

Primjena alata digitalnog leana u proizvodnji

Brnadić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:235:349453>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Luka Brnadić

Zagreb, 2022. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

PRIMJENA ALATA DIGITALNOG LEANA U PROIZVODNJI

Mentor:

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

Student:

Luka Brnadić

Zagreb, 2022. godina.

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

Zahvaljujem se mentoru Prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na prenesenom znanju i susretljivosti tijekom pisanja ovog rada, ali i tijekom cijelog studija.

Zahvaljujem se svim djelatnicima tvrtke Purić d.o.o , posebno onima u razvojnom odjelu Damko koji su mi omogućili obavljanje praktičnog dijela ovog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, djevojci i prijateljima na podršci tijekom cijelog akademskog obrazovanja.

Luka Brnadić



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:	602-14/22-6/1
Ur. broj:	15-1703-22-

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **LUKA BRNADIĆ**

Mat. br.: 0035209960

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena alata Digitalnog Leana u proizvodnji**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application of Digital Lean tools in manufacturing**

Opis zadatka:

Lean menadžment je jedna od najuspješnijih poslovnih metodologija koja se uspješno primjenjuje već više desetaka godina, kako u proizvodnim tako i u uslužnim poduzećima. Zasniva se na prepoznavanju i otklanjanju osam organizacijskih gubitaka te primjeni vrlo efikasnih alata poput Mapiranja toka vrijednosti, 5S-a, Kaizena, Vizualnog menadžmenta, SMED-a i drugih. Pojava Industrije 4.0 i digitalnih tehnologija izazvala je promjene u skoro svim granama industrijske proizvodnje. Digitalne tehnologije poput Interneta stvari (IoT), Big data, Umjetne inteligencije, Virtualne i proširene stvarnosti, Blockchaina u kombinaciji s alatima Lean menadžmenta stvaraju novo područje, Digitalni Lean.

U radu je potrebno:

- Opisati koncept Lean menadžmenta i njegovih pet principa te sistematizirati njegove alate koji su najpogodniji za digitalizaciju (najviše tri)
- Detaljno objasniti pojam Industrije 4.0 te objasniti najmanje tri digitalne tehnologije koje se mogu kombinirati s alatima Lean menadžmenta
- Detaljno objasniti pojam Digitalnog Leana te opisati metodologiju njegove primjene u proizvodnim poduzećima
- Na proizvodljivo odabrano proizvodno poduzeće, primijeniti koncept Digitalnog Leana te kvantificirati postignute rezultate

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

Zadatak zadan:

5. svibnja 2022.

Rok predaje rada:

7. srpnja 2022.

Predvideni datum obrane:

18. srpnja do 22. srpnja 2022.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	II
POPIS SLIKA	V
POPIS TABLICA.....	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD.....	1
2. LEAN (VITKI) MENADŽMENT.....	2
2.1. Povijest Lean- a.....	2
2.2. Što je Lean?.....	4
2.3. Principi Leana	5
2.4. Primjena Lean- a	7
2.4.1. Prednosti primjene Lean-a	8
2.5. Lean alati.....	9
2.5.1. 5S alat.....	9
2.5.2. Kaizen	10
2.5.3. Standardizirani rad	12
2.5.3.1. Implementacija standardiziranog rada	12
2.5.3.2. Ključne prednosti standardiziranog rada	13
2.6. 8 vrsta gubitaka	13
2.6.1. Škart	14
2.6.2. Nepotrebni pokreti	14
2.6.3. Zalihe	15
2.6.4. Prekomjerna obrada	16
2.6.5. Transport	16
2.6.6. Prekomjerna proizvodnja	17
2.6.7. Čekanje	17
2.6.8. Neiskorištenost ljudskih potencijala	18
3. INDUSTRIJA 4.0	19
3.1. Razvoj industrije kroz povijest	19
3.1.1. Prva industrijska revolucija.....	19
3.1.2. Druga industrijska revolucija.....	20
3.1.3. Treća industrijska revolucija.....	21
3.2. Internet stvari (Internet of Things – IoT).....	21
3.2.1. Nastanak interneta stvari.....	22
3.2.2. Kategorije interneta stvari.....	22
3.2.3. Prednosti i nedostaci Interneta stvari	23
3.2.4. Primjena Interneta stvari	24
3.3. Big Data	25
3.3.1. Proces obrade podataka.....	25
3.3.2. Što je Big Data i jedinica informacije?	26
3.3.3. Big Data vektori.....	26
3.3.4. Primjena Big Data tehnologije.....	27
3.4. Virtualna i proširena stvarnost	27
3.4.1. Virtualna stvarnost	27

3.4.2.	Primjena Virtualne stvarnosti.....	28
3.4.3.	Proširena stvarnost	28
3.4.4.	Primjena proširene stvarnosti.....	29
3.5.	Umjetna inteligencija	30
3.5.1.	Primjena umjetne inteligencije	31
3.6.	Radiofrekvencijska identifikacija (RFID).....	31
3.6.1.	Način rada RFID sustava	32
3.6.2.	Primjena RFID tehnologije	32
3.6.3.	Prednosti RFID tehnologije	33
4.	DIGITALNI LEAN	34
4.1.	Ključni pokretači digitalnog Leana.....	37
4.1.1.	Kombinacija IT (informacijske tehnologije) i OT (operacijske tehnologije) tehnologija.....	38
4.1.2.	Fokus na ljudski rad	39
4.1.3.	Pružanje informacija digitalizacijom standardnog rada.....	39
4.1.4.	Prikupljanje informacija u stvarnom vremenu.....	40
4.1.5.	Djelovanje prema podacima.....	40
4.2.	Što će donijeti Digitalni Lean u odnosu na tradicionalni?	40
4.3.	Utjecaj Industrije 4.0 na Vitku (Lean) proizvodnju	42
4.4.	Digitalna transformacija poduzeća uz integraciju s Vitkim načinom razmišljanja ...	43
4.4.1.	Digitalna strategija	44
4.4.2.	Upravljanje procesima	44
4.4.3.	Upravljanje tehnologijom	45
4.4.4.	Menadžment ljudi	46
4.4.5.	Upravljanje rizikom	46
4.5.	Najčešće greške Digitalne transformacije.....	47
5.	PRIMJENA DIGITALNOG LEAN-a U PODUZEĆU DAMKO.....	48
5.1.	Tvrtka DAMKO	48
5.2.	Proizvodi tvrtke Damko	49
5.2.1.	Automatizirane proizvodne linije	49
5.2.2.	Kartoniranje i paletiranje	49
5.2.3.	Kontrola kvalitete računalnim vidom	50
5.2.4.	Automatizirano upravljanje izvršnim elementima.....	50
5.2.5.	Robotska ruka	50
5.2.6.	Digitalizacija	51
5.3.	Uvođenje Digitalnog Leana na radno mjesto strojne obrade tvrtke Damko.....	51
5.3.1.	Analiza postojećeg stanja odjela strojne obrade	51
5.3.2.	Transportni put prije implementacije Digitalnog Leana na odjel obrade	56
5.4.	Uvođenje RFID uređaja za praćenje rada	58
5.4.1.	Izrada vlastitog RFID uređaja	59
5.4.2.	Način rada i poboljšanja korištenjem RFID uređaja u poduzeću Damko.....	62
5.5.	Rezultati primjene 5S alata u odjel strojne obrade tvrtke Damko	64
5.6.	Prijedlozi poboljšanja i implementacija	68
5.7.	Uštede i usporedbe rezultata	75
5.7.1.	Transportni putevi nakon implementacije Digitalnog Leana na odjel strojne obrade.....	78
6.	ZAKLJUČAK.....	83
	LITERATURA.....	84

PRILOZI..... 86

POPIS SLIKA

Slika 1.	Sakichi Toyoda [1]	2
Slika 2.	Sakichi Toyoda - tkalački stan [1].....	3
Slika 3.	Principi Lean menadžmenta [6]	5
Slika 4.	Skraćivanje vremena ciklusa proizvodnje [6]	6
Slika 5.	PDCA ciklus [37]	11
Slika 6.	Parni stroj [9].....	20
Slika 7.	Elektromotor [11]	21
Slika 8.	Internet stvari (IoT) [16].....	22
Slika 9.	VR - stereoskopske naočale i rukavice s osjetnicama [20]	28
Slika 10.	Primjena AR tehnologije – Pokemon GO [22]	29
Slika 11.	Primjena AR tehnologije u vizijskom komisioniranju	30
Slika 12.	RFID sustav [31]	32
Slika 13.	Grafički model ključnih elemenata za stvaranje vrijednosti Industrije 4.0 i Lean menadžmenta [36]	35
Slika 14.	Vertikalna, horizontalna i end-to-end inženjerska integracija [36].....	36
Slika 15.	Prikaz integracije principa Industrije 4.0 i Lean menadžmenta [36]	37
Slika 16.	Ključni pokretači Digitalnog Leana[28].....	38
Slika 17.	Integracija OT – IT [35]	39
Slika 18.	Sustav za kartoniranje	50
Slika 19.	Mjerenje i rezanje sirovca	53
Slika 20.	Programiranje radnog komada prema prethodnoj analizi	54
Slika 21.	Stavljanje radnog komada u CNC stroj, pokretanje i nadgledanje.....	54
Slika 22.	Kontrola i pjeskarenje	55
Slika 23.	Skica transportnih puteva prije uvođenja Digitalnog Leana	56
Slika 24.	Raspberry Pi [32].....	59
Slika 25.	CNC stroj u proizvodnom pogonu tvrtke	60
Slika 26.	Puštanje unikatnog proizvodnog komada u proizvodnju na CNC stroju	60
Slika 27.	Izrada i prikaz nosača za kartice.....	61
Slika 28.	Konačni RFID uređaj	61
Slika 29.	RFID uređaj na radnom mjestu strojne obrade	63
Slika 30.	Označen i posložen pribor za rad	64
Slika 31.	posloženi alati unutar ladice	65
Slika 32.	Mjesto za kompresor i alate.....	66
Slika 33.	Prijenosni ormarići na svom mjestu	66
Slika 34.	Reorganizirano skladište	67
Slika 35.	Kutija za vijke, matice i podloške postavljena unutar radne jedinice	68
Slika 36.	RDIF uređaj umjesto papirologije	69
Slika 37.	Svrdla s kobaltnim premazom (gore) i stara svrdla bez premaza (dolje)	69
Slika 38.	Iskorištavanje viška materijala (prije-poslije)	70
Slika 39.	Graničnik na kružnoj pili i na CNC stroju	71
Slika 40.	Računalo unutar radne jedinice	72
Slika 41.	Vrata koja vode do glavnog skladišta.....	73
Slika 42.	Digitalizacija popisa alata	74
Slika 43.	Kolica za transport i njeno označeno mjesto.....	75
Slika 44.	Lasersko mjerenje novog puta do centralnog skladišta.....	79
Slika 45.	Skica transportnih puteva nakon uvođenja Digitalnog Leana.....	79

POPIS TABLICA

Tablica 1. Jedinice informacija u primjerima [18]	26
Tablica 2. Usporedba Tradicionalnog Leana i Digitalnog Leana u uklanjanju gubitaka [24]41	
Tablica 3. Utjecaj industrije 4.0 na Lean [27]	43
Tablica 4. Opis i trajanje aktivnosti pri obavljanju prvog radnog naloga u danu	51
Tablica 5. Prikaz svih transportnih puteva u danu prije implementacije Digitalnog Leana...	58
Tablica 6. Usporedba rezultata prije i poslije implementacije Digitalnog Leana	78
Tablica 7. Prikaz transportnih puteva za 5 radnih naloga nakon implementacije Digitalnog Leana	80
Tablica 8. Usporedba transportnih puteva prije i poslije implementacije Digitalnog Leana za 5 radnih naloga	81
Tablica 9. Zbroj svih transportnih puteva nakon implementacije Digitalnog Leana	82
Tablica 10. Usporedba svih transportnih puteva u danu prije i poslije implementacije Digitalnog Leana	82

SAŽETAK

Kroz ovaj rad će se detaljno opisati metodologija Vitkog upravljanja kroz opis njenih principa, primjene, alata i definiranja vrsta gubitaka. Zatim slijedi detaljan opis Industrije 4.0 s fokusom na digitalnim tehnologijama koje će donijeti promjene u gotovo sve grane industrije. One doprinose razvoju Lean ciljeva i povećavaju performanse Lean alata. Isprepletanje digitalnih tehnologija i Lean alata stvorit će novo područje, Digitalni Lean. Naglasak rada upravo je na njegovoj implementaciji u proizvodnji. Praktični dio rada detaljno opisuje implementaciju Digitalnog Leana na radno mjesto strojne obrade proizvodnog pogona tvrtke Damko. Uočava se problematika kroz analizu postojećeg stanja te se uz pomoć Digitalnog Leana pronalaze i implementiraju rješenja. Na kraju su kvantificirani rezultati kroz prikaz ušteda i brojnih poboljšanja u usporedbi sa stanjem prije same implementacije.

Ključne riječi: Digitalni Lean, Lean (vitki) menadžment, Lean alati, Industrija 4.0, digitalne tehnologije, RFID, proizvodnja

SUMMARY

Through this paper, the methodology of Lean management is described in detail through the description of its principles, application, tools and definition of types of losses. Then follows a detailed description of Industry 4.0 with a focus on digital technologies that will bring changes to almost all branches of industry. They contribute to the development of Lean goals and increase the performance of Lean tools. The intertwining of digital technologies and Lean tools will create a new field, Digital Lean. The emphasis of the work is precisely on its implementation in production. The practical part of the work describes in detail the implementation of Digital Lean at the machining workplace of the production plant of the company Damko. Problems are identified through the analysis of the existing situation, and with the help of Digital Lean, solutions are found and implemented. At the end, the results are quantified through the presentation of savings and numerous improvements compared to the situation before the implementation.

Key words: Digital Lean, Lean management, Lean tools, Industry 4.0, digital technologies, RFID, manufacturing

1. UVOD

Čovjek uvijek teži za napretkom i poboljšanjem kako bi olakšao život sebi i društvu. Civilizacija napreduje, a svaka inovacija podiže razinu kvalitete svakodnevice na višu razinu. Cilj svakog poduzeća je stvoriti ugodno radno okruženje koje će reducirati gubitke uz kontinuirano poboljšanje kako bi se othrali zahtjevima tržišta. Pristup o kojem se najčešće govori kada je riječ o unaprjeđenju proizvodnje je upravo Lean menadžment. Uz njegovu implementaciju će se kontinuirano unaprjeđivati cijelo poduzeće, lakše će se prepoznavati i otklanjati gubici, a budući da ova metodologija uvažava svakog zaposlenika, stvorit će se ugodnije i uređenije okruženje s kojim će svi biti zadovoljni. Kroz ovaj rad će se detaljno opisati Lean menadžment kroz pet osnovnih principa, prednosti i mogućnosti primjene, preko Lean alata do opisivanja 8 vrsta gubitaka kako bi se što lakše prepoznali i izbacili iz procesa.

Promatrajući industriju nekog područja, lako je odrediti faktor razvijenosti istog. Industrija 4.0 je revolucija prema digitalnom svijetu digitalnih tvornica i pametnih proizvoda. Pojava digitalnih tehnologija je donijela korjenitu promjenu u gotovo svim granama industrijske proizvodnje.

Isprepletanjem načela Industrije 4.0 i Lean proizvodnje stvaraju se novi pozitivni učinci na cjelokupan razvoj tvrtke. Kombinacija Lean alata i digitalnih tehnologija stvorit će novo područje, Digitalni Lean.

U praktičnom dijelu rada detaljno je opisana implementacija Digitalnog Leana na radno mjesto strojne obrade proizvodnog pogona tvrtke Damko.

2. LEAN (VITKI) MENADŽMENT

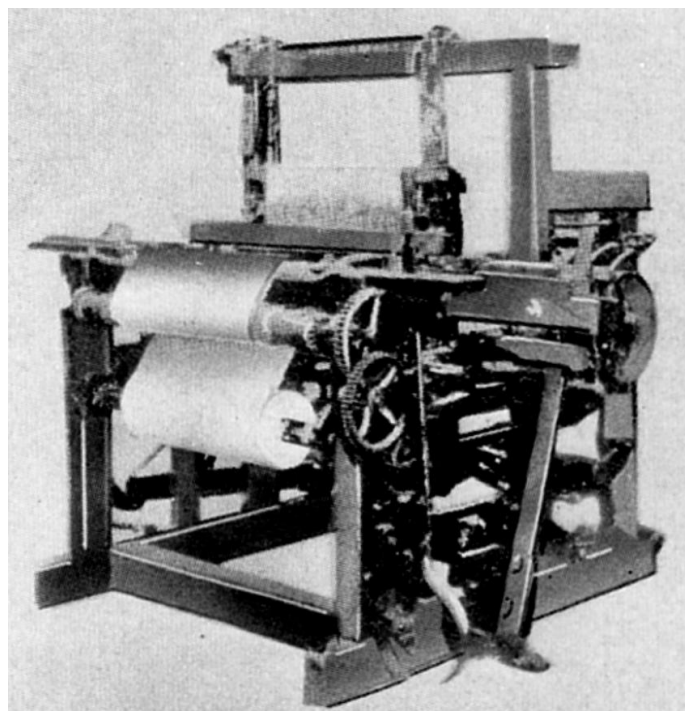
2.1. Povijest Lean- a

Pojam „Lean“ se prvi puta upotrebljava u knjizi profesora J.P. Womack-a i D.T. Jonesa pod nazivom „The machine that changed the world“. U toj knjizi je opisan proizvodni sustav japanske automobilske tvrtke Toyota (TPS – Toyota Production System) koja je temelj i začetnik Lean metodologije. Glavnim kotačićima Toyotinog proizvodnog sustava smatraju se Sakichi Toyoda i njegovi sinovi Kiichiro Toyoda i Eiji Toyoda. Važnu ulogu ima i Taiichi Ohno koji je radio kao proizvodni inženjer. [2]



Slika 1. Sakichi Toyoda [1]

Kreativnost i visoku želju za inovacijama i napretkom potvrđuje i izum kojeg je osmislio Sakichi Toyoda dok je radio u tekstilnoj industriji. Naime, on je tada izumio tkalački stan na motorni pogon koji je u sebi imao specijalno osmišljen mehanizam koji bi se zaustavio u slučaju prekida konca. [2]



Slika 2. Sakichi Toyoda - tkalački stan [1]

Taj izum ujedno predstavlja osnovu za Jidoku koji je jedan od temeljnih načela Lean proizvodnje. Jidoka uključuje automatizaciju ali uz korištenje ljudskog uma. Ona predstavlja sustav koji u slučaju pogreške ili bilo kakvog problema u proizvodnji automatski zaustavlja proizvodni pogon kako bi se izbjegao gubitak. Primjenom senzora i raznih drugih tehnologija, postiže se uočavanje greške na vrijeme što značajno smanjuje gubitke i povećava produktivnost. Sakichi Toyoda je 1910. godine prvi put posjetio Sjedinjene Države i shvatio da tek počinje nova era auto industrije. 1929. godine njegov sin Kiichiro Toyoda odlazi u SAD s namjerom da ispita stanje poduzeća u automobilske industriji. Ovdje se kao najveći ističe Fordov proizvodni sustav, koji je 1913. uveo serijsku proizvodnju. Toyota je u to vrijeme kasnila za masovnom proizvodnjom te kako bi ostala u utrci s konkurencijom, bila je prisiljena promijeniti svoje metode proizvodnje. Kiichiro Toyoda je tada shvatio da je potrebno stvoriti brz i fleksibilan proizvodni proces kojim će kupac dobiti kvalitetan proizvod uz prihvatljivu cijenu. Tada je odlučio uvesti promjene te se to smatra začetkom Just-in-time (JIT) metode vitkog upravljanja. [1]

Just-in-time (JIT) odnosno metoda „Točno na vrijeme“ označava dogovor redovitih malih isporuka od strane dobavljača za točno određenu količinu koja je Toyoti potrebna. Time se

osigurava da je procesima koji slijede jedan iza drugog osigurana točna vrsta i količina određenog predmeta koja je potrebna za pojedinu fazu proizvodnje. Proizvodnja i transport se odvijaju istovremeno kroz slijed kako unutar tako i između svih procesa.

Na ovaj način postiže se ušteda skladišnog prostora koji gotovo da i nije potreban, ali i veliko povećanje produktivnosti. Ovaj način proizvodnje omogućuje vrlo brzu izradu proizvoda po narudžbi uz uvjet da svaka komponenta mora savršeno odgovarati procesu proizvodnje i biti dostavljena točno na vrijeme. [3]

Jidoka i Just in time (JIT) predstavljaju dva glavna stupa i osnovu rada Toyotinog proizvodnog sustava. Upravo povezivanje ta dva osnovna stupa kao i kasnija implementacija brojnih Lean alata i općenito „Lean“ načina razmišljanja dovodi do metodologije koja će izazvati veliki interes diljem svijeta.

2.2. Što je Lean?

Zbog širine i značenja „Lean-a“ vrlo je teško postaviti univerzalnu definiciju koja bi obuhvatila sve ono što on predstavlja. Sama riječ „Lean“ u prijevodu ima značenje „vitak, mršav“ što ga zapravo na neki način opisuje. Vitko znači da je za proizvodnju određenog proizvoda potrebno manje skladišta, kapitala, energije, utrošenog vremena, gubitka, opterećenosti zaposlenika i ostalog. Drugim riječima potrebno je izbaciti sve ono što opterećuje poslovanja i ne dodaje vrijednost konačnom proizvodu. [5]

Pojam „Lean-a“ uključuje vitki način razmišljanja, vitki pristup, vitku proizvodnju, vitku organizaciju i brojne druge vitke komponente. Kada se sve uzme u obzir, konačni cilj Lean-a je postići što bolji rezultat uz konstantno poboljšanje i unaprjeđenje poslovnog sustava i poslovnih procesa uz što manje korištenje resursa. [4]

Lean metodologija naglasak stavlja na procese, unaprjeđenje i konačno postizanje izvrsnosti. Pri tom se ističe uključenost svih zaposlenika i uvažavanje svakog od njih, zatim prepoznavanje i otklanjanja gubitaka te kontinuirano unaprjeđenje.

