih problema [29]

	Aktivnost	Problem	Mogući uzrok	Moguća posljedica
1	Provjera baze artikala	Neprepoznavanje postojećeg artikla	Neznanje, neiskustvo, umor, neujednačeni nazivi (stari-novi), velik broj art. u bazi	Više rada u TU
2	Provjera baze artikala	Odabir krivog artikla	Neznanje, neiskustvo, umor, neujednačeni nazivi (stari-novi), velik broj art. u bazi	Reklamacija
3	PiET - voditelj tipe dodjeljuje projekt	Čeka u škrabici	Nema obavijesti, druge obaveze	Produljenje vremena izrade dokumentacije (potencijalno kašnjenje)
4	PiET - voditelj tipe dodjeljuje projekt	Upisivanje u tablicu za praćenje - excel + na papiru	ERP nema optimalnu mogućnost praćenja	Trošenje vremena projektanta

	Aktivnost	Problem	Mogući uzrok	Moguća posljedica
5	Izrada artikla motora	Uzimanje broja artikla - printanje iz <i>aproposa</i>	Nemogućnost <i>Opere</i> da dodjeljuje kontrolni broj	Troši se vrijeme projektanta, IT i resursi (papir, boja, struja)
6	Izrada artikla motora	Ponavljanje istih informacija na nekoliko mjesta u artiklu	Ustaljeni način rada	Povećana mogućnost pogreške
7	Izrada artikla motora	Puno pomoćnih materijala i tablica	Različite baze za iste informacije	Produljeno trajanje procesa
8	Izrada artikla motora	Nije unificiran ulazni dokument (narudžba)	Nezainteresiranost	Povećana mogućnost pogreške i previda
9	Izrada artikla motora	Printanje i potpisivanje	Procedura	Trošenje vremena i materijala
10	Izrada artikla motora	Upis datuma i vremena u "treću" tablicu (uTU)	Nedostatak praćenja u <i>Operi</i>	Trošenje vremena, dupljanje informacija
11	Kontrola voditelja tipe	Čeka u škrabici	Procedura	Kašnjenje dokumentacije
12	Kontrola voditelja tipe	Potpisivanje na papir	Procedura	Trošenje vremena
13	Kontrola voditelja tipe	Nepotrebna provjera istoznačnih podataka - vidi točku 6.	Definirani način rada	Trošenje vremena voditelja + povećana šansa za pogrešku
14	Popravak PiET	Postojanje potrebe za popravkom	Previše šanse za grešku	Gubljenje vremena
15	Konstr. - voditelj tipe dodjeljuje artikl	Upisivanje u tablicu za praćenje - <i>excel</i> + na papiru	Nedostatak alata za praćenje i raspodjelu	Gubljenje vremena
16	Konstr. - voditelj tipe dodjeljuje artikl	Čeka u škrabici	Previše posla	Kašnjenje dokumentacije

	Aktivnost	Problem	Mogući uzrok	Moguća posljedica
17	Konstr. - izrada sastavnica	60% <i>copy-paste</i> uz minimalne izmjene sastavnice	Nije automatizirano	Zamor ljudi
18	Konstr. - izrada sastavnica	Uzimanje broja artikla za nove dijelove - printanje iz <i>aproposa</i>	Nemogućnost <i>Opere</i> da dodjeljuje kontrolni broj	Gubljenje vremena i resursa (papir, struja, boja)
19	Konstr. - izrada sastavnica	Potpis konstruktora na papir + upis u tablicu	Procedura	Gubljenje vremena
20	Kontrola voditelja tipe	Printanje i potpisivanje	Procedura	Kašnjenje dokumentacije
21	Kontrola voditelja tipe	Čekanje u škrabici	Previše posla	Kašnjenje dokumentacije
22	Popravak	Postojanje potrebe za popravkom	Previše šanse za grešku	Gubljenje vremena
23	Popravak	Ponovna kontrola nakon popravka	Previše šanse za grešku	Gubljenje vremena
24	Provjera dokumentacije, PiET	Ponovna provjera	Procedura	Gubljenje vremena

3.2.6. Analiza temeljnih uzroka problema

Za određene probleme, posebno za one čiji je temeljni uzrok teško odrediti na prvi pogled, provedena je detaljnija analiza. U tu svrhu poslužila je metoda Ishikawa dijagrama. Jedan od problema na kojem je analiza provedena je problem uzimanja broja artikla (tablica 5, redak 5). Broj artikla je sedmeroznamenasti broj koji predstavlja identitet komponente u ERP sustavu, pa se kao takav ne smije ponavljati za različite komponente. Iz tog razloga je uveden sustav koji dozvoljava isključivo jedan ispis pojedinog broja (*Apropos*). Djelatnici iz odjela informatičke tehnologije na zahtjev djelatnika tehničkog ureda generiraju i ispisuju niz brojeva na lisu papira. Prilikom otvaranja novog artikla, djelatnik tehničkog ureda upisuje u ERP sustav

novi broj s tog lista i označava ga kao iskorištenog. U ovom procesu se nepotrebno troši vrijeme djelatnika tehničkog ureda i djelatnika informatičke tehnologije, gubici se očituju u vremenu čekanja na izvršenje zahtjeva za novim listom identifikacijskih brojeva, a troše se i materijalni resursi potrebni za ispis na fizičkom mediju.

