

Digitalna transformacija proizvodnih procesa

Pošta, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:084785>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-01**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Pošta

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

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

Student:

Ivan Pošta

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se profesoru i mentoru dr.sc. Nedeljku Štefaniću, dipl.ing. na pruženoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Također, zahvaljujem se i kolegama u Klimaopremi d.d. na savjetima i uputama koje su uvelike pomogle u uspješnoj izradi ovog rada.

Najveća zahvala upućena je mojim roditeljima, sestri i obitelji na pruženoj podršci, pomoći i strpljenju tijekom studiranja.

Ivan Pošta



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN POŠTA** Mat. br.: 0035194131

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **DIGITALNA TRANSFORMACIJA PROIZVODNIH PROCESA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DIGITAL TRANSFORMATION OF PRODUCTION PROCESSES**

Opis zadatka:

U zadnjih nekoliko godina, pojavom Industrije 4.0, sve se više u proizvodnim poduzećima počinju primjenjivati nove digitalne tehnologije poput Interneta stvari, Umjetne inteligencije, Proširene stvarnosti, Autonomne mobilnosti, Aditivne proizvodnje, Prediktivnog održavanja te Upravljanja velikom količinom podataka. Da bi se primjenom navedenih tehnologija postigli bolji pokazatelji uspješnosti, potrebno je detaljno analizirati postojeće proizvodne i poslovne procese te ih transformirati tako da omoguće uspješnu primjenu digitalnih tehnologija.

U radu je potrebno:

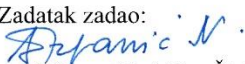
1. Detaljno objasniti pojam Industrije 4.0.
2. Sistematizirati nove digitalne tehnologije te detaljno objasniti najmanje tri.
3. Definirati i opisati pojam digitalne transformacije proizvodnih procesa.
4. Postaviti model digitalne transformacije proizvodnih procesa te ga testirati na najmanje jednom proizvoljno odabranom proizvodnom procesu iz prakse.
5. Sistematizirati i objasniti postignute rezultate.
6. Razviti programsko rješenje za pružanje podrške provedbi digitalne transformacije.
7. Navesti najvažnije produkte digitalizacije proizvodnog poduzeća.

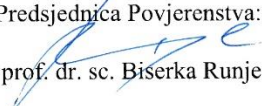
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
26. rujna 2019.

Rok predaje rada:
28. studenog 2019.

Predviđeni datum obrane:
04. prosinca 2019.
05. prosinca 2019.
06. prosinca 2019.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA	IV
POPIS OZNAKA.....	V
SAŽETAK	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. VITKO UPRAVLJANJE.....	1
2.1 Vrijednost.....	3
2.2 Tok vrijednosti	4
2.3 Protočnost.....	5
2.4 Povlačenje	7
2.5 Izvrsnost	7
3. INDUSTRIJA 4.0	8
3.1. Digitalne tehnologije	14
3.1.1. Internet stvari	14
3.1.2. Računarstvo u oblacima.....	18
3.1.3. Aditivna proizvodnja	19
3.1.4. Proširena stvarnost	22
4. DIGITALNA TRANSFORMACIJA.....	24
4.1 Matrica digitalne zrelosti poduzeća.....	27
5. MODEL DIGITALNE TRANSFORMACIJE	29
6. PRAKTIČNI DIO	35
6.1. O kompaniji.....	35
6.2. Analiza postojećeg stanja	36
6.2.1. Opis promatranog procesa	37
6.2.2. Problem postojećeg procesa.....	41
6.2.3. Mjerenja troška vremena.....	41
6.2.4. Trošak papira	45
6.2.5. Trošak boje ispisivanja	46
6.2.6. Prijedjen put procesa	47

6.2.7.	Zaključak postojećeg stanja	48
6.2.8.	SWOT analiza postojećeg stanja	49
6.3.	Poboljšanje procesa	51
6.3.1.	Digitizacija	51
6.3.2.	Digitalizacija	51
6.3.3.	Procesi digitaliziranog sustava	51
6.3.4.	Dodatna poboljšanja rješenja	60
6.3.5.	Troškovi ulaganja u opremu	61
6.3.6.	Vitko upravljanje poboljšanjem	62
6.3.7.	Zeleni menadžment i održivost	63
6.4.	Sinteza rezultata	63
6.5.	Postavljeni poslovni model praktičnog rada	64
6.6.	Prijedlog daljnjeg istraživanja	65
4.	ZAKLJUČAK	66
	LITERATURA	67
	PRILOZI	70

POPIS SLIKA

Slika 1. Principi vitkog menadžmenta	3
Slika 2. Gubitci u toku vrijednosti [1]	5
Slika 3. Tradicionalna i vitka protočnost – primjer [4].....	6
Slika 4. Razvoj industrije [6]	8
Slika 5. Kibernetičko-fizički sustav [12]	11
Slika 6. 5C arhitektura CPS (prema [13]).....	13
Slika 7. IoT arhitektura [17].....	16
Slika 8. Cloud usluge [18]	19
Slika 9. Okvir stvaranja vrijednosti [28].....	25
Slika 10. Matrica digitalne zrelosti (prema [29]).....	28
Slika 11. Model digitalne transformacije.....	29
Slika 12. Metoda oluje mozгова [31].....	31
Slika 13. Korištenje disruptivnih tehnologija u drugoj fazi metodologije (slika preuzeta iz [32]).	32
Slika 14. Sjedište kompanije <i>Klimaoprema</i> [35]	36
Slika 15. Prostor na radnom mjestu za dokumentaciju radnih naloga.....	38
Slika 16. Popis aktivnosti u postojećem stanju procesa.....	39
Slika 17. Špageti dijagram postojećeg stanja procesa	40
Slika 18. SWOT analiza postojećeg stanja procesa	50
Slika 19. Aktivnosti poboljšanog procesa.....	53
Slika 20. Prva aktivnost – prijenos radnog naloga u odgovarajuću mapu	54
Slika 21. Prikaz zaslona pametnog uređaja (tableta) s aktivnim radnim nalogima	57
Slika 22. Prikaz zaslona pametnog uređaja (tableta) s gotovim radnim nalogima	58
Slika 23. Evidencija djelatnika u radni nalog s potpisom.....	59
Slika 24. Dodatna poboljšanja rješenja	60
Slika 25. Vitki način primjene na poboljšanje procesa.....	62
Slika 26. Model digitalne transformacije praktičnog djela diplomskog rada	65

POPIS TABLICA

Tablica 1. Primjena IoT [17].....	17
Tablica 2. Primjena AM [22].....	21
Tablica 3. Primjena proširene stvarnosti [25].....	23
Tablica 4. Mjerenja vremena hoda djelatnika prema aktivnostima procesa.....	42
Tablica 5. Rezultati snimanja vremena distribucije radnih naloga.....	44
Tablica 6. Trošak djelatnikovog vremena.....	45
Tablica 7. Trošak godišnje količine papira.....	46
Tablica 8. Trošak tonera godišnje.....	47
Tablica 9. Prijedeđeni put djelatnika godišnje.....	48
Tablica 10. Ukupni troškovi postojećeg stanja.....	48
Tablica 11. Rješenja mapa radnih naloga u oblaku.....	55
Tablica 12. Troškovi opreme i edukacije rješenja.....	61
Tablica 13. Uspoređba troškova postojećeg i poboljšanog stanja.....	64

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>t</i>	sekunda	Vrijeme procesa
HRK	Hrvatska kuna	Novčana valuta Republike Hrvatske
<i>s</i>	metar	Prijeđeni put hodanja

SAŽETAK

Digitalizacija, a time i digitalna transformacija pojmovi su koji su vrlo rašireni u poduzećima i imaju ogroman utjecaj na znanost. Kao dodatna podrška tehnološkoj transformaciji imaju i izuzetno dobro iskazane metodologije vitkog upravljanja. Industrija 4.0 pokrenuta je kao inicijativa u Njemačkoj, ali ubrzo se raširila pod drugim pojmom i po cijelome svijetu. Sva konkurentna poduzeća ciljaju napraviti apsolutnu digitalnu transformaciju zato što su prepoznala njihov značajan utjecaj i novootkrivene kanale stvaranja vrijednosti. Ovim radom, dan je pregled pojmova industrije 4.0, digitalnih tehnologija, digitalne transformacije te se prelazi na praktični dio rada u poduzeću. Praktični dio rada uočava problematiku jednog dijela procesa, analizira ga i zatim poboljšava. Postavljena je hipoteza koja će se potvrditi ili odbaciti. Nakon provedbe digitalizacije postojećeg procesa, zaključena je ušteda, izračunata na godišnjoj razini i predstavljen je model poslovnih metodologija korišten u praktičnom radu.

Ključne riječi: *industrija 4.0, digitalizacija, digitalna transformacija, vitko upravljanje, digitalne tehnologije*

SUMMARY

Terminology such as digitalization and digital transformation are widely spread and have huge impact in science as in companies. Furthermore, lean management methodology has proven to be an excellent support for technological transformation. Industry 4.0 has begun as an initiative in Germany but not long before it had spread across the globe. All businesses that remained competitive have undergone digital transformation already because they have realized its huge impact on business and discovered new ways of value added activities. The thesis describes first the concepts of industry 4.0, digital technologies, digital transformation before moving onto the practical part. The practical part of the work identifies the problems of existing part of the process, analyzes it and then improves it. A hypothesis has been put forward that will either be confirmed or rejected. After the digitalization of the existing process, savings were calculated on an annual basis and a model of business methodologies used in practical work is presented.

Key words: *industry 4.0, digitalization, digital transformation, lean management, digital technologies*

1. UVOD

Diplomski rad služit će primarno kao sveobuhvatno proširivanje znanja na temu industrije 4.0, digitalnih tehnologija, digitalizacije, digitalne transformacije s dopunom vitkog upravljanja i održivosti, a zatim kroz praktični dio rada pokušat će se napraviti realno poboljšanje jednog dijela poslovnog procesa u poduzeću *Klimaoprema d.d.* Na početku rada, dan je povijesni uvid u nastanak *lean* načina upravljanja, njegovih principa i osam načina gubitka s kojima se kompanije susreću. Ova filozofija popularna je i danas, a nastala je počecima konkurentnosti Toyote na globalnom tržištu. Ovaj način upravljanja nije bio ovako sistematiziran sve do pojave tehnika Taiichi Ohnoa i *Toyota Production System* koji u korijenu sadrži temelje *lean* upravljanja. Nastavak diplomskog rada osvrnut će se na teorijsku podlogu industrije 4.0 i digitalizacije. Dobit će se uvid u disruptivne tehnologije koje su omogućile pojavu izraza industrije 4.0. Te tehnologije su glavni pokretači digitalne transformacije poslovanja kompanija i sadašnji su trendovi. Praktičnim djelom rada oformit će se hipoteza koja će izazvati postojeće poslovno stanje i pokušati će ga transformirati. Kroz praktični dio realizirat će se poboljšanja u financijskom, materijalnom i nematerijalnom smislu. Na kraju se predlaže smjer daljnjeg istraživanja tog poboljšanog poslovnog (proizvodnog) procesa.

2. VITKO UPRAVLJANJE

Povijesno razmatrane poslovne metode upravljanja bile su funkcionalne za određene periode tehnološkog razvoja, a kao smjer razvoja nastaju nove strategije poslovanja. Suprotno masovnoj proizvodnji Henry Forda, populariziranoj tridesetih godina prošloga stoljeća, razvijaju se preteće tehnike i načini razmišljanja prema novoj poslovnoj metodologiji. Tehnike nastale u Toyoti zahvaljujući Eiji Toyodi i Taiichi Ohnou i njihovoj jedinstvenoj poslovnoj metodologiji, specifično za proizvodnju i kasnije široko primjenjiva, razvija se *vitki menadžment* (eng. lean management).

Koncept "vitke" proizvodnje (eng. *Toyota production system* – TPS) potječe iz Toyote. Začetnici TPS-a su japanski inženjeri Taiichi Ohno i Shigeo Shingo koji su po uzoru na tada uspješnog američkog proizvođača automobila, Henryja Forda, kreirali novi pristup japanskoj proizvodnji [1].

Henry Ford postigao je visoku produktivnost i relativno male zalihe tako što je prakticirao kratke cikluse proizvodnje još u 1910-ima. Taiichi Ohno je bio zadivljen proizvodnom tehnologijom te je proučavao Ford i njihova postignuća, kako tržišna tako i u minimizaciji viškova ranih montažnih postrojenja.

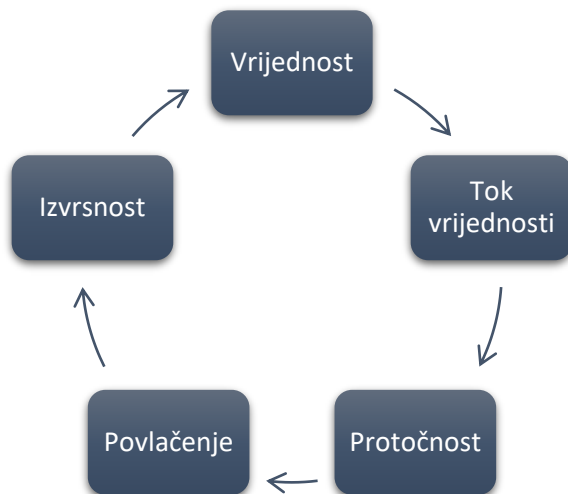
TPS je predstavio novi način proizvodnje svojim *u pravo vrijeme* (eng. *just in time*, JIT) sustavom koji je do danas jedan od glavnih razloga zašto je vitka proizvodnja toliko uspješna. JIT, kako sam naziv sugerira, dostavlja potrebne dijelove točno onda kada su potrebni te time izbjegava skladištenja i minimizira troškove skladišta kao i dodatnog transporta [2].

S druge strane Tihog oceana, tradicionalni američki sustav proizvodnje je baziran na takozvanom "Serija i red" konceptu. Visoka proizvodnja, velike serije i dugački redovi koji ne donose dodatnu vrijednost konačnom proizvodu karakteriziraju ondašnji sustav proizvodnje. Takva tehnika razvila se iz ekonomije omjera, koja pretpostavlja kako pomična traka i vrijeme izgubljeno na izmjeni radnika nisu isplativi za male serije. Takav pristup tipično rezultira proizvodima niže kvalitete jer se defekti ne uočavaju sve do slijedeće operacije ili na finalnom proizvodu.

Preliminaran način k vitkom razmišljanju i poboljšanju ukupne efikasnosti dolazi kada se u proizvodnji radi s nula otpada (škarta) i kad se cilja dovesti efikasnost rada na 100 %. Time dolazimo do Ohnove identifikacije sedam (osmi tip je dodan kasnije) tipova gubitaka (jpn., *muda*) [3]:

1. prekomjerna proizvodnja – stvaranje proizvoda koji čekaju izlaz na tržište, prekomjerna dokumentacija i kopije,
2. čekanje – vrijeme koje materijal provede čekajući za slijedeću operaciju, čekanje na podatke, čekanje radnika, kašnjenje,
3. transport – loše mapiranje kretnje materijala unutar proizvodnje i dizajna postrojenja, predugački putevi između operacija,
4. prekomjerna obrada – lošom komunikacijom se dovodi do ponavljanja operacija, ljudska greška,
5. zalihe – uslijed prekomjerne proizvodnje stvaraju se nepotrebne zalihe, zalihe škarta, višak transporta,
6. nepotrebne kretnje– do nepotrebnih kretnji dolazi zbog lose postavljene stanice za rad, loseg plana proizvodnje ili ukupnog loših standarda,
7. defektni proizvodi/škart– dolazi do škarta zbog lose kontrole kvalitete, lose održavanje strojeva, nedostatak dokumentacije, niski operativni standardi,
8. vještine zaposlenika – neuključenost zaposlenika u procese poboljšavanja kvalitete rada, nedostatak adekvatnog treninga, nejasne pojedine uloge u kompaniji.

U nastavku slijedi opis pet glavnih principa vitkog upravljanja (proizvodnje), određivanja vrijednosti objekta koji definira kupac, mapiranje toka vrijednosti, protočnost, povlačenje i izvrsnost (Slika 1.).



Slika 1. Principi vitkog menadžmenta

2.1 Vrijednost

Vrijednost je prvi od pet principa vitkog upravljanja, odnosno vitke proizvodnje. Obuhvaća vrijednost proizvoda ili usluge, a u današnje vrijeme pojam vrijednosti obuhvaća proizvod i uslugu.

Spomenutu vrijednost definira krajnji kupac i to u određenom vremenu. Vitko razmišljanje tako mora početi od svjesnog, preciznog pokušaja određivanja proizvoda s određenim mogućnostima koje proizvod nudi, te takav proizvod ili uslugu ponuditi po određenim cijenama počevši s dijalogom s kupcem [4].

Kako bismo odredili što je to što određuje vrijednost nekog proizvoda, danas, u trenutku pisanja rada, sve više pažnje i studija unutar kompanije posvećuje se digitalnoj tehnici upravljanja odnosa s kupcima (eng. *Customer Relationship Management*, CRM). Tehnika i prikupljene analize ostvarene putem CRM-a, redefinišu vrijednost prema kupcima i time pravovremeno mijenjaju fokus.

Nakon određivanja vrijednosti, pitanje je kako odrediti cijenu danog proizvoda, imajući na umu troškove. Polazište je uspoređivanje s drugim proizvodima na tržištu (eng., *benchmark*) i smanjivanje troškova na djelatnostima koje ne generiraju vrijednost, odnosno jesu gubitci. Određivanje tih gubitaka provest će se kroz idući princip, a to je određivanje toka vrijednosti [4].

2.2 Tok vrijednosti

Tok vrijednosti definiran je kao set svih djelatnosti potrebnih kako bi se napravio proizvod koji je protekao kroz tri koraka upravljanja. Prvi korak je inženjersko rješavanje problema do stavljanja proizvoda na tržište. Drugi korak je zaprimanje narudžbe kroz detaljno postavljeno vrijeme isporuke putem informatičkog menadžmenta i treći korak je fizičko izvršavanje zadataka od sirovog materijala do izrađenog proizvoda, pa sve do kupca [4].

Zadatak određivanje toka vrijednosti je sagledavanje svih gubitaka u lancu vrijednosti i njihovo otklanjanje.