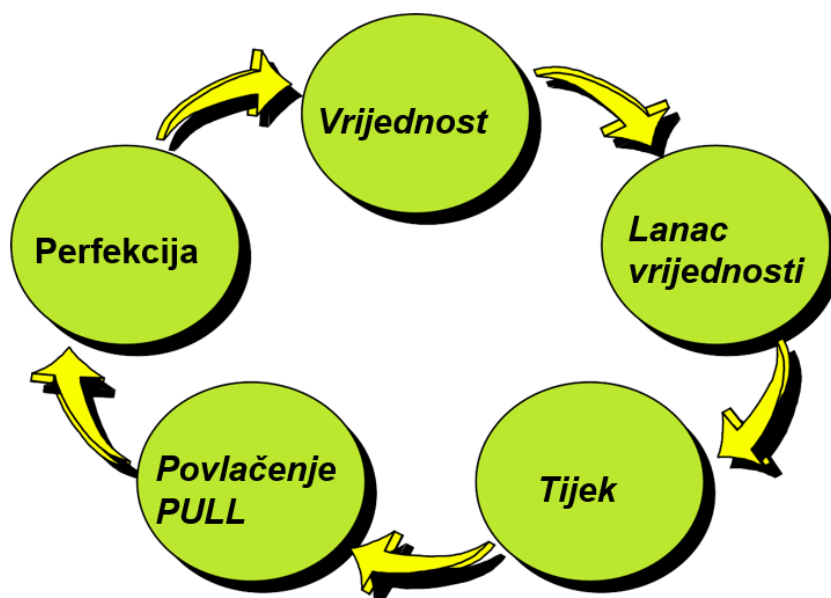
Ako se uzme sve u obzir vitko upravljanje se može definirati kao filozofija upravljanja proizvodnjom koja kada se implementira (uz pomoć Lean alata), skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda. Pritom se razvijaju proizvodi i usluge i stvara se točno ciljana vrijednost za kupca te se eliminiraju svi izvori rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu. [6]

2.3. Principi Leana

Lean menadžment praktičira princip djelovanja koji se može opisati kroz pet osnovnih principa.

Osnovni principi vitkog upravljanja su: [5], [6]

1. Vrijednost
2. Lanac Vrijednosti
3. Tijek (protočnost)
4. Povlačenje PULL
5. Perfekcija (izvrsnost)



Slika 3. Principi Lean menadžmenta [6]

1. Vrijednost – bitno je postaviti se u poziciju kupca i odrediti što je kupac spreman platiti i što donosi vrijednost proizvodu ili usluzi.

Bitno je prepoznati vrstu aktivnosti u lancu vrijednosti koje se dijele na:

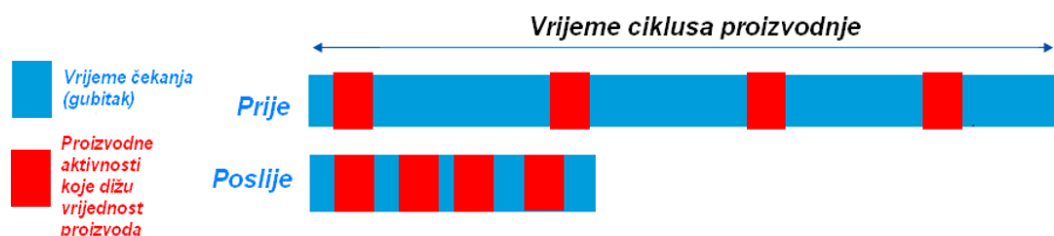
- Aktivnosti koje donose vrijednost (VAT – Value-added activities) – one predstavljaju one aktivnosti koje je kupac spreman platiti
- Aktivnosti koje ne donose vrijednost ali su neophodne u procesu (Non-Value-Added activities)– ne dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi, ali su nužne za

proces (npr. Priprema radnog mjesta)

- Aktivnosti koje ne donose vrijednost i predstavljaju čisti gubitak (WT – Waste Time) – troše resurse, a kupac ih nije spreman platiti

Potrebno je shvatiti i pravilno raspodijeliti vrste aktivnosti i odvojiti one koji dodaju od onih koji ne dodaju vrijednost. Zatim je nužno shvatiti koje su aktivnosti neophodne za proces i na kraju izbaciti sve ono što predstavlja gubitak.

U prosjeku postotak aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak iznosi preko 30% što oduzima jako puno vremena i potrebno ih je što je više moguće reducirati. Na slici 4. je slikovito prikazano skraćivanje vremena ciklusa proizvodnje izbacivanjem aktivnosti koje ne donose vrijednost. [6]



Slika 4. Skraćivanje vremena ciklusa proizvodnje [6]

2. Lanac vrijednosti – potrebno je prikupiti što više informacija o proizvodnji i jasno odrediti ciljeve kako bi se odredio lanac vrijednosti određenog proizvoda ili usluge. To uključuje broj operacija i njihovu duljinu, redoslijed operacija, tok informacija u procesu, vrste i broj te kapacitete strojeva, kapacitet ljudi i njihove smjene, vrijeme čekanja, transportni put i brojne druge korisne informacije.
3. Tijek – tijek odnosno protočnost informacija ili proizvoda u procesu mora biti u kontinuiranom protoku bez nepotrebnih zastoja ili čekanja koje stvaraju gubitak. Za protočnost je također bitno prepoznati vrste aktivnosti u procesu te eliminirati usko grlo koje koči protočnost kao i sve zastoje ili nepotrebne dorade proizvoda koje ne donose vrijednost.
4. Povlačenje PULL – „pull“ proizvodnja jedan je od osnovnih principa Lean proizvodnje čija je osnova povlačenje proizvodnje od kupca za razliku od „push“ proizvodnje koja predstavlja guranje proizvoda prema kupcu. Ovaj princip se temelji na radu unatrag kroz

proizvodni sustav kako bi se postiglo ono što je kupcu potrebno. Sve započinje od kupca koji je pokretač aktivnosti i proizvodi se točno ciljane vrijednost za njega. Prethodna operacija proizvodi točno ono što je idućoj potrebno kako bi se što više ubrzao proces, minimizirala mogućnost gubitka i u konačnici zadovoljila potreba kupca. Lean metodologija izbjegava gomilanje nepotrebnih zaliha već omogućuje isporuku i proizvodnju u točno određenom trenutku.

5. Perfekcija (Izvršnost) – perfekcija odnosno težnja za konstantnim unaprjeđenjem svih procesa i dijelova poslovanja gotovo do savršenstva predstavlja cjelokupno Lean razmišljanje kao i način njegova djelovanja.

2.4. Primjena Lean- a

Prva pomisao kada se spomene pojam vitkog (lean) menadžmenta je vezana uz proizvodnju i proizvodni sustav, no ona predstavlja mnogo više od toga. Ova metodologija koristi se u brojnim industrijama različite namjene, kao i u školstvu, zdravstvu, uslužnim i mnogim drugim djelatnostima.

Još jedna od prednosti je ta što je ova metodologija neovisna o veličini poduzeća te ju je moguće primijeniti u najmanja ili mikro poduzeća pa sve do velikih, razvijenih kompanija. Ponekad manja ili srednja poduzeća imaju dojam da je Lean rezerviran samo za velike tvrtke pa se iz tog razloga ustručavaju njegovoj implementaciji, no to je potpuno pogrešno. Mala poduzeća imaju prednost u brzini implementacije i postizanju željenih ciljeva. Manji broj procesa, zaposlenika, količine proizvoda i kompleksnosti procesa doprinijet će tome da poduzeće puno brže napreduje i lakše održava poboljšanja i dobrobiti implementacije.

Kako bi se primijenio koncept vitkog upravljanja potrebno je poznavati elemente Lean sustava te s njima upoznati zaposlenike.

Postoje tri osnovna elementa Lean sustava: [4]

1. Lean način razmišljanja
2. Upravljanje i promjena poslovnih procesa
3. Kontinuitet uvođenja poboljšanja

1. Prije same implementacije vitkog upravljanja potrebno je steći početno znanje o tome što Lean predstavlja s fokusom na proces, zaposlenike i svrhu transformacije. Implementirati Lean

znači uvesti Lean način razmišljanja u poduzeće kako bi se postigli željeni rezultati transformacije, ali i za njihovo održavanje i daljnje kontinuirano poboljšavanje. Važno je poznavati i analizirati svaki, pa i najmanji dio procesa kako bi se mogao kontinuirano poboljšavati. Bitno je shvatiti da Lean nije samo alat za rezanje troškova, nego će njegova implementacija doprinijeti cijelom poduzeću. Potrebno je odrediti ciljeve i stvoriti vrijednost za kupce, poduzeće i zaposlenike. Ključ je u tome da se uključi svaki zaposlenik i da se shvati svrha transformacije što će u konačnici dovesti do zadovoljstva ljudi uz povećanje produktivnosti i napredak poduzeća.

2. Osnova za upravljanje i promjenu poslovnih procesa je dobra analiza i poznavanje procesa. Cilj je da svaki zaposlenik zna koji točno posao ili zadatak obavlja te koje sposobnosti za obavljanje određenog posla treba imati. Tada je potrebno iskoristiti prostor za poboljšanje i unaprjeđenje procesa i samih zaposlenika na putu ka ostvarenju konačnog cilja. Proces se mijenjaju i poboljšavaju implementacijom raznih Lean alata kojima se nastoji usavršiti proces i smanjiti gubitci.

3. Ritam današnjice donosi vrlo brze promjene i potrebu za prilagodbama kako bi ostali konkurentni na tržištu. Upravo prilagodba promjenama predstavlja izazov poduzeću i ključna je pravovremena reakcija. Najbolji način kako ubrzati prilagodbu je namjerno izazivanje određene promjene na bolje čime se ujedno i unaprjeđuje proces rada, ali i čitavo poduzeće. Promjene u vidu poboljšanja je potrebno uvoditi kontinuirano što ukazuje na to da s Lean načinom razmišljanja unaprjeđenju nema kraja, već se uvijek iznova nastoje pronaći novo.

2.4.1. Prednosti primjene Lean-a

Uspjeh implementacije vitkog načina upravljanja uopće nije upitan, bitna je samo ispravna implementacija i primjena. Uz reduciranje gubitaka koji predstavljaju trošak i štete proizvodnji, primjenom Lean metodologije donose i brojne druge prednosti kao što su:

- Smanjenje zaliha i skladišta
- Manje škarta i reklamacija kupaca
- Manja opterećenost zaposlenika
- Smanjena mogućnost pogreške
- Smanjena mogućnost ozljede na radu

- Veća produktivnost
- Niži troškovi rada i ušteda resursa
- Veća kvaliteta proizvoda i usluga
- Kraće vrijeme isporuke i veće zadovoljstvo kupaca
- Bolji uvjeti rada, bolje organizirani procesi i radne jedinice (veće zadovoljstvo zaposlenika)

2.5. Lean alati

Kako bi se ostvarila Lean metodologija kroz njene principe i način razmišljanja, potrebno ju je implementirati u poduzeće. To omogućuje veliki broj Lean alata uz pomoć kojeg će se ova metodologija stopiti s poduzećem i omogućit će mu da teži ka usavršavanju procesa i da ukloni gubitke iz poslovanja. Bitno je detaljno analizirati potrebe kako bi se moglo prepoznati koje alate je potrebno implementirati.

Za potrebe ovog rada analizirat će se alati:

- 5S
- Kaizen
- Standardizirani rad.

2.5.1. 5S alat

5S je osnovni alat Lean menadžmenta koji se obično prvi implementira i predstavlja odličan temelj za daljnju implementaciju drugih alata. On će organizirati proizvodni pogon tako da će olakšati i unaprijediti rad zaposlenicima uz reduciranje gubitaka. Implementacija 5S alata sastoji se od 5 koraka koji se izvode po točno određenom redoslijedu. Ti koraci su:

- 1S - Sortiranje

U ovom koraku implementacije potrebno je snimiti stanje i odvojiti sve stvari koje su potrebne za rad od onih koje nisu te ih stupnjevati prema važnosti. Bitno je prepoznati škart, oštećene ili nepotpune alate, strojeve u kvaru, otpad, predmete koji predstavljaju opasnost te opisati radnju koju je potrebno napraviti da se problem riješi. Nepotrebni predmeti se uklanjaju iz radne okoline, a ostali se raspoređuju ovisno o tome koliko se često upotrebljavaju.

- 2S – Uspostava reda

Uspostava reda predstavlja nastavak na sortiranje. U ovoj fazi implementacije je potrebno pronaći odgovarajuće mjesto za odlaganje prethodno raspoređenim predmetima prema učestalosti upotrebe. Sistematski je potrebno posložiti stvari tako da ih je lako pronaći i to tako da svaki predmet ima svoje mjesto kojem pripada. Često korišteni alati moraju biti na dohvat ruke zaposleniku, a oni predmeti koji se upotrebljavaju zajedno moraju biti jedan uz drugi. Ako postoji redoslijed korištenja alata, potrebno ih je posložiti po redoslijedu korištenja. Nakon toga predmeti se etiketiraju i po mogućnosti se vizualizira mjesto odlaganja kako se ne bi zaboravilo gdje što stoji. Način označavanja mora biti razumljiv i jednostavan.

- 3S – Čišćenje

Stara narodna poslovice kaže da je čistoća pola zdravlja, a ona je potrebna i za zdravu funkciju poduzeća. Svaki zaposlenik je dužan čistiti i održavati svoje radno mjesto. Potrebno je očistiti cijeli radni prostor i sve stvari koje se u njemu nalaze počevši od paučine, otpada, prljavštine prašine, čišćenja alata i ostalih predmeta potrebnih za rad. Tako će se stvoriti ugodno i čisto radno okruženje koje je potrebno održavati svakodnevno kako se ne bi vratilo na staro.

- 4S – Standardizacija

Kako bi nešto postalo standardno, bitno je steći naviku. Ova faza se postiže kada zaposlenicima novouvedene tri faze postanu rutina. To je potrebno zato što je nove zdrave navike teško usvojiti i postoji opasnost od povratka starim. Potrebno je napraviti pisane ili vizualne standarde kako bi novo stanje postalo uočljivo i što prije se pretvorilo u naviku.

- 5S – Održavanje

U posljednjoj fazi implementacije, kako bi ona bila uspješna, potrebno je održavati novo stanje bez mogućnosti povratka na staro. To se radi tako da se uči zaposlenike o važnosti provođenja alata te ga osposobiti da mu ona postane rutina. Bitno je redovno kontrolirati stanje i težiti za konstantnim unaprjeđenjem.

2.5.2. *Kaizen*

Kaizen, kao i svi ostali Lean alati u skladu s metodologijom stavlja naglasak na kontinuirano poboljšanje. Sama riječ kaizen u prijevodu znači promjena na bolje. Nije cilj napraviti veliku, radikalnu promjenu odjednom, već konstantno uvoditi male promjene koje će na kraju rezultirati značajnim poboljšanjem. Naglasak ovog alata je na prepoznavanje i izbacivanje

gubitaka iz procesa, a kako bi prepoznali gubitke i mogućnost za nova poboljšanja prije same implementacije Kaizena, dobar temelj bili bi uvođenje 5S alata i standardiziranog rada u poduzeće. Najprije je potrebno detaljno analizirati problem i uvidjeti greške, zatim pronaći adekvatno rješenje i na kraju ga implementirati. Baza Kaizen alata je PCDA ciklus koji se konstantno ponavlja. To konstantno ponavljanje ukazuje na konstantno unaprjeđenje koje teži učiniti proces savršenim.



Slika 5. PDCA ciklus [37]

PDCA ciklus je iterativni proces za kontinuirano unaprjeđenje ljudi, usluga i proizvoda.

- 1) Planiranje (Plan) – Potrebno je definirati problem koji je potrebno riješiti, njegov uzrok, potrebna sredstva i resurse, mogućnosti unaprjeđenja, ciljeve te uz detaljnu analizu i korištenje statističkih podataka definirati plan implementacije.
- 2) Provođenje (Do) – Nakon detaljno razrađenog plana, vrijeme je za njegovu primjenu. Prikupljaju se dobiveni podaci, ali potrebno je obratiti pažnju na neplanirane probleme koji se mogu pojaviti u ovoj fazi. Kako bi se smanjio rizik od problema, od velike je pomoći planiranje u mnogo malih dijelova
- 3) Provjera (Check) – Predstavlja najvažniju fazu ciklusa. Potrebno je detaljno provjeriti izvršenje plana i ocijeniti uspješnost njegova provođenja. Identificiraju se i problematični dijelovi trenutnog procesa kako bi se osiguralo kontinuirano unaprjeđenje u budućnosti.
- 4) Djelovanje (Act) – U posljednjoj fazi, nakon primjene i provjere plana slijedi djelovanje. Ova faza predstavlja implementaciju unaprjeđenja. Potrebno je usvojiti

dobiveno rješenje ako je zadovoljavajuće te ga standardizirati zbog konstantne primjene u budućnosti. Konstantno ponavljanje ciklusa dovodi do kontinuiranog poboljšanja.

2.5.3. Standardizirani rad

Za početak se valja osvrnuti na rečenicu koju je osmislio Taiichi Ohno: „Bez standarda nema poboljšanja“ .

Standardizirani rad predstavlja alat koji se temelji na utvrđenim dosljednostima unutar samog radnog procesa i predstavlja kamen temeljac konstantnog unaprjeđenja kompanije. Uvođenjem ovog alata u poduzeće ostvaruje se stabilnost uz povećanje učinkovitosti i korisnog vremena koje zaposlenik provede u radu i kontinuirano smanjenje gubitaka. Definiraju se razumljivi standardi koji omogućuju konstantno poboljšanje za bilo koju vrstu posla uz mogućnost prilagodbe promjenama unutar poduzeća. [33]

Elementi standardiziranog rada su: [34]

- Vrijeme takta – određuje kojom stopom bi se proizvodi morali proizvoditi da bi se zadovoljila potražnja kupca
- Redoslijed operacija – koraci koje operater mora izvršiti unutar vremena takta po točno određenom redoslijedu
- Standardizirane zalihe u procesu – minimalna količina dijelova i sirovina koje su potrebne zaposleniku za rad

2.5.3.1. Implementacija standardiziranog rada

Implementaciju standardiziranog rada moguće je napraviti kroz nekoliko koraka: [34]

- Prikupljanje podataka o trenutnom stanju – bilježenje vremena takta i redoslijeda operacija (što se može automatizirati tehnologijama Industrije 4.0)
- Uočavanje nepravilnosti i problema – pronalazak najučinkovitijeg načina korištenja resursa
- Pronalazak najučinkovitijeg načina vođenja operacija – optimizacija procesa korištenjem Lean alata za svaku operaciju unutar procesa
- Dokumentacija – najbolje rješenje su digitalne upute za rad pomoću kojih zaposlenik

slijedi svaki korak u skladu sa standardiziranim radom

- Razumljivi standardi koje je potrebno usaditi u navike zaposlenika
- Kontinuirano poboljšanje standarda

2.5.3.2. Ključne prednosti standardiziranog rada

Standardizirani rad kao i svi Lean alati donose brojne prednosti poduzeću. Jedna od ključnih prednosti standardiziranog rada je smanjenje neizvjesnosti na minimum. Standardizacijom rad, kvaliteta, troškovi, rezultati rada, količina potrebnog materijala i rokovi isporuke postaju lako predvidljivi. Često se smatra da će standardizacijom rad postati dosadan, no to je potpuno pogrešno. Zaposlenici će povećati učinkovitost pa će moći više vremena posvetiti kreativnom radu. Također se dobiva uvid u strukturu rada i smanjuje se stres. Olakšava se obuka zaposlenika ispravnom dokumentacijom gdje svi zaposlenici dobivaju sve potrebne informacije. Standardizacija predstavlja temelj konstantnog poboljšanja jer se dobiva lakši uvid u to što bi se moglo poboljšati, a isto tako se lakše prepoznaju gubici.

2.6. 8 vrsta gubitaka

Gubitak odnosno rasipanje je također dio proizvodnog procesa, ali ne sadrže nikakvu vrijednost i ne dodaje vrijednost proizvodu. Po uzoru na Toyotin proizvodni sustav po filozofiji vitkog upravljanja u proizvodnom procesu je bitno prepoznati 8 osnovnih vrsta gubitaka kako bi se što lakše uklonili iz procesa. Osnovnih osam vrsta gubitaka su:

- Škart
- Nepotrebni pokreti
- Zalihe
- Prekomjerna obrada
- Transport
- Prekomjerna proizvodnja
- Čekanje
- Neiskorišteni ljudski potencijal

2.6.1. Škart

Ova vrsta rasipanja događa se zbog greške, propusta ili manjka nečeg potrebnog u radu proizvodnog procesa. Greška u procesu uzrokuje velik gubitak jer uz utrošak resursa da bi se izradio škart, potrebno je preraditi ili čak u određenim slučajevima iznova raditi proizvod što zahtijeva nove resurse.

Najčešći uzroci i pojavni oblici:

- Škart proizvodi koji se moraju preraditi ili ponovno proizvesti
- Odstupanje svojstava (manjkavost) proizvoda ili usluge
- Nepotreban rad na predmetu s greškom
- Kretanje predmeta unazad u procesu zbog greške
- Manjkavost strojeva i alata u proizvodnom sustavu
- Loša komunikacija s kupcem i dobavljačem

Primjeri škarta u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – slomljeni ili oštećeni dio radnog komada
- Razvoj software-a (software development) – kvar
- Marketing – loša komunikacija s markom proizvođača, pogrešno brendiran proizvod
- Upravljanje proizvodima (project management) – netočno prikupljeni podatci

2.6.2. *Nepotrebni pokreti*

U ovu vrstu rasipanja spadaju sva nepotrebna i komplicirana kretanja zaposlenika ili strojeva koja na kraju ne stvaraju dodanu vrijednost. Takva kretanja mogu uzrokovati ozljede i nepotrebno produljenje vremena procesa što predstavlja čisti gubitak. Cilj je stvoriti organiziran proces u kojem zaposlenici uz što manje napora obavljaju svoj posao.