KONČAR – MES d.d.
30.03.2023

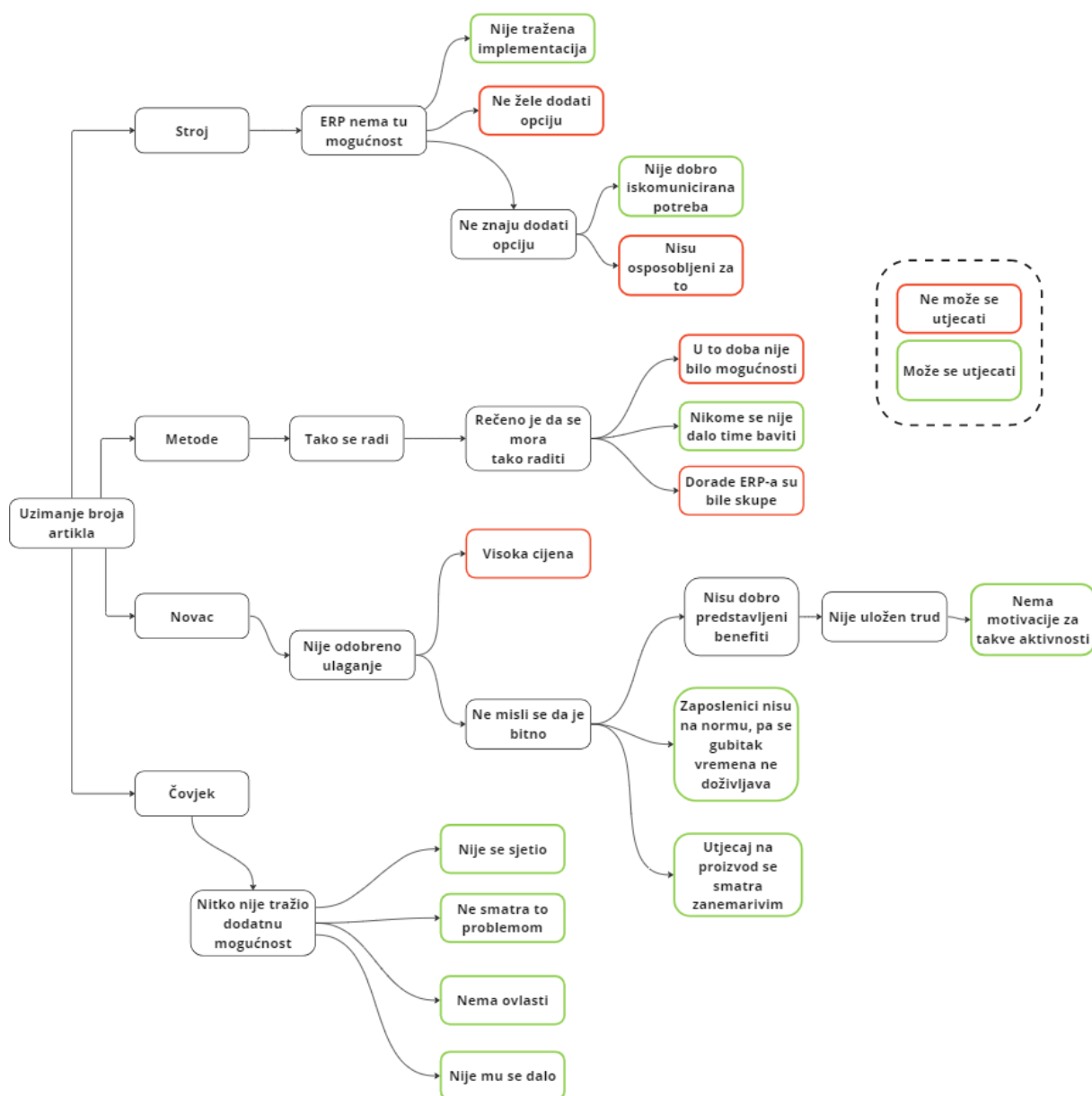
KATALOG IDENTIFIKACIONIH BROJEVA

11:50:24 Str: 4

Ident broj	I z d a v a n j e		G a š e n j e		Napomena
	Datum	Potpis	Datum	Potpis	
1998935	31/3/	Sajina	/ /		
1998943	4/4/	Sajina	/ /		
1998951	4/4/	Sajina	/ /		
1998960	/ /		/ /		
1998978	/ /		/ /		
1998986	/ /		/ /		
1998994	/ /		/ /		
1999001	/ /		/ /		
1999010	/ /		/ /		
1999028	/ /		/ /		

Slika 13: List identifikacijskih brojeva

U analizi potencijalnih problema se kao primarni uzrok imenovao nedostatak funkcije unutar ERP sustava kojom bi se automatski dodjeljivao identifikacijski broj kod otvaranja novog artikla. Grananjem mape kroz Ishikawa dijagram se došlo do nekoliko temeljnih uzroka koji su klasificirani prema tome može li se taj uzrok kontrolirati unutar okvira poduzeća ili ne. U slučaju da se uzrok ne može kontrolirati, razmatra se rješenje problema kroz druge grane.



Slika 14: Ishikawa dijagram za problem uzimanja broja artikla

Rezultati provođenja ove metode su pokazali da su temeljni uzroci navedenog problema ti da dio djelatnika nije manjak funkcije automatskog dodjeljivanja broja doživljavao kao problem, zatim nezainteresiranost djelatnika da se zatraži uvođenje te funkcije, i manjak ovlasti pojedinih djelatnika za pokretanje tog procesa. Kako su provedene analize ipak ukazale da postoji potreba za rješavanjem ovog problema, a istaknuti su i temeljni uzroci, pokrenut je proces eliminacije opisanog gubitka. Kontaktirana je tvrtka koja se bavi uvođenjem i

održavanjem ERP sustava koji se koristi u Končar-MES-u, te su dogovoreni detalji o implementaciji nove funkcije aplikacije.

Problem čekanja na početak izrade dokumentacije (tablica 5, redak 9) u odjelu konstrukcije je još jedna aktivnost koja generira gubitke koja je analizirana metodom Ishikawa dijagrama. Dijagram za ovu aktivnost je opsežan i sadrži veliki broj primarnih i sekundarnih uzroka, no na kraju grana dijagrama, kao temeljni uzroci ovog problema na koje poduzeće može reagirati, opetovano su se pojavljivali: nedostatak inicijative za rješavanje problema, neprovođenje analize procesa izrade dokumentacije, manjak zaposlenih u tehničkom uredu, neautomatiziran proces rješavanja operativnih zadataka i zastarjele upute za rad.