Postoje tri kategorije aktivnosti kod analiziranja cijelog lanca vrijednosti potrebnog za dobivanje željenog proizvoda ili usluge (Slika 2.):

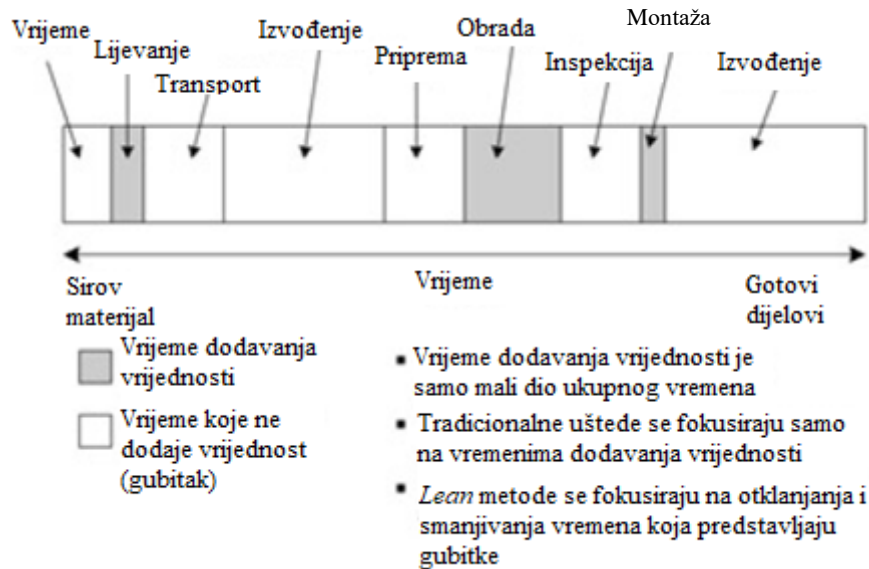
1. aktivnosti koje stvaraju i donose vrijednost (eng., *Value Adding Activities (VAA)*),
2. aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost, ali su potrebne u operativnom dijelu lanca (eng., *Non-Value Adding Activities (NVAA)*),
3. aktivnosti koje apsolutno ne donose vrijednost proizvodu ili usluzi (eng., *Waste Activities (WA)*).

Prvo se otklanja kategorija vrijednosti koje ne donose vrijednost, tj. direktni gubitci – gubitak tipa dva, zatim se pokušavaju reducirati aktivnosti druge kategorije tipa jedan [4].

Kao metriku vitkog menadžmenta uzima se vrijeme izrade u stvaranju toka vrijednosti, odnosno stvaranju i proizvodnji proizvoda ili usluga. Tako slijede tri kategorije vremena:

1. vrijeme u kojem se dodaje vrijednost (eng., *Value Adding Time (VAT)*),
2. vrijeme u kojem se ne dodaje vrijednost, ali je potrebno u operativnom dijelu (eng., *Non-Value Adding Time (NVAT)*),
3. vrijeme čistih gubitaka (eng., *Waste Time (WT)*).

Dan je primjer iz literature proizvodnje u Toyoti (Slika 2.).



Slika 2. Gubitci u toku vrijednosti [1]

2.3 Protočnost

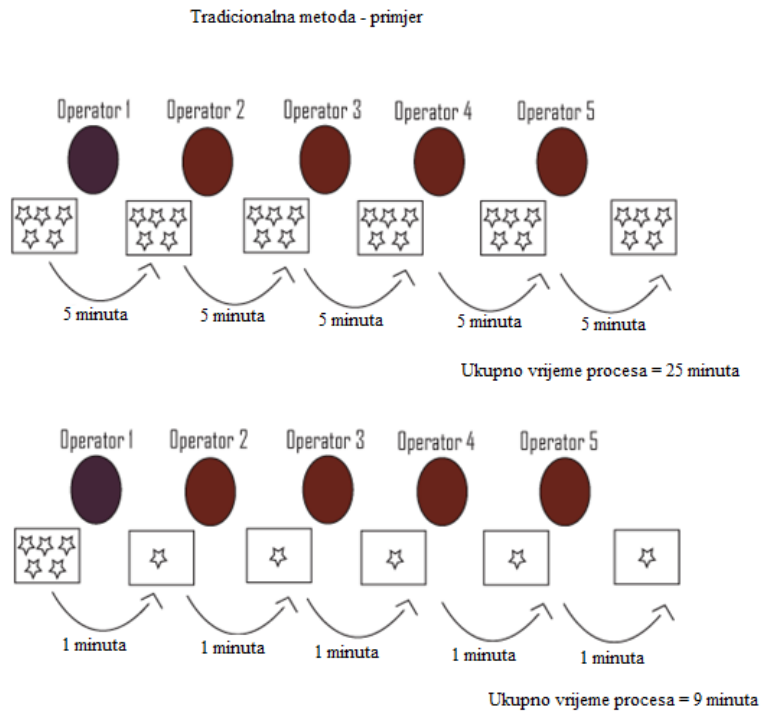
Ovaj princip sa svojom ulogom koja se aktivira kada su prijašnja dva principa ispunjena, odnosno kada se odredi ciljana vrijednost i otklone gubitci u procesima, tada je bitno osigurati da oni koraci koji stvaraju vrijednost teku. Primjer protočnosti može se naći u davnim tvornicama Henryja Forda i njegove montažne kontinuirane linije.

Osmišljeno prema Womacku i Jamesu, protočnost treba obaviti kompletno i zajedno u tri koraka [4]:

1. fokusirati se isključivo na vrijednosni objekt i nikad ga ne ispuštati iz vida od početka do kraja svih procesa kroz koji prolazi,
2. ignorirati tradicionalne pristupe i ograničenja poslova, karijera, funkcija i rada, te time otkloniti sve prepreke kontinuiranoj protočnosti,
3. ponovno razmisliti o specifičnim načinima dosadašnjeg rada i korištenih alata kako bi se otklonila povratnost u procesu, smanjio otpad (škart) i otklonila nepotrebna zaustavljanja.

Glavna razlika tradicionalnog načina u protočnosti i vitkog načina protočnosti je između skupa proizvoda (eng., *batch*), gdje, npr. svaki operater ima skup proizvoda s kojima radi nasuprot

vitkoj protočnosti gdje svaki operater radi s jednim proizvodom (Slika 3.). Na slici je vidljivo poboljšanje prolaznog vremena proizvoda kroz sve stadije procesa sa znatno manjim vremenom potrebnim za njegov prolaz.



Slika 3. Tradicionalna i vitka protočnost – primjer [4]

2.4 Povlačenje

Povlačenje (eng., *pull*) najjednostavnije znači da nitko uzvodno u lancu stvaranja vrijednosti ne bi trebao proizvesti proizvod ili uslugu sve dok kupac ne izrazi želju za određenim proizvodom ili uslugom.

Najbolji način za razumijevanje logike i izazova principa povlačenja i razmišljanja je započeti s krajnjim kupcem, dajući zahtjev za određenim proizvodom i raditi unatrag kroz sve korake koji su potrebni za isporuku željenog proizvoda kupcu [4].

Potrebno je pravovremeno odreagirati na zahtjeve kupaca i naučiti povući vrijednost proizvoda kroz njen tok. Vitki je pristup upravljanju, dobiti vrijednost u obliku proizvoda ili usluge kada je tražen od kupca u usporedbi s tim da proizvod ili usluga budu plasirani (eng., *pushed*) na tržište u trenutcima kada njihova vrijednost još nije prepoznata.

2.5 Izvrsnost

Izvrsnost, kao peti i zadnji vitki princip, predstavlja kontinuirano unaprijeđenje (prema Toyota Production System, jpn., *Kaizen*). Ona obuhvaća prva četiri principa koji u svom krugu poboljšavanja procesa nailaze na nove gubitke. Težnja izvrsnosti dakle, kontinuirano određuje vrijednost za kupca, sagledava tok vrijednosti, osigurava protočnost i povlačenje koje se svakim prolazom i periodom mogu unaprijediti.

Prema [4], najbitnija stavka izvrsnosti je transparentnost koja omogućava analizu svih sudionika, zaposlenika, kupaca, pa sveobuhvatno do distributera i nabavljača, a na temelju nje jednostavnije načine otkrivanja vrijednosti.

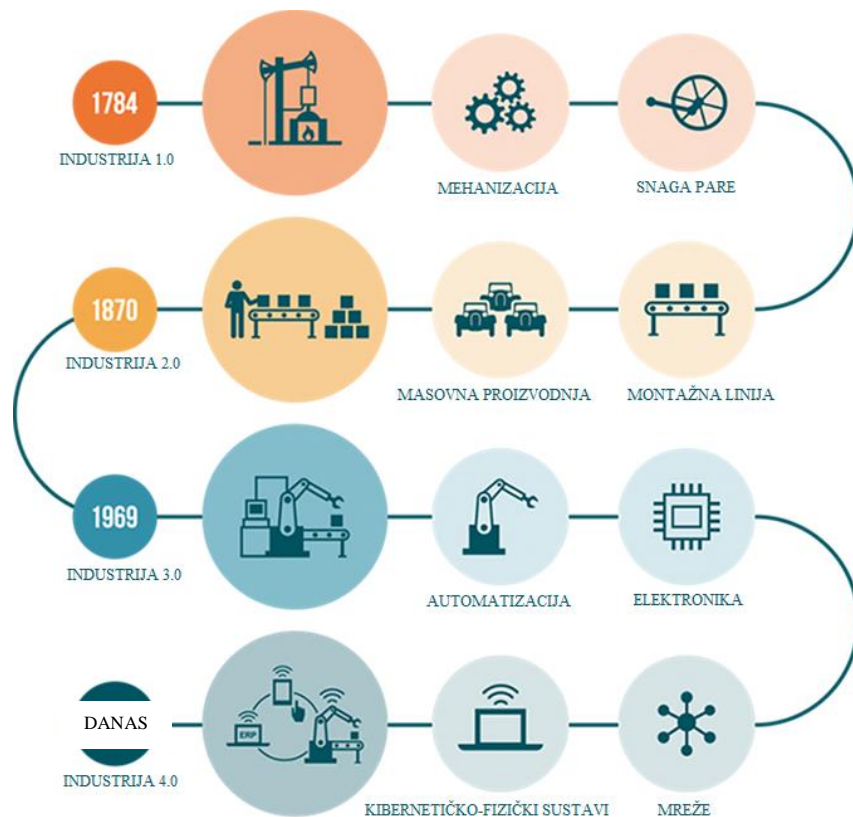
Ovaj princip osigurava, primarno, održivost poslovanja i time, kao peti temelj, određuje filozofiju vitkog menadžmenta.

3. INDUSTRIJA 4.0

Pojam *Industrija 4.0* neki još nazivaju i *Četvrta industrijska revolucija*. Prije nego li se objasni taj pojam prisjetit ćemo se kako je došlo do 4. industrijske revolucije pregledom temeljnih tri.

Povijesno, prvu industrijsku revoluciju karakterizira pojava mehanizacije, odnosno uvođenje strojeva u proizvodnju. Druga industrijska revolucija nastupila je pojavom podjele rada, pokretnih traka. To je bilo vrijeme masovne proizvodnje, a glavni principi temeljili su se na taylorizmu i centraliziranom upravljanju. S vremenom se proizvodnja odmicala od masovne prema pojedinačnoj, pojavom mikroprocesora dolazi do automatizacije proizvodnog procesa, a pojam vitke proizvodnje javlja se već 70-ih godina.

Danas smo svjedoci 4. industrijske revolucije koju karakterizira samostalno upravljanje, koncept pametne tvornice, te kibernetičko-fizički informacijski sustav. Novost koju donosi industrija 4.0 je integracija interneta stvari i interneta usluga u proizvodni okoliš (Slika 4.).



Slika 4. Razvoj industrije [6]

Naziv Industrija 4.0 predstavlja sinonim za četvrtu industrijsku revoluciju koja se temelji na kibernetičko-fizičkom proizvodnom sustavu tj. na modelu pametne tvornice. Termin *Industrie 4.0* predstavljen je 2011. kao dio nove njemačke industrijske strategije na sajmu *Hannover Messe* [5].

Industrija 4.0 predstavlja strateški pristup povezivanja sustava baziranih na internet tehnologiji s ciljem uspostave komunikacije između strojeva, ljudi, proizvoda i poslovnih sustava.

Prema Klausu Schwabu, četvrta industrijska revolucija nije samo pojam za povezivanje strojeva, sustava i ljudi, već i šire, sve do sekvenciranja gena i nanotehnologije [7].

Pojava termina nastala je u odlučnom rasprostranjenju visoko tehnološke strategije do 2020. godine koja je predložena 2011. njemačkoj vladi.

Znanstveni članci bave se praktičnim dijelovima i istraživanjima na temu industrije 4.0. Takvi članci put su prema novim poslovnim i strategijskim modelima. Dakako, kompanije, sveučilišta i drugi, svijesni su potreba za promjenama u načinu daljnjeg razvijanja.

Kvantitativne analize i kvalitativni pregledi literature doveli su do prepoznavanja četiri principa koji bi trebali voditi praksu i znanstvenike za budući smjer razvoja [8]:

- Povezanost – sposobnost povezivanja i komuniciranja međusobno između strojeva, uređaja, senzora i ljudi putem digitalnih tehnologija,
- Transparentnost informacija – točka povezanosti generira i prikuplja velik broj informacija koje dolaze od masivnog broja podataka iz svih smjerova proizvodnih procesa koji pomažu time prepoznati ključna područja za poboljšanja i inovacije,
- Tehnička podrška – s obzirom na kompleksne proizvodne sisteme i procese, javlja se veća potreba za pomoć ljudima putem npr. automatiziranih robota,
- Decentralizirano donošenje odluka – donošenje odluka bazirano je na transparentnosti informacija i povezanosti, odnosno velikoj količini prikupljenih podataka. Uključujući rečeno s prikupljenim globalnim informacijama dolazi se do boljih donošenja odluka i ukupno povećane produktivnosti.

Promjenama u tehnološkom razvoju dolazi i do dva smjera razvoja Industrije 4.0. U jednom pogledu, dolazi do snažnog povlačenja primjene Industrije 4.0 čiji su okidači

generalno političke, ekonomske i sociološke promjene, a u užem smislu to povlačenje primjene (eng., *application-pull*) predstavlja [9]:

- Kratko razvojno vrijeme – vremena razvoja i inovacija se moraju dodatno skraćivati (značaj *lean*-a u otklanjanju nepotrebnih radnji) što za uspjeh znači kratko vrijeme stavljanja proizvoda ili usluge na tržište (eng. *time to market*),
- Individualizacija na zahtjev – promjene tržišta i proizvodnje s tržišta prodavača na tržište fokusa na kupca koje dovodi do toga da novi proizvodni sustavi budu dinamični i da isporučuju jedinstvene proizvode (eng., *batch size one*),
- Fleksibilnost – novi poslovni modeli i okviri proizvodnje vode do fleksibilnih razvoja proizvoda, a direktna je posljedica individualizacije proizvoda,
- Efikasno korištenje resursa – efikasno raspolaganje resursima kojih često nema dovoljno i gdje su resursi redovito manjak, stvara se potreba za održivosti konteksta industrije sa ekoloških stajališta.

Kako s jedne strane postoji povlačenje primjena industrije 4.0 tako s druge strane postoji i mehanizam guranja tehnologije (eng., *technology-push*) koji prepoznaje slijedeće pristupe [9]:

- Povećana mehanizacija i automatizacija – razvoj autonomnih proizvodnih objekata koji neovisno i sami kontroliraju i optimiziraju proizvodne procese,
- Digitalizacija i umreženost – digitalizacija proizvodnih rješenja rezultira kao pomoć u analizama i kontroli, a to se ostvaruje kroz mrežu tehničkih komponenti sustava. Povrh umreženosti digitalizacija nudi nove tehnologije poput simulacija, digitalne sigurnosti ili vizualnih rješenja,
- Minijaturizacija – smanjivanje tehničkih, proizvodnih i uslužnih rješenja na svega par centimetara kubnih otvara vrata novim primjenama, pogotovo u logistici i proizvodnji. Najbolji je primjer uporaba senzora.

Industriju 4.0 prate zasebni koncepti. Neki od glavnih koncepata su pametna tvornica (eng., *Smart Factory/Industry*), koja je kao koncept nastao u Sjedinjenim Američkim Državama i *cyber*-fizički sustavi (eng., *Cyber-Physical Systems, CPS*). U nastavku rada proučit će se koncept kibernetičko-fizičkog sustava kako bi se pratio trend razvoja industrije 4.0:

Kibernetičko-fizički sustav

Kibernetičko -fizički sustavi su sustavi koji povezuju fizički i digitalni svijet.

Prema definiciji [10]: „ Kibernetičko-fizički sustavi su sustavi računskih entitea koji međusobno surađuju i koji imaju intenzivnu povezanost s okolnim fizičkim svijetom i njegovim procesima, pružajući istovremeno pristup podacima i usluge obrade podataka preko interneta.“

Preteča CPS-u su tzv. ugrađeni sustavi (eng., *embedded systems*), a to su računalni sustavi unutar nekog mehaničkog ili električnog sustava zaduženi za obavljanje određene funkcije s računalnim ograničenjima u realnom vremenu [11].

Primjene kibernetičko-fizičkog sustava su široke i sežu u mnoge grane industrije, od proizvodnje, poljoprivrede, energetike, transporta i ostalih. Slika 5. daje predodžbu cyber-fizičkog sustava.



Slika 5. Kibernetičko-fizički sustav [12]

S obzirom na prethodno definiran pojam kibernetičko-fizičkog sustava u daljnjem tekstu će se razmotriti arhitektura takvog sustava.

Predložena, i u većini znanstvenih tekstova prepoznata, arhitektura 5C razina, pruža funkcionalne korake uvođenja kibernetičko-fizičkog sistema.

Generalno CPS se sastoji od dvije komponente: napredne povezivosti koja omogućuje [13]:

1. prikupljanje podataka u realnom vremenu od fizičkih komponenata i povratnu informaciju natrag u digitalnu sferu,
2. inteligentno upravljanje podacima, analitiku i računalne sposobnosti koje se sastavni dio digitalnog djela sustava.

5C arhitektura CPS-a dobila je ime po 5 početnih slova riječi svake razine na engleskom jeziku.