Najčešći uzroci i pojavni oblici:

- Loš raspored strojeva koje zahtijeva nepotrebno kretanje zaposlenika
- Loš protok informacija – zaposlenici se moraju kretati kako bi prikupili podatke
- Loši radni uvjeti – potreba za podizanjem, prenošenjem, traženjem, razvrstavanjem i slično

Primjeri nepotrebnih pokreta u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – nepotrebna kretnja zaposlenika ili stroja
- Razvoj software-a (software development) – nepotrebni sastanci ili ulaganje napora za pronalazak informacije
- Marketing – odlazak na nepotrebne događaje, nepotrebni sastanci, ne uređen dnevni red
- Upravljanje proizvodima (project management) – loše organizirani radni prostori, prekomjerni sastanci, napor u pronalasku informacija

2.6.3. Zalihe

Često je problem kada tvrtka drži nepotrebnu količinu uskladištenih stvari za svaki slučaj. Potrebno je reducirati zalihe na količinu koju kupac ili tržište u određenom trenutku zahtijeva. Prekomjerna količina predstavlja „zamrznuti kapital“ jer ju je poduzeće proizvelo, a ne može ga koristiti dok god kupac ne odluči kupiti proizvod ili uslugu kojemu je zaliha namijenjena. Zaliha je često rezultat prekomjerne proizvodnje koja je također jedan od osam vrsta rasipanja. Velika količina zaliha često kamuflira ostale probleme u proizvodnji koji su uočljiviji kada se broj zaliha smanji. Ti problemi su primjerice kašnjenje proizvodnje, niska kvaliteta, loša organizacija i slično.

Najčešći uzroci i pojavni oblici:

- Gomilanje stvari za svaki slučaj
- Stvaranje više materijala i informacija nego što je potrebno
- Trošak velikih skladišta

Primjeri nepotrebnih zaliha u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – neisporučeni proizvodi ili dijelovi, zaliha opreme za budućnost
- Razvoj software-a (software development) – neispučen programski kod ili druga značajka
- Marketing – Pripremljene marketinške kampanje koje nitko ne koristi
- Upravljanje proizvodima (project management) – Kupljeni online alati za rad koji se rijetko koriste, uredski pribor koji premašuje potrebe

2.6.4. Prekomjerna obrada

Ova vrsta rasipanja se događa onda kada se odvija rad koji s točke gledišta kupca nije prepoznat kao dodana vrijednost. To je primjerice dodavanje neke značajke proizvodu koje nitko neće cijeliti. Na primjer ako proizvođač automobila postavi TV u prtljažnik automobila, on neće nikome koristiti, a utrošit će se resursi i podići cijena proizvoda koju kupac nije spreman platiti.

Najčešći uzroci i pojava oblici:

- Nepotrebna proizvodnja skupim tehnološkim postupkom
- Suvišna preciznost
- Suvišno korištenje skupih strojeva i alata
- Proizvodnja dodatnih dijelova radi lošeg dizajna
- Nepotrebna previsoka kvaliteta proizvoda ili usluge

Primjeri nepotrebnih zaliha u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – korištenje skupe tehnologije za izradu jeftinog proizvoda
- Razvoj software-a (software development) – nepotrebni složeni algoritmi koji rješavaju jednostavne probleme
- Marketing – izrada marketinških izračuna ručno, iako se mogu automatizirati
- Upravljanje proizvodima (project management) – potreba za nekoliko stupnjeva odobrenja za obavljanje malih zadataka

2.6.5. Transport

Rasipanje u transportu odnosi se na sve kretnje koje dodaju troškove, ali ne dodaju vrijednost proizvodu. To uključuje svako nepotrebno premještanje stvari, prazni hod, prenošenje, dizanje, prijevoz, utovar, istovar i slično. Čest je problem kada neka operacija u procesu mora čekati kako bi se dostavio proizvod da bi se nastavila proizvodnja.

Najčešći uzroci i pojava oblici:

- Transport od jedne radne stanice do druge
- Višestruki transportni učin (premještanje stvari tamo-amo)
- Nepotrebno slanje informacija
- Loše organiziran proizvodni sustav, neprohodni putevi

Primjeri nepotrebnih zaliha u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – premještanje materijala s jednog mjesta na drugo
- Razvoj software-a (software development) – često skakanje sa zadatka na zadatak i ometanje od strane kolega
- Marketing – predugačak prodajni lijevak
- Upravljanje proizvodima (project management) – prekidi i prebacivanje zadataka

2.6.6. Prekomjerna proizvodnja

Ova vrsta rasipanja predstavlja proizvodnju koja premašuje potrebe kupca ili tržišta. To uzrokuje nepotrebnu potrošnju resursa, a višak proizvoda najčešće završava na skladištu i stvara se problem suvišnih zaliha.

Najčešći uzroci i pojavni oblici:

- Proizvodnja za skladište (loš plan proizvodnje)
- Nepovjerenje u vlastiti proizvodni sustav (prekomjerna proizvodnja kao osiguranje)
- Loše istražen zahtjev kupca ili tržišta
- Povlači za sobom ostale vrste gubitaka (dodatan transport, nepotrebne kretnje, dulje vrijeme čekanja itd.

Primjeri nepotrebnih zaliha u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – previše proizvedenih proizvoda „za svaki slučaj“
- Razvoj software-a (software development) – Kreiranje značajki koje nitko ne želikoristiti
- Marketing – Obavljanje mnogo marketinških aktivnosti bez jasne vizije i strategije
- Upravljanje proizvodima (project management) – nepotrebno popunjavanje velike količine dokumenata

2.6.7. Čekanje

Čekanje je vrsta rasipanja koju je najlakše prepoznati jer je vrlo izgubljeno vrijeme u procesu vrlo lako uočljivo. Vrijeme čekanja predstavlja kada su ljudi ili oprema bez posla.

Najčešći uzroci i pojavnici oblici:

- Roba koja čeka na isporuku
- Dokument koji čeka odobrenje rukovoditelja
- Stroj koji čeka popravak
- Zastoji u procesu

Primjeri nepotrebnih zaliha u različitim tipovima poduzeća: [7]

- Proizvodnja – čekanje isporuke robe
- Razvoj software-a (software development) – čekanje na testiranje, pregled programskog koda
- Marketing – čekanje na odobrenje projekta
- Upravljanje proizvodima (project management) – čekanje odobrenja višeg menadžmenta

2.6.8. Neiskorištenost ljudskih potencijala

Napretkom tehnologije napreduju mnogi segmenti pa su potencijali u vidu znanja i vještina zaposlenika sve potrebni. Uključivanje svakog zaposlenika u proces pronalaženja rješenja i odlučivanja donijeti će povećanje produktivnosti, a na kraju je uvijek dobro imati više različitih vrsta razmišljanja pri donošenju odluke. Važno je ne ograničiti zaposlenike u ispunjenju svojih vizija, kreativnosti, znanja i vještina kako bi oni dali svoj maksimum i tako povećali efikasnost poslovnog procesa. Tako će zaposlenici biti puno motiviraniji i zadovoljniji, a poduzeće će ostvarivati bolje rezultate uz ugodno radno okruženje.

3. INDUSTRIJA 4.0

Izraz Industrija 4.0 prvi put se pojavljuje u Njemačkoj na sajmu u Hannoveru 2011. godine. Industrija 4.0 predstavlja nastavak na treću industrijsku revoluciju, a krasi ju kombinacija novih tehnologija koje su iz nje nastale te njihove interakcije u digitalnom, fizičkom, i biološkom smislu. Ona strateški povezuje sustave koji su bazirani na Internet tehnologiji kako bi se postigla komunikacija između ljudi, strojeva, proizvoda i poslovnih sustava. Također predstavlja koncept integracije automatizacije industrije, razmjene podataka i modernih proizvodnih tehnologija. Fokus je na digitalnim tehnologijama koja uzrokuje promjene u gotovo svim granama industrije. One uključuju interakciju čovjeka i računala, Internet stvari (IoT), Virtualnu i proširenu stvarnost, analizu velike količine podataka (Big Data), Umjetnu inteligenciju i druge moderne tehnologije. Ako se digitalne tehnologije integriraju s alatima Lean menadžmenta, nastaje novo područje, Digitalni Lean.

Važno je promotriti razvoj industrije kroz povijest kako bi se dobio uvid u njen razvoj kroz povijest.

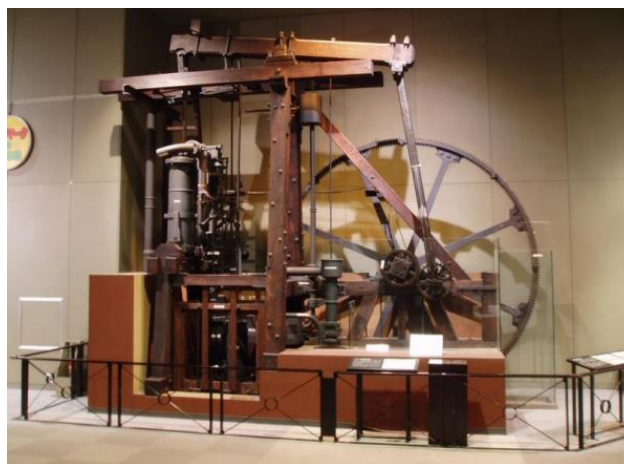
3.1. Razvoj industrije kroz povijest

Svako poboljšanje predstavlja napredak, no što se industrije tiče, postoje događaji koji su značajno utjecali na nju. Značajan napredak industrije i njena korjenita promjena nastaje industrijskim revolucijama. Njima obično prethodi specifično tehnološko dostignuće kojim se olakšava rad čovjeka, ali i mijenja cijelo društvo na bolje. Kroz povijest su zabilježene tri industrijske revolucije i industrija 4.0 kao njihov nastavak.

3.1.1. Prva industrijska revolucija

Prva industrijska revolucija dogodila se u drugoj polovici 18. stoljeća, a njenim početkom smatra se otkrićem parnog stroja. James Watt je prvi puta izumio klip koji se pokreće uz pomoć tlaka od nagomilane pare u cilindru. Para se tada počela koristiti u riječnom i morskom prometu uporabom parobrodova, ali i u kopnenom u kojem su se koristile prve lokomotive. Također, parni stroj se upotrebljavao za pokretanje i rad strojeva u proizvodnji. Tako se razvijala trgovina i povećavao se broj tvornica te je parni stroj jako utjecao na populaciju i njene navike. Najvažnija sirovina u to vrijeme bio je ugljen koji je pokretao parni stroj pa su tvornice uglavnom bile smještene uz rudnike koji su njegova nalazišta i uz velike gradove.

Radna snaga se s rada na zemlji premješta u tvornice, odnosno ljudi sele u gradove u potrazi za boljim životom i sigurnom zaradom. [8]



Slika 6. Parni stroj [9]

3.1.2. Druga industrijska revolucija

Svaki napredak i poboljšanje lako se prihvaća, no težnja za novim dostignućima i dalje postoji. Tako kao nastavak na prvu industrijsku revoluciju veže se druga industrijska revolucija. Glavnim izumom ovog razdoblja smatra se električna energija. Ona je omogućila izum električne žarulje kao i elektromotora. Također, u ovom razdoblju je pronađena nafta pa se pojavljuju prvi automobili kao što su Karl Benz-ov Motorwagen i Fordov Model T. Braća Wright izumila su prvi zrakoplov i snove o letenju pretvorili u stvarnost. Pojavljuju se i prvi telefoni koji omogućuju revoluciju u komunikaciji. Druga industrijska revolucija donijela je veliki napredak u razvoju svih grana znanosti i time se ostvarila dobra podloga za daljnji napredak cijelog društva.[10]



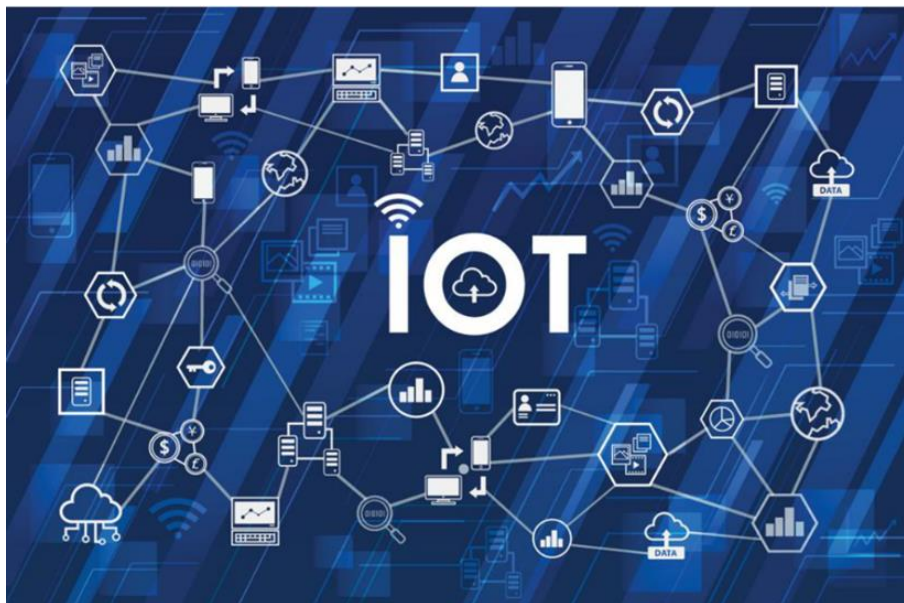
Slika 7. Elektromotor [11]

3.1.3. Treća industrijska revolucija

Brzi napredak tehnologije dobio je i svoj nastavak i vrlo brzo se dogodila treća industrijska revolucija. Treću industrijsku revoluciju se još naziva i digitalnom revolucijom, a obilježila ju automatizacija i digitalizacija korištenjem računala. Najveća inovacija je izum interneta i otkriće nuklearne energije. Uspon elektronike je vrlo brz, a uz razvoj novih tehnologija počinju se automatizirati procesi. Pojavljuje se jedan novi, digitalni oblik komunikacije te su razvijene računalne mreže. Pojavljuje se velik broj novih informacija, koje postaju mnogo lakše dostupne, ali shvaća se i njena vrijednost. Svijet se sve više povezuje te se otvara prostor širenju globalizacije. Treća industrijska revolucija temelj je Industrije 4.0 koji nastavlja razvijati nove moderne digitalne tehnologije koje će nastaviti mijenjati i unaprjeđivati industriju. Neke digitalne tehnologije opisat će se u nastavku. [12]

3.2. Internet stvari (Internet of Things – IoT)

Pojava interneta uvelike mijenja navike ljudi, počevši od svakodnevnog funkcioniranja pa do načina poslovanja. Od mnogih noviteta u tehnologiji, jedan je upravo koncept Internet stvari (IoT) koji predstavlja spajanje bilo kakve vrste uređaja na Internet i/ili međusobno povezanost među uređajima. Internet stvari se može definirati kao mreža fizičkih objekata koja uključuje uređaje s elektronikom, softverima, mrežnom vezom, sensorima i sklopovima koja omogućuje objektima prikupljanje i razmjenu podataka. On također omogućuje da se objekti detektiraju i kontroliraju na daljinu preko mrežnih infrastruktura, stvarajući tako integraciju fizičkog svijeta u računalni. [13]



Slika 8. Internet stvari (IoT) [16]

3.2.1. Nastanak interneta stvari

Povijest nastanka Interneta stvari potječe od kraja prošlog stoljeća kada se vodila rasprava oko uvođenja umjetne inteligencije i senzora u fizičke objekte. Iako je ideja u to vrijeme bila jako dobra, njena realizacija i razvoj tekli su sporo zbog toga što tehnologija tada nije bila spremna na takav pothvat. Pojam Interneta stvari prvi put upotrebljava britanski inovator Kevin Ashton 1999. godine, no tehnologija je tek desetljeće kasnije uhvatila korak s njegovom vizijom. Prvi pravi korak prema usvajanju IoT-a je uvođenje RFID čipova s tehnologijom radio frekventne identifikacije koji mogu komunicirati bežično. Jedna od prvih IoT aplikacija nastaje uvođenjem RFID čipova u dijelove skupe opreme kako bi se pratila njihova lokacija. Zbog izrazito brzog razvoja interneta i senzora i pada cijene njihova povezivanja s objektima, cilj je omogućiti povezivanje gotovo svega na internet. [14]

3.2.2. Kategorije interneta stvari

Iako je Internet stvari zamišljen kako bi doprinio proizvodnji i poslovanju, razvojem tehnologije i pojavom mnoštva različitih pametnih uređaja, jednako važna je postala i primjena IoT-a u kućanstvu. [14]

IoT stvari dijele se u tri kategorije: [14]

- Stvari koje prikupljaju i šalju informacije
- Stvari koje prikupljaju informacije i djeluju u skladu s njima
- Stvari koje rade oboje

Stvari koje prikupljaju i šalju informacije posjeduju senzore kao što su primjerice termometri, svjetlosni senzori, senzori vlage, kvalitete, pokreta i slično. Oni prikupljaju informacije iz okoline te na temelju njih donose adekvatne odluke. Ako se primjerice uz pomoć senzora dobije informacija o vlažnosti tla, poljoprivrednici mogu točno znati kada treba zalijevati određeni usjev. Također će se na ovaj način izbjeći prekomjerno ili nedovoljno navodnjavanje već će se osigurati da količina vode bude optimalna. Senzori stroju daju potrebne informacije za djelovanje, a oni stroju omogućuju shvaćanje okoline. Ono što čovjeku omogućuju osjetila kao što su primjerice njih, vid, sluh, opip ili okus, stroju omogućuju senzori.

Druga kategorija su stvari koje prikupljaju informacije i djeluju u skladu s njima. Ako primjerice čovjek pritisne tipku za paljenje TV uređaja, on primi signal s daljinskog upravljača i TV se pokrene.

Treća kategorija predstavlja stvari koje rade oboje. Valja se ponovno osvrnuti na primjer navodnjavanja tla. Senzor prikuplja i šalje informacije o vlažnosti tla poljoprivredniku kako bi on znao koliko i kada treba zalijevati usjeve. Ova treća kategorija omogućuje automatsko navodnjavanje koje će upaliti sustav za navodnjavanje prema potrebi, ovisno o količini vlage u tlu, bez prisustva poljoprivrednika. Informacije o vlažnosti tla, navodnjavanju, koliko usjevi uspješno rastu i slično šalju se računalima. Primjer dodatnog unaprjeđenja je dodavanje informacije o vremenskoj prognozi kako bi sustav znao kada će pasti kiša te poboljšao mogućnost održavanja željene razine vlažnosti tla.

3.2.3. Prednosti i nedostaci Interneta stvari

Prednosti: [14]

- Brzo i jednostavno prikupljanje informacija uz jednostavnu komunikaciju
- Neovisan o geografskoj udaljenosti
- Transparentnija, učinkovitija i brža komunikacija

- Uštede vremena i novca
- Lakša automatizacija → povećanje kvalitete usluge i smanjena potreba za intervencijom čovjeka

Nedostaci: [14]

- Rizik od curenja važnih informacija
- Opasnost od hakerskih napada
- Pad potrebe za ljudskim resursima

3.2.4. Primjena Interneta stvari

Eksponencijalni rast tehnologije koja je prisutna u svim aspektima društva, uzrokovao je njenu široku primjenu unutar privatnog i poslovnog života ljudi. Isto vrijedi i za Internet stvari (IoT) koji ljudima i poduzećima omogućuje mnogo bolji uvid i veću kontrolu nad objektima i okolinom. Široku primjenu IoT-a teško je svesti u okvire, no navest će se nekoliko primjera kako bi se dočarala njena svrha.

Uz pomoć IoT-a izumljen je monitor za sprječavanje iznenadne smrti kod dojenčadi. On daje roditelju informacije o disanju, položaju tijela, temperaturi, razini aktivnosti djeteta te informacije šalje na njihov mobilni uređaj. Tako roditelj može lako zaključiti ako nešto nije u redu te pravovremeno reagirati. [14]

Još jedan primjer primjene je senzor za tablete. On se može progutati, a njegova funkcija temelji se na kontaktu s tekućinom u želucu te prenošenju signala koji govori o tome kada je i koja tableta unesena u organizam. [14]

Pametna sauna još je jedan je primjera primjene ove tehnologije. Finska i turska sauna radi na određenoj temperaturu i postotku vlažnosti, a korisnik ih može regulirati prema vlastitim željama. Senzori vlage i temperature omogućuju mjerenja, a senzor prisutnosti i magnetski senzor koji se nalazi na vratima šalju korisniku informaciju o broju ljudi kako bi on pomoću mobilne aplikacije znao ima li još mjesta u sauni. Zaposlenik putem web aplikacije nadzire i upravlja cijelim sustavom te također ima sve ranije navedene informacije. Pametna sauna sadrži i klimu pomoću koje se također može regulirati temperatura po potrebi. [15]

3.3. Big Data

Globalni moderni industrijski sustav uklapa snagu strojeva, analitike, povezanosti, interneta stvari, automatizacije, računarstva u oblaku i razmjenu podataka u jedno. S obzirom na to da je količina podataka danas jako velika bitno je ispravno ih interpretirati i iz njih izvući ono korisno. Zbog jako velikog broja podataka u proizvodnim procesima njihova ispravna analiza može uvelike povećati produktivnost poduzeća. Predviđanje novih događaja iz velikog skupa podataka pruža konkretan temelj za planiranje novih projekata. Kako nisu svi podaci jednako bitni i nije svaki zaključak koji se iz njih može iščitati jednako važan, podatkovni analitičari osmislili su različite algoritme kao temelj za prediktivnu analitiku. U posljednja dva desetljeća podaci su se masovno povećali u različitim područjima, a i dalje je njihovo povećanje u eksponencijalnom rastu. Stoga su sve veći zahtjevi za prikupljanje podataka i njihovu kvalitetnu i brzu obradu.

3.3.1. Proces obrade podataka

Proces obrade podataka dijeli se na nekoliko dijelova: [17]

- Prikupljanje podataka – industrija 4.0 puna je različitih tehnologija pa se prikupljaju podaci s mnogo strojeva, senzora, IoT uređaja, komunikacijskih mreža i slično. Prikupljene podatke potrebno je dobro razumjeti kako bi se oni dalje obradili.
- Transformacija – podatke je potrebno pretvoriti u prikladan oblik kako bi se oni mogli interpretirati i kako bi se dobio dobar zaključak. Kako bi podaci bili u odgovarajućem formatu potrebno je obaviti transformaciju i čišćenje podataka odnosno njihovu pripremu za daljnju analizu.
- Integracija i modeliranje - potrebna je integracija više vrsta generiranih podataka u jednu platformu te odabir tehnike modeliranja ovisno o cilju koji se želi postići
- Pohrana
- Sigurnost – Bitno je voditi brigu o privatnosti i sigurnosti podataka što predstavlja veliki izazov.
- Analitika – predstavlja mješavinu informacijske tehnologije, matematike, statistike i strojnog učenja. Analiziraju se mogućnosti prijevare, otkrivanje grešaka, procesi rudarenja, upravljanje, strojni podaci, transporti i tako dalje. Provodi se i analiza tržišta te analiza proizvodnje i preporuke novih proizvoda.