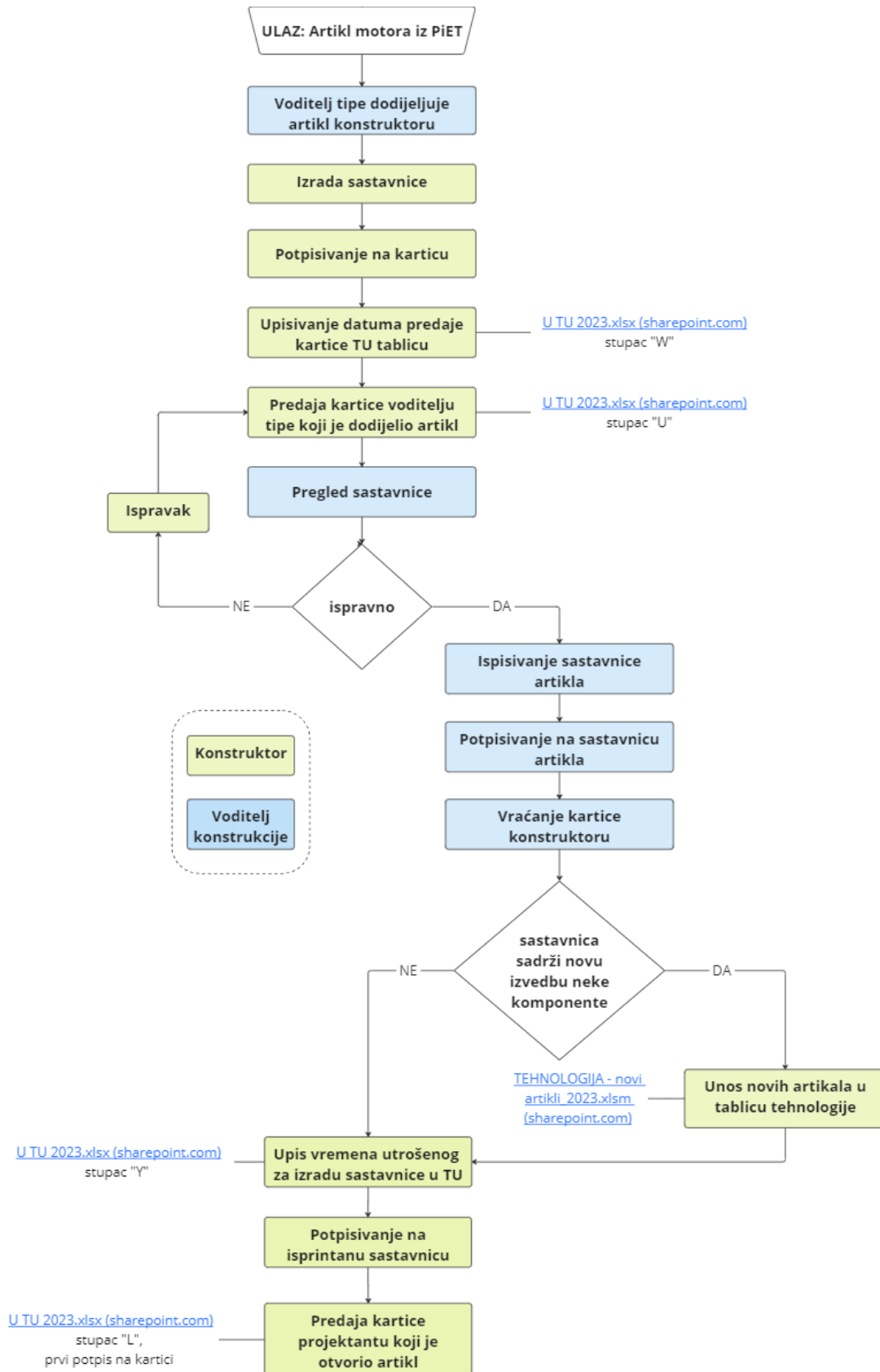
3.3. UNAPRJEĐENJE RADA TEHNIČKOG UREDA

3.3.1. *Mapiranje toka vrijednosti odjela konstrukcije*

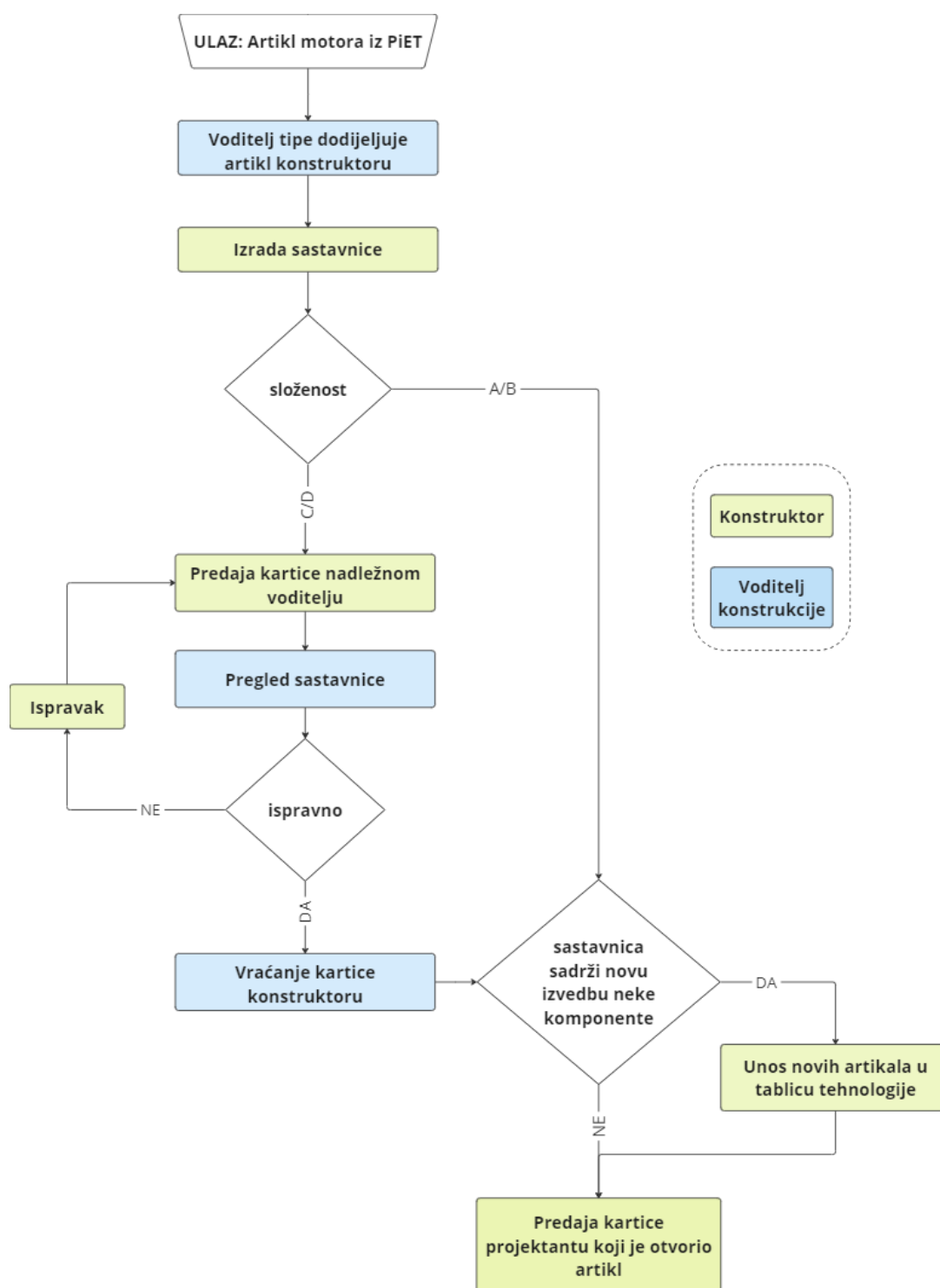
Slika u nastavku prikazuje mapu koja predstavlja isječak mape toka vrijednosti pri otvaranju artikla (poglavlje 3.2.1.), a koncentrira se na tok vrijednosti unutar odjela konstrukcije, odnosno na proces izrade sastavnice artikla. Dijagram je dobiven zapisivanjem realnog stanja procesa, a prati propisane smjernice za izradu dokumentacije. Paralelno je skiciran i dijagram budućeg stanja.

Prilikom dodjeljivanja artikla konstruktoru na izradu, voditelj konstrukcije pridodaje artiklu oznaku težine izrade njegove sastavnice. Oznaka A se veže uz artikle za koje postoje svi potrebni dijelovi pa ih je potrebno samo dodati u sastavnicu. Za artikle s oznakom B je potrebno složiti novi podsklop, ali sve pojedine komponente već postoje. Ako je potrebno izraditi jedan ili više novih izradbenih strojnih dijelova, ili treba naručiti nove materijale, artikl ima oznaku C. Sastavnice za artikle s oznakom D su najkompleksnije za izradu. Rade se za proizvode koji se isporučuju kao uzorak za kupca, za proizvode čija se konstrukcija izvodi prvi put ili prilikom osnutka nove serije proizvoda. Navedena klasifikacija artikala po težini je već implementirana radi analiza rada tehničkog ureda koje su se ranije provodile u kompaniji. Mapom budućeg stanja je predviđeno iskoristiti istu klasifikaciju na način da se artikli manje razine kompleksnosti (A i B) izostave iz procesa provjeravanja od strane voditelja konstrukcije s ciljem ubrzanja izrade dokumentacije i smanjenja radnog opterećenja voditelja. Kako bi se to uspješno provelo, nužno je razviti robustan proces izrade dokumentacije do razine u kojem gubici nastali zbog eventualnih grešaka ne nadmašuju dosadašnje gubitke procesa provjeravanja dokumentacije.

Također je predviđeno izbacivanje potrebe za ispisom i potpisivanjem dokumentacije. Eliminacijom papirnatih dokumenata smanjena je i potreba za kretanjem djelatnika između ureda da bi se ona fizički prosljedila. To je moguće postići digitalizacijom dokumentacije. Digitalizacija bi istovremeno omogućila bolji pregled stanja radnog zadatka i njegove lokacije u datom trenutku.



Slika 15: Mapa trenutnog stanja - konstrukcija



Slika 16: Mapa budućeg stanja - konstrukcija

3.3.2. Prijedlozi rješenja problema iz analize potencijalnih problema

Mapiranjem toka vrijednosti napravljen je pregled aktivnosti koje se provode unutar tehničkog ureda, dobiven je uvid u trenutno stanje, te su izdvojene aktivnosti koje predstavljaju gubitke u procesu rada tehničkog ureda. Analizom potencijalnih problema nastojalo se pronaći uzroke uočenih problema u radu koji stvaraju gubitke, čime je dobivena dobra početna točka za osmišljavanje radnji kojima se može unaprijediti proces rada tehničkog ureda. U nastavku je prikazana tablica s prijedlogom radnji potrebnih za rješavanje problema definiranih u tablici 5.