5C razine arhitekture slijede od bazne, najniže, do najviše [13]:

- I. Pametno povezivanje – prikupljanje pouzdanih podataka sa strojeva i njihovih komponenata prvi je korak u razvoju kibernetičko-fizičkog sustava. Podaci se mogu direktno prikupiti i mjeriti pomoću senzora ili prikupiti iz informacijskih sustava kao što je ERP (eng., *Enterprise Resource Planning (ERP)*). Dva su ključna faktora koja se moraju uzeti u obzir. Prvi je prikupljanje različitih tipova podataka što znači i njihovo pravilno pohranjivanje u centranj bazi podataka, tj. serveru. Drugi faktor odnosi se na odabir senzora specifičnih za njihov način korištenja.
- II. Oblikovanje podataka u informaciju – Značajna informacija mora biti dovedena iz prikupljenih podataka. Jednom kad se ova razina infrastrukture pokrene, strojevi se mogu registrirati na mrežu i razmijenjivati informacije putem digitalnog sučelja. Nakon toga, mora se postaviti algoritam koji će pratiti promjene o statusu stroja ili uređaja, donositi dodatne zaključke bazirane na povijesnim podacima, uspoređivati se međusobno s drugim strojevima i davati izlaz (eng., *output*) na novoj razini.
- III. Kibernetička razina – Kibernetička ili digitalna razina djeluje kao centralno središte informacija. Informacije se prikupljaju sa svih povezanih strojeva i tvore mrežu. S obzirom na veliku količinu prikupljenih podataka, mora se primjeniti posebna vrsta analiza kako bi se izvukli bolji uvidi o pojedinom stroju. Ova analitika pruža usporedbu

- između strojeva, a s druge strane prati i sličnosti između njih i prijašnjih uređaja, te koristi povijesne podatke kako bi predvidjela buduća stanja.
- IV. Kognitivna razina – Potrebna je pravilna prezentacija prikupljenih podataka i znanja promatranog sustava. Ekspertni korisnici ove razine koriste komparativne informacije i prioritiziraju koje će procese prvo optimizirati i time je potrebna dobro transformacija znanja.
 - V. Konfiguracijska razina – Ova razina služi kao povratna informacija iz digitalnog prostora u fizički prostor i ona je tu kako bi imala nadzor i kontrolu nad sustavom. Nadzor se vrši primarno korektivno i preventivno u nadziranom sustavu.

Slika 6. grafički je prikaz 5C arhitekture kibernetičko-fizičkog sustava.



Slika 6. 5C arhitektura CPS (prema [13])

U nastavku trećeg poglavlja bit će prikazane tehnologije koje su pokretači digitalizacije i digitalne transformacije i njihove potencijalne primjene.

3.1. Digitalne tehnologije

3.1.1. Internet stvari

Internet stvari (eng. *Internet of Things (IoT)*) sustav je međusobno povezanih računalnih uređaja, mehaničkih i digitalnih strojeva, predmeta, životinja ili ljudi koji su označeni jedinstvenim identifikatorima (eng., *Unique Identifier (UID)*) i mogućnostima prijenosa podataka putem mreže bez potrebe za ljudskim pristupom, interakcijom čovjeka ili čovjeka-računala [14].

Internet stvari nije sama tehnologija već heterogena povezana smjesa hardwarea i softwarea.

Također, internet stvari omogućava objektima osjetljivost putem senzora i direktnu daljinsku kontrolu u postojećim mrežnim infrastrukturama na kojima se bazira i time stvara novu povezanost između fizičkog svijeta i digitalnog s ciljem poboljšanja efikasnosti i točnosti [15].

Ključne karakteristike interneta stvari [16]:

1. međusobna povezanost (eng., *Interconnectivity*) – povezanost između uređaja, strojeva, senzora, mreža i ljudi,
2. objektom povezane usluge,
3. heterogenost – uređaji u IoT-u su različiti s obzirom da se baziraju na drugačijem hardware i softwareu, te različitim platformama i mrežama,
4. dinamične promjene – npr. geografske ili lokalne promjene pozicije, spojen uređaj ili odspojen, raznorazne regulacije poput brzine. Dinamične promjene i u smislu napretka tehnologije koji se adaptira na postojeće sustave IoTa,
5. veličina – broj uređaja povezanih na internet raste, a time i broj podataka koji treba biti obrađen (eng., *Data Analytics*),
6. sigurnost – dizajn ovakvih sustava prati i nova grana brzo rastuće tehnologije kibernetičke (eng., *cyber*) sigurnosti,
7. povezanost – glavna karakteristika koja omogućava mrežni pristup i kompatibilnosti u smislu iskorištavanja podataka.

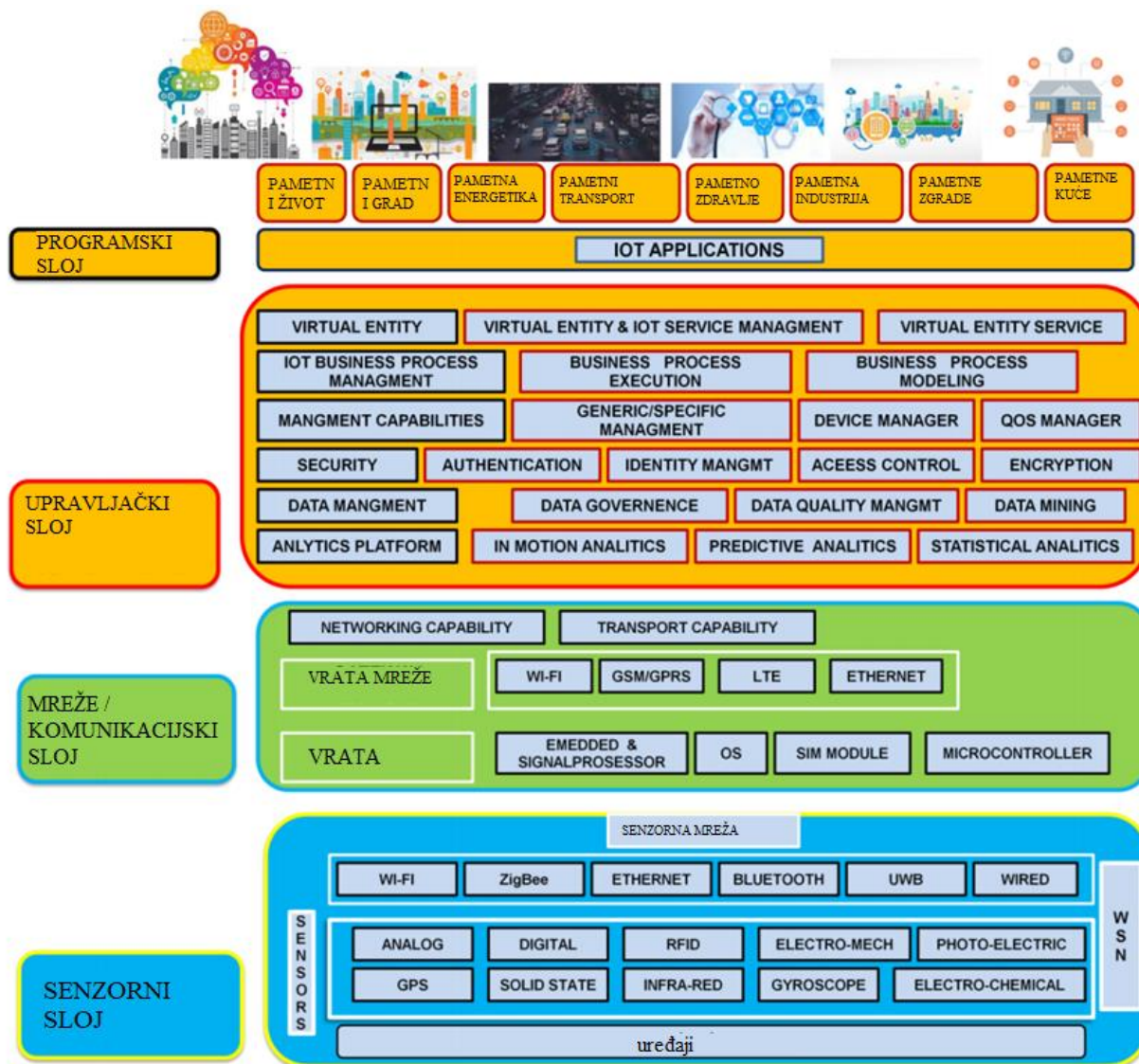
Kako bi bolje razumjeli povezanost i integriranost važno je objasniti standardnu strukturu internet stvari.

Arhitektura internet stvari sastoji se od raznih tehnoloških slojeva koji su podrška sustavu interneta stvari. Svi slojevi međusobno komuniciraju i mogu se podesiti, modularni su i mogu rasti [17].

U nastavku slijedi objašnjena funkcionalnost svakog sloja [17]:

1. **Senzorni sloj** – najniži sloj u arhitekturi koji se sastoji od pametnih uređaja (objekata) integriranih pomoću senzora. Senzori služe kao povezanost dvaju svijeta, fizičkog i digitalnog i omogućuju prikupljanje informacija u realnom vremenu.
Senzori također služe za mjerenje temperature, tlaka, kretanja, brzine, sastava zraka i druge. Većina senzora mora biti povezana senzornom mrežom, npr. lokalnom mrežom (eng., *Local Area Network(LAN)*), Ethernetom, Wi-Fi konekcijom ili nekim načinom osobnog povezivanja, npr. *bluetoothom*.
2. **Mreže i mrežna vrata** – velika količina povezanih senzora (s obzirom da veći sustavi imaju višestruke senzore) proizvodi značajnu količinu podataka, a time se i zahtjeva dobra povezanost bežičnim mrežama kao način transporta podataka. Kao tip mrežnih vrata koriste se mikrokontroleri i mikroprocesori.
3. **Upravljački sloj** – upravljački sloj bavi se procesuiranjem dobivenih podataka kroz analizu podataka, sigurnosne kontrole, modeliranje i upravljanje uređajima.
Na temelju obrađenih podataka upravljački sloj izvršava naredbe, ispravlja i u krajnju ruku donosi odluke bazirane na analizama. Danas u sustavu analiza su uključene i neuronske mreže, umjetna inteligencija i simulacije.
4. **Primjena** – kada govorimo o primjeni interneta stvari primarno mislimo na pametne stvari, pametne gradove, pametne tvornice kroz grane industrije, poljoprivrede, turizma, lance opskrbe, energetike i kulture.

Pregled svih slojeva arhitekture internet stvari vidljivo je na slici 7.



Slika 7. IoT arhitektura [17]

Potencijali IoT-a su brojni i različiti. Današnje vrijeme zahvaća eksplozivan rast *startup* kompanija, natjecanja, konferencija i članaka na temu pametnih proizvoda, usluga i življenja.

U tablici 1. prema [17] obuhvaćene su neke od primjena tehnologije koju nudi digitalizacija, kroz internet stvari.

Tablica 1. Primjena IoT [17]

Primjene	Opis i primjeri
<p>Pametani život (eng., <i>Internet of Smart Living (IoSL)</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • daljinski upravljani kućni uređaji – pomažu kod uštede energije • pametni uređaji – hladnjaci s pametnim LCD ekranom i slično • sigurnosni nadzor • kontrola energenata i potrošnje vode
<p>Pametni grad (eng. <i>Internet of Smart City</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pametno upravljanje javnom rasvjetom • sigurnosni nadzor – protupožarne kontrole, javne obavijesti • transport – upozorenja o klimatskim promjenama na cestama, nesrećama • pametan parking – nadzor mjesta u realnom vremenu • upravljanje otpadom
<p>Pametni okoliš (eng., <i>Internet of Smart Environment</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • nadzor zagađenosti zraka • detekcija požara šuma • nadzor vremena • ispitivanja i kontrole pitke vode • kontrola razina rijeka kako bi se spriječile poplave
<p>Internet zdravijeg života (eng., <i>Internet of Smart Health</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • nadzor pacijenata • kontrola uvjeta u medicinskim hladnjacima
<p>Internet pametnih energenata (eng., <i>Internet of Smart Energy</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pametna električna mreža • nadzor i analiziranje vjetroturbina • kontroleri izmjenične struje koji odlučuju o potrebnoj energiji

<p style="text-align: center;">Pametna agronomija (eng., <i>Internet of Smart Agriculture</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • zelene kuće – kontrola mikro-klimatskih uvjeta • praćenje životinja – pozicije i identifikacija • nadzor polja
--	--

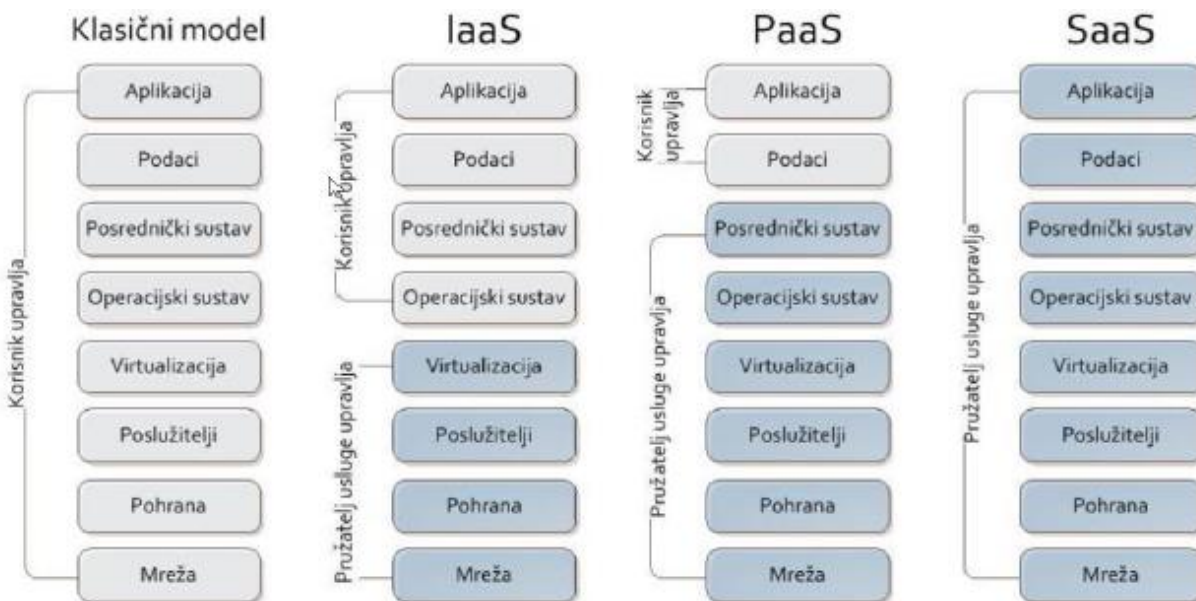
Primjeri su samo mali uvid u mnogobrojne prilagodbe tehnologije interneta stvari na svakodnevni život. Trend *startup* kompanija koje se bave primjenama disruptivnih tehnologija je sveprisutan i njihov broj je velik.

3.1.2. Računarstvo u oblacima

Računarstvo u oblacima (eng., *cloud computing*) je koncept podjele programskog okruženja koji koristi internet kao platformu te omogućuje da aplikacije i dokumenti poslani iz bilo kojeg dijela svijeta budu pohranjeni i čuvaju se na za to predviđenim poslužiteljima [18]. Računarstvo u oblaku je zapravo metafora kojom se želi opisati cijeli sustav, odnosno opisati podatkovne centre (eng., *data centers*) koji su dostupni korisnicima preko interneta.

Prema arhitekturi, korištenje *clouda* različito je osobno korištenje i poslovno korištenje ove tehnologije. Poslovna arhitektura *clouda* razlikuje se u tri vrste pružanja usluga korisnicima (Slika 8.):

1. Infrastruktura kao usluga (eng., *Infrastructure as a Service (IaaS)*) – referira se na uslugu korištenja računalne infrastrukture gdje su korisniku omogućene usluge obrade, spremanja, umrežavanja i virtualizacije i time upravlja pružatelj usluge,
2. Platforma kao usluga (eng., *Platform as a Service (PaaS)*) – korisnik u ovom obliku usluge nema pristupa infrastrukturi, operativnom sustavu ili spremanju, ali ima kontrolu nad aplikacijama i podacima,
3. Software kao usluga (eng., *Software as a Service (SaaS)*) – korisnik kod ovog oblika pružanja usluge ne upravlja niti kontrolira s infrastrukturom, mrežom, serverima, operativnim sustavom, niti aplikacijama već samo posjeduje, tzv. razvojnu okolinu koja je specifična za korisnike i posjeduje postavke određenih aplikacija.



Slika 8. Cloud usluge [18]

3.1.3. Aditivna proizvodnja

Aditivna proizvodnja (eng., *Additive Manufacturing (AM)*), industrijski je naziv za 3D ispis, a to je računalno upravljani proces koji stvara trodimenzionalne objekte taloženjem materijala, obično u slojevima [19].

Svaki sukcesivni sloj, spaja se s prijašnjim slojem otopljenog ili djelomično otopljenog materijala. Ti slojevi mogu biti čestice različitih materijala. Objekti izrade, izrađeni su digitalno računalom podržanim softwareom za dizaj (eng., *Computer Aided Design (CAD)*) kojim se objekt reže u jako tanke slojeve. Ova informacija onda teče do izlaza pisača i precizno odlaže materijal na prijašnji sloj. Dodatna je mogućnost da se laserom ili elektronskom zrakom tope naslage materijala do željenog oblika [20].

Prema [15], potencijalne koristi koje donosi aditivna proizvodnja:

1. direktni prijenos dizajna u komponente,
2. proizvodnja dijelova koji se mogu prilagođavati bez dodatnih obrada ili troškova,
3. funkcionalni dizajn s mogućnošću kompleksnih unutarnjih značajki,
4. fleksibilnost i lakoća komponenti s šupljom ili rešetkastom strukturom,

5. sposobnost izrade komponenata do njihovog finalnog izgleda,
6. potencijal približiti se proizvodnji s nula gubitaka maksimizirajući potrošnju materijala,
7. smanjenje ukupnog razvoja i proizvodnje proizvoda vodeći do smanjenja vremena plasmana na tržište,
8. smanjena operativa u proizvodnji naspram dosadašnjih velikih dijelova,
9. proizvodnja na zahtjev, odmicanje od projekcijskog tipa proizvodnje,
10. izvrsna skalabilnost.

Postoji također sedam suvremenih tehnologija aditivne proizvodnje [21]:

1. stereolitografija (eng., *Stereolithography*),
2. selektivno lasersko srašćivanje (eng., *Selective Laser Sintering*),
3. taložno srašćivanje (eng., *Fused Deposition Modeling*),
4. proizvodnja laminiranih objekata (eng., *Laminated Object Manufacturing*),
5. polyjet postupak,
6. taljenje s pomoću snopa elektrona (eng., *Electron Beam Modeling*),
7. tonografski postupak (eng., *Solid Ground Curing*).

Tablica 2. Primjena AM [22]

Primjena	Primjeri
Automobilska industrija	<ul style="list-style-type: none"> • integracija više dijelova u jedinstven kompozitni dio • izrada proizvodnih alata • proizvodnja rezervnih dijelova i dodataka • brza standardiziranost
Aeronautika	<ul style="list-style-type: none"> • proizvodnja dodataka kompleksne geometrije • kontrola gustoće i dobre mehaničke karakteristike • izrada laganijih dijelova
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> • planiranje operacijskih zahvata koristeći precizne anatomske modele bazirane, npr. na magnetskoj rezonanciji • razvoj podesivih ortopedskih implantanata • printanje biorazgradivih tkiva za testiranje u razvojnim fazama
Sportska industrija	<ul style="list-style-type: none"> • proizvodnja dijelova kompleksne geometrije • izrada prilagođene zaštitne opreme • izrada prototipova za testiranje proizvoda
Građevinska industrija	<ul style="list-style-type: none"> • AM za beton i konvencionalne zgrade • gradnja bez cementa • niski troškovi • zgrade malog utroška energije

3.1.4. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost (eng., *Augmented Reality (AR)*) je interaktivno iskustvo prostora stvarnog svijeta gdje su objekti, koji postoje u stvarnom svijetu, poboljšani računalno generiranom perceptualnom informacijom, nekada preko više osjetila [23].