- Presentacija – bitno je prezentirati podatke iz kojih je izvučeno znanje u različitim formatima za različite korisnike. Jedan od primjera je vizualni prikaz podataka.

3.3.2. Što je Big Data i jedinica informacije?

Big Data predstavlja tehnologiju koja prikuplja i obrađuje veliku količinu nestrukturiranih i strukturiranih podataka u realnom vremenu. [18]

O brzini rasta podataka govori i činjenica da su se u posljednje dvije godine stvorilo 90% podataka u svijetu. Procjenjuje se da se svaki dan u današnje vrijeme stvori $2,5 \times 10^{30}$ bajtova podataka. Da bi se stekao dojam koliko je to zapravo usporedit će se jedinice informacija s primjerima za dočaravanje dane u Tablici 1. [18]

Tablica 1. Jedinice informacija u primjerima [18]

Jedinice informacija	Koliko Je to?	Primjer za dočaravanje veličine
1 megabajt	1 milijun bajtova	Jedan manji roman
1 gigabajt	1 milijarda bajtova	Beethovenova 5. simfonija
1 terabajt	1000 gigabajta	Zbirka svih rendgenskih snimaka u velikoj bolnici
1 petabajt	1000 terabajta	Polovica podataka svih istraživanja SAD-a
1 eksabajt	1000 petabajta	Petina svih dosada izgovorenih riječi u svijetu
1 zetabajt	1000 eksabajta	Onoliko bajtova koliko je zrnaca pijeska na plaži

3.3.3. Big Data vektori

Big Data su:

- visoko-volumenske (eng. high-volume) – velika količina prikupljenih podataka (terabajti pa čak i petabajti) svih vrsta

- visoko-brzinske (eng. high-velocity) – prikupljanje mnogo podataka koji se brzo generiraju i procesuiraju u realnom vremenu
- visoko-raznolike (eng. high-variety) – različiti tipovi strukturiranih i nestrukturiranih podataka (senzorski podaci, tekstualni podaci, audio, video itd.) , do novih spoznaja se dolazi kada se ti podaci zajedno analiziraju

3.3.4. Primjena Big Data tehnologije

Big Data tehnologija ima svijetlu budućnost, a ovu tehnologiju prepoznala su brojna poduzeća diljem svijeta.

Primjerice ovu tehnologiju koristi Amazon koja je jedna od najvećih kompanija na svijetu, a svoje poslovanje je usmjerila na Internet trgovinu. Ova kompanija pohranjuje, obrađuje i analizira podatke svakog kupca kako bi dobili informacije na koji način kupci raspolažu novcem i kako ga troše. Koriste ciljani marketing uz pomoć prediktivne analitike kako bi svakom kupcu prilagodili ponudu ovisno o njegovim interesima. Na ovaj način Big Data tehnologija pomaže brojnim poduzećima kako bi unaprijedili poslovanje i približili se kupcima. Iako je ovaj način poslovanja vrlo uspješan, kupci ponekad mogu steći dojam da ih netko uhodi, no treba imati na umu da je to samo rezultat ove tehnologije. [19]

Ova tehnologija koristi se i u politici kako bi se maksimizirala vjerojatnost pobjede. U 2012. godini na izborima za predsjednika SAD-a, administrator kampanje Baracka Obame je najavio Big Data istraživanje i razvoj 84 različita Big Data programa. Smatra se da je ova tehnologija pomogla da Obama pobjedi na izborima. [18]

3.4. Virtualna i proširena stvarnost

3.4.1. Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost (eng. Virtual Reality - VR) poznata i kao prividna stvarnost stvara prividan okoliš koji se simulira pomoću računala te korisniku omogućuje trodimenzionalno okruženje i privid boravka, kretanja i opažanja u njemu. To okruženje mijenja interakciju svijeta i čovjeka uz pomoć zaslona računala ili posebnim stereoskopskim uređajima kao što su na primjer virtualne naočale ili kaciga. Potpuni doživljaj postiže se dopunom zvukova uz pomoć slušalica ili zvučnika, dodavanjem vibracija, ali i pobuđivanjem mirisnih i dodirnih osjetila. Interakcija čovjeka i računala postiže se različitim uređajima za praćenje kretanja, a jedan od takvih su rukavice s osjetnicama položaja pomoću kojih računalo raspoznaje položaj ruke i prstiju te prati

kretanje. Programski jezik koji se koristi u virtualnoj stvarnosti je VRML (eng. Virtual Reality Modeling) odnosno jezik za modeliranje virtualne stvarnosti. [20]



Slika 9. VR - stereoskopske naočale i rukavice s osjetnicama [20]

3.4.2. Primjena Virtualne stvarnosti

Virtualna stvarnost podrazumijeva imaginarno okruženje koje se posebno pokazalo korisnim kada je u pitanju edukacija gdje se pri uvježbavanju različitih složenih poslova mogu postići velike uštede. Primjer takve primjene je vježbanje vožnje automobila, broda ili zrakoplova uz pomoć korištenja ove tehnologije. VR se također može koristiti za uvježbavanje borbene taktike, isprobavanje vojnih uređaja, snalaženje u nepoznatom okruženju, predodžbu projektiranih građevina i slično. Možda i najpoznatiji primjer primjene ove tehnologije je u području računalnih igara i zabave. [20]

3.4.3. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost (Augmented reality – AR) često se poistovjećuje s pojmom nešto poznatije virtualne stvarnosti. Za razliku od virtualne realnosti u kojoj je okruženje u potpunosti imaginarno, tehnologija proširene stvarnosti kombinira stvarnu sliku koja čovjek vidi, ali joj pridodaje digitalnu sliku virtualnog svijeta. Sadržaj proširene stvarnosti može biti dvodimenzionalan (2D) odnosno u obliku teksta, animacija, fotografije i video materijala ili trodimenzionalan (3D) kao primjerice u obliku animiranih likova ili figurica. AR uz pomoć

pametnog uređaja, kao što je mobilni uređaj ili pametne naočale, pridodaje vizualne elemente koji ne postoje u stvarnom životu (virtualne elemente), nego su vidljivi samo kroz zaslon promatranog uređaja. Tako se dopunjuje slika te se mogu dodati informacije koje su korisne za obavljanje nekog rada. Korisnik može samo gledati i primati informacije ili interaktivno djelovati na sadržaj primjerice klikom koji će im dati nove korisne informacije. [21]

3.4.4. Primjena proširene stvarnosti

Proširena stvarnost predstavlja inovaciju i novu verziju komunikacije i dostavljanja korisnih informacija korisniku. Uz postojeći multimedijски sadržaj poput teksta, slike, videa ili web stranice, ova tehnologija donosi dodatnu nadogradnju uz interakciju stvarnog i virtualnog. Ova tehnologija se koristi u raznim granama znanosti, a često se viđa i u akcijskom filmovima. Najpoznatiji primjer AR-a je igrica Pokemon GO koja se zasniva na navedenoj tehnologiji.



Slika 10. Primjena AR tehnologije – Pokemon GO [22]

Zanimljivo je da je ova tehnologija pokrenula moderno vizijsko komisioniranje koje putem pametnih naočala koje koriste komisioneri pruža brojne informacije o proizvodu i tako olakšava pronalaženje proizvoda u skladištu. Na primjer naočale uz stvarnu sliku dodatno prikazuju napredak procesa komisioniranja, lokaciju i broj prolaza u kojem se proizvod nalazi,

količinu koju je potrebno izuzeti te mjesto na koje ga je potrebno smjestiti u kolicima.



Slika 11. Primjena AR tehnologije u vizijskom komisioniranju

3.5. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija je dio informatike koja proučava i razvija sposobnost računala da usvoji neki oblik inteligencije kako bi mogli obavljati neku zadaću. Drugim riječima računalo uči nove koncepte, snalazi se u novim prilikama, donosi zaključke, raspoznaje prirodni jezik i slično. Naziv umjetna inteligencija označava i svojstvo bilo kojeg neživog sustava da usvoji i pokaže inteligenciju, a takav sustav se naziva inteligentni sustav. Njih krasi mogućnost učenja na temelju stečenog iskustva, prilagodljivo ponašanje, pokazivanje svjesnosti kroz komunikaciju s čovjekom, korištenje velikih količina znanja i slične značajke. [23]

Funkcije inteligentnog sustava: [23]

- Prikupljanje i obrada informacija
- Komunikacija s čovjekom ili nekim drugim inteligentnim sustavom
- Prikupljanje i obrada znanja
- Donošenje zaključaka
- Planiranje

Umjetna inteligencija koristi mnoge pristupe i tehnike drugih znanstvenih disciplina koje se bave istraživanjem ljudskog načina razmišljanja kao što su logika, filozofija, biologija, psihologija, kognitivne znanosti i slično.

Prema stupnju inteligencije razlikuje se: [23]

- Jaka inteligencija – vrlo razvijena, može razmišljati gotovo na istoj razini kao čovjek
- Slaba inteligencija – samo neka inteligentna svojstva

Računalo se smatra inteligentnim ako više od 30% osoba nakon neizravne komunikacije nije sposobno raspoznati radi li se o čovjeku ili stroju.

3.5.1. Primjena umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija je mlada znanost, no njeno područje primjene raste velikom brzinom. Neka od najvažnijih područja primjene su ekspertni sustavi, neuronske mreže, razumijevanje govora i prevođenje, pretraživanje podataka, rješavanje problema, računalni vid i druge.

Cilj ekspertnih sustava je da se znanje eksperata pohrani i da ono uz pomoć umjetne inteligencije služi širem krugu korisnika, a primjer toga je dijagnoza bolesti u medicini. Neuronske mreže također koriste ovu tehnologiju a cilj im je putem elemenata koji su međusobno povezani imitirati rad ljudskog mozga. Tako se, uz niz ulaznih vrijednosti za koje su poznate izlazne vrijednosti, mreža uči i daje dobre rezultate i za druge ulazne vrijednosti. Računalni vid omogućuje raspoznavanje predmeta ili analizu scene.

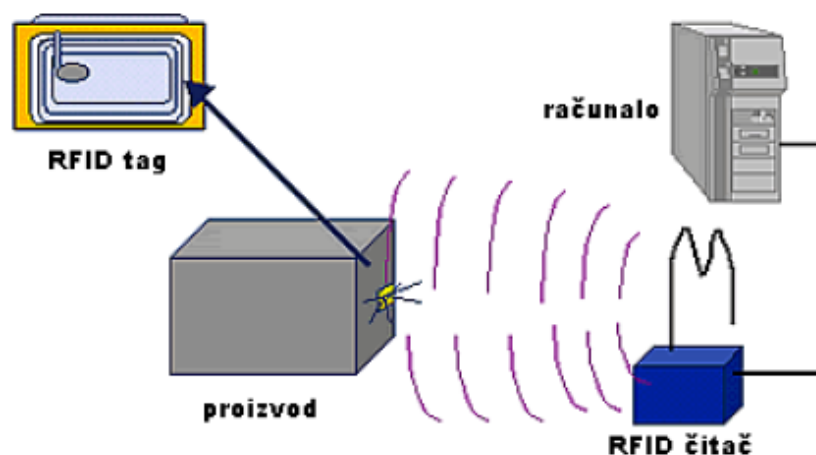
Primjena umjetne inteligencije prisutna je i u računalnim igrama i simulacijama od kojih su najpoznatiji šahovski sustavi koji su u rangu s najboljim igračima svijeta. [23]

3.6. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID)

Radio frekvencijska identifikacija (RFID) predstavlja tehnologiju budućnosti za koju se smatra da će moći u potpunosti zamijeniti bar kod te da će se identifikacija proizvoda moći izvršavati bežično, putem radiovalova. To stvara brojne prednosti jer uklanja ograničenja koja postoje prilikom korištenja bar koda, primjerice potreba za vidljivošću od strane čitača, problem s istrošenošću, oštećenja naljepnice, sporost pri očitavanju mnogo različitih bar kodova i slično.

3.6.1. Način rada RFID sustava

Osnovni elementi RFID sustava su RFID tag (oznaka), RFID čitač i računalo.



Slika 12. RFID sustav [31]

RFID tag ima istu ulogu kao bar kod, na njemu su upisani svi potrebni podaci o određenom proizvodu. On sadrži memorijski čip i odašiljač koji ostvaruje komunikaciju s RFID čitačem. RFID tag može biti aktivan i pasivan. Pasivni tag crpi energiju preko elektromagnetskog polja koje RFID čitač emitira. Aktivni tag je mnogo skuplji, a koristi se za prijenose na većim udaljenostima. RFID čitač sadrži upravljački uređaj i antenu. Antena omogućuje razmjenu podataka s RFID tagovima, a upravljački uređaj vrši obradu podataka i komunikaciju s računalom. Računalo pokreće proces putem naloga čitaču da emitira radio signal. On emitira taj signal uz pomoć antene, koji nadalje aktivira RFID tag. RFID tag izmjenjuje podatke s čitačem te ih pohranjuje u svoju memoriju. [31]

3.6.2. Primjena RFID tehnologije

Uvođenje ove tehnologije ima široku primjenu u mnogim domenama industrije i znanosti. Tako se primjerice RFID primjenjuje u zatvorima kako bi se označili zatvorenici, ali ona im omogućuje stalno nadgledanje tako da se izbjegne mogućnost bijega. Zbog svijesti o nadgledanju smanjila se količina nasilja među zatvorenicima. Američka vojska je također

veliki zagovornik ove tehnologije i planira zamijeniti pločice zatvorenika s RFID tagovima. U medicini RFID omogućuje putem ID narukvica lakše i brže pronalaženja informacija o pacijentu kao i praćenje njegova oporavka i slično. Hoteli također upotrebljavaju ovu tehnologiju putem narukvica, a primjenjiva je i u brojnim drugim granama djelatnosti što dovoljno govori o raznolikosti situacija u kojima se ona može primijeniti.

Valja istaknuti upotrebu ove tehnologije u skladištu u koji se može postaviti RFID čitač te se tako može kontrolirati svaki ulaz ili izlaz robe sa skladišta. Tako se automatski očitava promet robe, a evidencija stanja na skladištu postaje ažurna. [31]

3.6.3. Prednosti RFID tehnologije

Brojne su prednosti ove tehnologije koje joj omogućuju razvoj implementaciju i svijetlu budućnost.

Zato će se spomenuti neke od njih: [31]

- Proizvodi se mogu očitavati i kada nisu izravno dostupni čitaču
- Velika brzina očitavanja – u sekundi se može očitati više stotina tagova
- RFID tagovi su vrlo otporni na oštećenja
- U RFID tagove moguće je naknadno zapisivanje informacija
- Vrlo široka primjena

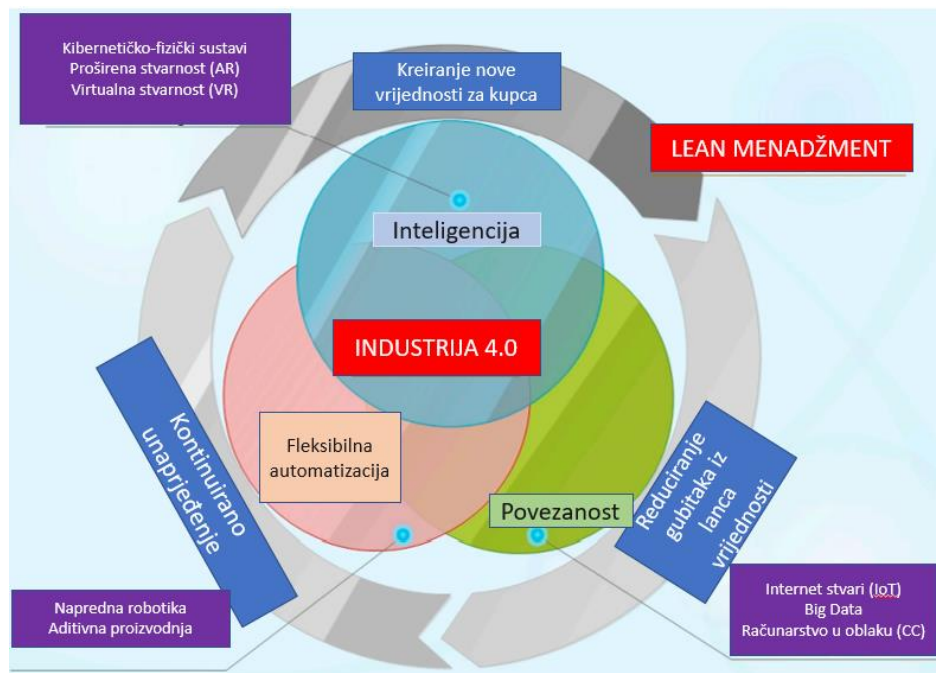
4. DIGITALNI LEAN

U dosadašnjem dijelu rada detaljno je opisan Lean menadžment koji kao koncept upravljanja proizvodnjom konstantno unaprjeđuje cijeli proces, poslovanje, ali i zaposlenike. Uz to što će se kontinuirano unaprjeđivati cijelo poduzeće, lakše će se prepoznavati i otklanjati gubici, a budući da ova metodologija uvažava svakog zaposlenika, stvorit će se ugodnije i uređenije okruženje s kojim će svi biti zadovoljni. Opisani su pet osnovnih principa Lean-a koji opisuju njegovo djelovanje, alati koji ga implementiraju u poduzeće, široka mogućnost njegove primjene kao i prednosti koje primjena uključuje. Navedeni su 8 vrsta gubitaka koji se pojavljuju u proizvodnji kako bi se oni mogli što lakše prepoznati i eliminirati iz procesa.

Zatim je detaljno opisan pojam Industrije 4.0 koja predstavlja revoluciju prema digitalnom svijetu digitalnih tvornica i pametnih proizvoda. Ona uključuje digitalne tehnologije poput Interneta stvari (IoT), Virtualne i proširene stvarnosti, analize velike količine podataka (Big Data), Umjetnu inteligenciju i mnoge druge nove, moderne tehnologije.

Dinamika današnjeg poslovanja iz dana u dan napreduje i donosi nove izazove, ali i potrebu za unaprjeđenjem i optimizacijom kako bi se postigla konkurentnost na tržištu. Tvrtke ulažu u napredak preko ulaganja u strojeve, edukacije zaposlenika, optimizacije procesa, ali i uvođenjem novih tehnologija kojima se postiže digitalizacija. Digitalni Lean predstavlja metodologiju koja uz pomoć Lean principa razvija nove digitalne proizvode i unaprjeđuje proizvodnju. On ne predstavlja skup novih Lean principa, već ih unaprjeđuje kako bi njihova primjena bila mnogo snažnija.

Ako se digitalne tehnologije industrije 4.0 isprepletu s alatima Lean menadžmenta, nastat će Digitalni Lean.



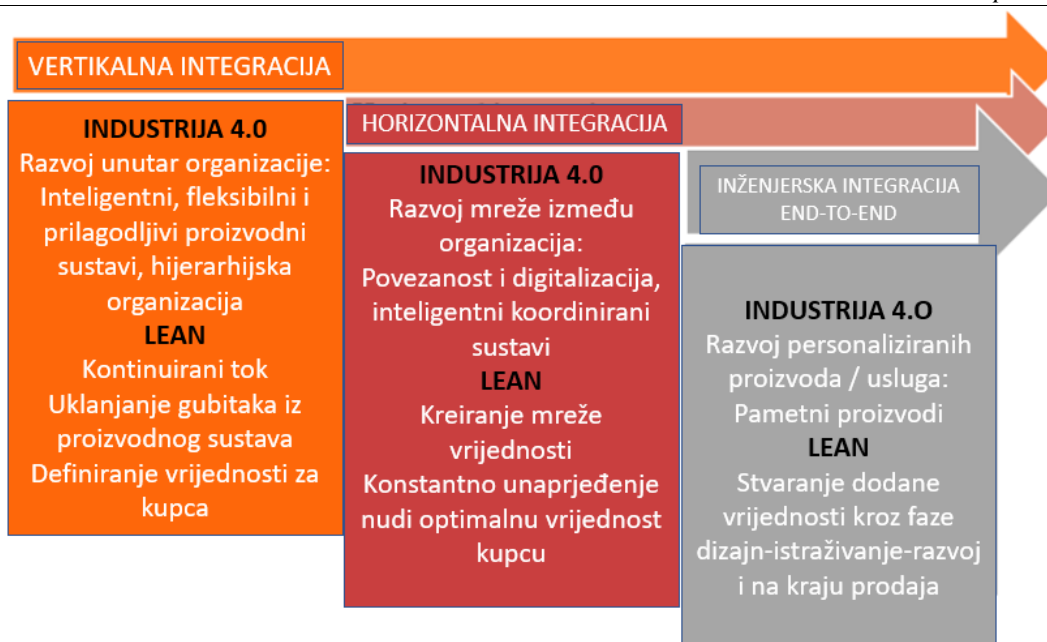
Slika 13. Grafički model ključnih elemenata za stvaranje vrijednosti Industrije 4.0 i Lean menadžmenta [36]

Industrija 4.0 uključuje visokotehnološka inteligentna rješenja koja stvaraju vrijednost. Svoju primjenu ostvaruje kroz tri ključna elementa: inteligenciju, povezanost i fleksibilnu automatizaciju. Objekti u poduzeću se digitalno povezuju i postiže se optimizacija procesa u stvarnom vremenu. Lean proizvodni sustavi teže konstantnom poboljšanju, kreiranju nove vrijednosti za kupca i smanjenju gubitaka. Ove dvije prakse često se susreću u industriji, ali međusobno izolirane pa je izazov spojiti ih u Digitalni Lean. Integracijom novih digitalnih tehnologija u Lean proizvodne sustave dolazi do transformacije poslovanja koje vodi ka boljem djelovanju i konkurentnosti poduzeća na tržištu te stvaranju nove vrijednosti za kupca. [36]

U svakoj fazi integracije Industrije 4.0 mogu se primijeniti pet osnovnih načela Lean menadžmenta. Sama implementacija Industrije 4.0 može se postići u tri smjera integracije: [36]

- Vertikalna integracija
- Horizontalna integracija
- End-to-end inženjerska integracija.