Tablica 6: Potencijalna rješenja uočenih problema

	Problem	Mogući uzrok	Moguće rješenje
1	Neprepoznavanje postojećeg artikla	Neznanje, neiskustvo, umor, neujednačeni nazivi (stari-novi), velik broj art. u bazi	Kreiranje unificiranih uputa, ujednačavanje naziva artikala po standardu, brisanje zastarjelih artikala
2	Odabir krivog artikla	Neznanje, neiskustvo, umor, neujednačeni nazivi (stari-novi), velik broj art. u bazi	Kreiranje unificiranih uputa, ujednačavanje naziva artikala po standardu, brisanje zastarjelih artikala
3	Čeka u škrabici	Nema obavijesti, druge obaveze	Digitalizacija kartica, opcija obavijesti o novoj kartici
4	Upisivanje u tablicu za praćenje - <i>excel</i> + na papiru	ERP nema optimalnu mogućnost praćenja	Digitalizacija kartica, eliminacija potrebe za fizičkim potpisom, implementacija sustava s mogućnošću praćenja kartica
5	Uzimanje broja artikla - printanje iz <i>aproposa</i>	Nemogućnost <i>Opere</i> da dodjeljuje kontrolni broj	Dodavanje opcije dodjele kontrolnog broja
6	Ponavljanje istih informacija na nekoliko mjesta u artiklu	Ustaljeni način rada	Eliminacija duplih informacija u dokumentaciji
7	Puno pomoćnih materijala i tablica	Različite baze za iste informacije	Kreiranje unificiranih uputa

	Problem	Mogući uzrok	Moguće rješenje
8	Nije unificiran ulazni dokument (narudžba)	Nezainteresiranost	Kreiranje unificiranog ulaznog dokumenta
9	Printanje i potpisivanje	Procedura	Digitalizacija kartica, eliminacija potrebe za fizičkim potpisom
10	Upis datuma i vremena u "treću" tablicu (uTU)	Nedostatak praćenja u ERP-u	Implementacija sustava s mogućnošću praćenja kartica
11	Čeka u škrabici	Procedura	Digitalizacija kartica, opcija obavijesti o novoj kartici
12	Potpisivanje na papir	Procedura	Digitalizacija kartica, eliminacija potrebe za fizičkim potpisom
13	Nepotrebna provjera istoznačnih podataka - vidi točku 6.	Definirani način rada	Eliminacija duplih informacija u dokumentaciji
14	Postojanje potrebe za popravkom	Previše šanse za grešku	Kreiranje unificiranih uputa, ujednačavanje naziva artikala po standardu, brisanje zastarjelih artikala
15	Upisivanje u tablicu za praćenje - excel + na papiru	Nedostatak alata za praćenje i raspodjelu	Implementacija sustava s mogućnošću praćenja kartica
16	Čeka u škrabici	Previše posla	Digitalizacija kartica, opcija obavijesti o novoj kartici
17	60% copy paste uz minimalne izmjene sastavnice	Nije automatizirano	Automatizacija izrade sastavnice
18	Uzimanje broja artikla za nove dijelove - printanje iz <i>aproposa</i>	Nemogućnost <i>Opere</i> da dodjeljuje kontrolni broj	Dodavanje opcije dodjele kontrolnog broja
19	Potpis konstruktora na papir + upis u tablicu	Procedura	Digitalizacija kartica, eliminacija potrebe za fizičkim potpisom

	Problem	Mogući uzrok	Moguće rješenje
20	Printanje i potpisivanje	Procedura	Digitalizacija kartica, eliminacija potrebe za fizičkim potpisom
21	Čekanje u škrabici	Previše posla	Digitalizacija kartica, opcija obavijesti o novoj kartici
22	Postojanje potrebe za popravkom	Previše šanse za grešku	Kreiranje unificiranih uputa, ujednačavanje naziva artikala po standardu, brisanje zastarjelih artikala
23	Ponovna kontrola nakon popravka	Previše šanse za grešku	Kreiranje unificiranih uputa, ujednačavanje naziva artikala po standardu, brisanje zastarjelih artikala
24	Ponovna provjera	Procedura	Izmjena procedure

Predložena rješenja iz tablice mogu se grupirati u nekoliko preventivnih i korektivnih radnji za eliminaciju gubitaka:

1. Standardizacija načina izrade dokumentacije. Izrada unificiranih uputa prema kojima će svaki konstruktor izrađivati dokumentaciju.
2. Ujednačavanje nazivlja artikala prema postojećem standardu. Propisan je način imenovanja artikala u ERP sustavu kompanije, ali taj standard nije primijenjen na sve artikle, posebice na starije stavke.
3. Brisanje zastarjelih artikala iz baze koji se više ne koriste.
4. Digitalizacija dokumentacije. Implementacija sustava u kojem se može virtualno dodjeljivati i prosljeđivati dokumentacija određenom djelatniku tehničkog ureda, pri čemu djelatnik dobiva obavijest o ulasku nove stavke. Sustav bi trebao omogućiti prikaz lokacije dokumentacije unutar njenog toka (slika 9) u danom trenutku.
5. Uvođenje mogućnosti automatskog generiranja i dodjeljivanja broja novom artiklu.
6. Eliminacija dvostrukog navođenja iste informacije u dokumentaciji.
7. Kreiranje unificiranog ulaznog dokumenta iz prodaje (narudžba)
8. Automatizacija izrade proizvodnih sastavnica motora. Veliki udio novih proizvoda ima konstrukciju koja je kombinacija postojećih izvedbi mehaničkih dijelova, što znači da je moguća automatizacija kreiranja sastavnica za motore koji ne trebaju novu izvedbu nekog

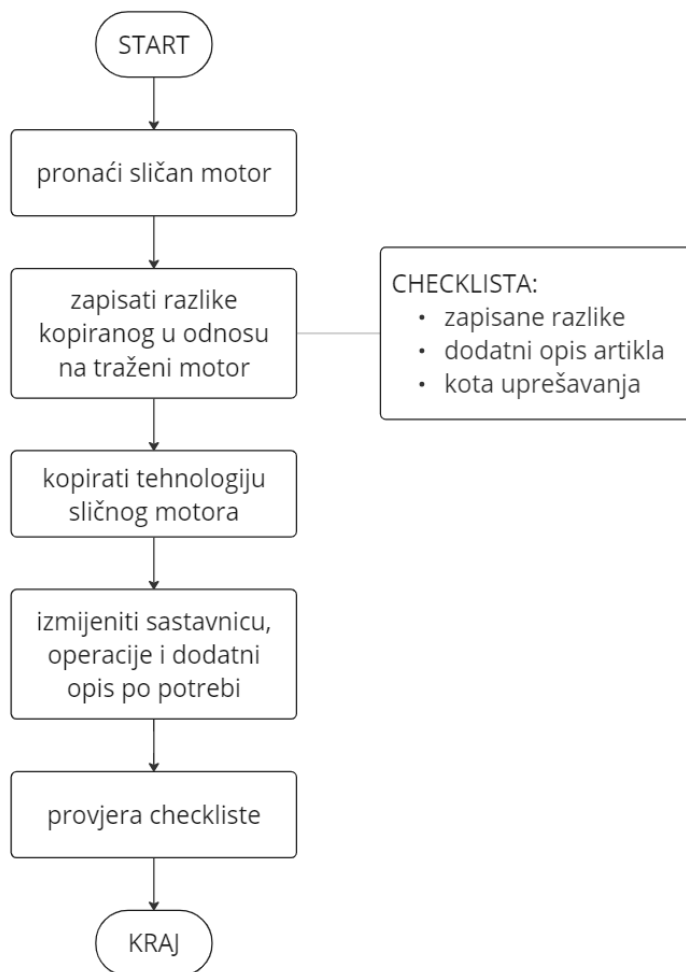
strojnog dijela, ostavljajući konstruktorima više vremena za rad na razvoju novih proizvoda i njihovih komponenti.