Princip rada je dakle, kombinacija dva tipa scenarija: digitalno procesuirana realnost i digitalno dodani umjetni objekti koji mogu biti 2D ili 3D. Značajke proširene stvarnosti, prema [24] su: sposobnost spajanja stvarnih i virtualnih objekta u stvarnom prostoru, sposobnost namještanja stvarnih i virtualnih objekata međusobno i sposobnost interaktivnog pokretanja u 3D u realnom vremenu.

Esencijalni dijelovi sustava proširene stvarnosti s navedenim značajkama funkcionalnosti su [25]:

- element za snimanje – web kamera,
- ekran za prikaz – projekcija virtualne informacije na slike dobivene od elementa za snimanje: ručni ekran, nošeni ekran (optički i video) i prostori (projektor),
- jedinica za procesuiranje – kako bi generirali virtualne informacije koje projiciramo,
- elementi za aktivaciju – elementi koji služe za interakciju s prikazanom virtualnom informacijom, npr. senzori, QR oznake, slike i dr.

U tablici 3. prikazane su primjene proširene stvarnosti u industriji 4.0:

Tablica 3. Primjena proširene stvarnosti [25]

Primjena	Primjer
Trening	<ul style="list-style-type: none"> • trening za specifični posao • sigurnosni trening • ekspertno savjetovanje
Konstrukcija	<ul style="list-style-type: none"> • kolaboracijsko inženjerstvo • sučelje u proširenoj stvarnosti • prepoznavanje grešaka
Proizvodnja	<ul style="list-style-type: none"> • garancija kvalitete • instrukcije kod održavanja • tabele uspješnosti • instrukcije na montaži • praćenje i stalan nadzor
Operativa	<ul style="list-style-type: none"> • digitalne kontrole • uputstva i sučelje proširene stvarnosti • sustavi za navođenje
Popravak	<ul style="list-style-type: none"> • upute i podrška • inspekcije popravaka i potvrde • daljinsko ekspertno navođenje
Prodaja i marketing	<ul style="list-style-type: none"> • testni prikaz proizvoda • logistika i optimizacija prostora maloprodaje • proširena stvarnost <i>brand</i> iskustva • reklamiranje

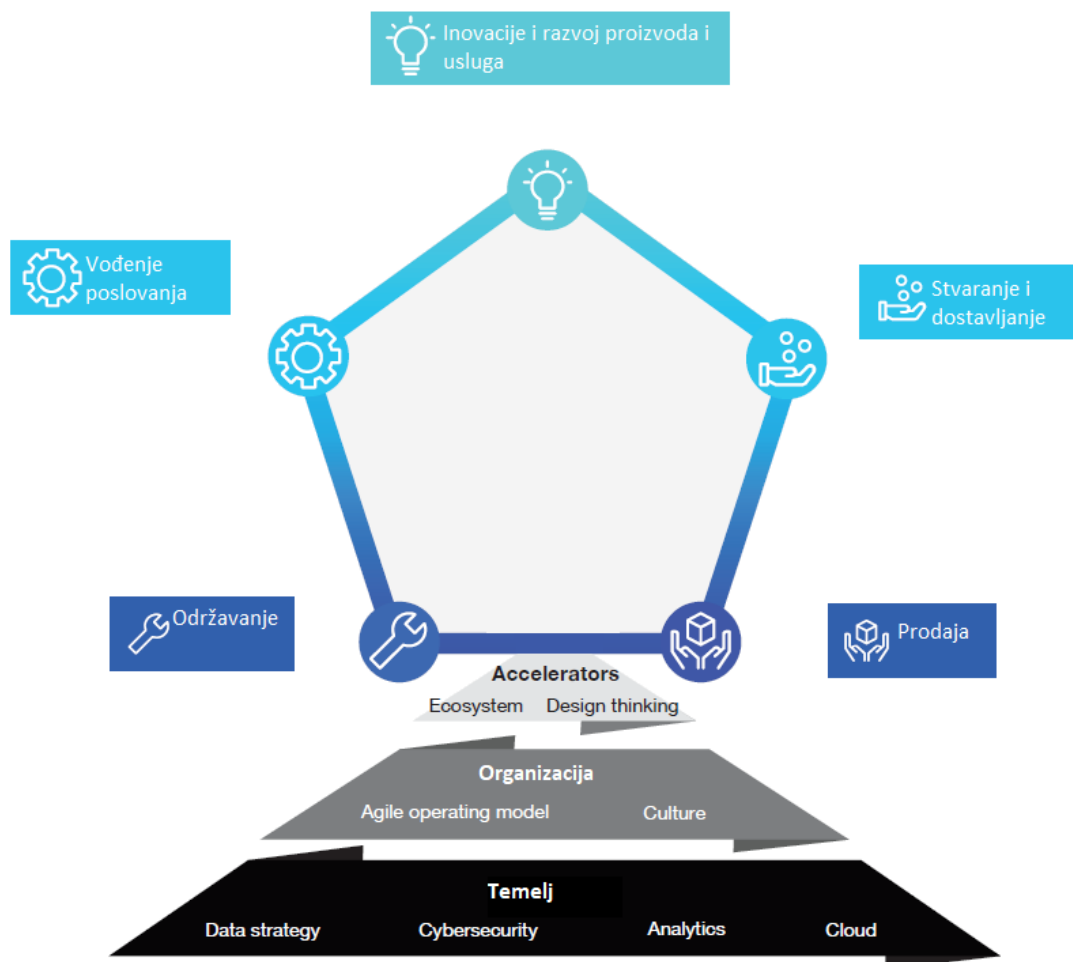
4. DIGITALNA TRANSFORMACIJA

Prema istraživačkom članku, digitalna transformacija je integracija digitalne tehnologije u sva područja poslovanja, temeljno mijenjajući način poslovanja i isporučujući vrijednost kupcima. To je također kulturna promjena koja zahtijeva od organizacija da neprestano izazivaju status quo, eksperimentiraju i uče u neuspjehu [26].

Drugi članak kaže da je digitalna transformacija proces korištenja digitalnih tehnologija za stvaranje novih - ili izmjenu postojećih - poslovnih procesa, kulture i korisničkog iskustva kako bi se zadovoljile promjenjive poslovne i tržišne potrebe. Ovo predstavljanje novog imidža poslovanja u digitalnom dobu digitalna je transformacija [27].

Transformacijom se pak s druge strane misli na prelazak iz jednog oblika u novi oblik nečega. Ovdje govorimo o prelasku tradicionalnih poslovnih modela i strategija na novi, obično u ovom kontekstu, digitalni oblik.

McKinsey konzultantska kuća tako i sama razmatra novitete digitalne transformacije i zapravo postavlja temelje znanja i provedbe transformacija. Slika 9., predstavlja njihovu analizu istraživanja što zapravo stvara vrijednost u okruženju digitalne transformacije te je napravljen okvir stvaranja vrijednosti.



Slika 9. Okvir stvaranja vrijednosti [28]

Inovacije i razvoj proizvoda i usluga

Kako se povezivanje širi, izvori podataka se šire i dragocjeni uvidi mogu se stvoriti u stvarnom vremenu. Tvrtke imaju nesvakidašnje mogućnosti za inovaciju u proizvodima, uslugama i poslovnim modelima. Uspješna inovacija ne oslanja se samo na razumne podatke i tehnologiju, već i na duboko razumijevanje kako ih koristiti za pristup novim izvorima vrijednosti. Za industrijska poduzeća ovo započinje intimnim znanjem o potrebama i bolnim točkama krajnjih korisnika. Ovisno o tome gdje se poduzeće nalazi u lancu vrijednosti, to bi moglo značiti upoznavanje ne samo kupca već i klijenta vašeg klijenta. To također može značiti širenje u nepoznata područja izvan granica vašeg tradicionalnog poslovanja [28].

U članku [28] se direktno pozivaju na proizvođače sustava za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju i predlažu da posegnu izvan tradicionalne proizvodnje opreme i prodaje, te kroz nove digitalne kanale preuzmu iz senzora i analizu podataka kojom će nadgledati i kontrolirati temperaturu u uredu ili tvornici i pomoći im u upravljanju troškovima energije.

Stvaranje i dostavljanje

Poduzeća mogu iskoristiti napredak u automatizaciji, strojnom učenju i robotizaciji kako bi bili ekonomičniji, fleksibilniji i prilagodljiviji potrebama kupaca. Novo doba automatizirane proizvodnje i razmjene podataka otvara širok raspon slučajeva uporabe koji mogu smanjiti troškove, povećati prihode i podržati nove proizvodne metode. Primjer su autonomno vođena vozila koja premještaju materijale u postrojenjima i distributivnim centrima, poput robota Kiva (preimenovanog u Amazon Robotics) koji Amazon koristi za biranje i pakiranje robe u svoja skladišta. Automatizacija može smanjiti troškove skladištenja, biranja i sortiranja za 10 do 30 posto - ogromne uštede s obzirom na to da ove aktivnosti obično čine do 40 posto troškova u distribucijskom centru [28].

Prema članku direktan navod [28]: U proizvodnji, jedna od mnogih aktivnosti koja je podvrgnuta automatizaciji je zavarivanje, visoko manualni postupak koji je podložan pogreškama u većini postrojenja. Na primjer, zavarivanje može iznositi 20 do 30 posto troškova proizvodnje automobilske opreme i velikih energetske cjevovoda, a loši zavari mogu biti odgovorni za do 5 posto troškova zavarivanja. Korištenje robotskog zavarivanja s inteligentnim upravljanjem i praćenjem kvalitete tijekom postupka, a ne nakon njega, može smanjiti loše zavare do 80 posto, dodajući do 0,5 posto povećanja prihoda.

Prodaja

Industrijske (proizvodne) bi tvrtke, najprije, trebale jasno razumjeti kako kupuju njihovi kupci, a zatim ponovno raditi na svakom putu odlučivanja kupca kako bi procijenili koji će digitalni alati i kanali dodati najveću vrijednost prodajnom procesu i kako postaviti njihovu prodajnu platformu. Mogućnosti za razmatranje kreću se od e-trgovine preko analitičkog mehanizma koji informira o cijenama i predlaže sljedeći proizvod za kupnju i od mikrosegmentacije do digitalnih alata za korisničko iskustvo. Kada se primjenjuju u cijelom poslu, alati poput ovih mogu poboljšati produktivnost, maržu i broj kupaca [28].

Održavanje

Postupak postprodajne usluge je podložan greškama. Kako sazrevaju inovativna rješenja poput prediktivnog održavanja, proizvođači ih mogu koristiti za stvaranje jačih veza s krajnjim kupcima, oblikovanja jasnijeg pogleda na način na koji ovi kupci koriste svoje proizvode (i kako proizvodi rade) i prikupljanja sve većih prihoda od usluga. U isto vrijeme, tehnička ekspertnost može se primijeniti na upravljanje zadacima na terenu, otkazivanje dijelova kako bi se smanjili troškovi i poboljšala produktivnost [28].

Vođenje poslovanja

Mnoge industrijske tvrtke koje su ostvarile rast, kupnjom digitalne tehnologije, završavaju posao na višestrukim sustavima planiranja resursa poduzeća (ERP) i naslijeđenih sustava. Nije iznenađujuće da su u naprednom industrijskom sektoru srednja potrošnja na računima općih i administrativnih troškova za 4 do 8 posto prihoda. Automatiziranje ručno upravljanih procesa putem robotske automatizacije može značajno smanjiti ove troškove. Ostale mjere za smanjenje troškova i poboljšanje novčanog toka uključuju stvaranje podataka za centralizaciju skupova podataka u ERP-ovima, automatizaciju financijskog izvješćivanja i generiranje računa, te korištenje napredne analitike za poboljšanje upravljanja gotovinom [28].

4.1 Matrica digitalne zrelosti poduzeća

Prema konzultantskoj kući *Deloitte*, razvijena je matrica digitalne zrelosti poduzeća koja opisuje pet glavnih područja razmatranja zrelosti.

Kompanije mogu postići četiri razine digitalne zrelosti kako je prikazano slikom 10. Kompanije tako mogu biti visoke digitalizacije i intenziteta upravljanja transformacijom.

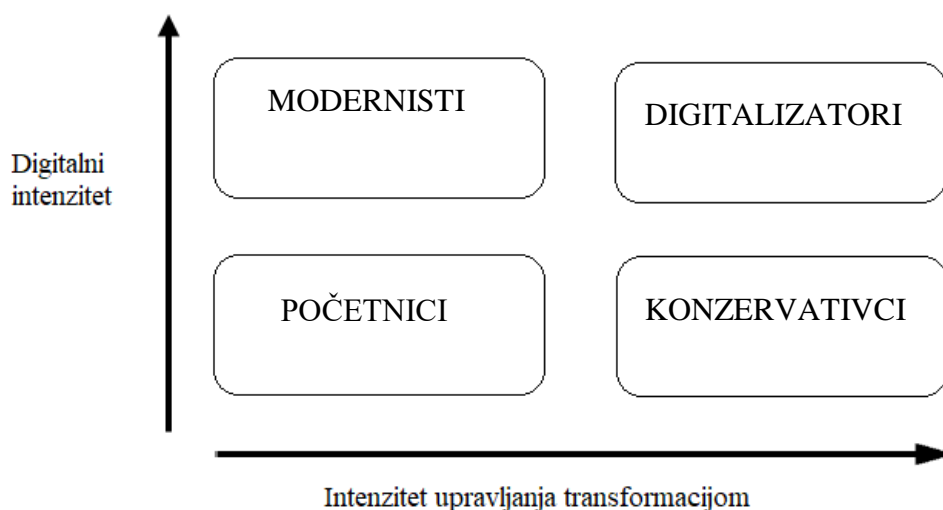
Kompanije u donjem lijevom kutu su početnici. Te kompanije se izrazito malo bave mogućnostima koje nosi digitalizacija, ali su ipak dosta zrele za implementaciju nekog oblika informacijskog sustava. Često su takve kompanije slučajno u ovoj poziciji [29].

Organizacije u gornjem desnom kutu su modernisti (eng., *fashionistas*). Ovakav tip organizacije već je implementirao i isprobao puno vrsta digitalnih primjena u svom poslovanju. Neki od ovih

pothvata se pokazao da stvara vrijednost, ali većina nije stvarala vrijednost. Modne digitalne organizacije su motivirane digitalno se transformirati, ali nemaju dobro pripremljenu strategiju i ona nije bazirana na pravom znanju [29].

Kompanije u donjem desnom kutu su digitalni konzervativci. Ovakav tip kompanije cijeni znanje prije inovativnosti. Razumiju što digitalizacija nosi, ali isto tako moraju osigurati ujedinjenu korporativnu viziju i osigurati da su ovakve investicije dobro upravljane [29].

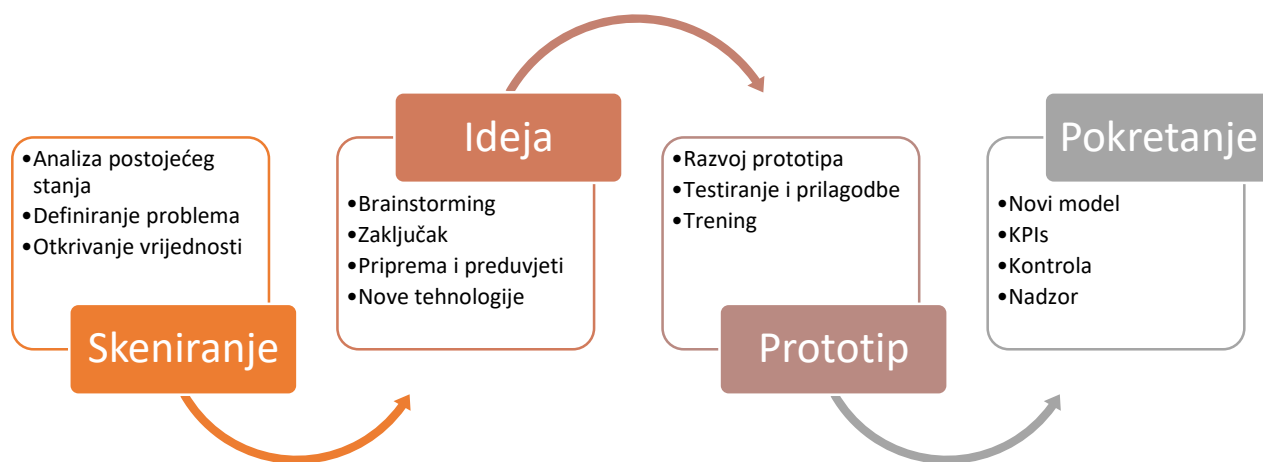
Organizacije u desnom gornjem kutu su digitalizatori. One imaju duboko razumijevanje kako potaknuti stvaranje vrijednosti kroz digitalnu transformaciju. Kombiniraju transformacijsku viziju, pametno upravljanje i uključenost u digitalizaciju s dovoljnom investicijskom pozadinom kako bi iskoristile nove prilike. S obzirom na rečeno, ovakve organizacije nastavljaju pažljivo koordinirati digitalne inicijative i time napredovati u svojoj konkurentskoj prednosti [29].



Slika 10. Matrica digitalne zrelosti (prema [29])

5. MODEL DIGITALNE TRANSFORMACIJE

Model digitalne transformacije baziran je na teorijskom dosadašnjem znanju i u nastavku će biti detaljnije objašnjen, a slikom 11. grafički je prikazan.



Slika 11. Model digitalne transformacije

Skeniranje

Realizacija problema prvi je korak u fazi skeniranja. Problem se javlja kao povratna informacija od sudionika proizvodnoga procesa ili je problem vidljiv sam po sebi ili svi mogući proizvodni i strateški pokazatelji ukazuju na postojanje problema.

Analizom procesa u sustavu dolazimo do jasne slike trenutnog tradicionalnog, dosadašnjeg stanja. Bitan korak u fazi skeniranja je otkrivanje unutarnje vrijednosti vezane uz operativne procese, a tako i otkrivanje i utvrđivanje vrijednosti za kupce što ga i čini glavnom karakteristikom.