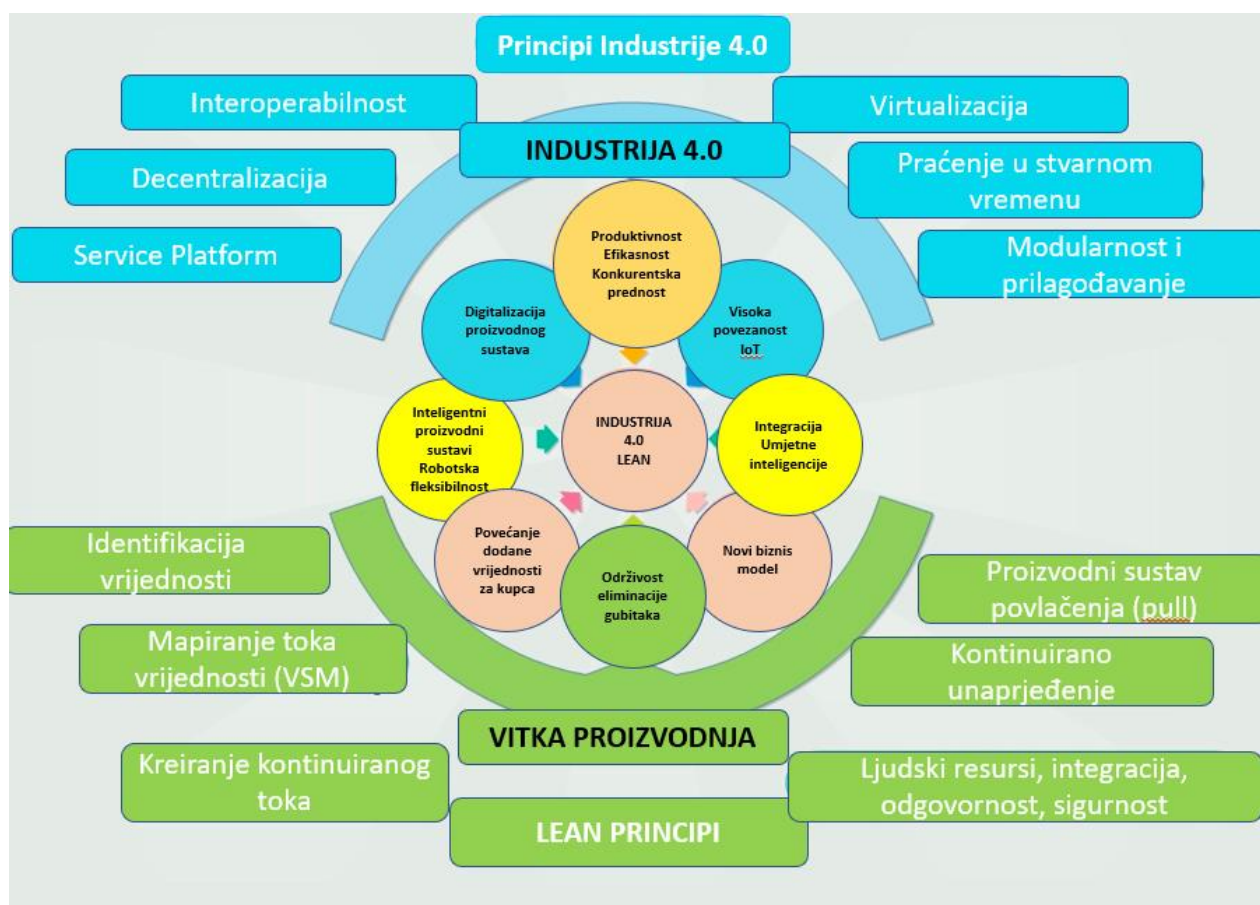
Slika 14. prikazuje model integracije Industrije 4.0 uz primjenu Lean principa.



Slika 14. Vertikalna, horizontalna i end-to-end inženjerska integracija [36]

Načela Industrije 4.0 i Lean proizvodnje međusobno se mogu ispreplesti kako bi se generirali novi pozitivni učinci na razvoj tvrtke. Tvrtke koje već imaju implementiran Lean menadžment, imaju još lakši put uvođenja Digitalnog Leana jer su razvili kulturu poboljšanja i uvijek su otvoreni za nova poboljšanja, ali i za promjene. Digitalne tehnologije doprinose razvoju Lean ciljeva. One donose velike tehnološke promjene u poduzeće, ali ne isključuju Lean principe, već naprotiv povećavaju performanse Lean alata. [36]

Analizom principa Industrije 4.0 i Lean alata, razvio se model koji identificira zajedničke ciljeve kako bi se oni integrirali i kako bi se stvorio dodatan doprinos na produktivnost i unaprjeđenja u proizvodnji (Slika 15.). Digitalni Lean omogućuje novu tehničko-upravljačku integraciju i organizacijsku kulturu. [36]



Slika 15. Prikaz integracije principa Industrije 4.0 i Lean menadžmenta [36]

4.1. Ključni pokretači digitalnog Leana

Lean metodologija u proizvodnji osnovni je pokretač izvrsnosti sa smanjenjem troškova, uklanjanjem gubitaka i odgovorima na zahtjev kupaca. Industrija 4.0 s digitalnim tehnologijama donosi nove razine fleksibilnosti, automatizacije i brzine proizvodnje. Napredak IT tehnologija, automatizacije, robotike i analizi podataka mijenja organizaciju proizvodnje i donosi nove mogućnosti poboljšanja. Lean alati i digitalne tehnologije međusobno se nadopunjuju i imaju pozitivan utjecaj jedno na drugo. [28]

Postoji 5 ključnih pokretača Digitalnog Leana: [28]

- 1) Kombinacija IT (informacijske tehnologije) i OT (operacijske tehnologije) tehnologija
- 2) Fokus na ljudski rad
- 3) Pružanje informacija digitalizacijom standardnog rada
- 4) Prikupljanje informacija u stvarnom vremenu
- 5) Djelovanje prema podacima



Slika 16. Ključni pokretači Digitalnog Leana[28]

4.1.1. *Kombinacija IT (informacijske tehnologije) i OT (operacijske tehnologije) tehnologija*

Samo 13% tvrtki uvodi digitalizaciju kako bi povećali učinkovitost. Prije dolaska Industrije 4.0 informacijske tehnologije (IT) i operacijske tehnologije (OT) činile su dva različita područja s vrlo malo preklapanja. IT sustavi su usmjereni na podatke, a OT na nadzor događaja, procesa i uređaja te prilagodbu u operacijama. Digitalni Lean zahtjeva integriranu IT/OT infrastrukturu kako bi se ostvario puni potencijal i kako bi unaprjeđenje bilo što veće. Tako integrirana struktura usklađuje upravljačke sustave, industrijske mreže i međusobno povezane strojeve putem računarstva u oblaku, mobilno računarstvo, analizu podataka i umjetnu inteligenciju. [28]



Slika 17. Integracija OT – IT [35]

Pokreće veliki potencijal u proizvodnji tvrtke da postane još brža, fleksibilnija i da pokrene digitalnu transformaciju. Uz to, omogućava bolji tok podataka, poboljšava učinkovitost radne snage, podiže razinu suradnje u poduzeću i daje uvid u podatke u stvarnom vremenu. [35]

4.1.2. Fokus na ljudski rad

Poduzeća uz ulaganje u tehnologije koje osiguravaju automatizaciju, moraju ulagati u svoje ljudstvo koje predstavlja najvažniju imovinu poduzeća. Digitalni Lean olakšava pristup podacima o proizvodnim procesima na svakoj radnoj jedinici. Tako osposobljavaju zaposlenike za brzo rješavanje problema uz puno višu razinu njihova zadovoljstva. Digitalni Lean integrira zaposlenike s radnim okruženjem što će potaknuti fleksibilnost i u konačnici produktivnost proizvodnje. Ljudstvu će se olakšati rad, a i podići će se razina znanja. [28]

4.1.3. Pružanje informacija digitalizacijom standardnog rada

Digitalizacija standardnog rada omogućit će distribuciju radnih uputa putem pametnih uređaja kao što su tableti ili pametni telefoni što će osigurati infrastrukturu i temelj za učinkovite proizvodne procese. Digitalni Lean omogućuje prilagodljive radne upute koje su promjenjive u stvarnom vremenu. Ako se primjerice promjeni zahtjev kupca, digitalne upute je moguće preinačiti te ažurirati i distribuirati radnicima na njihove radne jedinice u stvarnom vremenu. Tako su radne upute uvijek točne i pravodobne, a zaposlenici mogu poslati svoju povratnu informaciju ili bilješku. Tako je omogućena brza komunikacija cjelokupnog

poduzeća što olakšava suradnju i interaktivnost, a standardizirani rad podiže na višu razinu. [28]

4.1.4. Prikupljanje informacija u stvarnom vremenu

Proizvodni procesi generiraju podatke koji se koriste kao input za sve mjere poboljšanja. Kako bi prikupljeni podaci bili točni, proces je potrebno standardizirati. Standardizacijom procesa omogućava se upravljanje podacima koji sadrže i ljudske i strojne podatke o tijeku proizvodnog procesa. Integracijom digitalnih tehnologija Industrije 4.0, dobiva se uvid u status proizvodnje u stvarnom vremenu. Automatsko prikupljanje podataka sa strojeva iz proizvodnog pogona, na primjer uz pomoć senzora, poboljšava njegov rad i smanjuje mu nedostatke. Strojevi su povezani i generiraju u stvarnom vremenu podatke o radu, povijesti održavanja i svim drugim tehničkim uvjetima koji utječu na performanse. Podaci omogućuju prediktivnu analitiku i održavanje, tako da se predvide potencijalni kvarovi i spriječi gubitak čekanja. Također, uz uporabu senzora s mogućnošću prepoznavanja slike, moguće je poboljšati kontrolu kvalitete i omogućiti rano otkrivanje nedostataka i upozoravanja na to. Podaci se prikupljaju kontinuirano i u stvarnom vremenu, a zaposlenici se integriraju s radnim okruženjem te se uz pomoć pametnih uređaja i aplikacija mnogo efikasnije prikupljaju informacije. To omogućuje određivanje standarda vremena ciklusa procesa, stope proizvodnje kao i uvid u uroke kvarova ili gubitka. [28]

4.1.5. Djelovanje prema podacima

Djelovanje prema podacima uključuje pretvaranje podatka u konkretno djelovanje. Za djelotvornost prikupljenih podataka potrebna je IT struktura koja omogućuje njihovu analizu i strukturiranje. Uz sam prikaz podataka na nadzornoj ploči, potrebno je i pokrenuti određene korektivne radnje. Kombinacijom analize podataka i upravljanja radom dobiva se koordinacija rada u stvarnom vremenu. Digitalni Lean omogućuje adaptivno planiranje proizvodnje koji uz digitalne tehnologije nadograđuje Lean alate i dovodi ih na višu razinu te pomaže tvrtkama da stvore tvornicu budućnosti. [28]

4.2. Što će donijeti Digitalni Lean u odnosu na tradicionalni?

Uz pomoć Digitalnog Leana dodatno će se poboljšati i istaknuti Lean principi, a njihova primjena bit će još više izražena. Pri prelasku s Tradicionalnog u Digitalni Lean važno je

razumjeti digitalno proširenje svakog alata. U današnje vrijeme sve je veća potreba za poboljšanjem tradicionalnog Leana uvođenjem digitalnih tehnologija koje će ga nadograditi, a poduzeću omogućiti još bolji koncept poslovanja. Digitalni Lean omogućit će poduzeću još točnije, preciznije informacije, a njihov protok u procesu bit će mnogo brži. Digitalizacijom će se postići povećanje temeljnog učinka Lean alata. Kontinuirano poboljšanje omogućit će tvrtki da postane vitka te da fleksibilno usklađuje svoje aktivnosti u skladu s njenom poslovnom strategijom.

Kao primjer nadogradnje tradicionalnog Leana u smanjenju i otklanjanju osam vrsta gubitaka, Digitalni Lean će mnogo brže prepoznati gubitak što će ublažiti posljedice, odnosno negativne utjecaje tog gubitka. To će se postići tako da će se dobiti ciljane i vrlo detaljne informacije potrebne za eliminaciju gubitka i to izravno onim zaposlenicima koji ga mogu ukloniti. Također, prednost se može vidjeti i u otkrivanju i eliminaciji skrivenih komponenti, kao što je primjerice kašnjenje informacija u procesu, koje donose gubitak, a koje je teško prepoznati na tradicionalni način. To su komponente koje često ostaju neprimijećene, a tako ne primijećene kumulativno doprinose višim troškovima i smanjenju učinkovitosti. [24]

Tablica 2. donosi usporedbu prepoznavanja 8 vrsta gubitaka kada se koristi tradicionalni Lean i njihovo poboljšanje implementacijom Digitalnog Leana.

Tablica 2. Usporedba Tradicionalnog Leana i Digitalnog Leana u uklanjanju gubitaka [24]

Vrsta gubitka	Tradicionalni Lean	Digitalni Lean
Zalihe	Proizvodi se točno potrebna količina u potrebno vrijeme	Daje uvid u stanje zaliha u stvarnom vremenu i tako se prati proces i daje bolju mogućnost unaprjeđenja
Čekanje	Prepoznaje i uklanja zastoje uska grla, neuravnotežene operacije, loš plan proizvodnje i slično	Smanjuje vrijeme čekanja tako što daje informacije o proizvodu u stvarnom vremenu, dinamički preusmjerava operacije i mnogo brže prepoznaje usko grlo i ostale uzroke zastoja

Škart	Smanjuje otpad standardizacijom procesa i konstrukcije proizvoda	Prepoznaje se točan proces, operacija u proizvodnji ili značajka proizvoda koja uzrokuje škart
Prekomjerna proizvodnja	Prepoznaje i uklanja ne usklađenost između ponude i potražnje strogim ograničenjima procesa	Aktivna prilagodba kapaciteta praćenjem toka proizvodnje u stvarnom vremenu
Prekomjerna obrada	Proizvodi se samo ono što kupac zahtjeva i izbjegava se bespotrebno trošenje resursa na ono što kupac nije spreman platiti	povezuje i integrira životni ciklus proizvoda (i tok vrijednosti) kroz neprekinutost podataka koja se sastoji od razvoja, proizvodnje i uporabe koja uključuje sve od početnog dizajna do životnog vijeka proizvoda.
Nepotrebni pokreti	Bolji raspored strojeva i alata te uređeniji plan proizvodnje izbacit će ovu vrstu gubitka	Analizira podatke i korištenje digitalnih tehnologija poput virtualne i proširene stvarnosti kako bi se simulirale i optimizirale kretnje
Transport	Smanjuju se procesi koji su raštrkani po cijelom pogonu koji zahtijevaju Transporte između radnih jedinica	Kvantificira vremena transporta u procesu i omogućava optimalnu organizaciju radnog prostora

4.3. Utjecaj Industrije 4.0 na Vitku (Lean) proizvodnju

Prema izvoru [27] autori su povezali Lean metodologiju i digitalne tehnologije te su napravili matricu utjecaja pojedinih tehnologija na alate Vitkog upravljanja. Naglasak istraživanja bio je na proizvodnju, a provedeno je u automobilskoj industriji. Zbog razvoja Industrije 4.0 i digitalnih tehnologija i sve šire implementacije Lean alata, one se često međusobno susreću u

proizvodnim pogonima poduzeća. Iz tog razloga je zanimljivo vidjeti kako jedna utječe na drugu i koliko jak utjecaj ima.

Tablica 3. Utjecaj industrije 4.0 na Lean [27]

	Prikupljanje i obrada podataka				Komunikacija stroj- stroj		Interakcija čovjek-stroj	
	senzori	Računarstvo u oblaku	Big Data	Analitika	Horizontalna integracija	Vertikalna integracija	Virtualna stvarnost	Proširena stvarnost
5S	*	*	*	*	*	*	**	***
Kaizen	*	**	***	***	***	***	***	***
Standardizirani rad	**	***	***	***	**	**	***	***
Just in Time	**	**	***	***	***	**	*	**
Jidoka	*	***	***	***	**	**	*	*
Ljudi i timski rad	*	*	*	*	*	*	***	***
Smanjenje otpada	*	*	**	***	***	***	*	*

U gore prikazanoj Tablici 3. na lijevoj strani crvenom bojom označeni su Lean alati, u gornjem dijelu tehnologije Industrije 4.0. Žutom bojom označene su tehnologije koje prikupljaju i obrađuju podatke, zelenom one koje omogućuju međusobnu komunikaciju strojeva, a plavom tehnologije koje integriraju čovjeka sa strojem. Ne utječe svaka tehnologija jednako na sve alate pa ih je autor stupnjevao. Ocjena * predstavlja blagi pozitivan utjecaj pojedine tehnologije na Lean alat. Ocjena *** predstavlja značajan utjecaj koji pojedina tehnologija ima na alat, a **** predstavlja najveći mogući pozitivan utjecaj tehnologije na Lean alat. [27]

4.4. Digitalna transformacija poduzeća uz integraciju s Vitkim načinom razmišljanja

Kako bi se ostvarila digitalna transformacija poduzeća u skladu s Lean načinom razmišljanja sastavljeno je pet osnovnih upravljačkih stupova: [25]

- Digitalna strategija
- Upravljanje procesima

- Upravljanje tehnologijom
- Menadžment ljudi
- Procjena rizika

4.4.1. Digitalna strategija

Prvo je potrebno napraviti digitalnu strategiju. Uz digitalizacije poslovnih procesa, važno je pružiti novi način rada i poslovanja te korištenjem digitalne tehnologije stvoriti novu vrijednost za kupca. Digitalna strategija predstavlja novu strategiju cijele tvrtke jer se uvode nove digitalne tehnologije koje će služiti potrebama poslovnih jedinica i tako olakšati rad cijelog poduzeća.

Ciljevi stvaranja digitalne strategije: [25]

- Predstaviti digitalnu viziju (smjer digitalnog poslovanja u budućnosti)
- Odrediti unutarnju analizu – sposobnost provedbe digitalne strategije i potrebne resurse
- Odrediti vanjsku analizu – analizirati potrebe kupca i konkurenciju
- Postaviti ciljeve
- Stvoriti digitalnu radnu kulturu
- Procjena i prikaz budućeg stanja

Alat koji je vrlo moćan za definiranje i implementaciju nove digitalne strategije je Hoshin Kanri (U prijevodu s Japanskog "Hoshin" = smjer, "Kanri" = administracija) odnosno Hoshin planiranje. To je tehnika čiji je cilj transformirati vizije u ciljeve koji će osigurati napredak i djelovanje na svim razinama unutar tvrtke od najvišeg i srednjeg menadžmenta do implementacijskog tima.

4.4.2. Upravljanje procesima

Prema Lean načinu razmišljanja, poslovni procesi uvijek imaju prednost u odnosu na tehnologiju. To je tako zato što tehnologija u načelu služi procesu odnosno ona se smatra sredstvom koje dovodi do povećanja učinkovitosti procesa. Uspješna digitalizacija procesa zahtjeva horizontalni pogled na poslovanje koji će stvoriti komunikaciju među odjelima i uvid u tijek dodane vrijednosti. Potrebno je pratiti aktivnosti u procesu uključujući sve, od dobavljača do krajnjeg kupca kako bi se u konačnici postigla poboljšanja u svim segmentima procesa i kako bi se povećalo zadovoljstvo kupaca. [25]

Upravljanje procesima predstavlja vrlo važnu aktivnost jer upravo se digitalnom inovacijom u procesu stvaraju novi, inovativni i bolji način rada i poslovanja. Digitalne tehnologije donose transformaciju koja će doprinijeti procesu i donijeti će nove značajke koje će povećati učinkovitost. Povećanje učinkovitosti vidi se u načinu izvođenja procesa, smanjenja troška, optimizacije vremena, poboljšanju kvalitete i brojnih drugih prednosti. [25]

Bitno je postaviti i razumjeti poslovni cilj i očekivanja kupaca kako bi novi proces bio dizajniran tako da zadovolji njihove zahtjeve.

Kako bi se proces pretvorio u bolju digitalnu verziju potrebno je: [25]

- Shvatiti digitalnu viziju i ciljeve
- Razumijevanje poslovnog cilja i potreba kupaca
- Kreiranje poboljšanog procesa s boljim performansama
- Stvoriti novu dodanu vrijednost iz perspektive kupca
- Procjena budućeg stanja i rizika
- Implementacija u skladu s organizacijskim zahtjevima

Upravljanje procesom predstavlja složenu društveno-tehničku aktivnost koja uključuje tehnologiju i ljude, ali i organizacijske dimenzije koje treba uzeti u obzir. One su vrlo važne jer svaki dobar proces se treba uklopiti u organizacijske zahtjeve. Upravljanje procesima predstavlja jedan od najvažnijih dijelova Digitalne transformacije jer upravo proces naglašava kako treba raditi na pravi način.

4.4.3. Upravljanje tehnologijom

Ono što će najviše doprinijeti uspješnoj digitalnoj transformaciji je dobra strategija, a tehnologija je alat koji će u tome biti od velike pomoći. Kako bi se uspješno provela digitalna transformacija potrebno je: [25]

- Odrediti tehnološku strategiju
- Primijeniti „pull“ princip na tehnologiju kako bi ona udovoljila poslovnim ciljevima i stvorila konkurentsku prednost na tržištu.
- Provesti tehnološko predviđanje kako bi se uvele najbolje digitalne tehnologije
- Procjena i kontrola budućeg stanja te potrebe za unaprjeđenjem (kako bi se izbjeglo „zaljublivanje“ u tehnologiju)

Lean načinom razmišljanja uz interakciju digitalnih tehnologija postiže se inovativan pristup razvoju novih proizvoda i načina poslovanja.

4.4.4. Menadžment ljudi

Vrlo je bitno u procesu digitalizacije poduzeća, stvoriti pozitivnu digitalnu kulturu, koja će omogućiti ljudima povjerenje u nove digitalne tehnologije. Bitno je da zaposlenici prihvate novitet i novi način rada imajući na umu da će uz pomoć njih moći bolje i lakše obavljati svoj posao. Vrlo je bitan angažman zaposlenika jer su oni ti koji stvaraju vrijednost brzim učenjem i prilagođavanjem promjenama. Zato je bitno osvijestiti i poboljšati vještine zaposlenika, kroz koje se odvija inovacija procesa, tehnologija i strategija. [25]

Unutar menadžmenta ljudi potrebno je: [25]

- Razumjeti nova pravila i izazove Leana i industrije 4.0
- Promijeniti okruženje u skladu s digitalnom strategijom
- Održavanje i upravljanje promjenama

4.4.5. Upravljanje rizikom

Upravljanje rizikom nije tehnološko već poslovno pitanje s kojim se tvrtka suočava. Ono se odnosi na strategiju koja će biti od velike pomoći pri rješavanju rizika povezanih s provedbom digitalnih strategija i s njima povezanih digitalnih tehnologija.