9. Izmjena procedure. Određeni koraci u propisanoj proceduri koje se djelatnici moraju pridržavati su suvišni za uspješnu izradu dokumentacije.

3.3.3. Standardizacija procesa izrade dokumentacije

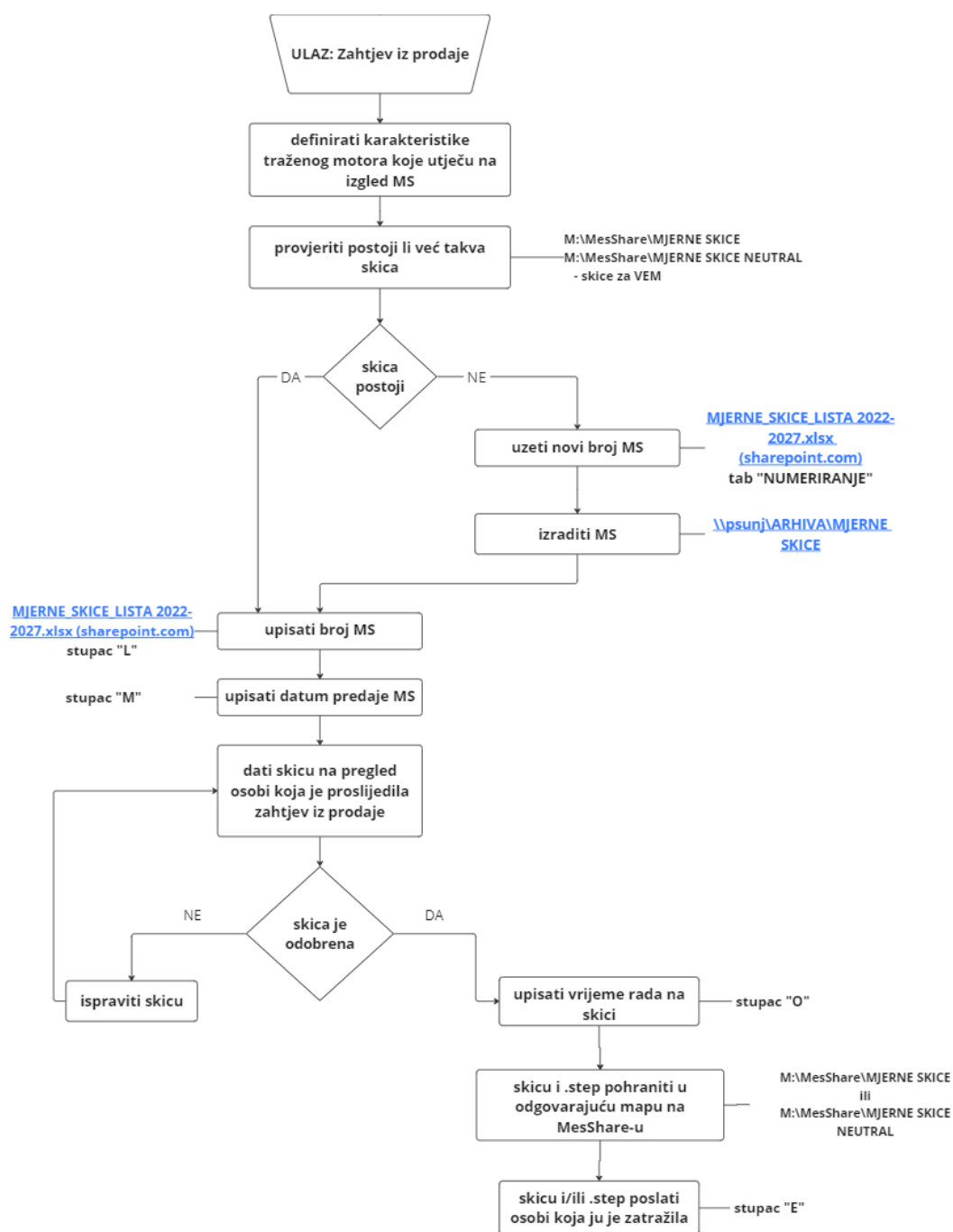
Različiti načini pristupa analizi rada tehničkog ureda su ukazali na potrebu za razvijanjem standardiziranog procesa izrade dokumentacije. Provođenjem tog postupka predviđa se smanjenje grešaka nastalih u tehničkom uredu, brži rad djelatnika, brže uvođenje novog kadra u posao i stvaranje pouzdanog modela izrade dokumentacije koje omogućava eliminaciju iscrpnog i dugotrajnog provjeravanja izrađene dokumentacije od strane voditelja.

Unutar odjela konstrukcije, predloženi pristup standardizaciji procesa izrade proizvodnih sastavnica proizvoda je sljedeći. Otvaranje sastavnice novog motora započinje traženjem najsličnije postojeće sastavnice. Nakon odabira najsličnijeg artikla čija je sastavnica pogodna za kopiranje, potrebno je zabilježiti sve razlike između kopiranog i novootvorenog artikla. Popisane razlike u karakteristikama ta dva motora bi činile svojevrsnu „checklistu“ sa svim značajkama sastavnice motora koje treba izmijeniti da bi ona bila ispravna. U tu svrhu, izrađen je dokument koji sadrži upute koje opisuju kako se razlike novog proizvoda u odnosu na standardnu konstrukciju motora očituju u njegovoj sastavnici. Početna točka za izradu uputa je bila jasno definiranje standardnog motora i opisivanje sastavnice koja je vezana uz takav motor. Konstrukcija motora je modularna pa se izmjenom ili nadogradnjom njegovih dijelova dobiva proizvod s karakteristikama koje kupac traži. Sve specijalnosti u odnosu na standardnu izvedbu motora moraju biti zapisane u standardiziranom nazivu motora pripadajućim simbolom ili kraticom na točno određenoj poziciji unutar teksta naziva artikla. Upute prate takav način zapisa i opisuju korake koje je potrebno provesti prilikom izrade sastavnice kako bi se zadovoljila pojedina tražena karakteristika koja se može iščitati iz naziva proizvoda. Opisani pristup standardizaciji izrade proizvodne sastavnice je prikazan sljedećim dijagramom toka.



Slika 17: Dijagram toka standardiziranog procesa izrade proizvodne sastavnice

Slična procedura se predlaže i za izradu mjernih skica (slika 8). U bazi mjernih skica postoje već definirane skice za standardne oblike motora. U istoj bazi se pohranjuju i sve već izrađene skice specijalnih oblika. Zaprimanjem zahtjeva za izradu nove skice, djelatniku konstrukcije bi prvi korak bio određivanje karakteristika traženog proizvoda koje utječu na vanjski izgled motora, odnosno na izgled mjerne skice. Slijedi provjera toga postoji li identična skica već u bazi. Ako ne postoji, pronalazi se najbližnja koja je pogodna za kopiranje i izmjenu sa što manjim utroškom vremena. Zatim se određuje koje su od karakteristika koje utječu na izgled skice specijalne. Opisan redoslijed aktivnosti je uz dodatne upute vizualno prikazan sljedećim dijagramom.



Slika 18: Dijagram toka za izradu mjerne skice

Izrađena je uputa koja opisuje konstrukciju standardnog motora i moguće specijalne karakteristike koje utječu na izgled mjerne skice te je propisan je način imenovanja skica.