Zašto uopće krenuti na fazu skeniranja tradicionalnoga sustava? Sljedeće točke su neke od prednosti i odgovora na pitanje:

- Poboljšanje digitalnog iskustva korisnika i krajnjih korisnika kroz oblik odanosti, prihoda, produktivnosti i zadržavanja istih,
- Transformacija poslovnih procesa radi smanjenja troškova, poboljšanja produktivnosti, integriranje partnera u lancu opskrbe i diferenciranje ponude,
- Pojednostavljanje upravljanja uslugama za smanjenje složenosti, rješavanje problema prije nego što se pojave i sticanje vidljivosti i kontrole imovine,
- Optimiziranje infrastrukture i operacija za poboljšanje okretnosti, fleksibilnosti i ekonomičnosti,
- Dobivanje uvida iz analitike iz informacijskog sustava za donošenje boljih odluka, poboljšanje učinkovitosti i stjecanje konkurentske prednosti.

Neki od mogućih primjena i razloga analize i skeniranja dosadašnjeg sustava [30]:

1. Razmatranja mjesta - razumjevanje lokacije svog gradilišta i kako to utječe na rad objekta. To uključuje vanjske troškove koji moraju biti uklonjeni prije nego što se započne gradnja.
2. Fizička građevina i struktura - razmatranje fizičke mogućnosti i ograničenja zgrade, iznutra i izvana,
3. Korisni/procesni sustavi - određivanje svakog aspekta upotrebe uslužnog programa, uključujući koje se usluge najviše koriste i koliko ih je potrebno. Treba paziti na mjesto komunalnih usluga, uključujući usluge plina, električne energije i vode.
4. Kapacitet - Proizvodni kapacitet ovisi o opremi objekta. Može li postojeća oprema odgovarati budućim ciljevima proizvodnje? Fokus na planiranje, rast i širenje proizvodnje ili unaprijeđenje tehnologijama.
5. Rukovanje materijalima - Analiza gdje će se unutar objekta odvijati određene operacije i kako će se proizvod kretati između njih.
6. Skladištenje i distribucija - Rano otkrivanje logistike skladištenja kasnije štedi na dodatnim troškovima koji nisu bili otkriveni na vrijeme.

Ideja

Generiranje potrebnih ideja skupni je i grupni napor koji će na kraju pasti na donosiocima odluke, obično visoko rangirani menadžment. Proizlaženje ideja najčešće se koristi metodom *brainstorminga*, odnosno generiranjem ideja olujom mozgova, prikazano simbolički slikom 12. Metoda oluja mozgova praktičan je način kako bi se izgenerirale te kasnije filtrirale ideje i došlo do željenog zaključka.

Metoda oluje mozgova također samo služi kao podloga pravilnom donošenju odluka. Naime, ta metoda je nesavršena stoga je potrebno uključiti ljude specijaliste određenog područja kako bi dali svoje vrijedne opaske o mogućnostima izvedbe. To se reflektira kao zaključak. Kritičko rješavanje problema jedna je od kompetencija koje sa sobom nosi industrija 4.0.



Slika 12. Metoda oluje mozgova [31]

Sljedeći je korak potpuno poznavanje i korištenje utjecaja na tehnologiju na tržištu koji uključuje personalizaciju i kontekst, inteligentnu automatizaciju, uključujući suradnju čovjek-stroj, Internet stvari i naravno, kibernetička-sigurnost. Napredna kibernetička sigurnost ključan je čimbenik jer nove tehnologije nisu u početku sigurne, budući da stvaraju odgode u ostvarivanju svojih punih poslovnih potencijala dok se organizacije bore za provođenje odgovarajuće sigurnosne kontrole.

Iako postoje mnoge najnovije tehnologije u kojima se primjećuje brzi rast i usvajanje, to ne znači da ih sve treba implementirati u svoje poslovanje. Izbor tehnologije ovisi o procesu koji se pokušava optimizirati. Zapravo je tehnologija samo sredstvo za potporu ideja. Fokus bi trebao biti na pronalaženju tehnologija koje s pravom odgovaraju poslovnim ciljevima i učinkovito ih provode.

Slika 13. pokazuje disruptivne tehnologije koje su na izbor u implementaciji idejnog rješenja, a tako će pratiti i sustavno treću fazu izrade prototipnog novog, modernog sustava.

Tehnologija	2019	2018
Internet stvari, IoT	1	1
Robotika, procesna automatika	2	9
Umjetna inteligencija	3	2
Blockchain	4 (tie)	7
Robotika i autonomna vozila	4 (tie)	3
Proširena stvarnost	6	8
Virtualna stvarnost	7	4
Socijalne mreže	8	5
Biotehnologija i genetika	9	6
Na zahtjev, tržišna platforma	10	10

Slika 13. Korištenje disruptivnih tehnologija u drugoj fazi metodologije (slika preuzeta iz [32]).

Prototip

Treća faza metodologije je prototipna faza. Ova faza uključuje dodatnu razradu ideje i cijelog operativnog dijela izvođenja modernizacije proizvodnog procesa. Prototipna faza, pojmovno se odnosi na implementaciju malih koraka u proces sustava kako ne bi došlo do velikih disrupcija.

Prototipna faza se dakako radi nakon što se utvrde projekti koji se mogu najprije digitalno transformirati i dati željenu vrijednost. Prije samog treninga i puštanja u fazu pokretanja, bitno je formirati tim koji će adekvatno provesti tranziciju s tradicionalnog na digitalni pristup procesa.

Način na koji se tvrtka organizira ključan je za uspješno pokretanje. Postavljanje digitalne jedinice neovisno o organizaciji promovirat će nove načine rada koji su od ključnog značaja za digitalni uspjeh, poput agilnog razvoja proizvoda, metoda testiranja i učenja koji ubrzavaju napredak uz zadržavanje fokusa na kupce i višefunkcionalnih timova koji okupljaju određene vrste stručnosti.

Digitalna jedinica također može privući i zadržati te stručnjake, nudeći im slobodu od organizacijskih ograničenja sadašnjih članova i podršku kolega. Ako su takvi ljudi jednostavno usidreni u postojeće strukture sadašnjih ljudi, naglo im može postati dosadno i oni postaju frustrirani. Potrebno ih je osnažiti za brz utjecaj, što često znači davanje ovlasti za donošenje vlastitih odluka.

Također, digitalne jedinice mogu započeti stvaranje sukoba kanala grupa ljudi, posebno ako inovacije prijete tokovima prihoda. Digitalnu jedinicu je, prema tome, potrebno ponovno integrirati, a to vremenom postaje teže. Bez obzira na izbor, krajnji cilj mora biti ispreplitanje starog i novog s naglaskom zadržavanja novog.

Pokretanje

Zadnja faza u modelu je pokretanje. Pokretanje se odnosi na mogućnost apsolutnog puštanja prototipnog procesa u pogon. Takav je sustav nov, različit od tradicionalnog pristupa i zahtijeva nadzor i kontrolu. Digitalna jedinica, koja je zadužena za uspješno provođenje digitalne transformacije razmatra moguću metriku i uspoređuje ju sa tradicionalnom i starom.

Uvode se novi ključni pokazatelji uspješnosti (eng., *key performance indicators (KPI)*) koji dosad nisu bili uvedeni ili su novi sveukupno. Ovi pokazatelji pokazat će učinkovitost plana i

također će usmjeriti buduće donošenje odluka. Moraju se postaviti pametni ciljevi koji zajedno s vremenskim ograničenjem imaju jasnu dostižnu brojku. Ovi će ciljevi voditi i optimizirati cjelokupno izvršenje i osigurati da tim ne izgubi fokus.

Kako bi se postavili novi ključni pokazatelji uspješnosti potrebno je pitati se sljedeće [33]:

- Što se mjeri? Primjer može biti postotak interakcija s klijentima koji su virtualni/digitalni.
- Gdje smo danas?
- Koji je naš ciljni cilj?
- Koji je naš željeni poslovni rezultat/korist (na primjer, 50% bolji rezultati kupaca i 20% niži troškovi)?

Nakon što se dovrše svi koraci digitalne transformacije, vrijeme je za ponavljanje i reinovaciju. Važno je da strategiju modela redovito ažuriramo na temelju tržišnih uvjeta i rezultata. Morat će se kontinuirano pregledavati strategija dok se ne pronađu pravi uvjeti za implementaciju dodatnih tehnologija i postupak za proširenu digitalnu transformaciju.

6. PRAKTIČNI DIO

6.1. O kompaniji

Kompanija u kojoj se odrađivao praktični dio diplomskog rada bila je “Klimaoprema d.d.”.

Klimaoprema d.d. vodeći je hrvatski proizvođač opreme za klimatizaciju, ventilaciju i čiste prostore. Moderno organiziranu proizvodnu tvrtku, čine vrhunski stručnjaci, inženjeri i projektanti, kvalitetan CNC strojni park, ispitni laboratorij, ERP informatički sustav za upravljanje poslovnim procesima, certificirani sustav upravljanja kvalitetom ISO 9001, program za odabir proizvoda, nove tehnologije te stalan razvoj novih proizvoda u skladu sa svjetskim pravilnicima i normama. Tvrtka zapošljava 300 djelatnika na dvije lokacije, u Samoboru i Novoj Gradiški te raspolaže sa 15.000 m² proizvodno-skladišnih i uredskih prostora [34].

Kompaniji je inovativnost izuzetno bitna, a to se i očituje kroz stalna poboljšanja proizvodnih procesa.

Kao tvrtka usmjerena budućnosti, konstantno teže novim mogućnostima i inovativnim rješenjima na način da potiču originalnost i kreativnost zaposlenika, kako bi ispunili i nadmašili očekivanja svojih kupaca i partnera [34].

Vizija kompanije: “Klimaoprema kao vodeći proizvođač opreme za klimatizaciju, ventilaciju i čiste prostore na području Hrvatske i regije, želi biti među vodećim proizvođačima Europe. Svojim kupcima želimo isporučivati proizvode i usluge svjetske razine kvalitete, pružajući svu potrebnu podršku pri realizaciji projekata.”.



Slika 14. Sjedište kompanije Klimaoprema [35]

U Klimaopremi proveden je praktični dio rada, preciznije u procesima koji se bave izgradnjom čistih prostora. Ponuđeno je poboljšanje skeniranog problema, a na kraju će se dati smjernice za daljnje istraživanje i razvoj tog jedinstvenog procesa u proizvodnji.

6.2. Analiza postojećeg stanja

Ideju o poboljšanju proizvodnog procesa najbolje je dobiti proučavanjem ukupnog procesa. Upoznavanjem s vitkim načinom upravljanja i praktičnim dijelom rješavanja problema radnog prostora montaže unutar kompanije, stečen je dojam za potrebom implementacije digitalne transformacije. Naime, u radnom prostoru uočen je odvojen prostor za pregled prošlih i tekućih radnih naloga. Taj prostor je sam po sebi tradicionalnog karaktera s obzirom da osoblje radnog prostora montaže vizualno i fizički moraju odvajati vrijeme za pristup prostoru, inspekciji, pregledu, uputama i sličnim radnjama prije nego li se počnu baviti radom sklapanja tekućeg projekta. Ovime je započeta analiza tradicionalnog načina toka informacija. Ova analiza pratila je tok radnog naloga od trenutka izlaza iz tehničke pripreme, ukupnog puta i uključene sudionike za obavljanje posla putem radnog naloga, njegovu distribuciju, sakupljanje, vraćanje u početni odjel tehničke pripreme, spremanja i arhiviranja.

U proizvodnom okruženju najbitniji je stalan proizvođan tok koji je i povijesno istaknut kao najvažniji. Razvojem industrije i dolaskom do industrije 4.0, a i prije, tok informacija je došao do jednake, bitne razine. Kako se digitalizacijom povećava broj zainteresiranih strana, primjena tehnologija i pametnih uređaja omogućuje pravodobnost i u realnom vremenu sveprisutnost i dostupnost informacija. Te informacije su bitne u komunikaciji u kompaniji na upravnoj razini u obliku pokazatelja uspješnosti i njihovih praćenja, do menadžmenta, operativnog i izvođačkog dijela kompanije pa sve do samih uređaja kako bi se dolazilo do zaključaka.

6.2.1. Opis promatranog procesa

Ovo potpoglavlje bazirat će se na opisu promatranog procesa. U ovom praktičnom slučaju radi se o odjelu proizvodnje čistih prostora. Promatrani proces prati radni nalog, kao papirnu dokumentaciju, od trenutka ispisivanja iz pisača, njegove distribucije u točkama procesa, sve do njegovog povratka i arhiviranja u odjelu pripreme proizvodnje.

Prvi proces započinje ispisom radnog naloga u uredu pripreme proizvodnje. Često je potrebno ispisivati više od jednog primjerka radnog naloga zbog njegovog odlaska na više radnih mjesta istovremeno, tj. kako bi djelatnici na radnim mjestima mogli obavljati svoje zadatke, ukoliko je tako određeno. Zatim slijedi nošenje radnog naloga u odjel proizvodnje od strane zaposlenika odjela pripreme proizvodnje. Taj se nalog onda pregledava od strane voditelja odjela proizvodnje kako bi se otklonile ili smanjile potencijalne greške na koje on odmah može utjecati. Voditelj, nakon pregleda radnog naloga, distribuira ga po radnim mjestima. Ta radna mjesta su obično i najčešće: radno mjesto za savijanje, bravariju i montažu. Kada je radni nalog došao na radno mjesto, on se odlaže na za to predviđeno mjesto. To mjesto za odlaganje radnog naloga je stol s dokumentacijom. Radnici koriste taj radni nalog i po završetku posla slijedi upis imena i evidencija broja radnih sati s potpisom radnika koji je obavio posao. Po završetku upisa svih radnika s njihovim radnim satima u radni nalog, on se vraća voditelju odjela proizvodnje. Tu radni nalog čeka na otpremu. Djelatnik pripreme proizvodnje dolazi ponovno po gotovi radni nalog koji je završen i čeka kod voditelja odjela proizvodnje. Slijedi pohrana radnog naloga u odjelu pripreme proizvodnje i onda finalno arhiviranje u centralnoj arhivi.

Vizualna metoda, imena špageti dijagram (eng., *spaghetti diagram*), služi kao reprezentacija toka puta objekta ili aktivnosti u procesu. Kontinuirano označenim tokovima, ova metoda služi kao alat za analizu procesa i pomaže pri otkrivanju redundantnih radnji u procesu. Ovaj alat se najčešće koristi u vitkoj metodologiji za otkrivanje nepotrebnih kretnji što su jedan od temeljnih oblika gubitaka u metodologiji vitkog upravljanja.

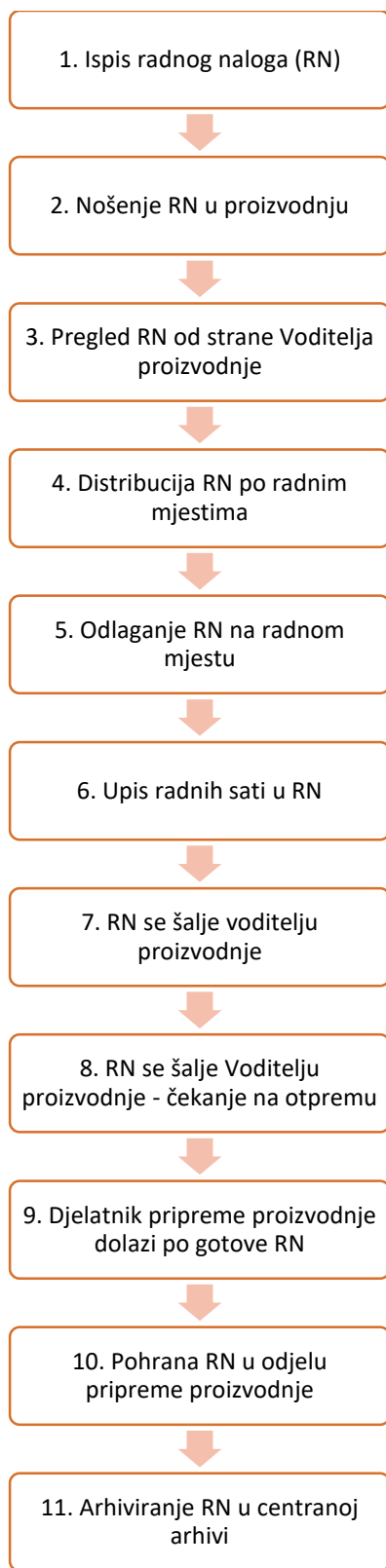
Slika 15. aktualno je stanje dokumentacije radnih naloga na jednom radnom mjestu. Vidljivo je zauzimanje prostora i tradicionalan način rukovanja i upravljanja radnim nalogima.

Slika 16. grafički i pregledno opisuje objašnjene procese.

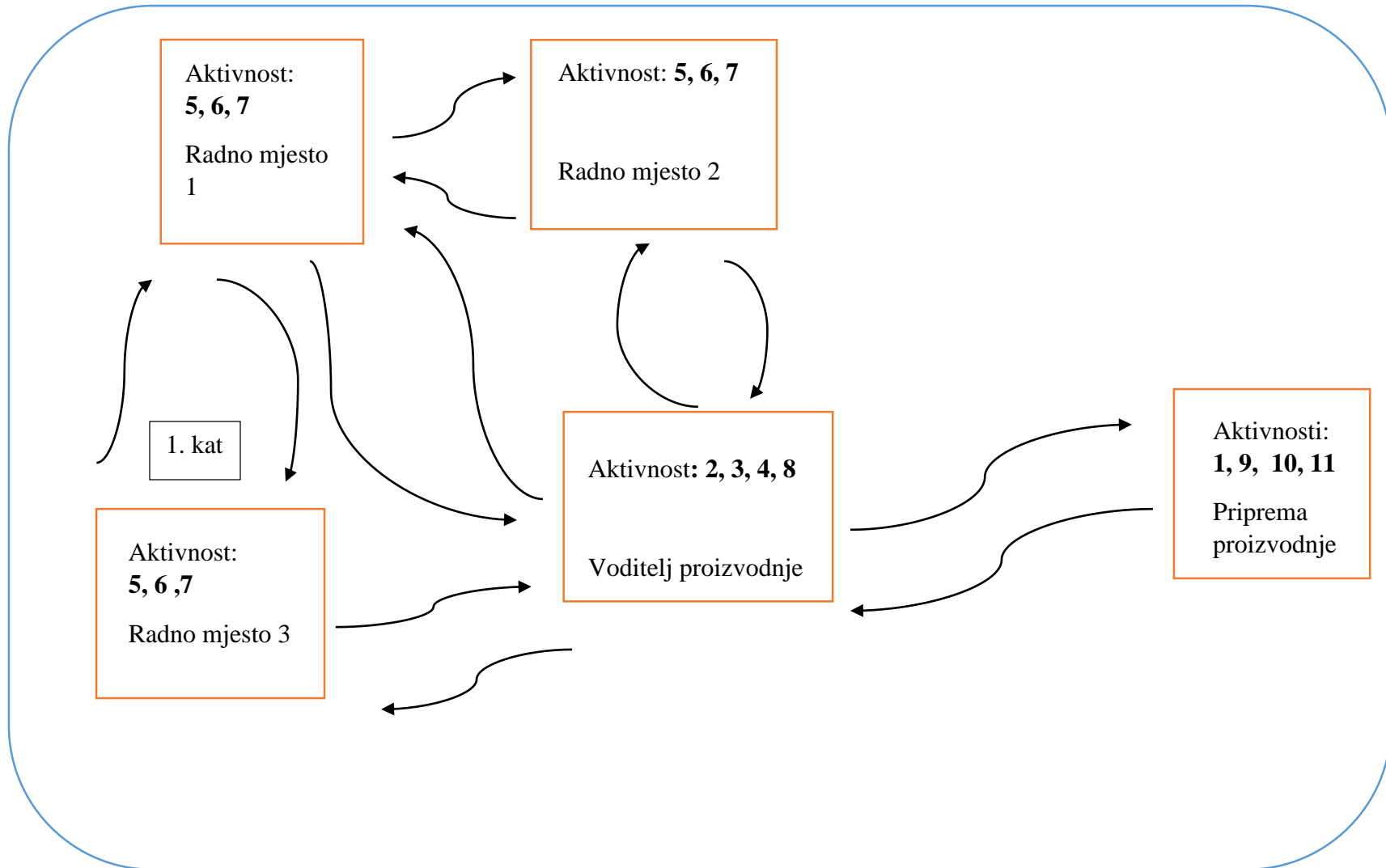
Slika 17. vizualna je reprezentacija puta aktivnosti u procesu kako bi se odmah uočile redundantne radnje.