Rizici kod digitalne transformacije su: [25]

- Tehnološki rizici – kvarovi ili starenje tehnologije
- Rizik o neovlaštenom pristupu informacijama i podacima
- Strateški rizici – rizik od nezadovoljstva kupca kao rezultat promjene izvorne digitalne strategije
- Rizici zbog grešaka implementacije
- Operativni rizici – posljedice gubitka

4.5. Najčešće greške Digitalne transformacije

Jako je važno prepoznati rizike, ali i najčešće greške koje se događaju prilikom implementacije Digitalne transformacije kako bi se one uspješno izbjegle.

Neke od najčešćih grešaka koje se događaju u poduzećima su: [26]

- Nedovoljno razumijevanje Digitalne transformacije - potrebno je razumjeti digitalnu tehnologiju i metodologiju te način Lean razmišljanja. Ona predstavlja mnogo više od samog uvođenja tehnologije u poslovanje i uključuje razumijevanje strategije, procesa, inovativnih poslovnih modela, kulture i naravno digitalne tehnologije.
- Nedovoljna involviranost visokog menadžmenta i izvršnog direktora – baza digitalne transformacije je vizija i cilj koji je postavilo rukovodstvo tvrtke pa njihova ne uključenost u proces digitalizacije može dovesti do neuspješne implementacije.
- Nedovoljno jasan fokus i ciljevi – jasan poslovni cilj kao i detaljno opisani koraci bitan su faktor i bitno utječu na samu digitalizaciju. Zaposlenici moraju razumjeti svrhu implementacije kao i njene korake te učinak svakog pojedinog koraka.
- Otpor zaposlenika promjenama – Svako poduzeće prilikom uvođenja inovacija nailazi na otpor zaposlenika koji su navikli na prošli princip rada i teško im je izaći iz „komfor“ zone. Iz tog razloga je jako bitno ispravno provesti edukaciju i taktičke mjere kojima bi se uveo novi način razmišljanja
- Prevelik fokus na tehnologije – Lean način razmišljanja sve promatra iz perspektive kupca te je najvažnije zadovoljiti njegove potrebe. Prilikom uvođenja digitalnih tehnologija postoji opasnost da se dogodi preokupiranost funkcionalnostima tehnologije te se tako zanemare ciljevi poduzeća.
- Nedostatak znanja – može dovesti do lošeg planiranja resursa, loše procijene rizika i planiranja rokova ili do neadekvatnog izbora tehnologije. Zato je potrebno educirati se o svakom koraku implementacije kako ne bi došlo do nepotrebnih rasipanja resursa i gubitaka.

5. PRIMJENA DIGITALNOG LEAN-a U PODUZEĆU DAMKO

5.1. Tvrtna DAMKO

Damko je tvrtka u vlasništvu tvrtke Purić d.o.o. s adresom Hrvatskih branitelja 7 u Samoboru. Ona predstavlja razvojni, ali i proizvodni odjel tvrtke Purić d.o.o. koji na vrlo inovativan način kreira, projektira, proizvodi, istražuje i pušta u rad automatizirana i digitalizirana rješenja u industriji. Tvrtna je specijalizirana na području automatizacije, digitalizacije, robotike i industrije 4.0. [29]

Osnovna djelatnost poduzeća je razvoj i ponuda proizvoda i usluga na području: [29]

- Automatizacije
- Digitalizacije
- Robotike
- Optičke kontrole kvalitete.

U sklopu tih područja Damko klijentima nudi rješenja u obliku: [29]

- Automatiziranih proizvodnih linija ili njihovog dijela
- Digitaliziranih procesa
- Prodaje i ugradnje robotskih ruku
- SMART rješenja u industriji.

Ova tvrtka surađuje s brojnim sveučilištima kao što su Fakultet elektrotehnike i računarstva, Fakultet strojarstva i brodogradnje i Agronomski fakultet. Također suradnik je i Srednjoj školi Ruđer Bošković. Valja istaknuti i sudjelovanje na projektu o bespovratnim sredstvima Europske unije pod imenom Uspostava regionalnih centara kompetentnosti u strukovnom obrazovanju u (pod)sektorima: strojarstvo, elektrotehnika i računalstvo, poljoprivreda i zdravstvo. Tim projektom uspostaviti će se programski i kadrovski uvjeti u RCK Ruđera Boškovića unaprjeđenjem mogućnosti za učenje, a to će dodatno povećati njihove sposobnosti, ali i mogućnosti za ulazak na tržište rada. Damko također opskrbljuje školu materijalima i opremom za učenje. [29]

5.2. Proizvodi tvrtke Damko

Proizvode tvrtke možemo podijeliti u nekoliko skupina: [30]

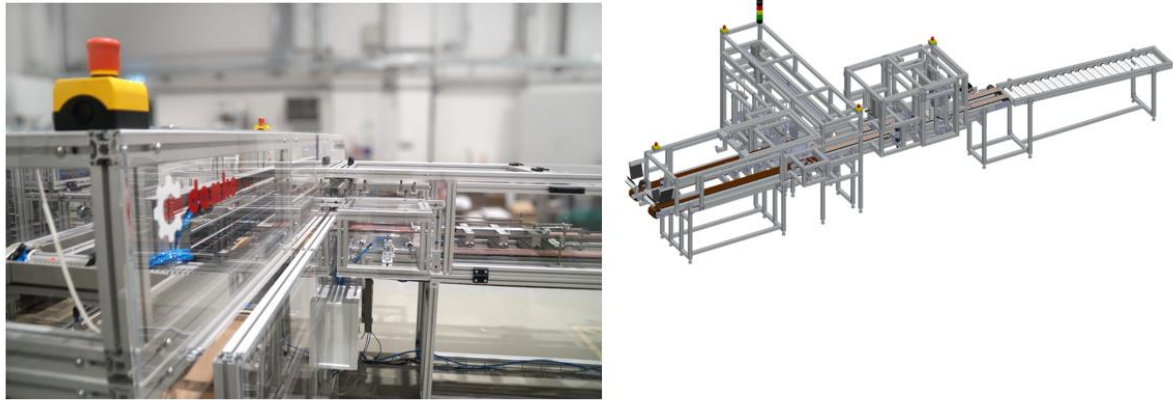
- Automatizirane proizvodne linije
- Kartoniranje i paletiranje
- Kontrola kvalitete računalnim vidom
- Automatizirano upravljanje izvršnim elementima
- Robotska ruka
- Digitalizacija

5.2.1. *Automatizirane proizvodne linije*

Automatizirane proizvodne linije za sklapanje, manipulaciju, pakiranje, kontrolu kvalitete mogu se integrirati u postojeću liniju ili kao zasebnu liniju. Tvrtka po potrebi može u sklopu linije izraditi vlastite manipulatore. Sama proizvodna linija sadrži niz radnih stanica koje su međusobno povezane sustavom za transport. Svaka stanica obavlja operaciju obrade na autonoman i koordiniran način tako da se proizvod ili njegov dio postepeno sastavljaju dok putuju linijom. Automatiziranim linijama se upravlja uz pomoć računala. [30]

5.2.2. *Kartoniranje i paletiranje*

Kartoniranje i paletiranje kojima se slažu kutije i stavljaju na palete i tako budu spremne za prijevoz viličarom. Izazov je napraviti kompaktan i čvrst raspored koji će činiti stabilnu isprepletenu strukturu. Ovaj proces se odvija uz pomoć automatiziranih robota. [30]



Slika 18. Sustav za kartoniranje

5.2.3. Kontrola kvalitete računalnim vidom

Kontrola kvalitete računalnim vidom spada u skupinu modernih tehnologija kojom se optičkom kontrolom temeljenoj na računalnoj video analizi u stvarnom vremenu prepoznaju nepravilnosti. Tvrtka je izradila vlastite algoritme za prepoznavanje pogrešaka čak i u najtežim uvjetima čime se omogućuje kontrola i najmanjih elemenata s dimenzijama manjim od 1mm. Ovom tehnologijom omogućuje se prepoznavanje nedostataka, odstupanja kvalitete, automatizirano odvajanje neispravnih dijelova, upravljanje i mjerenje. [30]

5.2.4. Automatizirano upravljanje izvršnim elementima

Automatsko preuzimanje proizvoda iz transportnih kutija ili s palete. Moguće je prepoznavanje proizvoda i korekcija hoda u odnosu na položaj. Na ovaj način moguće je nasumično dohvaćanje predmeta iz kante i premještanje na željeno mjesto. To se postiže uz pomoć robota opremljenog senzorima i kamerama koji uz pomoć usisne ili paralelne hvataljke izuzima predmete. [30]

5.2.5. Robotska ruka

Tvrtka nudi robotsku ruku odnosno integraciju robotskih ruku koje mogu biti dio postojećeg sustava ili zajedno s cijelom novo-dizajniranom robotskom ćelijom i perifernim modulima. One se mogu koristiti u različitim segmentima industrijske proizvodnje od pomicanja velikih i teških komada do mehanike finog pozicioniranja predmeta. [30]

5.2.6. Digitalizacija

Kao proizvod i usluge koje tvrtka nudi ističe se i mogućnost digitalizacije kao postupka kombiniranja digitalnih tehnologija i informacija kako bi se poslovanje učinilo učinkovitijim, ekonomičnijim, produktivnijim i boljim uz manji utrošak novca i vremena. U digitalizaciji sudjeluju automatizacija i telemetrija. Telemetrija predstavlja visoko automatizirani komunikacijski proces. On uz pomoć radio prijenosa šalje informacije, a funkcija mu je prikazivati, nadzirati i bilježiti podatke. Tako će poduzeće lakše moći nadzirati i upravljati. [30]

5.3. Uvođenje Digitalnog Leana na radno mjesto strojne obrade tvrtke Damko

Lean metodologija i način razmišljanja prema njenim načelima uvodi se u poduzeće uz pomoć Lean alata. Najprije je potrebno stvoriti dobru atmosferu i sinergiju kako bi zaposlenici što bolje reagirali na uvođenje promjena. Potrebno je razjasniti svima dobrobiti metodologije i uvesti način razmišljanja koji će omogućiti veliki napredak. Digitalne tehnologije dodatno će unaprijediti učinak Lean alata i povećat će unaprjeđenja. U pogonu tvrtke, konkretno na radnom mjestu strojne obrade napravljena je analiza postojećeg stanja te je uz pomoć alata Digitalnog Leana organiziran rad. [30]

5.3.1. Analiza postojećeg stanja odjela strojne obrade

Odjel strojne obrade sadrži svoj radni prostor koji se sastoji od radnog prostora oko CNC stroja i skladišta strojne obrade u koji se odlaže materijal koji ide na obradu i kružne pile za rezanje i pripremu materijala. Odjel je povezan i s centralnim skladištem tvrtke u koji se nose gotovi komadi. Kako bi se dobio uvid u moguća poboljšanja potrebno je snimiti i analizirati stanje. U odjelu strojne obrade radi jedan zaposlenik u jednoj smjeni od 8 sati dnevno.

Tablicom 4. su prikazane aktivnosti prilikom procesa strojne obrade jednog radnog naloga.

Tablica 4. Opis i trajanje aktivnosti pri obavljanju prvog radnog naloga u danu

Broj aktivnosti	Aktivnost	Trajanje (min)
1.	Prijava po dolasku na posao i upis na listu	2
2.	Paljenje i zagrijavanje stroja	25

3.	Priprema radnog mjesta	3
4.	Odlazak po radni nalog do ureda i po nove radi izmjene	8
5.	Analiza prije računalne obrade radnog komada	5
6.	Odlazak po potrebni materijal (sirovac) na skladište strojne obrade i njegovo traženje	3
7.	Mjerenje i označavanje sirovca	3
8.	Rezanje sirovca na mjeru (uz dodatak za obradu)	1.5
9.	Računalna obrada (programiranje rada) početnog položaja alata i načina rada stroja	13
10.	Postavljanje radnog komada u stroj tako da obrada teče onako kako je isprogramirano (prema 10)	2
11.	Puštanje stroja u rad i nadgledanje rada	7
12.	Okretanje i ispuhivanje radnog komada	0.5
13.	Ponovna priprema komada na računalu i stroju	13
14.	Ponovno puštanje u rad stroja	7
15.	Uzimanje gotovog komada i ispuhivanje	0.5
16.	Odlazak na centralno skladište po vijak/maticu/podložak	2
17.	Kontrola komada	1.5
18.	Dorada komada pjeskarenjem	5
19.	Nošenje gotovih komada na centralno skladište	2
	UKUPNO TRAJANJE PRVOG RADNOG NALOGA U DANU:	104

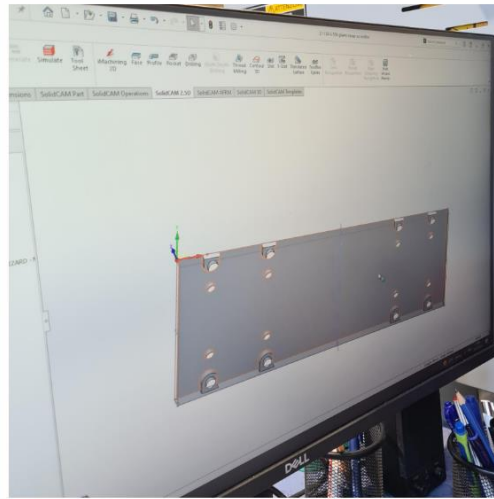
Kada zaposlenik dođe na posao potrebno je obaviti proceduru prijave odlaskom do ureda i potpisivanjem. Nakon toga radnik odlazi na radno mjesto i pali CNC stroj kojemu je potrebno 25 minuta dok se zagrije pa ga prije toga nije moguće koristiti. Za to vrijeme zaposlenik pali računalo i priprema svoje radno mjesto kako bi mu bilo spremno za rad. Odlazak po radni nalog do ureda i čekanje na njegov ispis te ispunjavanje oduzima puno vremena. Ako nešto u nalog

treba dodati ili maknuti iz njega, potrebno je ponovno ići do ureda što zahtjeva dodatno vrijeme. Ako se sve to uzme u obzir, samo na odlaske po radne naloge odlazi 8min po radnom nalogu. Kada zaposlenik obavi pripremu i odlazak po radni nalog (to obavlja dok se stroj zagrijava), slijedi još 14 minuta čekanja da se zagrije stroj. Nakon toga slijedi analiza radnog komada. Prije svake strojne obrade na CNC stroju, radnik mora analizirati radni komad koji se šalje na obradu. Kako bi se tehnološki postupak uspješno proveo bitno je jako paziti na svaki dio strojne obrade. Potrebno je znati kako stegnuti obradak, s kojih strana ga obrađivati, analizirati proces obrade, odrediti vrstu obrade kao što su primjerice glodanje, bušenje, tokarenje te redoslijed operacija, odrediti vrstu alata za obradu i slično. Sve to zahtjeva visoku koncentraciju i znanje zaposlenika kako ne bi došlo do pogreške. Nakon analize potrebno je otići u skladište strojne obrade po materijal (sirovac) te ga pronaći i izmjeriti kako bi se pripremio za rezanje. Najčešće se izuzimaju komadi na kojima je potrebno izvesti mjerenja i označavanja kako bi se izrezali na potrebnu duljinu. Mjerenje se često odulji zbog traženja mjernih uređaja pa u prosjeku traje oko 3 minute. Nakon mjerenja slijedi rezanje na mjeru (mjera sadrži i dodatak za obradu koji je potrebno uračunati prilikom samog mjerenja).



Slika 19. Mjerenje i rezanje sirovca

Zatim zaposlenik na računalu programira način rada CNC stroja što uključuje definiranje početnog položaja početka rada na obratku i način obrade na primjer koje će se operacije i vrste alata koristiti i kojim redoslijedom, koja vrsta hlađenja će se koristiti (budući da se najčešće radi s aluminijem onda je to većinom voda s 5-8% ulja za emulziju) i slično.



Slika 20. Programiranje radnog komada prema prethodnoj analizi

Nakon što je to sve definirano, potrebno je obradak postaviti u CNC stroj tako da se on obradi točno onako kako je opisano u koraku programiranja. Zatim se zatvaraju vanjska vrata stroja, stavlja se zaštitna oprema i pokreće se stroj koji započinje s radom. U toku rada zaposlenik nadgleda stroj i uočava mogućnost pogreške, fino podešava režim rada i ako vidi da se proces strojne obrade ne odvija na predviđeni način, zaustavlja rad stroja i traži grešku.



Slika 21. Stavljanje radnog komada u CNC stroj, pokretanje i nadgledanje

Kada završi proces obrade s jedne strane, potrebno je izvaditi obradak, malo ga ispuhati uz pomoć kompresora kako bi se osušio od vode koja se koristi za hlađenje i okrenuti ga.

Radnik ponovno programira način rada na prethodno opisan način. Zatim okreće obradak te ga ponovno stavlja u stroj i radi ponovnu pripremu kao i za prethodnu stranu radnog komada. Stroj se ponovno pušta u pogon i obrađuje se druga strana radnog komada. Ovaj postupak se ponavlja ovisno o tome s koliko je strana radni komad potrebno obraditi. Kada je obrada završena radni komad se ispuhuje kako bi se osušio te ga je potrebno prekontrolirati. Kontrolira se jesu li rupe dovoljno velike, jesu li skošenja dobra, provjeravaju se navoji i utori za matice i podloške i slično. Kako bi se to sve ostvarilo potrebno je otići do glavnog skladišta i uzeti određeni vijak, maticu, podloške i slično. Prije same kontrole radnik odlazi do glavnog skladišta kako bi uzeo potrebne vijke, matice ili podloške za kontrolu. Nakon kontrole, ako je sve u redu komad se dorađuje pjeskarenjem i eventualno se šalje na eloksiranje kako bi se dobila bolja svojstva i konačni izgled proizvoda.



Slika 22. Kontrola i pjeskarenje

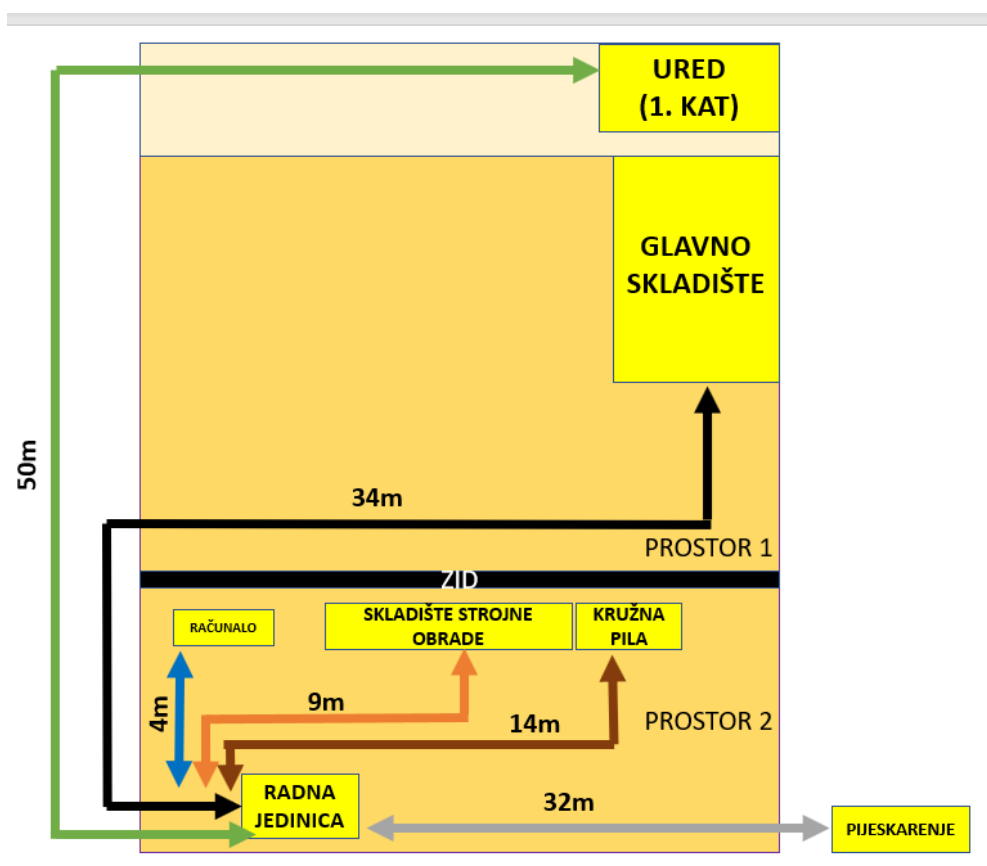
Dobar odnos prema svakom zaposleniku i sinergija osnovni su preduvjeti za uvođenje Vitkog upravljanja u poduzeće. Dokaz sinergije prikazuje Slika 22. gdje sam se osobno okušao u pjeskarenju radnog komada.

Nakon što je sve dovršeno, ako je sve u redu, proizvod se nosi na skladište. Broj radnih komada po radnom nalogu, kao i njegova geometrija jako utječu na vrijeme obavljanja radnog naloga. Velik je broj različitih radnih komada, različite kompleksnosti, a i njihov broj po radnom nalogu varira. Iz tog razloga pri računanju vremena uzeo se prosječan broj radnih komada po radnom nalogu (3) i radne komade prosječne kompleksnosti koji se obrađuju s dvije strane. Ukupno vrijeme koje je potrebno da se obavi prvi radni nalog u danu je 104 minute.

Ako se oduzme vrijeme čekanja da se stroj zagrije (14 minuta) dobije se prosječno vrijeme od 90 minuta po radnom nalogu. Imajući na umu da zaposlenici imaju pauzu u trajanju od 30 minuta, prosječan broj odrađenih radnih naloga u danu je 5.

5.3.2. Transportni put prije implementacije Digitalnog Leana na odjel obrade

Prije implementacije Vitkog upravljanja analizirani su i laserski izmjereni transportni putevi koje zaposlenik u odjelu strojne obrade prođe u jednom danu. Izmjerene i zaokružene duljine vidljive su u skici transportnih puteva prije uvođenja Leana.