Standardni motor: 5/7 AZ/AT/AZS(N) 56-315 B3/B5/B14 large/B14 small/B34 large/B34 small										
<ul style="list-style-type: none"> - hlađenje IC411 - bez dodatne opreme - ormarić gore (OG) - ormarić bliže PS strani - Končar logo na ormariću i u sastavnici mjerne skice 										
Karakteristike koje utječu na izgled MS:										
<ul style="list-style-type: none"> - duljina kućišta (S, M, MX, L, LX, ...) - tipe ≥225: polaritet -2 ili -4, -6, -8 - zaštitna kapa (ZK) - IC410 – konstrukcija bez ventilatorske kape (BVK) - IC416 – strana ventilacija na SS - AZK/ATK – kočnica - enkoder - direktan uvod kabela (cable adaptor, kablanski adapter) - AT: Exd/Exde – dimenzije ormarića - ormarić desno/lijevo/ispod (OD/OL/OI) - ormarić bliže SS strani - ORMSS - ormarić bez Končar natpisa (orm. neutral) - motori za VEM: ormarić bez Končar natpisa + sastavnica bez Končar loga (NEUTRAL) - AZC motori s plastičnom kutijom za 1 kondenzator - AZCD motori s plastičnom kutijom za 2 kondenzatora - specijalni oblici prirubnice i/ili vratila (PAMxx, SOS, 2SKV, ...) - zahtjeva se prikaz neke komponente (uvodnice, ispusti kondenzata, tražen je prikaz određene kote, ...) 										
Naziv mjerne skice:										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
5	AZS(N)		71			B5				STANDK
5	AZ	A	80			B5			PAM71	
7	AT		225	S&M	-2	B3	OD	Exde	ZK	NEUTRAL
A	Serija 5 – aluminijsko kućište, Serija 7 – kućište od sivog lijeva									
B	Osnovna grupa: AZ, AT, AZS(N)									
C	Dodatne opcije – izvedbe: * A – specijalna mehanička izvedba, K – kočnica, C – motor s kondenzatorom, CD - motor s dva kondenzatora									
D	IEC veličina (tipa)									
E	Oznaka veličine kućišta, odnosno nogu									
F	Polaritet									
G	Oblik motora									
H	Položaj ormarića									
I	Za AT motore: vrsta PEX zaštite (Exd ili Exde)									
J	Ostale karakteristike važne za izgled mjerne skice									
K	STANDK – kataloške skice standardnih motora bez specijalne opreme i karakteristika NEUTRAL – skice bez Končar loga na ormariću i u sastavnici mjerne skice za kupca VEM									

Slika 19: Uputa za izradu i imenovanje mjernih skica

Glavni cilj ovog postupka je stvoriti pouzdan proces izrade dokumentacije gdje će se greške dovesti do minimuma. Unutar kompanije je u tijeku izrada analize grešaka kojom će se utvrditi njihova brojnost, težina i vrijeme koje se gubi zbog njihovog nastanka i ispravljanja. Ista analiza se može provesti nakon uvođenja standardizacije procesa kako bi se pratilo ostvareno unaprjeđenje.

3.3.4. Digitalizacija dokumentacije

Digitalizacija dokumentacije je još jedna od aktivnosti čija je implementacija u prepoznata kao važan korak u unaprjeđenju rada tehničkog ureda. Očekivani ishodi tog procesa su značajno smanjenje aktivnosti koje ne donose vrijednost konačnom proizvodu, budući da se tako eliminira papirnati dokument koji je potrebno ispisivati, dopunjavati, potpisivati i fizički prenositi iz ureda u ured.

Digitalizacija se prvenstveno odnosi na zamjenu papirnate kartice virtualnom inačicom. U procesu je važno odrediti sve funkcije dosadašnje papirnate kartice da bi se uspješno izradio digitalni ekvivalent. Funkcije kartice su sljedeće.

- a) Signalizacija potrebe odrađivanja zadatka. Svaki djelatnik tehničkog ureda ima na svom radnom stolu ili u njegovoj blizini mjesto, najčešće dedikiranu ladicu, za prihvatanje novih kartica. Kartica u njegovoj ladici djelatniku signalizira da mu je dodijeljen novi zadatak vezan uz tu karticu, bez potrebe za dodatnim obavještanjem. Djelatnik na isti način nakon odrađivanja svog zadatka prosljeđuje karticu u ladicu sljedeće osobe u procesu izrade dokumentacije.
- b) Bilježenje informacija vezanih uz artikl proizvoda. Kartice sadrže podatke o proizvodu koji su dotad definirani u procesu, a nužni su za sljedeći korak u izradi dokumentacije. Uz potrebne informacije, mogu se zapisivati i dodatni komentari i upute koje ostalim djelatnicima mogu pomoći u radu.
- c) Praćenje radnog toka u tehničkom uredu. Lokacija kartice upućuje na trenutno stanje artikla u procesu izrade dokumentacije. Na karticama se nalaze i potpisi s datumima koje su djelatnici dodali kartici nakon izvršavanja svojih zadataka vezanih uz taj artikl. Time se daje uvid u povijest kartice, a djelatniku služi kako bi znao kome se treba obratiti u slučaju da postoje nejasnoće oko podataka definiranih na kartici.

Usko povezana s karticama je i tzv. U-TU *Excel* tablica koja omogućava analizu rada tehničkog ureda na izradi dokumentacije i praćenje trenutnog stanja rada. U tablicu se upisuju osnovni podaci proizvoda, svi djelatnici koji su radili na određenom artiklu i vrijeme koje je bilo potrebno za izradu dokumentacije u svakoj fazi procesa. Digitalizacijom kartica se ostvaruje potencijal za sinkronizaciju navedene tablice s karticama pri čemu bi se upisivanjem određenog podatka u tablicu automatski generirala ili dopunjavala virtualna kartica, i obratno; dodavanjem podatka kartici ispunjava se pripadno polje tablice.

Za provedbu digitalizacije odabran je servis *Trello*. *Trello* je alat za upravljanje projektima koji koristi vizualni sustav upravljanja zadataka temeljen na karticama (kanban). Omogućuje korisnicima stvaranje lista s karticama koje predstavljaju zadatke, koje se zatim mogu premještati između lista koje predstavljaju različite faze projekta. *Trello* također omogućuje korisnicima dodavanje opisa, datuma rokova, oznaka, priloga i komentara na kartice kako bi poboljšali suradnju i koordinaciju unutar timova.

U *Trellu* je kreirana ploča nazvana TU (tehnički ured). Ploča sadrži liste koje odgovaraju pojedinim fazama otvaranja novog artikla (zadaci odjela prodaje, dodjeljivanje artikla u odjelima projekta i konstrukcije, izrada artikla – projekt, izrada proizvodne sastavnice – konstrukcija, pregledavanje voditelja projekta i konstrukcije).

Zatim je izrađen predložak koji se koristi pri otvaranju nove kartice. Predložak sadrži polja koja odgovaraju stupcima U-TU tablice. U odgovarajuća polja se upisuju svi podaci koje su se dosad ispunjavali na papirnatim karticama i u U-TU tablici. *Trello* je nadograđen aplikacijom Unito Sync koji se koristi za povezivanje *Trello* ploča s ostalim digitalnim alatima. Aplikacija je postavljena na način koji omogućava da se upisivanjem podataka u polje *Trello* kartice isti podatak automatski ispisuje korespondirajući stupac u *Excel* tablici. Svaki redak tablice predstavlja karticu, a stupci tablice predstavljaju polja u koje se upisuju traženi podaci. Sustav funkcionira i u obrnutom smjeru; ispunjavanjem novog retka *Excel* tablice generira se nova kartica u *Trellu* te se ispunjavanjem stupaca tablice paralelno ispunjavaju i polja kartice.