Slika 15. Prostor na radnom mjestu za dokumentaciju radnih naloga



Slika 16. Popis aktivnosti u postojećem stanju procesa



Slika 17. Špageti dijagram postojećeg stanja procesa

6.2.2. Problem postojećeg procesa

Postojeći proces je opisan po koracima i problem je bio identificiran. Slijedeći korak u izvedbi poboljšanja procesa bio je formirati hipotezu. Hipoteza je formirana i oblikovana kao što slijedi.

Hipoteza:

Moguće je unaprijediti postojeći proces ispisa i distribucije radnog naloga u promatranom proizvodnom procesu primjenom digitalnih tehnologija.

Problem se također nalazi u tome da se troši velika količina papira na godišnjoj razini i da će poboljšani proces to otkloniti. Također gubi se djelatnikovo vrijeme koje je potrebno za jedan radni nalog, pa tako i za više njih u cjeloj godini.

Iduće potpoglavlje obuhvatit će izmjerene vrijednosti vremena koje djelatnik uloži za distribuciju papira radnog naloga. Uz ta vremena, dat će se i realni podaci troškova ispisa, radnog vremena djelatnika, prijeđenog puta djelatnika za distribuciju jednog radnog naloga i ukupan broj radnih naloga u godini. Pretpostavljaju se uštede ljudskih, materijalnih i nematerijalnih troškova.

6.2.3. Mjerenja troška vremena

Mjerenja su provedena tako da se pratio djelatnik koji je obavljao ovaj ukupni proces kroz jedanaest koraka i mjerilo vrijeme.

Tablica 4. pokazuje izmjerene vrijednosti svake aktivnosti u procesu s ponekim pretpostavkama. Prva je da se ispis radnih naloga nije mjerio već uzela standardna specifikacija pisača *Cannon 4225i* s već označenim prosječnim vremenom printanja koje iznosi 25 strana po minuti (eng., *pages per minute (ppm)*). Što dalje znači da su se ispisivala dva radna naloga u 60 sekundi po otprilike 12 stranica svaki. Druga je pretpostavka u devetoj aktivnosti procesa, da djelatnik dolazi po radne naloge kod voditelja odjela proizvodnje gdje radni nalozi čekaju na otpremu. Pretpostavljena vremena su jednaka nuli zato što djelatnik odjela pripreme proizvodnje uzima gotove radne naloge u trenutku ostavljanja novih radnih naloga iz aktivnosti procesa broj dva, nošenja radnih naloga u proizvodnju.

Tablica 4. Mjerenja vremena hoda djelatnika prema aktivnostima procesa

Mjerenja vremena		Vrijeme, t [s]					
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti	Mjerenje 1	Mjerenje 2	Mjerenje 3	Mjerenje 4	Mjerenje 5	Mjerenje 6
1	Ispis radnog naloga (RN)	60	60	60	60	60	60
2	Nošenje RN u Proizvodnju	80	60	100	70	90	80
3	Pregled RN od strane Voditelja proizvodnje	600	400	800	600	460	740
4	Distribucija RN po radnim mjestima	120	100	120	140	110	130
5	Odlaganje RN na radnom mjestu	60	55	65	50	70	60
6	Upis radnih sati u RN	90	90	80	100	85	95
7	RN se šalje Voditelju proizvodnje	90	85	80	95	100	90
8	RN se šalje Voditelju proizvodnje - čekanje na otpremu	90	100	110	70	80	90
9	Djelatnik pripreme proizvodnje dolazi po gotove RN	0	0	0	0	0	0
10	Pohrana RN u odjelu Pripreme proizvodnje	120	100	140	120	120	120
11	Arhiviranje RN u centralnoj arhivi	120	90	150	110	120	130

Slijedećom tablicom bit će prikazana prosječna vremena mjerenja kako bi se olakšao račun troška djelatnikovog vremena na godišnjoj razini. Korištena je osnovna statistička formula za izračun vremena svake aktivnosti koja se naziva aritmetička sredina u jednadžbi (1).

Tražene vrijednosti vremena su \bar{x} , a računaju se na slijedeći način:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

gdje su:

x_1 – rezultat prvog mjerenja,

x_n – rezultat n -tog mjerenja,

n – broj mjerenja.

U nastavku slijedi tablica 5. s prosječnim vremenima utrošenog vremena djelatnika za put jednog radnog naloga.

Tablica 5. Rezultati snimanja vremena distribucije radnih naloga

Rezultati snimanja vremena distribucije radnih naloga (prosječno vrijeme)		
Broj aktivnosti	Opis aktivnosti	Vrijeme, t [s]
1	Ispis radnog naloga (RN)	60
2	Nošenje RN u Proizvodnju	80
3	Pregled RN od strane Voditelja proizvodnje	600
4	Distribucija RN po radnim mjestima	120
5	Odlaganje RN na radnom mjestu	60
6	Upis radnih sati u RN	90
7	RN se šalje Voditelju proizvodnje	90
8	RN se šalje Voditelju proizvodnje - čekanje na otpremu	90
9	Djelatnik pripreme proizvodnje dolazi po gotove RN	0
10	Pohrana RN u odjelu Pripreme proizvodnje	120
11	Arhiviranje RN u centralnoj arhivi	120
	Σ [s]	1430
	[min]	24
	[h]	0.40

Mjerenje je pokazalo kako je utrošeno vrijeme ispisa i distribucije jednog radnog naloga 1430 sekunda, što je 24 minute, te 0.4 sata za sve aktivnosti uključene u postojeći proces.

Iduća tablica 6. predstavlja trošak djelatnikovog vremena za obavljanje ovakvog postojećeg procesa na godišnjoj razini u hrvatskim kunama.

Tablica 6. Trošak djelatnikovog vremena

Trošak djelatnikovog vremena godišnje	
Broj radnih naloga u 2019:	2300
Prosječno RN po danu:	9.2
Nosi se u prosjeku 4 RN 2 x dnevno:	510
Utrošeno vrijeme:	204
Trošak rada:	30,600 kn

U 2019. godini, do trenutka pisanja diplomskog rada, bilo je 2300 radnih naloga. Prosjek radnih naloga po danu dobio se kada se ukupan godišnji broj radnih naloga podijelio s 250 radnih dana godišnje. Dobio se broj od 9.2 radnih naloga po danu. Izračunato je i da je potrebno za količinu od 2300 radnih naloga godišnje obaviti 510 nošenja radnih naloga prema aktivnostima u procesu. Utrošeno vrijeme za tu količinu nošenja izračunato je kao 510, pomnoženo s brojem sati potrebnih za obaviti ciklus za prolaz djelatnika jedan put u procesu, a to je 0.4 sata. Broj utrošenih sati, 204 sata godišnje, pomnožio se sa plaćenom satnicom djelatnika pripreme proizvodnje koja iznosi 150 kn po satu. Trošak rada djelatnika na godišnjoj razini za postojeći proces iznosi 30,600 kuna.

6.2.4. Trošak papira

Ovo potpoglavlje proučit će koliki je trošak papira na godišnjoj razini za potrebe pripreme proizvodnje zajedno sa svim aktivnostima procesa ovog postojećeg sustava. Tablica 7. prikazuje detaljno koliko se kutija papira naručuje godišnje, koliko paketa papira ima u jednoj kutiji, te kolika je cijena jednog paketa, te na kraju ukupni trošak papira na razini poduzeća. Jedna je bitna pretpotavka da se na odjel proizvodnje čistih prostora, koji je i promatran u procesu, troši otprilike 50 % ukupne narudžbe papira.

Tablica 7. Trošak godišnje količine papira

Trošak papira godišnje	
Broj narudžbi mjesečno	2
Broj kutija papira u jednoj narudžbi	25
Broj naručenih kutija godišnje	600
Broj paketa u jednoj kutiji	5
Cijena jednog paketa	16.5 kn
Godišnji trošak papira	49,500 kn
50 % iznosa za potrebe odjela proizvodnje čistih prostora	24,750 kn

Zaključak je, da se izračunata cijena godišnje potrošnje papira od 49,500 kn troši na bazi poduzeća. Kao što je i pretpostavljeno, 50 % od izračunate cijene troši se na potrebe odjela čistih prostora. Finalna cijena troška je 24,750 kn.

6.2.5. Trošak boje ispisivanja

Za prvu aktivnost u procesu, ispis radnog naloga, potreban je printer. Marka printera je *Canon 4225i* koji troši toner (eng., *cartridge*) za lasersko ispisivanje. Pretpostavlja se i uzeto je u račun crno - bijelo ispisivanje. Također je i bitna pretpostavka, kao i u prošlom potpoglavlju, da uzeta količina i potrošnja tonera u printeru bude u jednakom omjeru kao i potrošnja papira. Stoga se ukupna cijena koju poduzeće troši uzima samo u 50 postotnom iznosu.

Izračun godišnjeg troška tonera kako bi se ispisalo 2300 radnih naloga prikazan je u tablici 8.

Tablica 8. Trošak tonera godišnje

Trošak tonera godišnje	
Broj naručenih kutija godišnje	600
Broj paketa u jednoj kutiji	5
Broj papira u jednom paketu	500
Godišnji broj papira	1,500,000
Broj papira po jednom toneru	10,000
Cijena jednog tonera, kn	500
Broj tonera godišnje	150
Godišnji trošak tonera	75,000 kn
50 % iznosa za potrebe odjela proizvodnje čistih prostora	37,500 kn

6.2.6. Prijeden put procesa

Postojeće aktivnosti procesa uz troškove vremena, troškove papira i tonera, važno je i napomenuti koliki je prijedeni put za provedbu aktivnosti za jedan radni nalog, te onda naposljetku za ukupnu godišnju (do trenutka pisanja rada) količinu radnih naloga. Tablica 9. prikazuje prijedeni put djelatnika pripreme proizvodnje koji je zadužen za ispis i distribuciju radnih naloga na godišnjoj razini.

Tablica 9. Prijedeni put djelatnika godišnje

Prijedeni put godišnje	
Ukupni broj koraka (prosječni) za jedan ciklus radnog naloga kroz aktivnosti 1. - 11.	500
Pretpostavka - 1 korak ~ 0.5 m, [m]	250
Broj radnih naloga godišnje	2300
Nošenje radnih naloga je 4 kom/danu	575
Ukupni prijedeni put godišnje, [m]	143,750
Ukupni prijedeni put godišnje, [km]	143.75

Izračunata vrijednost prijeđenog puta djelatnika za prijedeni godišnji put svih aktivnosti u procesu je 143.75 kilometara.

6.2.7. Zaključak postojećeg stanja

Zaključno potpoglavlje trenutnog postojećeg stanja procesa bit će objedinjeno u tablici 10. sa svim izračunatim troškovima.

Tablica 10. Ukupni troškovi postojećeg stanja

Ukupni troškovi postojećeg stanja, godišnje	
Trošak djelatnikovog vremena	30,600 kn
Trošak papira	24,750 kn
Trošak tonera za printer	37,500 kn
Prijedeni put	143.75 km
Ukupni trošak	92,850 kn

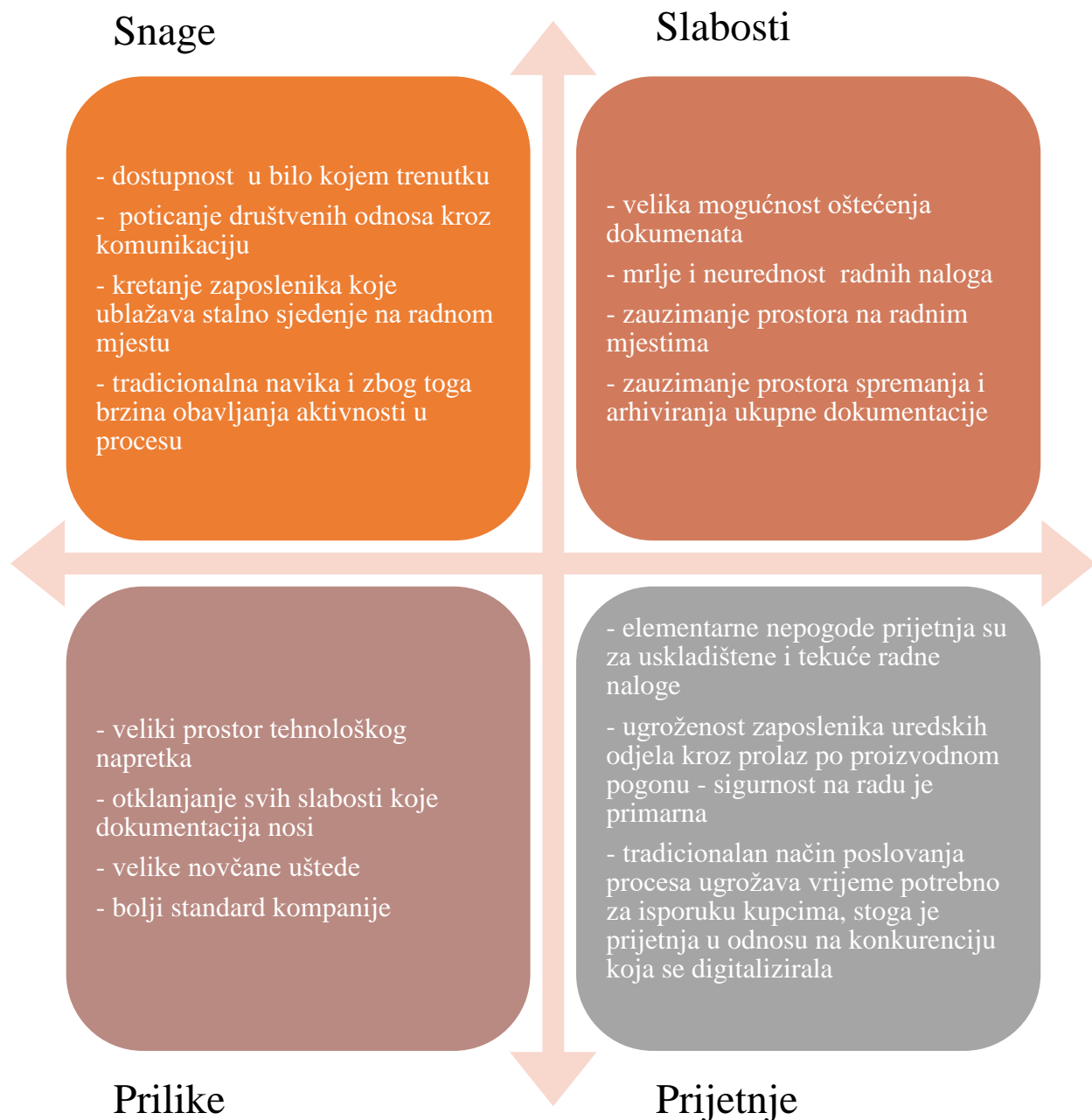
Trenutno stanje procesa sa svih 11 aktivnosti uključenih u proces ispisa i distribucije radnih naloga, godišnje rade trošak poduzeću u iznosu od 92,850 kuna.

6.2.8. SWOT analiza postojećeg stanja

SWOT analiza je analiza strateškog planiranja kompanije ili nekog projekta. Ona pomaže kompaniji kako bi se identificirale snage, slabosti, prijetnje i prilike kompanije nakon kojih je lakše doći do zaključaka. Orijentirana je na prepoznavanje unutarnjih i vanjskih čimbenika koji izravno utječu na projekt ili kompaniju. Unutarnji faktori su snage i slabosti, a vanjski faktori su prijetnje i prilike. Ime SWOT je akronim, a znači sljedeće:

- Snage (eng., *Strengths*) – unutarnje su karakteristike poslovanja ili projekta koje daju prednost nad drugim relativnim oblicima,
- Slabosti (eng., *Weaknesses*) – unutarnje su karakteristike poslovanja ili projekta koje se pokazuju kao slabosti pored drugih oblika,
- Prilike (eng., *Opportunities*) – vanjski su faktori okoline koje projekt ili poslovanje može iskoristiti kako bi stvorilo konkurentsku prednost što npr. razvoj autonomne proizvodnje,
- Prijetnje (eng., *Threat*) – vanjski su faktori okoline koje mogu uzrokovati poteškoće i stoga ih je bitno prepoznati kako bi se pravovremeno otklonile ili kako bi se adaptirali na najbolji mogući način.

U nastavku obrađena je SWOT analiza (slika 18.) postojećeg stanja procesa koji će kretati u fazu poboljšanja. Analizirat će se procesi ispisa i distribucije radnih naloga.



Slika 18. SWOT analiza postojećeg stanja procesa

6.3. Poboljšanje procesa

6.3.1. Digitizacija

Digitizacija je proces prelaska analognih informacija u digitalni oblik odnosno računalni, u nule i jedinice. U poslovnom okruženju i okolini pojam analognih informacija odnosi se na rukom pisani tekst, tj. na procese koji su bazirani na papir. Naravno, ne digitalizira se proces, već informacije koje su u papirnatom obliku. Takav je slučaj u problemu postojećeg stanja procesa s radnim nalogima. Tako je prva faza procesa, digitizirati radne naloge ili ih ostaviti u tom obliku, a ne ispisivati i koristiti analogne, papirnato bazirane radne naloge.