Slika 23. Skica transportnih puteva prije uvođenja Digitalnog Leana

Zaposlenik pri dolasku na posao odlazi na radno mjesto. Zatim je potrebno u uredu prijaviti dolazak na posao. I vratiti se na radnu jedinicu. Budući da je taj postupak potrebno obaviti i prilikom završetka radnog vremena, radnik dnevno pređe četiri transportna puta u udaljenosti od 50m samo za prijavu i odjavu. Zatim se pali stroj koji je potrebno čekati da se zagrije, a radnik za to vrijeme odlazi po radni nalog u ured, a budući da se u danu obavi u prosjeku 5 radnih naloga, to je dodatnih 10 puta po 50m.

Ako je potrebno nešto izmijeniti u radnom nalogu (dodati, izostaviti napisati napomenu ili bilo što drugo), zaposlenik mora ponovno ići do ureda te čekati ispis novog radnog naloga ili mu se telefonski javlja što da izmjeni. Tu postoji veliki rizik greške u komunikaciji što bi u proizvodnji uzrokovalo velike gubitke vremena, materijala, trošenja alata, novca itd. Budući da se radi o razvojnom pogonu, takav slučaj se dogodi više puta u danu, a računat će se da radnik ode po radni nalog tri puta i dodatno pređe put od 300m ($6 \times 50m$). Zaposlenik zatim odlazi do računala i analizira radni komad prije računalne obrade i bira materijal prema standardnim mjerama. Taj put iznosi 4m, a zatim odlazi po materijal na skladište strojne obrade. Udaljenost skladišta do računala je 5m, a nakon izuzimanja materijala on se nosi na mjerenje i rezanje do kružne pile što iznosi dodatnih 5m. Izrezani radni komadi se nose do radne jedinice što je dodatnih 14m, zaposlenik odlazi do računala kako bi programirao početni položaj alata i način rada stroja (4m). Zatim se vraća na radnu jedinicu (4m) i obavlja obradu na CNC stroju. Kada je prva strana završena potrebno je ponovo na računalu isprogramirati način rada za drugu stranu, okrenuti obradak te ponovno pokrenuti stroj (8m). Prosječno se radni komad obrađuje s dvije strane i u prosjeku se radni nalog sastoji od 3 komada, pa će se za računanje koristiti prosječne vrijednosti. Ukupni transportni put od analize radnog komada do kraja obrade s dvije strane iznosi 44m ($4+5+5+14+4+4+8$). U prosjeku se radni nalog sastoji od 3 komada, i prosječno se radni komad obrađuje s dvije strane pa će se za računanje uzeti prosječne vrijednosti. Ako se transportni put od 44m koji se pređe za izradu jednog radnog komada s dvije strane pomnoži s prosječnim brojem komada (3), dobije se put od 132m po jednom radnom nalogu. Budući da je prosječan broj radnih naloga 5, transportni put za ovaj dio procesa iznosi 660m. Kada se odradi radni nalog odlazi se do centralnog skladišta kako bi se uzeli vijci, matice ili podlošci određenih veličina i navoja kako bi se izvršila kontrola. Budući da je prosječan broj radnih naloga 5 transportni put do skladišta i natrag iznosi 340m (10×34). Zatim je potrebno u ruci odnijeti obrađene komade (kada se završi radni nalog - po 3 komada) na pjeskarenje. Udaljenost do stroja za pjeskarenje iznosi 32m, a u danu je takvih puteva 10 pa to ukupno iznosi 320m. Na kraju se gotovi komadi iz radnog naloga nose do glavnog skladišta, a zaposlenik pređe put od 340m (10×34). Ukupni transportni put u smjeni (danu) iznosi 2660m. Prikaz svih transportnih puteva prije implementacije Vitkog menadžmenta vidljiv je i u Tablici 5.

Tablica 5. Prikaz svih transportnih puteva u danu prije implementacije Digitalnog Leana

VRSTA TRANSPORTNOG PUTA	DULJINA [m]	UKUPNA DULJINA [m]
Prijava i odjava zaposlenika pri dolasku i odlasku s posla	4 × 50	200
Odlazak po radne naloge u ured	10 × 50	500
Odlazak po novi radni nalog radi izmjene	6 × 50	300
Zbroj transportnih puteva od analize radnog komada do kraja obrade na stroju	5 × 3 × 44	660
Odlazak do glavnog skladišta po vijke/matice/podloške	10 × 34	340
Nošenje komada na pjeskarenje	10 × 32	320
Nošenje gotovih proizvoda na skladište	10 × 34	340
Zbroj svih transportnih puteva u danu (za 5 radnih naloga)		2660

5.4. Uvođenje RFID uređaja za praćenje rada

Poduzeće je vrlo inovativno i razvija se velikom brzinom pa je iz svoga djelovanja odlučilo, što je više moguće, izbaciti papirologiju te unaprijediti rad cjelokupnog poduzeća uvođenjem RFID tehnologije. Nakon što su uspješno provedeni alati Lean menadžmenta u cjelokupnom poduzeću te nakon uspostave Lean načina razmišljanja stvorena je digitalna strategija. Zaposlenicima je predstavljen smjer digitalnog poslovanja koji će olakšati i unaprijediti rad cijelog poduzeća. Napravljena je unutarnja analiza te je poduzeće odlučilo samostalno izraditi vlastiti RFID uređaj čiji će svaki segment biti djelo tvrtke. Takav pristup omogućit će po prihvatljivoj cijeni izradu proizvoda za napredak koji će, integracijom digitalne tehnologije uz prethodno uveden Lean, napraviti značajan korak ka digitalnoj transformaciji poduzeća. Tako će se uvesti Digitalni Lean u poduzeće. To će poduzeću olakšati i podići način djelovanja na viši nivo, a RFID uređaj poduzeće planira staviti na tržište i tako će se kreirati novi inovativan proizvod koji će podići konkurentnost u utrci na tržištu.

5.4.1. Izrada vlastitog RFID uređaja

Kreaciju i inovaciju još jednom potvrđuje odluka poduzeća o samostalnoj izradi cijelog proizvoda, od ideje do gotovog proizvoda. Samostalna izrada i dizajn nosača za kartice, dizajn kućišta i čitave elektronike koja omogućava digitalni ekran kojim je moguće upravljati na dodir. U svaki RFID uređaj ugrađen je RFID čitač te Raspberry Pi. Raspberry Pi je malo računalo, male težine, niske potrošnje energije i relativno niske cijene koje je u ovom slučaju u mogućnosti u potpunosti ostvariti potrebne funkcije uređaja. Kako bi uređaj bio predviđene veličine bilo je potrebno pronaći računalo koje će zadovoljiti sve zahtjeve, što je predstavljalo veliki izazov, a Raspberry Pi se činio kao najbolje rješenje.



Slika 24. Raspberry Pi [32]

Poduzeće zbog vrlo velikog broja inovacija ima potrebu za izradom velikog broja pojedinačnih unikatnih komada pa se odlučilo za kupnju vlastitog CNC stroja. To je omogućilo da se svi inovativni proizvodni komadi proizvedu u vlastitoj režiji, a to omogućuje brzu i točnu izradu bez potrebe za čekanjem i smanjenu mogućnost pogreške. Tako je nastao i nosač za kartice na RFID uređaju koji je izrađen od aluminijske na CNC stroju, a na njemu je proveden i postupak pjeskarenja i eloksiranja kako bi se estetski dotjerao i zaštitio od korozije i trošenja.



Slika 25. CNC stroj u proizvodnom pogonu tvrtke



Slika 26. Puštanje unikatnog proizvodnog komada u proizvodnju na CNC stroju



Slika 27. Izrada i prikaz nosača za kartice

U konačnici je izrađen kompaktan proizvod prikladne veličine koji će poduzeću omogućiti napredak i inovativno rješenje uz korištenje Lean alata i digitalnih tehnologija Industrije 4.0. Na taj način uveden je Digitalni Lean u poduzeće a prednosti i principi rada vidjet će se u nastavku.



Slika 28. Konačni RFID uređaj

Kako bi se uređaj mogao konstantno koristiti bez smetnji potreban mu je dovod električne energije. Bespotrebna ožičenja i komplikacije riješene su tako što je uređaju omogućeno POE (Power over Ethernet) napajanje, koje istovremeno daje mogućnost komunikacije kroz mrežnu infrastrukturu.

5.4.2. Način rada i poboljšanja korištenjem RFID uređaja u poduzeću Damko

Prije same implementacije Digitalnog Leana, važno je napraviti jasnu strategiju i definirati potrebe, korisničke zahtjeve, poslovni cilj i potrebe kupca i procjenu stanja i rizika kako bi ona uistinu donijela poboljšanje. Cilj projekta uvođenja RFID uređaja bila je evidentirati radno vrijeme radnika i stroja po operaciji radnog naloga. Kako bi se to ostvarilo, a svakom radnom mjestu mora postojati uređaj putem kojeg će se, uz upotrebu odgovarajućeg računala očitavati RFID tagovi, ostvariti komunikacija s bazom te će se na ekranu prikazati pripadajuće operacije. Svaka radna jedinica morala bi posjedovati jedan ili po potrebi više uređaja s ekranom osjetljivim na dodir. Nakon izrade RFID uređaja, on je implementiran u čitavom poduzeću, a u nastavku će se spomenuti brojne prednosti i poboljšanja koje donosi.

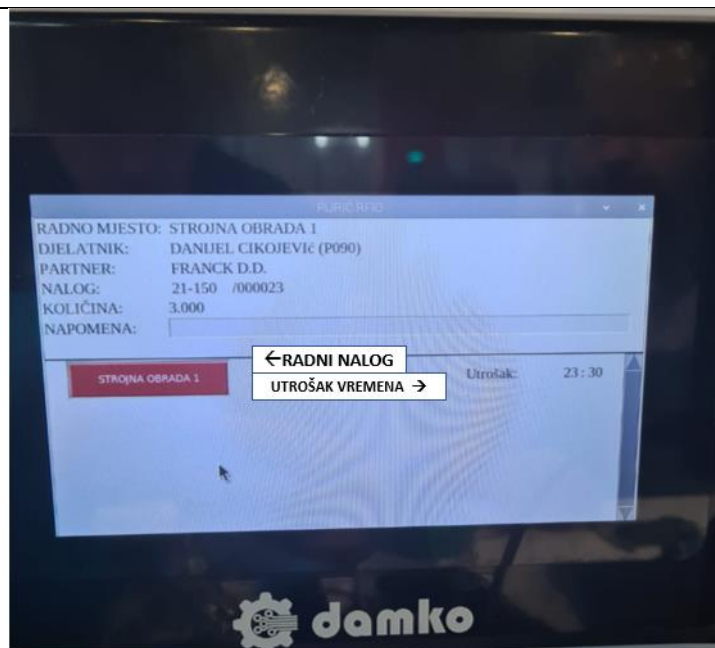
Svako poduzeće u industriji voli imati uvid u rad te ga pratiti kako bi se postigao što bolji proizvodni sustav. Uvođenjem Digitalnog Leana poduzeće će mnogo lakše pratiti procese i rad te uvidjeti njegove dobre i loše strane. Vitkim upravljanjem u kombinaciji s digitalnom tehnologijom mnogo će se lakše postići taj cilj.

RFID uređaj omogućit će evidenciju rada po radnim nalogima što će poduzeću omogućiti praćenje svake operacije, ali i njihove standardizacije. Uređaj predstavlja inovativno rješenje Industrije 4.0, koje će uz provođenje Lean metodologije predstavljati veliki napredak čitavog poduzeća s najnovijim standardima praćenja poslovanja.

RFID tehnologija evidentira vrstu i količinu radnih komada koji zahtjeva određeni proces, pa se automatski evidentira njihova potrošnja i sustav obavještava kada nekog komada nedostaje. Na taj način dodatno se izbjegava mogućnost zastoja i gubitka te se omogućuje se pravovremena nabava i praćenje stanja na skladištu. Značajno se smanjio utjecaj čovjeka i mogućnosti pogreške što rezultira povećanjem točnosti.

RFID uređaj je potpuno integriran u ERP sustav poduzeća. On predstavlja poslovni informacijski sustav koji obuhvaća sve aspekte poslovanja. Tako ova tehnologija omogućuje naknadno brisanje i dodavanje stavki u radni nalog koji se putem ekrana odmah dostavljaju zaposleniku.

Na ekranu su ispisani brojni podaci koji su potrebni zaposleniku za obavljanje rada, ali i oni koji ulaze u evidenciju i služe za kasniju analizu. To su podaci o radnom mjestu, radnom nalogu koji se izvršava i djelatniku koji radi na njemu, broju operacija, podaci o kupcu za kojeg se nalog izvršava, podaci o količinama radnih komada i napomene koje su bitne za izvršavanje procesa te radne jedinice.



Slika 29. RFID uređaj na radnom mjestu strojne obrade

Na svakom radnom nalogu automatski se mjeri vrijeme koje je potrebno zaposleniku da obavi pojedinu operaciju. S vremenom, detaljnom analizom, moguće je postaviti norme koje bi određivale koliki utrošak vremena oduzima koja operacija. Uvođenjem normi proces se standardizira i olakšava se planiranje cijele proizvodnje.

Također, uređaj ima mogućnost evidentiranja više djelatnika na radnom mjestu kao i više srodnih radnih naloga odnosno operacija po jednom radniku. Automatski se vodi i evidencija zauzetosti određenog radnog mjesta i stroja.

Nadalje ova tehnologija putem ekrana osjetljivog na dodir omogućuje upis poruka i direktnu povezanost te praćenje stanja svake radne jedinice.

Položaj uređaja vrlo je fleksibilan, što omogućuje da se uređaj na radnoj jedinici smjesti u tri različita položaja na stolu ili da se objesi vertikalno na zid.

Korištenjem ove tehnologije postiže se puno veća razina mjerljivosti procesa što će u konačnici rezultirati brojnim optimizacijama. Zbog vrlo dobre uređenosti i jednostavnosti praćenja rada, puno je jednostavnije uvidjeti pogrešku, ali i novu mogućnost poboljšanja. Još jedna od bitnih prednosti ovog uređaja je ta što nema velikih ograničenja i lako je prilagodljiv različitim vrstama procesa.

Svako uvođenje nove tehnologije prate brojne prednosti, ali prepreku predstavlja njihova cijena i strah od grešaka zbog kojih njihova implementacija ne bi uspjela što bi prouzročilo veliki

gubitak. U poduzeću Damko razvio se novi inovativan proizvod koji je vrlo pristupačan cijenom (cijena mu nije mnogo veća od kupnje bilo kojeg prosječnog pametnog uređaja), a nudi značajne pomake cjelokupnog poslovanja. Procjenjuje se da će cijela investicija ulaganja u RFID uređaj postati isplativa već nakon godinu dana uz povećanje produktivnosti od 7% na razini poduzeća. Svaki zaposlenik u prosjeku potroši oko 15 minuta u danu samo na prijave i odjave s radnih naloga, što ova tehnologija omogućuje u sekundi pa uz brojne prednosti koje ovaj uređaj pruža i u ovom pogledu donosi dobru uštedu.

5.5. Rezultati primjene 5S alata u odjel strojne obrade tvrtke Damko

5S je osnovni alat Vitkog upravljanja i njegova implementacija utječe na cjelokupnu organizaciju rada. On, kao temelj i putokaz smjera i organizacije rada, otvara put implementaciji drugih Lean alata. Kako bi se dobio što bolji uvid u gubitke i mogućnosti poboljšanja, najprije je implementiran 5S. Alati koji se koriste najčešće prilikom rada postavljeni su na dohvat ruke zaposleniku, i sortirani su u ormarić. Na svaku ladicu na ormariću označeno je žutom naljepnicom što se nalazi u njoj i to tako da se mjerni instrumenti i alati za CNC koji se najčešće koriste prilikom rada postave na vrh ormarića a dokumentacija koja se rjeđe upotrebljava na dno. Na taj način izbjeći će se nepotreban napor i konstantno saginjanje zaposlenika.



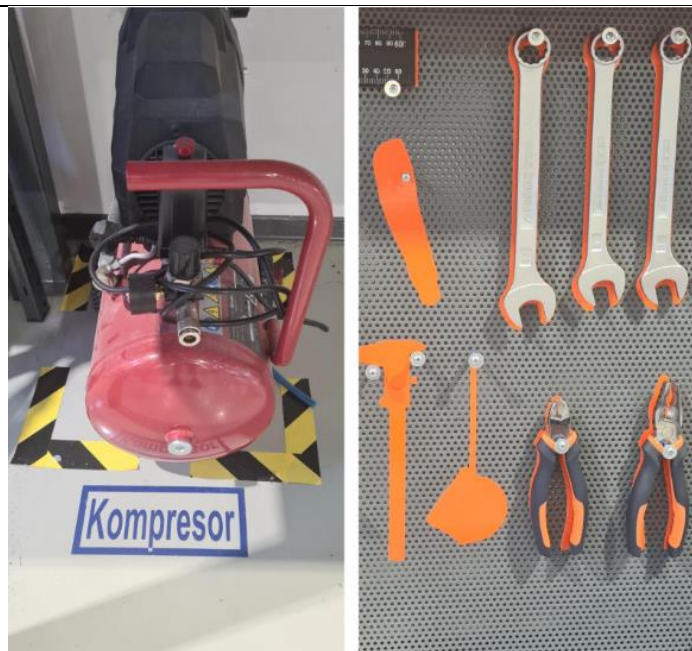
Slika 30. Označen i posložen pribor za rad

Ormarić je smješten unutar radne jedinice kako bi bio što bliži mjestu rada. Unutar samih ladica, također je sve smisleno posloženo i označeno kako bi se stvorili bolji uvjeti rada, a to će omogućiti i brži rad jer neće biti bespotrebnog traženja stvari po proizvodnom pogonu.



Slika 31. posloženi alati unutar ladice

Svaka stvar mora biti na svom mjestu, tako je primjerice kompresor za ispuhivanje zraka dobio svoje mjesto koje je ocrtno crno-žutom trakom, a alati koji se koriste prilikom mjerenja poput pomičnog mjerila ili metra, te kliješta i zateznih ključeva su također primjereno smješteni. Kako bi se standardiziralo i održavalo novonastalo stanje, iza svakog alata je nalijepljena narančasta naljepnica koja jasno upozorava kada nešto nije na svom mjestu.



Slika 32. Mjesto za kompresor i alate

Također svaki prijenosni ormarić ima svoje označeno mjesto, a na svaki je nalijepljena oznaka koja se poklapa s oznakom na podu kako ne ni bilo zabune i da se zna gdje se što nalazi.



Slika 33. Prijenosni ormarići na svom mjestu

Uvela se reorganizacija skladišta tako da se materijali koji se češće koriste poslože u niže dijelove regala, a u visoke dijelove oni materijali koji se rijetko koriste. Na taj način ljestve će se mnogo manje upotrebljavati.



Slika 34. Reorganizirano skladište

Kako bi se izbjeglo bespotrebno odlaženje u glavno skladište po vijke, matice ili podloške za kontrolu kvalitete, uvedena je kutija koja sadrži set potrebnih vijaka, matica i podložaka. Kutija je postavljena unutar radne jedinice strojne obrade, a na taj način uklonit će se bespotrebni gubitak u transportu. Na svaku ladicu kutije postavljena je žuta naljepnica oznakom što se u njoj nalazi. Sada će prilikom kontrole kvalitete obrade sve biti na dohvat ruke.



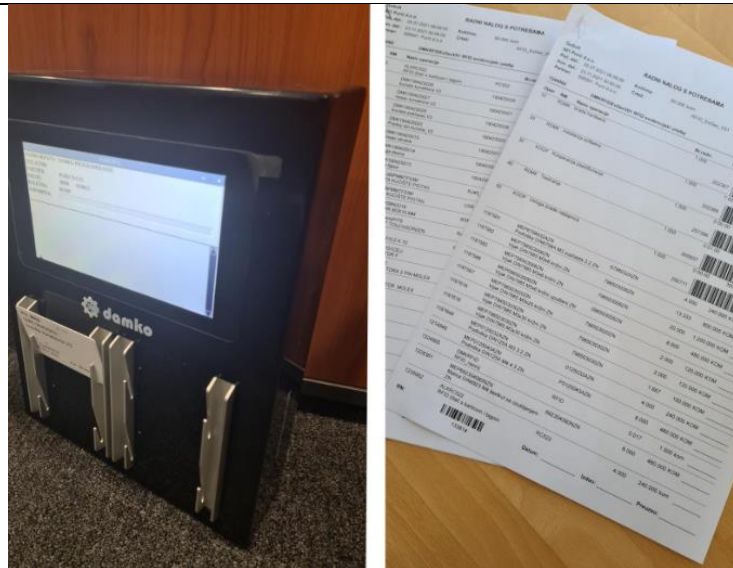
Slika 35. Kutija za vijke, matice i podloške postavljena unutar radne jedinice

5.6. Prijedlozi poboljšanja i implementacija

Uvođenje Digitalnog Leana u poduzeće podrazumijeva poboljšanje trenutnog stanja i procesa rada.

Prilikom svakog dolaska na posao, potrebno je evidentirati zaposlenika i vrijeme u koje je došao. Ručno upisivanje i potpisivanje oduzima jako puno vremena, a kasnije je sve to potrebno pretipkati u sustav. Gomila se velika količina papira i nepotrebno se troše resursi. Uz pomoć RFID uređaja ne samo da će se evidentirati dolazak, nego i čitav proces rada.

Postavljanjem personalizirane ID kartice na nosač za kartice na uređaju, zaposlenik se automatski evidentira u sustav. Time će se izbjeći bespotrebno odlaženje do ureda za prijavu i odjavu jer se uređaj postavlja unutar radne jedinice. Nadalje, uređaj se automatski povezuje s radnim nalogom i sustav bilježi rad zaposlenika na radnom mjestu. Ako u radnom nalogu nešto nedostaje ili je potrebno dodati, u prošlosti je bilo potrebno isprintati novi radni nalog što uključuje čekanje, gubitak vremena, odlazak s radnog mjesta po papirologiju, nepotrebno gomilanje papirologije, trošenje resursa, mogućnost mnogih komplikacija i drugih gubitaka što zamara i frustrira zaposlenike. Na svakom listu zaposlenik se morao potpisati i ručno unijeti datum rada na radnom nalogu što je dodatan nepotreban posao i obaveza. Sada se sve to obavlja automatski.