TU ☆ Workspace visible Board Table Dashboard

MiP

Artikl
This card is a template. 📄
🕒 Apr 15 📧 0/4

1998542
📧 0/4 Kupac: Kupac Artikl: 1998542
Tip: 7AT 112

PiET dodjela

0.2602
🕒 Started: Apr 15 Kupac: S tehnologija
Artikl: 1976095 (stari artikl 1743813)
Tip: A-M 7ABZA 112M-6

0.2643
🕒 Started: Apr 15 Kupac: Motor
Artikl: 1962922 Tip: B - 5AZ 160L-10

Projekt izrada

0.2768
🕒 Started: Apr 15 Kupac: Roll
Artikl: 1981307 Tip: 5AZS 63B-2/T3

0.2689
🕒 Started: Apr 15 Kupac: Motor
Artikl: 1976117 Tip: H7ATA 160MA-2

0.2703
🕒 Started: Apr 15 Kupac: uzorak
Artikl: 1977385 Tip: H5AZA 90L-6

ET izrada

PiET pregled

0.2758
🕒 Started: Apr 15 Kupac: PROMJENA
Artikl: 1905929
Tip: M H5.4AZA 90L-4 - promjena u LX - d...

0.2704
🕒 Started: Apr 15 Kupac: uzorak
Artikl: 1977407 Tip: H5AZA 100L-6

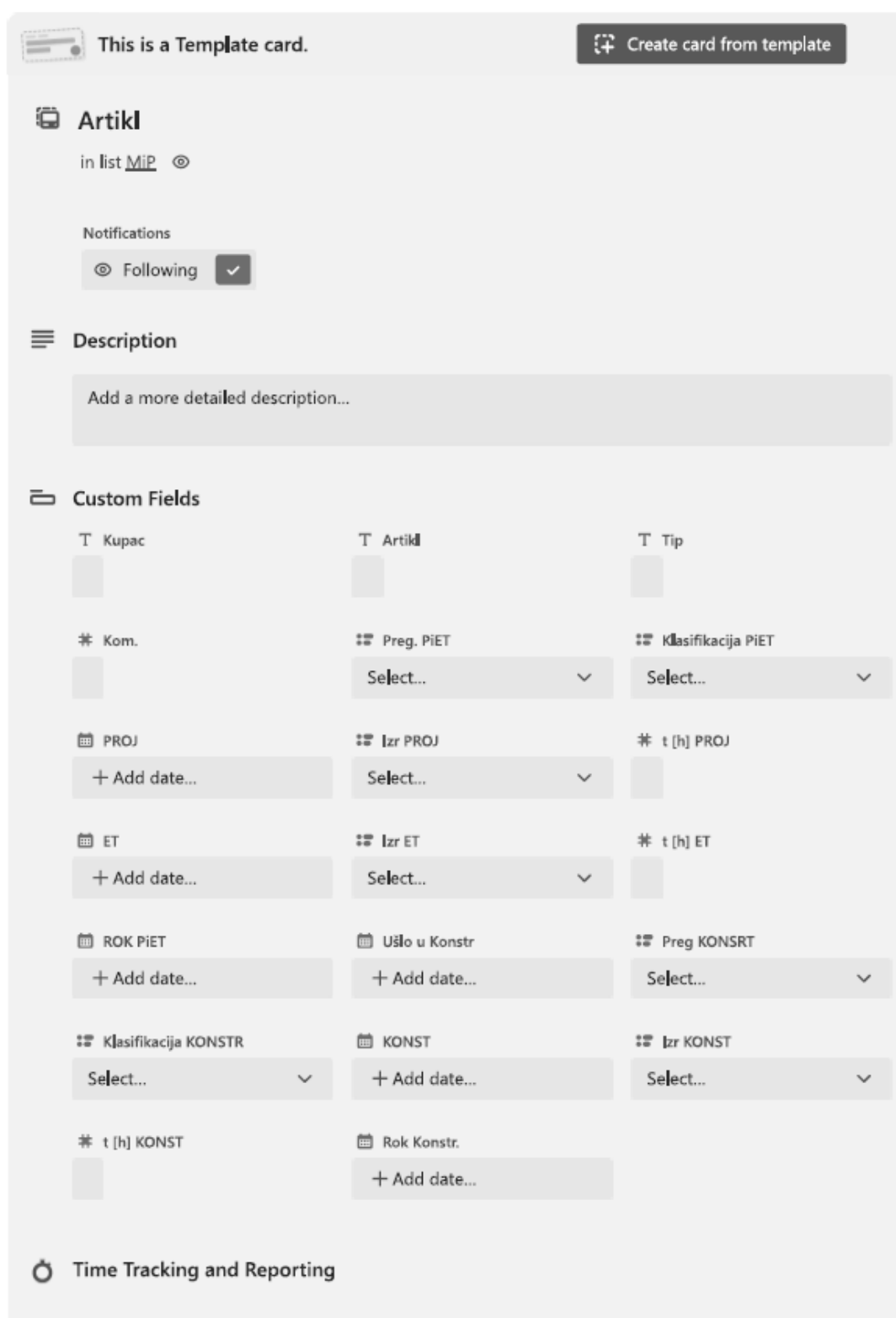
KiST izrada

KiST izrada

KiST pregled

1981773
🕒 Apr 12 - May 15 📧 4/4
Kupac: BLH Artikl: 1981773
Tip: 7ABZKAE 112MB-8

Slika 20: Trello TU ploča

Slika 21: Predložak kartice u *Trellu*

4. ZAKLJUČAK

Svaka proizvodna kompanija koja želi ostati konkurentna na stalno promjenjivom tržištu nastoji povećati svoju produktivnost i smanjiti vrijeme isporuke svog proizvoda. Kompanije u kojima je svaki proizvod jedinstven, a nastaje izmjenom konstrukcije starog proizvoda, mogu uvelike povećati svoju efikasnost fokusirajući se na poboljšanje procesa rada u fazi razvoja proizvoda. Za tu namjenu je korisno primijeniti metode razvijene na području lean razvoja proizvoda i procesa koje daju alate za analizu i unaprjeđenje procesa rada u ranim fazama nastanka proizvoda.

U ovom radu je dan pregled literature o poznatim principima lean razvoja proizvoda i procesa koji se mogu primijeniti u radu tehničkog ureda odabrane kompanije, čija je glavna zadaća projektiranje i razvoj konstrukcije novih proizvoda i poboljšanje i ažuriranje postojećih. Kompanija Končar-MES d.o.o. je odabrana kao realno proizvodno okruženje u kojem će se navedene metode implementirati. Konstrukcija proizvoda koje Končar-MES isporučuje su pretežito modularne, pa tako novi proizvodi uglavnom predstavljaju izmjenu postojeće varijante proizvoda, što tehnički ured poduzeća čini pogodnim kandidatom za usvajanje metoda ranije opisanih metoda iz literature. Konkretno rad tehničkog ureda se uglavnom bazira na izradi tehničke dokumentacije novih proizvoda, pa je glavni cilj ovog rada bio provođenje unaprjeđenja tog procesa.

Analizirano je postojeće stanje rada tehničkog ureda te su opisani principi lean razvoja procesa i proizvoda koje je kompanija već uvela. Definirane su aktivnosti tehničkog ureda koje predstavljaju gubitke u procesu izrade dokumentacije te su daljnjom analizom utvrđeni njihovi uzroci. Zatim su predložene moguće preventivne i korektivne radnje za svaki uočeni problem, pri čemu je ustanovljeno da neki prijedlozi rješavaju nekoliko neželjenih situacija. Među predloženim rješenjima se ističu uvođenje standardizacije procesa izrade tehničke dokumentacije u odjelu konstrukcije i digitalizacija dokumentacije. Te dvije radnje su odabrane kao polazne točke za unaprjeđenje procesa.