6.3.2. Digitalizacija

Drugi korak poboljšanja procesa bit će digitalizirati postojeće stanje. Prvim korakom smo stvorili preduvjet ka digitalizaciji. Informacije su spremljene u digitalnom obliku i čekaju na svoju preobrazbu. Digitalizacija je tako korištenje novih digitalnih tehnologija, trenutno disruptivnih zato što na brz način mijenjaju poslovanje i procese, kako bi se stvorili novi poslovni modeli, stvorili novi izvori generiranja prihoda i stvorili novi načini dodavanja vrijednosti unutar procesa. Ključna je stavka, da se uz pojam digitalizacije vidi jasna promjena poslova unutar kompanije i zaposlenici se moraju prilagoditi iz tradicionalnih oblika rada što zapravo i nosi novi oblik modela poslovanja, poslovnih procesa i aktivnosti.

6.3.3. Procesi digitaliziranog sustava

Prvi korak bio je osiguravanje da radni nalozi budu digitizirani, tj. spremni u digitalnom obliku. Rješenje digitalizacije našao se u primjeni *cloud* tehnologije. *Cloud* tehnologija, objašnjena ranije u diplomskom radu, izvrstan je način poboljšanja trenutno postojećeg sustava. Poboljšanje koristi *Google Cloud* platformu. Ta platforma namijenjena je kompanijama. Platforma nudi

modularne usluge poput spremanja podatak i dijeljenja, analizu podatka, strojno učenje i mnoge druge. Za potrebe ovog poboljšanja problema poslužit će modul *Google Cloud*-a koji se bavi spremanjem podataka. Korištena je usluga računarstva u oblacima pod nazivom *Google Drive* koja je namijenjena privatnim korisnicima, ali je idealna za poboljšanje procesa. Novo rješenje sada ima tri aktivnosti u procesu koji su prikazani slikom 19.

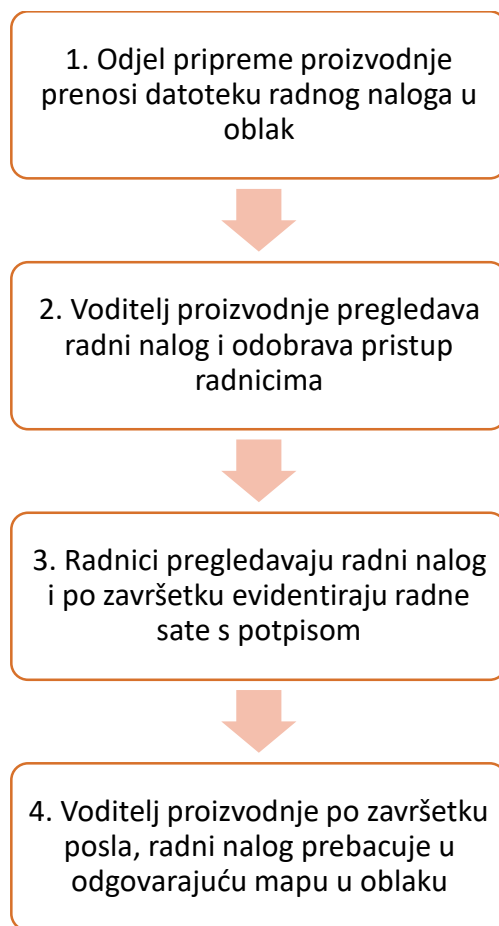
Prva aktivnost je prebacivanje datoteke potrebnog radnog naloga u odgovarajuću mapu (eng., *folder*) u oblaku. Ovu aktivnost izvršava odjel pripreme proizvodnje putem računala, tableta ili pametnog mobitela.

Druga aktivnost nakon prebacivanja potrebne datoteke je pregled radnog naloga. Voditelj proizvodnje pregledava u digitalnom obliku radni nalog. Radnici sada mogu pristupiti dokumentu radnog naloga.

Treća aktivnost uključuje pregled radnih naloga od strane radnika na svim radnim mjestima simultano i neometeno s obzirom da je pristup radnim nalogima digitalnog oblika. Treća aktivnost također uključuje radnikovu evidenciju broja radnih sati s vlastitim potpisom u dokument u digitalnom obliku.

Četvrta aktivnost, i time zadnja, uključuje voditelja proizvodnje da po završetku evidentiranih radnih naloga prebaci radni nalog u za to predviđenu mapu u oblaku.

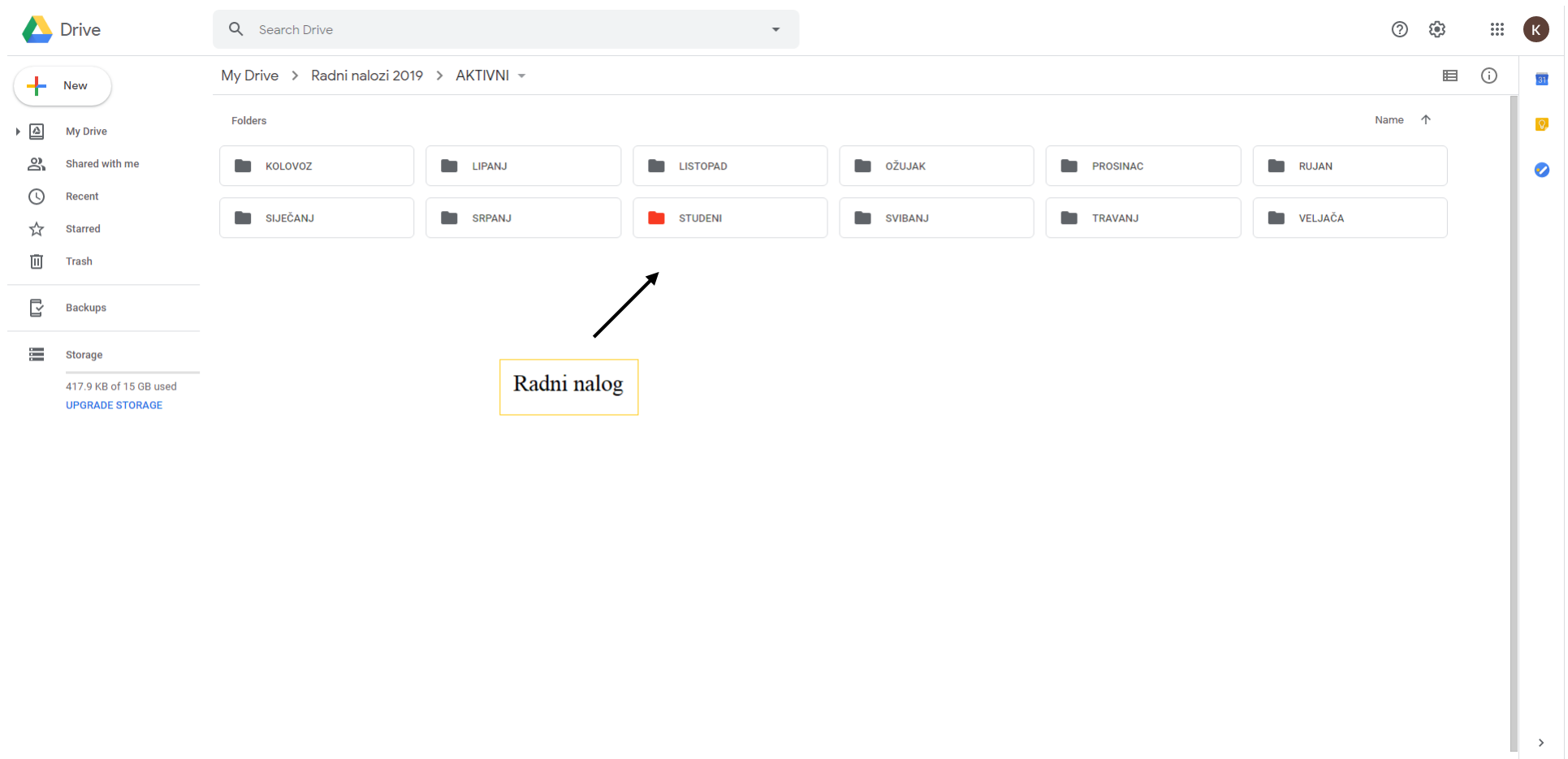
Slika 19. grafički prikazuje proces s aktivnostima poboljšanog rješenja postojećeg stanja.



Slika 19. Aktivnosti poboljšanog procesa

Rješenje procesa praktično je ostvareno korištenjem *tablet* pametnih uređaja. Zamišljeno je da svaki djelatnik uključen u aktivnosti poboljšanog procesa, ili svako radno mjesto, ima vlastiti prostor s digitalnim, pametnim uređajem i pristupom na njega. Radi dodatnih ušteda, odjel pripreme proizvodnje prvu aktivnost u procesu poboljšanja može odrađivati pomoću računala u uredu u kojem ima pristup, zato što je računarstvo u oblacima i zamišljeno da se može pristupiti dinamično i neovisno o fizičkom mjestu rada. Ovim poboljšanjem se u potpunosti izbjeglo korištenje papira, boja za printer, skratilo vrijeme rada i time izravno smanjili nepotrebni troškovi. Jedini troškovi bili bi investicijskog karaktera, za kupovinu *tablet* pametnih uređaja.

Slijede slike praktičnog izvedbenog dijela poboljšanja procesa i rješenje problema, a time i uvođenje digitalizacije. Slika 20. prikazuje prvi korak aktivnosti koji se odvija u odjelu pripreme proizvodnje gdje se radni nalog prenosi u odgovarajuću mapu u oblaku.



Slika 20. Prva aktivnost – prijenos radnog naloga u odgovarajuću mapu

Kao što je vidljivo iz slike 20., odjel pripreme proizvodnje prenosi datoteku radnog naloga u odgovarajuću mapu. Ta mapa nalazi se u oblaku pod rješenjem problema same manipulacije unutar platforme oblaka. Glavna mapa je imena *Radni nalozi 2019* koja se grana u dvije mape: *Aktivni radni nalozi* i *Završeni radni nalozi*. Unutar aktivnih radnih naloga nalaze se samo mape tekućeg mjeseca i idućeg mjeseca kako bi se jedino vidjeli trenutni i budući poslovi, putem radnih naloga. Mapa završenih radnih naloga služi kao pregled, spremanje i jednu vrstu privremene arhive svih proteklih i obavljenih radnih naloga u tekućoj godini, a to je u trenutku pisanja diplomskog rada, studeni 2019.

Tablica 11. prikazuje koje je rješenje ponuđeno u oblaku za radne naloge.

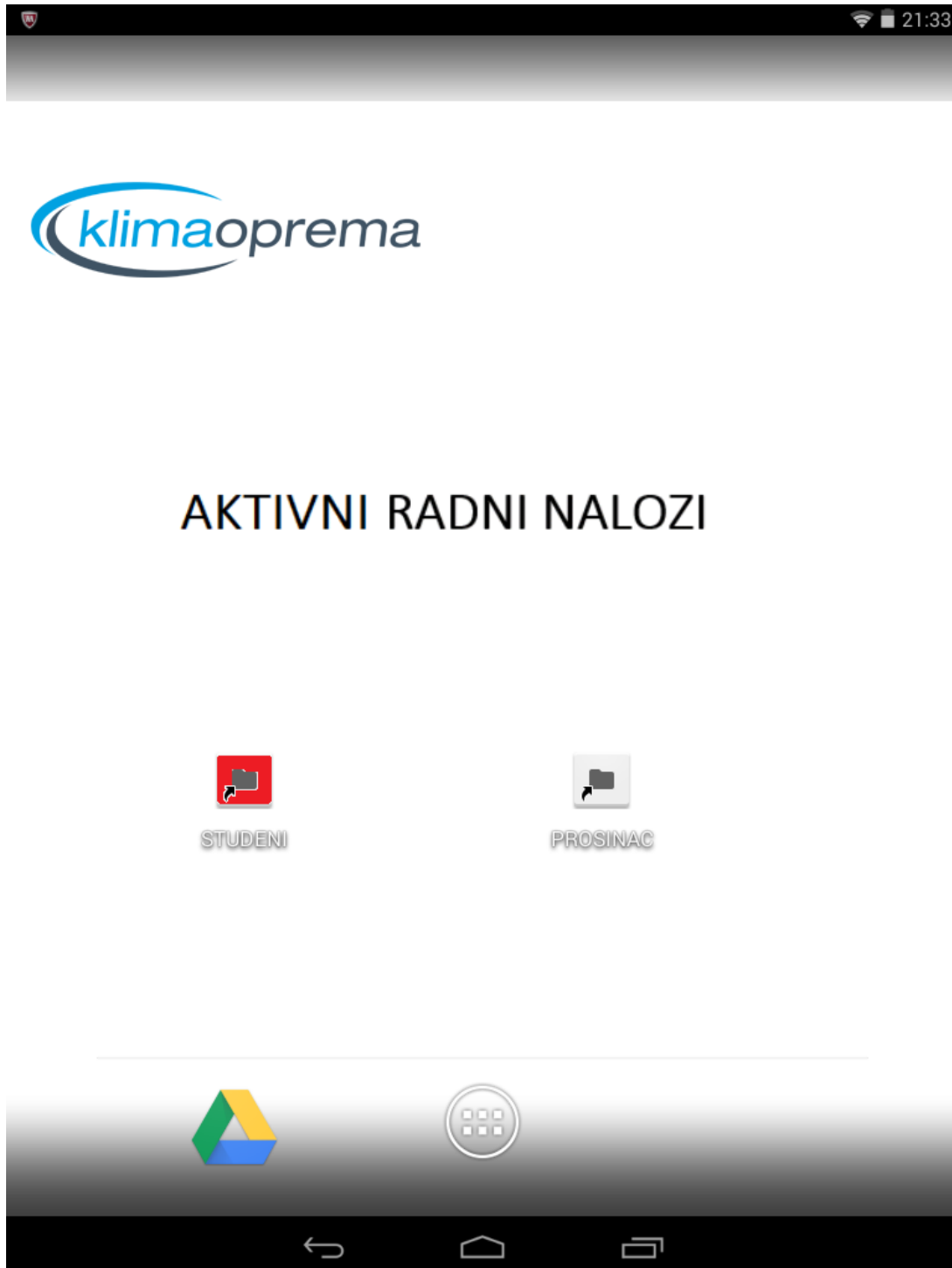
Tablica 11. Rješenja mapa radnih naloga u oblaku

Radni nalozi 2019	
Aktivni radni nalozi	Završeni radni nalozi
1. Studeni	1. Siječanj
2. Prosinac	2. Veljača
	3. Ožujak
	4. Travanj
	5. Svibanj
	6. Lipanj
	7. Srpanj
	8. Kolovoz
	9. Rujan
	10. Listopad
	11. Studeni
	12. Prosinac

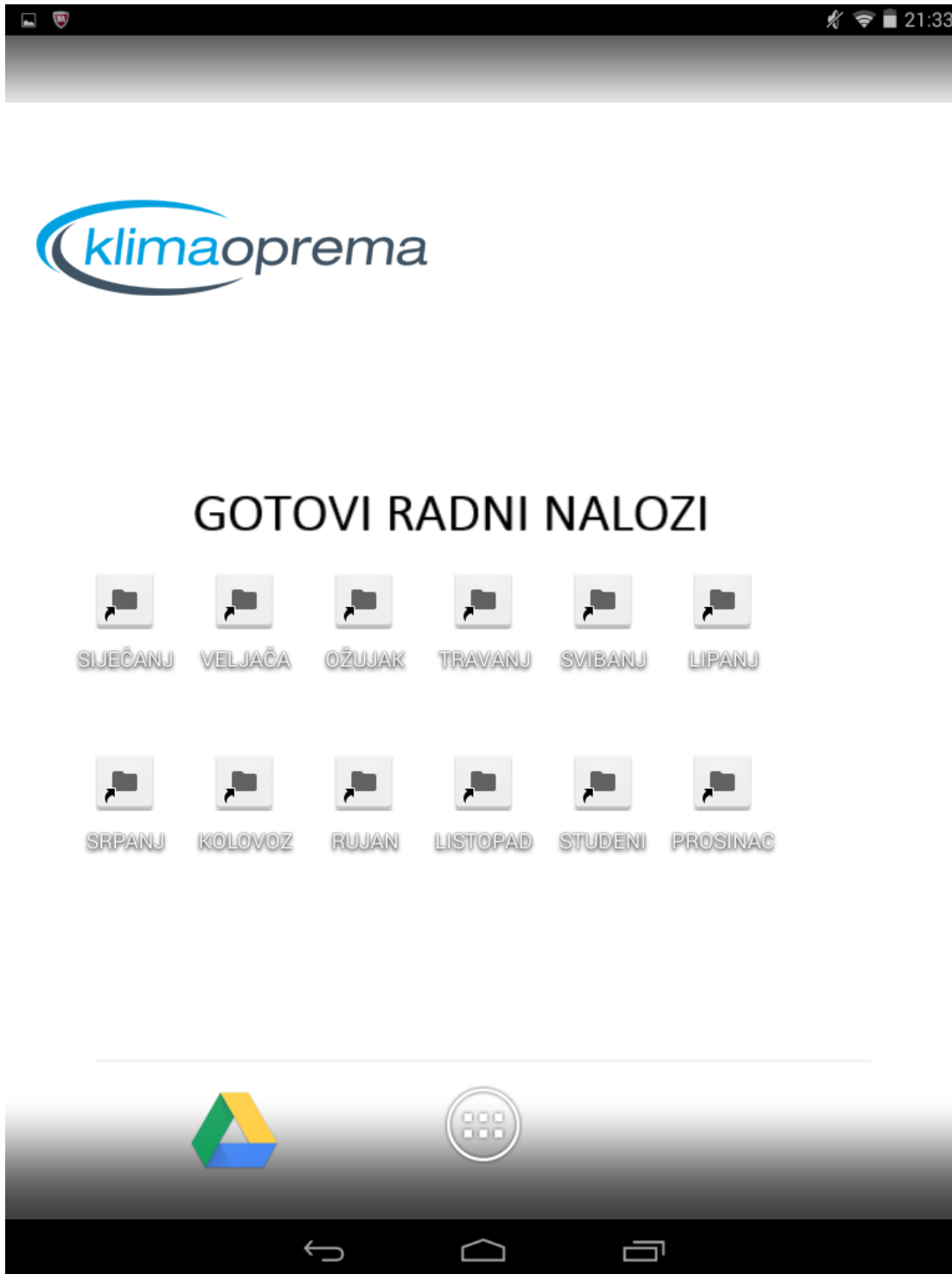
Druga aktivnost u poboljšanom procesu, pregled je radnih naloga. Također, u ovoj aktivnosti vidi se rješenje idućeg problema. Naime, nije potrebno da djelatnici na radnim mjestima imaju pristup završenim radnim nalogima. Djelatnici na radnim mjestima dakle mogu vidjeti isključivo zaslon s aktivnim radnim nalogima. Voditelj proizvodnje ima ulogu nadzora, upravljanja i ima pristup svim informacijama, aktivnim i završenim radnim nalogima.