Definiran je pristup standardizaciji izrade tehničke dokumentacije unutar odjela konstrukcije elektromotora. Za proces otvaranja proizvodne sastavnice motora je jasno definirana konstrukcija standardnog motora i svaka karakteristika kojom se proizvod može razlikovati od standardnog. Navedene značajke motora su jednoznačno definirane u sustavu imenovanja artikla proizvoda. Propisane su smjernice koje konstruktore upućuju na ispravnu

izradu proizvodne sastavnice motora tako da ona zadovoljava tražene značajke proizvoda. Analogni pristup je zadan i za proces izrade mjerne skice. Definiran je izgled standardnih skica motora te je propisana uputa koja sadrži sve specijalne osobine motora koje utječu na vanjski izgled proizvoda, odnosno na mjernu skicu. Definiran je i sustav imenovanja mjernih skica u kojem mora biti vidljiva svaka karakteristika motora koja utječe na njegov vanjski izgled. Primjenom ovog unaprjeđenja se očekuje smanjenje grešaka u izradi tehničke dokumentacije, brži rad zaposlenih i brža obuka novih djelatnika odjela konstrukcije.

Digitalizacijom dokumentacije se predviđa smanjenje nepotrebnih aktivnosti vezanih uz fizičku inačicu. Digitalizacija je provedena korištenjem digitalnog kanban alata *Trello*. Po uzoru na dosadašnje fizičke kartice je kreiran digitalni obrazac kartice artikla te su izrađene liste na koje se smještaju kartice ovisno o njihovom trenutnom statusu. *Trello* ploča je povezana s postojećom *Excel* tablicom koja služi za praćenje trenutnog stanja kartica koje se u datom trenutku nalaze u tehničkom uredu. Na taj način se eliminira potreba za ispisivanjem, ispunjavanjem, potpisivanjem i prenošenjem papirnatih dokumenata.

Nakon uvođenja promjena i perioda prilagodbe zaposlenika je moguće analizirati postignute rezultate unaprjeđenja. Analiza se može provesti reevalvacijom mape toka vrijednosti, ponovnim snimanjem procesa otvaranja artikla i izradom nove analize grešaka. Potrebno je ustanoviti odgovara li novi radni proces zamišljenoj mapi budućeg stanja. Snimanjem procesa se mogu dobiti nove vrijednosti vremena utrošenog u procesu otvaranja artikla, te se one mogu usporediti sa starim vrijednostima (poglavlje 3.2.4.). Pouzdanost novog procesa izrade dokumentacije se može pratiti analizom grešaka kojom se uspoređuje smanjenje broja grešaka, njihove težine i vremena koje je potrebno za njihovo ispravljanje.

Na kraju, važno je napomenuti kako je kontinuirano unaprjeđenje jedno od glavnih načela lean metodologije. Ovim radom predložena su rješenja samo nekih uočenih problema, stoga postoji veliki prostor za daljnji napredak. Važno je pratiti postignuta unaprjeđenja i kontinuirano analizirati aktivnosti koje se provode s ciljem eliminacije dijelova procesa koji stvaraju gubitak.

LITERATURA

- [1] Stump B., Badurdeen F.: Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study. *Journal of Intelligent manufacturing*, 23(1), 109., 2012.
- [2] Browning T. R.: On customer value and improvement in product development processes. *Systems engineering*, 6(1), 49-61. 2003.
- [3] Varl M., Duhovnik J.: Application of lean methods into the customised product development process of large power transformers. *Tehnički vjesnik*, 27(1), 276-282.. 2020.
- [4] Tomašević I., Slović D., Radović M.: Lin u nerepetitivnoj proizvodnji: Pregled literature i istraživačka pitanja. *Inovativna rešenja operacionog menadžmenta za revitalizaciju privrede Srbije: Zbornik radova-X Skup privrednika i naučnika SPIN'15*, 10, 123., 2015.
- [5] Dave P. Y.: The history of lean manufacturing by the view of Toyota-Ford. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 11(8), 1598-1602., 2020.
- [6] Rich N., Bateman N., Esain A., Massey L., Samuel D.: *Lean evolution: lessons from the workplace*. Cambridge University Press., 2006.
- [7] Ohno, T.: *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press., 1988.
- [8] Womack J. P, Jones D. T.: *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. *Journal of the Operational Research Society* 48.11: 1148-1148., 1997.
- [9] Feld W. M.: *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. CRC press., 2000.
- [10] McManus H. L.: *Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual Release 1.0.*, 2005.
- [11] Cheng T. C., Podolsky S.: *Just-in-time manufacturing: an introduction*. Springer Science & Business Media, 1996.
- [12] Sendil Kumar C., Panneerselvam R.: Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32, 393-408., 2007.
- [13] Wakode R. B., Raut L. P., Talmale, P.: Overview on kanban methodology and its implementation. *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*, 3(02), 2321-0613., 2015.

-
- [14] Filip F. C., Marascu-Klein V.: The 5S lean method as a tool of industrial management performances. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 95, No. 1, p. 012127). IOP Publishing., 2015.
- [15] Burton T. T., Boeder S. M.: The lean extended enterprise: Moving beyond the four walls to value stream excellence. J. Ross publishing., 2003.
- [16] Hoppmann J., Rebentisch E., Dombrowski U., Zahn, T.: A Framework for Organizing Lean Product Development. Engineering Management Journal, 23(1), 3- 15., 2011.
- [17] Kennedy B. M., Sobek D. K. II, Kennedy M. N.: Reducing Rework by Applying Set-Based Practices Early in the Systems Engineering Process. System Engineering, 17(3), 278-296., 2014.
- [18] Tavčar J., Demšar I., Duhovnik J.: Engineering Change Management Maturity Assessment Model with Lean Criteria for Automotive Supply Chain. Journal of Engineering Design, 29(4/5), 235-257, 2018.
- [19] Gjeldum, N., Veža, I., Bilić, B.: Simulation of production process reorganized with value stream mapping. Tehnicki vjesnik, 18(3), 341-347., 2011.
- [20] Singh B., Garg S., Sharma, S.: . Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 53., 2011.
- [21] Rother M., Shook J.: Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate mud. The Lean Enterprise Institute, Cambridge Massachusetts, 2003.
- [22] Liliana L.: A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 161, No. 1, p. 012099). IOP Publishing., 2016.
- [23] Čelar D., Valečić V., Željezić D., Kondić Ž.: Alati za poboljšavanje kvalitete. Tehnički glasnik, 8(3), 258-268. (2014.)
- [24] <http://svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/1255-ishikawa-dijagram>, pristup stranici: 18.4.2023.
- [25] Kusar J., Duhovnik J., Grum J., Starbek, M.: How to reduce new product development time. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 20(1), 1-15., 2004.

- [26] Traini E., Bruno G., Awouda A., Chiabert P., Lombardi F.: Integration between PLM and MES for one-of-a-kind production. In Product Lifecycle Management in the Digital Twin Era: 16th IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2019, Moscow, Russia, July 8–12, 2019, Revised Selected Papers 16 (pp. 356-365). Springer International Publishing., 2019.
- [27] Ribeiro J., Lima R., Eckhardt T., Paiva S.: Robotic process automation and artificial intelligence in industry 4.0—a literature review. *Procedia Computer Science*, 181, 51-58., 2021.
- [28] Dangelmaier W., Kress S., Wenski R.: TelCoW: telework under the co-ordination of a workflow management system. *Information and Software Technology*, 41(6), 341-353., 1999.
- [29] Dokumentacija poduzeća Končar-MES d.o.o.