Riješen je i problem ulaženja na oblak, traženja određene mape i tek onda odabira potrebnog radnog naloga, tako da se djelatnicima na radnim mjestima olakšao pristup informaciji na način da su se izdvojile željene mape za tekući i idući mjesec. Idući je korak djelatnika da pristupe željenom radnom nalogu u samo dva dodira na ekranu pametnog uređaja.

Slika 21. prikazuje zaslon pametnog uređaja koji je vidljiv samo djelatnicima na radnim mjestima, a slika 22. skupa s prethodnom slikom prikazuje pogled zaslona i pristup informacijama kao što ga vidi voditelj proizvodnje.



Slika 21. Prikaz zaslona pametnog uređaja (tableta) s aktivnim radnim naložima



Slika 22. Prikaz zaslona pametnog uređaja (tableta) s gotovim radnim naložima

Četvrta aktivnost u poboljšanom procesu je da voditelj proizvodnje prebacuje aktivne radne naloge u gotove nakon što su se proizvodi isporučili s obzirom da on upravlja cijelim rješenjem i nadzire završetke poslova i radnih naloga.

6.3.4. Dodatna poboljšanja rješenja

U nastavku razmotrit će se dodatna poboljšanja rješenja. Svaki proces, pa i onaj koji je gotov, teži ponovnom usavršavanju, tako su i ideje o dodatnim unaprijeđenjima dolazile kroz samu razradu rješenja, a slika 24. grafički će ih prikazati.

1. Primjena vizualizacije djelatnicima na radnim mjestima kako bi se olakšao pristup radnim nalogima u oblaku – isticanje aktivne mape na zaslon pametnog uređaja koji otklanja nepotrebne kretnje,
2. Primjena olovke za korištenje po zaslonu pametnog uređaja – otklanjanje nakupljanja nečistoća po uređaju,
3. Primjena uređaja za potpisivanje – uređaj za potpisivanje najsličniji onima kojeg koriste, npr. banke, kako bi dodatno uštedilo vrijeme evidentiranja potpisa radnika u radni nalog,
4. Notifikacije – notifikacije služe kao dodatni vizualni identitet na zaslonu prilikom kojeg svaki novi radni nalog koji stigne u mapu, djelatnik može vidjeti da se radi o novom radnom nalogu i tako bolje planirati poslove u suradnji s voditeljem proizvodnje.



Slika 24. Dodatna poboljšanja rješenja

6.3.5. Troškovi ulaganja u opremu

Troškovi ulaganja u opremu su investicijskog karaktera s obzirom na vremenski tijek trajanja koji je zasigurno dulji od par godina. Osnovna oprema za digitalizaciju ovog procesa bili bi pametni uređaji, tableti, i potencijalno olovke za pisanje po pametnom uređaju. Uz većinu danas kupljenih tablet pametnih uređaja, olovka se dobiva uz uređaj tako da se kupovno cilja na opciju s uključenim paketom tableta i olovke. Tablica 12.

Tablica 12. Troškovi opreme i edukacije rješenja

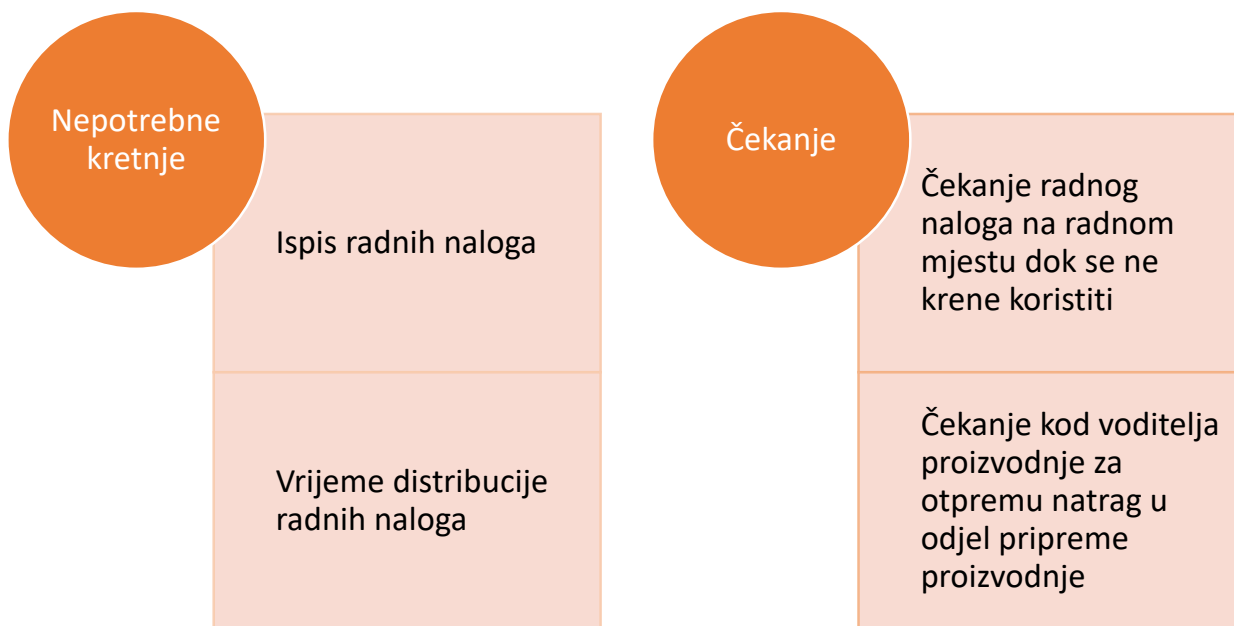
Troškovi opreme	
Samsung Galaxy Tab S3 + olovka	3810 kn
Broj uređaja za prototipnu fazu uvođenja	5
Ukupni trošak opreme	19,050 kn
Edukacija djelatnika, broj sati	5
Broj djelatnika uključenih u edukaciju	20
Cijena sata rada	150 kn
Trošak edukacije	15,000 kn
Ukupni trošak opreme i edukacije	34,050 kn

Izračunati troškovi su projekcije budućih investicijskih troškova kako bi se obuhvatili svi sudionici procesa poboljšanja.

Rješenje je provedeno kako je u ranijem tekstu objašnjeno prema poboljšanim aktivnostima procesa postojećeg, tradicionalnog zatečenog stanja.

6.3.6. Vitko upravljanje poboljšanjem

Kao što je već i u teorijskom dijelu objašnjeno, vitko upravljanje bavi se otklanjanjem svih vrsta gubitaka poslovanja. Uočena problematika postojećeg stanja s radnim nalogima doprinijela je uvođenju vitke metodologije u rješenje problema. Vitko se upravljanje ovdje izravno može uočiti otklanjanjem nepotrebnih kretnji i čekanja na rad. Otklanjanje nepotrebnih kretnji postojećeg procesa uštedjeli smo broj radnih sati koje je djelatnik morao uložiti na ispis i distribuciju radnih naloga do odjela proizvodnje, i zatim voditelj po radnim mjestima i natrag. Čekanje se ovdje izbjeglo, a time i nagomilavanje, u vidu čekanja gotovih radnih naloga da ih djelatnik pripreme proizvodnje dođe preuzeti i zatim spremati i arhivirati. Slika 25. prikazat će vitko otklanjanje i upravljanje poboljšanjem procesa.



Slika 25. Vitki način primjene na poboljšanje procesa

6.3.7. Zeleni menadžment i održivost

S obzirom da se u rješavanju problema postojećeg stanja, te digitalizacije procesa, koji uključuje ispis i distribuciju radnih naloga, riješio problem korištenja velike količine papira ovo je rješenje direktno utjecalo malim korakom prema još jednom načinu upravljanja. Ovim poboljšanjem aktivnosti u proizvodnom procesu dodalo se na važnosti primjene održivog načina poslovanja.

U održivom upravljanju poslovanja, teži se smanjiti količinu potrošene vode za proizvodnju određenog proizvoda, smanjiti emisije štetnih plinova u atmosferu, smanjiti količinu fosilnih goriva koje sudjeluju u proizvodnim procesima i time očistiti lokalne rezerve vode i nečisti zrak.

Globalna industrija tiska i papira čini oko 1% globalne emisije ugljičnog dioksida. Potrošnja papira u svijetu porasla je za 400% u posljednjih 40 godina, pri čemu se za proizvodnju papira koristilo 35% sječe stabala. U Sjedinjenim Američkim Državama industrija celuloze i papira ispuštala je oko 79 000 tona ili oko 5% svih industrijskih onečišćujućih tvari u 2015. godini. Od ukupnog otpada koji je u SAD ispuštala industrija celuloze i papira 66% bilo je pušteno u zrak, 10% u vodu i 24% na kopno, dok je u Kanadi većina otpada (96%) puštena u zrak [36].

6.4. Sinteza rezultata

Zatečeno je tradicionalno stanje ispisa i distribucije radnih naloga u odjelu proizvodnje čistih prostora. Identificirano je jedanaest aktivnosti u postojećem procesu. Rješenjem problematike i uvođenjem digitalizacije kao rješenja, uspio se unaprijediti proces kroz uštede. Te uštede su financijskog, materijalnog i nematerijalnog karaktera.

Tablica 13. uspoređuje troškove postojećeg i poboljšanog procesa.

Tablica 13. Usporedba troškova postojećeg i poboljšanog stanja

Ukupni troškovi postojećeg stanja, godišnje		Troškovi opreme rješenja, godišnje	
Trošak djelatnikovog vremena	30,600 kn	Ukupni trošak opreme	19,050 kn
Trošak papira	24,750 kn	Trošak edukacije	15,000 kn
Trošak tonera za printer	37,500 kn		
Prijeđeni put	143.75 km		
Ukupni trošak	92,850 kn	Ukupni trošak opreme i edukacije	34,050 kn

Ako bi se gledala direktna ušteda provedenog praktičnog dijela diplomskog rada, ona donosi godišnju uštedu od 58,800 kuna.

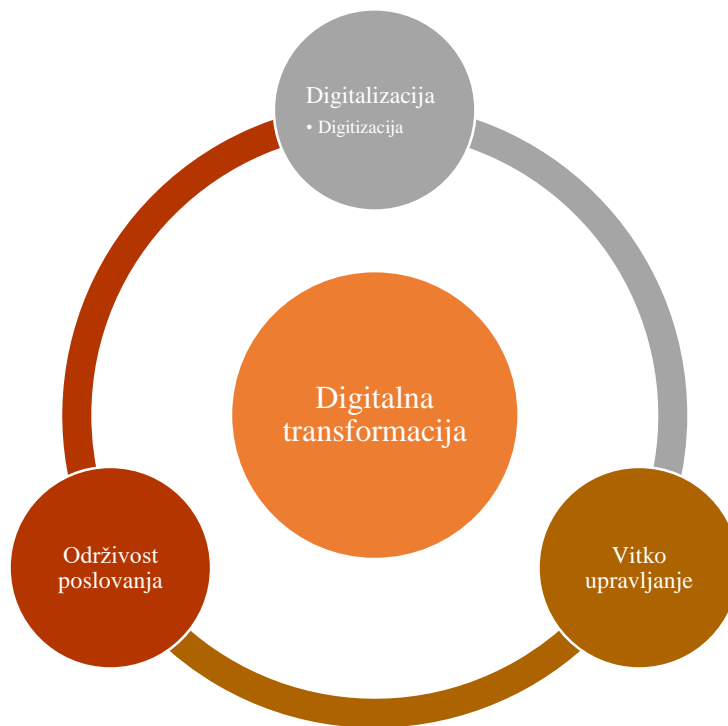
Hipoteza je potvrđena i time je postojeći proces tog proizvodnog poduzeća poboljšan.

6.5. Postavljeni poslovni model praktičnog rada

Novi model digitalne transformacije predložen je na kraju diplomskog rada kao sinteza svih metoda upravljanja koje su se koristile u izradi praktičnog dijela rada digitalizacije.

Slika 26. prikazuje model digitalne transformacije u grafičkom obliku.

Model digitalne transformacije obuhvaća elemente digitalizacije, s digitizacijom vitkog načina upravljanja i otklanjanjem gubitaka i održivim načinom poslovanja.



Slika 26. Model digitalne transformacije praktičnog djela diplomskog rada

6.6. Prijedlog daljnjeg istraživanja

Specifično za ovaj oblik praktičnog rada, fokus na daljnje kretanje poboljšanja bio bi u smjeru integralnog informacijskog sustava na razini cijele kompanije. Takav oblik digitalne transformacije potaknuo bi i strateške poglede na nove oblike upravljanja. Takvim daljnjim razvojem osigurala bi se apsolutna protočnost, transparentnost i učinkovitost toka informacija koja bi kao posljedicu imala poboljšanje produktivnosti preko svih odjela kompanije. Drugi smjer kretanja istraživanja tog proizvodnog poduzeća, mogao bi biti integracija informacijskog sustava na platformi u oblaku koja bi ponudila ne samo dnevnu operativnu povezanost, već bi stvorila preduvjete za veliku implementaciju senzora interneta stvari koja bi se obrađivala analitikom na platformi oblaka i predviđala buduća stanja, a povrh svega imao bi se nadzor nad cijelim sustavom proizvodnje.

4. ZAKLJUČAK

Tema diplomskog rada bila je razmotriti terminologiju i koncepte industrije 4.0, digitalizacije, digitalnih tehnologija i digitalne transformacije, te sve to povezati i pokušati poboljšati, na realnom primjeru, u proizvodnom procesu. Nadopuna ovoj tematici bila je i primjena vitkog načina upravljanja koja se bavi prepoznavanjem gubitaka. Ti gubitci mogu biti pogubni za današnje kompanije stoga se treba obratiti pozornost da se uz pravilno određenu vrijednost kompanije, kroz mapirani tok vrijednosti, do protočnosti i povlačenja, pažljivo pazi na gubitke kod prekomjerne proizvodnje i obrade, transporta, čekanja, zaliha, nepotrebnih kretnji, škarta te da se pazi na adekvatno iskorištenje ljudskog potencijala. Praktičnim se radom utvrdila problematika postojećeg stanja u poduzeću *Klimaoprema d.d.* Riječ je o ispisu i distribuciji radnih naloga koji se tradicionalno odvijaju fizičkim putem. Postavljena je hipoteza kako se za tu vrstu, proces može poboljšati. Napravljena je analiza i proces je uspješno digitaliziran s izračunatim uštedama tog dijela procesa. Korištene su metode digitizacije, digitalizacije, digitalnih tehnologija, vitkog upravljanja i održivosti poslovanja, te formirane i konsolidirane u model digitalne transformacije.

LITERATURA

- [1] Jeffrey K., Liker. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill. Michigan
- [2] D. Edward; A. Maleyelf; J. Maleyelf. *The integration of lean management and Six Sigma*. Lally School of Management & Technology. Rensselaer Polytechnic Institute Hartford. Connecticut, SAD.
- [3] Taiichi Ohno. 1978. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. Portland, Oregon.
- [4] James P., Womack; Daniel T., Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press. New York.
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (pristupljeno 05.kolovoza 2019.)
- [6] <https://www.shutterstock.com/image-vector/industrial-revolution-stages-steam-power-cyber-524444983> (pristupljeno 05. kolovoza 2019.).
- [7] Klaus, Schwab. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. Geneva, Switzerland.
- [8] <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673?arnumber=7427673&newsearch=true&queryText=industrie%204.0%20design%20principles> (pristupljeno 01. listopada 2019.)
- [9] <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-014-0334-4-i4> (pristupljeno 02. listopada 2019.)
- [10] Monostori, László. 2018. *Cyber-Physical Systems*. CIRP Encyclopedia of Production Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg
- [11] Park, Kyung-Joon i dr. 2012. *Cyber-physical systems: Milestones and research challenges*. Computer Communications. Volume 36, Number 1-7.
- [12] Tao Fei i dr. 2019. *Digital Twins and Cyber-Physical Systemstoward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison*. Elsevier. Volume 5.
- [13] Lee Jay i dr. 2014. *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-baed manufacturing systems*. Elsevier. Volume 3.
- [14] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> (pristupljeno 25. kolovoza 2019.).

- [15] Pradyumna, Gokhale; Omkar, Bhat; Sagar, Bhat. 2018. *Introduction to IOT*. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology
- [16] Dr. Ovidiu, Vermesan; Dr. Peter, Friess. 2014. *Internet of Things–From Research and Innovation to Market Deployment*. River publishers' series in communications.
- [17] Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges
- [18] Predavanja: *Cloud Computing*. Dragutin, Lisjak. 2019. FSB, Zagreb.
- [19] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-additive-manufacturing> (pristupljeno 04.listopada 2019.).
- [20] <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing> (pristupljeno 04.listopada 2019.).
- [21] <http://www.rmplatform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf> (pristupljeno 05.rujna 2019.).
- [22] Syed, Tofail i dr. 2018. *Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities*. Elsevier, Volume 21, Number 1.
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality (pristupljeno 10.listopada 2019.).
- [24] A. Syberfeldt; O. Danielsson, M. Holm; L. Wang.2015. *Visual Assembling Guidance Using Augmented Reality*. Procedia Manuf.
- [25] V., Alcácer; V., Cruz-Machado. 2019. *Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems*. Elsevier.
- [26] Tabrizi Behnam i dr. 2019. *Digital Transformation Is Not About Technology*. HBR.
- [27] <https://www.salesforce.com/products/platform/what-is-digital-transformation/#> (pristupljeno 11. listopada 2019.)
- [28] model - bitno Tech-enabled-transformation-The-trillion-dollar-opportunity-for-industrials
- [29] <http://sloan-ide.mit-dev.penzias.com/sites/default/files/publications/TheDigitalAdvantage.pdf> (pristupljeno 10. listopada 2019.)
- [30] <http://stellarfoodforthought.net/3-key-areas-to-examine-in-your-manufacturing-analysis/> (pristupljeno 13.listopada 2019.)
- [31] <http://www.clixmarketing.com/blog/2015/06/18/why-good-old-fashioned-brainstorming-is-important-in-ppc/> (pristupljeno 15. listopada 2019.)
- [32] <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ie/pdf/2019/05/ie-top-10-technologies-for-business-transformation.pdf> (pristupljeno 16. listopada 2019.)

- [33] <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/how-to-measure-digital-transformation-progress/> (pristupljeno 17. listopada 2019.)
- [34] <https://www.klimaoprema.hr/hr/cleanroom/> (pristupljeno 01. studenog 2019.)
- [35] <https://www.klimaoprema.hr/en/hvac/about-us/about-us/> (pristupljeno 01. studenog 2019.)
- [36] https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_paper (pristupljeno 10. studenog 2019.)

PRILOZI

I. CD-R