Slika 36. RDIF uređaj umjesto papirologije

Uvođenjem RDIF uređaja koji ima mogućnost evidencije po radnom nalogu i praćenju svake operacije, utvrdilo se da u procesu obrade radnih komada na CNC stroju, daleko najviše ima bušenja koje oduzima najviše vremena. Kako bi se ubrzao postupak bušenja, predložila su se i implementirala nova svrdla s kobaltnim premazom. Ona su nešto skuplja od postojećih, ali zato su tvrđa te će omogućiti uštedu vremena rada CNC stroja za otprilike 20%. Uz brže bušenje i rezna oštrica će se sporije trošiti što će produžiti njihov radni vijek.



Slika 37. Svrkla s kobaltnim premazom (gore) i stara svrdla bez premaza (dolje)

Prilikom rezanja radnih komada, ostaje jako puno viškova materijala koji se bacaju. Njih je kasnije potrebno voziti na odlagalište otpada što iziskuje mnogo vremena i nepotrebno trošenje resursa. Nabavljaju se primjerice, dugački aluminijski profili od 6m, kojima je teško rukovati.

To predstavlja veliki problem jer zbog duljine profila, zaposleniku treba pomoć još dvojice radnika kako bi skinuo profil iz stalaže, a ako je profil složen visoko, potreban je i viličar kako bi se spustio. Bolje planiranje i nabava uštedjet će mnogo vremena i novca, a ako postoji višak materijala, on se reže na standardnu mjeru koja i slaže se u posebnu stalažu te se označava. Tako pripremljen izrezani komad unosi se na stanje kako bi se mogao iskoristiti ako se nađe u nekom radnom nalogu.



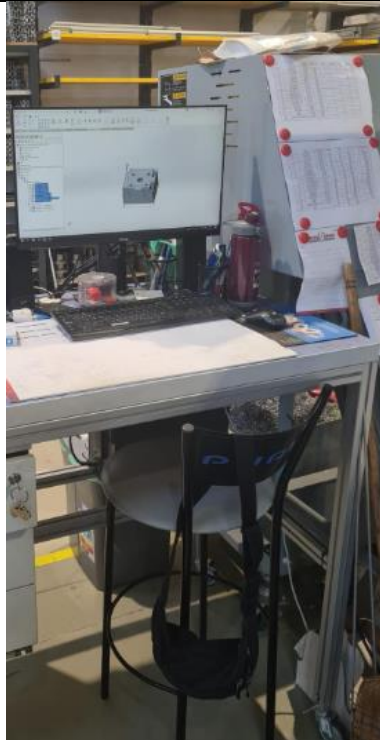
Slika 38. Iskorištavanje viška materijala (prije-poslije)

Često se u radnom nalogu nađu više komada istih dimenzija. Kako bi se optimizirao proces rezanja i pozicioniranja radnog komada u CNC stroj, uvedeni su graničnici. Oni omogućuju zaposleniku da izmjere ili pozicioniraju samo prvi komad, a ostale komade po uzoru na prvi uz pomoć graničnika.



Slika 39. Graničnik na kružnoj pili i na CNC stroju

Premještanje računala u radnu jedinicu kako bi zaposlenik u svakom trenutku imao uvid u njega. To je bitno jer kada se radni komad obrađuje na CNC stroju, prije samog puštanja u rad, moguće je pustiti simulaciju kako bi se provjerilo je li sve u redu. Ako opet pri radu zaposlenik vidi da nešto treba promijeniti, opet mora doći do računala. Radnik tako može pratiti program kako ne bi došlo do grešaka i neželjenih događanja. Također, dobiva se jasan uvid i bolji pregled rada u svakom trenutku, a izbjeci će se bespotrebni transportni putevi odlaska do računala.



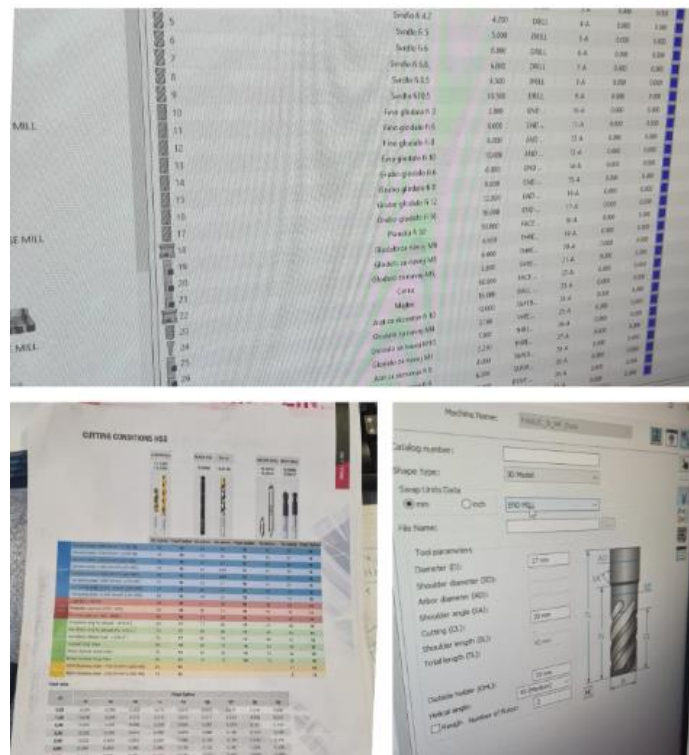
Slika 40. Računalo unutar radne jedinice

Jedna od najvećih promjena u poduzeću bila je probijanje zida i postavljanje vrata između prostora u kojemu se nalazi glavno skladište i prostora u kojemu je odjel strojne obrade. (pogledati skicu 21. -između prostora 1 i 2). Prije same ugradnje vrata glavno skladište i ured bili su odvojeni od hale gdje se nalazi strojna obrada. To je značilo da je zaposlenik morao izlaziti u dvorište tvrtke, a zatim ponovno ulaziti u drugi prostor kako bi došao do skladišta. To je predstavljalo veliki problem jer kada bi zaposlenik nosio radne komade do skladišta ili kada bi trebao nešto iz njega, morao bi izlaziti na vanjske uvjete. Ovisno o vremenskim uvjetima (kiša, snijeg, poledica, velike razlike unutarnje i vanjske temperature i slično) postojao je značajan rizik od ozljede radnika (primjerice pokliznuće), ali i oštećenja obrađenih proizvoda. Uz to radniku je skraćen put do skladišta za 10m.



Slika 41. Vrata koja vode do glavnog skladišta

Praćenjem rada putem RFID uređaja, vidjelo se da u procesu računalne obrade radnog komada (programiranja rada) gotovo 70% vremena odlazi na definiranje alata. Zaposlenik koristi programski paket SolidWorks CAM u kojemu prije svake CNC obrade radnog komada mora definirati vrstu i parametre alata kao što su rezni dio, duljina oštrice, broj i kut oštrica, definiranje držača, koliko je alat izvučen izvan držača, reznu brzinu i slično. Kako bi to uspješno odradio, potrebno je iz dokumentacije izvaditi upute od proizvođača za svaki korišteni alat. To iziskuje mnogo vremena, ali i nereda po radnoj jedinici zbog velikog broja papira. Za svaki alat je potrebno otprilike 9 min da se definira, a ako je potrebno tražiti dokumentaciju i više. Ovo je inače jedan od najbitnijih dijelova programiranja rada. Ako primjerice radnik krivo definira neki parametar, mogu se prouzročiti ogromne štete oštećenja CNC stroja i alata koji će zahtijevati njegov popravak koji traje par mjeseci. Zato će patiti cijela proizvodnja tvrtke uz ogromni financijski gubitak. Zato je predloženo da se utroši par sati kako bi se za svaki alat koji je moguće koristiti, unesu potrebni parametri te da se alat spremi unutar samog programa. Sada više nema bespotrebnog kopanja po dokumentaciji već je sve u digitalnom obliku te je za definiranje alata potrebno svega par sekundi.



Slika 42. Digitalizacija popisa alata

Kada bi svi proizvodi iz radnog naloga bili dovršeni, zaposlenik bi u ruci nosio radne komade do skladišta. Nekada, ako su komadi nezgrapni ili ne bi mogao ponijeti tri komada odjednom, zaposlenik bi više puta morao otići do skladišta i natrag. Uz to, postoji rizik od oštećenja komada ako se sudaraju jedan u drugi prilikom nošenja ili ako ispadnu na tlo. Zato su u neposrednoj blizini radne jedinice postavljena kolica na koja su se odlagali radni komadi. Na ovaj način zaposlenik će u velikoj mjeri reducirati odlazak u skladište uz uklanjanje rizika od oštećenja gotovih proizvoda, a moći će bez većeg napora prevesti neki materijal ako je potrebno. Kolica su označena i dobila su svoje mjesto u skladu s Lean načelima.



Slika 43. Kolica za transport i njeno označeno mjesto

5.7. Uštede i usporedbe rezultata

Uvedena poboljšanja koja su postignuta implementacijom Digitalnog Leana značajno su utjecala na cjelokupan rad i donijele su veliko povećanje produktivnosti. Ona su utjecala na mnogobrojne uštede te su unaprijedile proces rada.

Za početak, reducirao se broj i trajanje aktivnosti po radnom nalogu pa sada aktivnosti u radnom nalogu izgledaju ovako:

Broj aktivnosti	Aktivnost	Trajanje (min)
1.	Prijava po dolasku na posao i upis na listu	-
2.	Paljenje i zagrijavanje stroja	25
3.	Priprema radnog mjesta	3
4.	Odlazak po radni nalog do ureda i po nove radi izmjene	-
5.	Analiza prije računalne obrade radnog komada	5
6.	Odlazak po potrebni materijal (sirovac) na skladište strojne obrade	0.5
7.	Mjerenje i označavanje sirovca	1.5
8.	Rezanje sirovca na mjeru (uz dodatak za obradu)	1.5

9.	Računalna obrada (programiranje rada) početnog položaja alata i načina rada stroja	4
10.	Postavljanje radnog komada u stroj tako da obrada teče onako kako je isprogramirano (prema 10)	1
11.	Puštanje stroja u rad i nadgledanje rada	5.5
12.	Okretanje i ispuhivanje radnog komada	0.5
13.	Ponovna priprema komada na računalu i stroju	4
14.	Ponovno puštanje u rad stroja	5.5
15.	Uzimanje gotovog komada i ispuhivanje	0.5
16.	Odlazak na centralno skladište po vijak/maticu/podložak	-
17.	Kontrola komada	1.5
18.	Dorada komada pjeskarenjem	5
19.	Nošenje gotovih komada na centralno skladište	0.5
	UKUPNO TRAJANJE PRVOG RADNOG NALOGA U DANU (i svih ostalih radnih naloga):	39.5

Crvenom bojom označene su aktivnosti koje su izbačene iz procesa, a zelenom one koje su se unaprijedile te im se smanjilo vrijeme.

Uvođenjem digitalne tehnologije, odnosno RFID uređaja, prijava zaposlenika po dolasku na posao se obavlja na radnoj jedinici postavljanjem kartice zaposlenika na uređaj. Uređaj ne samo da obavlja prijavu i odjavu radnika s radnog mjesta, već prati cijeli proces rada. Također, ukinut će se bespotrebna papirologija i odlazak po radne naloge do ureda što će donijeti vremensku uštedu od 8min po radnom nalogu.

Radi reorganizacije skladišta po Lean načelima, zaposlenik više neće morati tražiti materijal po skladištu, već će se točno znati gdje što stoji. To će skratiti vrijeme odlaska po materijal s prethodnih 3 minute na svega tridesetak sekundi.

Isto vrijedi i za mjerne uređaje koji su prilikom implementacije dobili svoje označeno mjesto. Uz to, uveden je graničnik koji će ubrzati proces kada se radi o radnim komadima istih dimenzija pa je vrijeme mjerenja radnih komada dvostruko skraćeno.

Definiranje alata unutar programiranja rada CNC stroja predstavljalo je veliki gubitak vremena. Za definiranje jednog alata je potrebno oko 9 minuta što je gotovo 70% ukupnog vremena programiranja rada. Nekada je potrebno definirati i više od jednog alata pa bi se taj postotak još znatno povećao. Unos parametara za svaki alat posebno i njihovo spremanje unutar programskog paketa donijelo je veliku dugoročnu promjenu. Nema više nepotrebnih papira i kopanja po dokumentaciji. Definiranje alata je sada u digitalnom obliku i obavi se u svega par klikova. Na taj način skraćeno je vrijeme programiranja rada s početnih 13 na svega 4 minute. Na ovaj način se izbjegao veliki rizik od greške u definiranju alata koji bi doveo do zastoja i velike materijalne štete.

Zbog česte potrebe za obradom radnih komada istih dimenzija, uveden je graničnik koji će u prosjeku dvostruko ubrzati postavljanje radnog komada u stroj.

Nabava svrdla s kobaltnim premazom smanjit će vrijeme rada CNC stroja za oko 20% pa će umjesto početnih 7 minuta, stroj sada biti u pogonu 5.5 minuta. Ako se obradci obrađuju dvije strane, ukupno će se uštedjeti 3 minute po radnim nalogu. Gledajući ovu uštedu na godišnjoj razini, ona će sasvim sigurno povećati produktivnost, ali i produljiti radni vijek stroja koji će sada na godišnjoj razini utrošiti 20% manje radnih sati za istu količinu obavljenog posla.

Kutija sa setom vijaka, podložaka i matica postavljena je unutar radne jedinice pa će zaposlenik moći odmah obaviti kontrolu radnog komada. Tako će se uštedjeti vrijeme i transportni put na odlazak u centralno skladište.

Uvođenjem kolica za prijenos gotovih proizvoda, ali i drugih materijala ako je potrebno, reducirao se broj odlazaka u skladište. Sada će zaposlenik moći složiti radne komade na kolica i na kraju radnog vremena ih odvesti u skladište. Probijanje zida i postavljanje vrata također će omogućiti brži i kraći dolazak do skladišta. Izbjeći će se izlazak iz tvrtke na vanjske uvjete što će ukloniti rizik od ozljede zaposlenika i oštećenja proizvoda.

Dok se stroj zagrijava, radnik paralelno obavlja iduće aktivnosti i priprema radne komade za buduće radne naloge. Radnik može odrađivati aktivnosti iz više radnih naloga odjednom (većinom mjerenje i rezanje radnih komada) tako da više nema čekanja, a vrijeme zagrijavanja stroja ne predstavlja problem i ne uzima se u obzir.

Uz brojna unaprjeđenja, vrijeme potrebno za obavljanje radnog naloga nakon uvođenja Digitalnog Leana je 39.5 minuta. Ako se uzme u obzir pauza zaposlenika u trajanju od 30 minuta dnevno, prosječan broj radnih naloga u jednom danu se s 5 povećao na 11 što je čak 220% više. Prosječno vrijeme potrebno za prvi radni nalog u danu smanjilo se sa 104 minute na 39.5 minuta što je ušteda od 62%. Vrijeme potrebno za ostale radne naloge prije uvođenja

Digitalnog Leana iznosi 90 minuta, a nakon njegove implementacije 39.5 što predstavlja uštedu od 56%. Tablica 6. prikazuje usporedbu na mjesečnoj (ako mjesec ima 20 radnih dana) i godišnjoj razini.

Tablica 6. Usporedba rezultata prije i poslije implementacije Digitalnog Leana

	Prije uvođenja Digitalnog Leana	Poslije uvođenja Digitalnog Leana
Prosječno vrijeme potrebno za prvi radni nalog u danu [min]	104	39.5
Prosječno vrijeme potrebno za ostale radne naloge u danu [min]	90	39.5
Prosječan broj radnih naloga koji je moguće obaviti u danu	5	11
Prosječan broj radnih naloga na mjesečnoj razini	100	220
Prosječan broj radnih naloga na godišnjoj razini	1200	2640

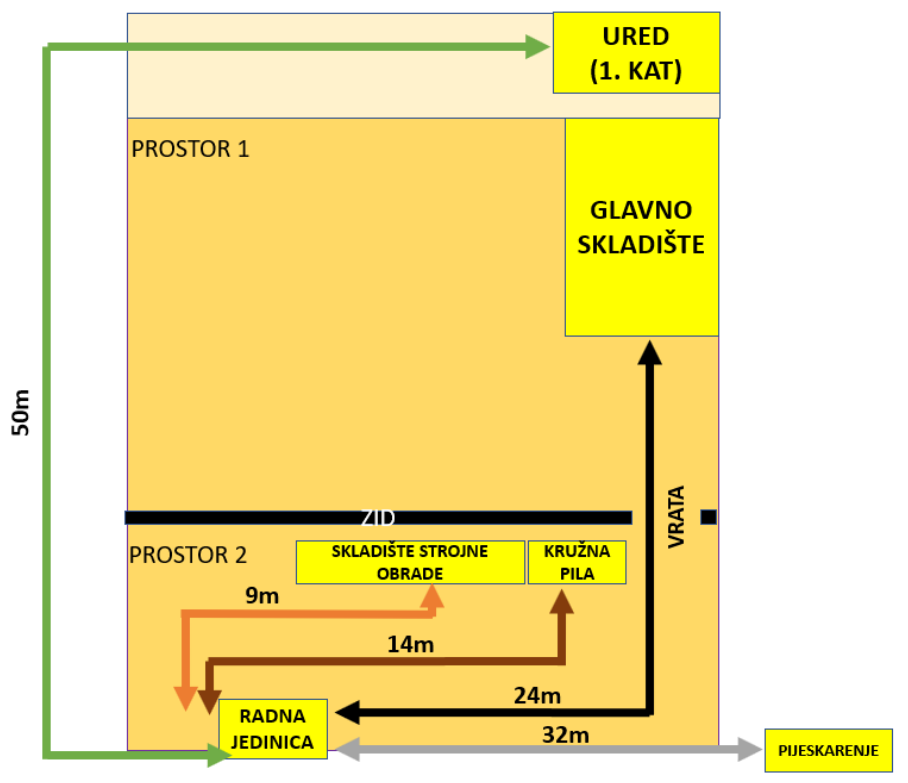
5.7.1. Transportni putevi nakon implementacije Digitalnog Leana na odjel strojne obrade

Nakon implementacije Digitalnog Leana na odjel strojne obrade, ponovno je laserski izmjeren novi transportni put od radne jedinice do centralnog skladišta kroz vrata.



Slika 44. Lasersko mjerenje novog puta do centralnog skladišta

Probijen je zid i postavljena su vrata te se tako skratio put od radne jedinice do glavnog skladišta. Još jedna prednost je ta što više nije potrebno izlaziti van, već su odjeli spojeni. Uz to što je novi put kraći i brži, izbjegli će se rizici od ozljede i oštećenja radnih komada i proizvoda.



Slika 45. Skica transportnih puteva nakon uvođenja Digitalnog Leana

Put do ureda i dalje je najkraći ako se ide kroz vanjski izlaz, no pošto se iz prostora 1 može proći do ureda, omogućen je odlazak do ureda kroz unutarnje prostore tvrtke. Tablica 7. prikazuje transportne puteve nakon implementacije Digitalnog Leana.

Tablica 7. Prikaz transportnih puteva za 5 radnih naloga nakon implementacije Digitalnog Leana

VRSTA TRANSPORTNOG PUTA	DULJINA [m]	UKUPNA DULJINA [m]
Prijava i odjava zaposlenika pri dolasku i odlasku s posla	–	–
Odlazak po radne naloge u ured	–	–
Odlazak po novi radni nalog radi izmjene	–	–
Zbroj transportnih puteva od analize radnog komada do kraja obrade na stroju	$5 \times 3 \times 28$	420
Odlazak do glavnog skladišta po vijke/matice/podloške	–	–
Nošenje komada na pjeskarenje	2×32	64
Nošenje gotovih proizvoda na skladište	2×34	68
ZBROJ SVIH TRANSPORTNIH PUTEVA ZA 5 RADNIH NALOGA		552

Crvenom bojom prikazani su transportni putevi koji su izbačeni iz procesa, a zelenom oni koji su unaprijeđeni te im se skratila duljina.

Kao što je već ranije spomenuto, uvođenjem RFID uređaja izbačeni su svi transportni putevi odlaska i dolaska po radne naloge, kao i prijave i odjave s posla. Računalo je premješteno unutar radne jedinice, gdje će radnik sada analizirati radni komad. Nakon analize radnik odlazi u skladište strojne obrade po materijal (9m). On se spušta na kolica koja su uvedena te se prevozi do kružne pile (5m) čime se izbjegava napor nošenja materijala ručno. Izrezani radni komadi se ponovno se stavljaju na kolica i prevoze do radne jedinice (14m). Budući da je računalo unutar radne jedinice, zaposlenik do kraja obrade radnog komada na stroju nema potrebe za kretanjem. Tako će zbroj transportnih puteva u ovom djelu procesa biti 28m (9+5+14). Ako se ponovno uzmu prosječne vrijednosti od 3 radna komada po radnom nalogu (broj strana koje je potrebno obraditi za ovaj izračun nije bitan jer nije potrebno hodati do računala) dobije se put

od 84m po radnom nalogu. Po završetku radnog naloga radni komadi se uz pomoć uvedenih kolica prevoze na pjeskarenje. Tako se može prevesti više komada istovremeno bez rizika da će ispasti. Tako je sada dovoljno jednom na kraju smjene odvesti sve radne komade na pjeskarenje što će značajno smanjiti transportni put.

Prikazat će se zbroj transportnih puteva za 5 radnih naloga radi usporedbe sa stanjem prije implementacije Digitalnog Leana.

Tablica 8. Usporedba transportnih puteva prije i poslije implementacije Digitalnog Leana za 5 radnih naloga

	PRIJE	POSILIJE	RAZLIKA
Zbroj transportnih puteva za 5 radnih naloga [m]	2660	552	2108

Uspoređujući transportni put prije i nakon implementacije Digitalnog Leana, za isti broj radnih naloga, vidi se značajna razlika. Transportni put se s 2660 metara u danu smanjio na 552

metra. To znači da se za isti broj radnih naloga transportni put smanjio za 79,24% što je vrlo velika ušteda.

S obzirom na to da se optimizacijom prosječan broj radnih naloga povećao s 5 na 11, zbroj svih transportnih puteva (za 11 radnih naloga) nakon uvođenja Digitalnog Leana vidljiv je u Tablici 9.

Tablica 9. Zbroj svih transportnih puteva nakon implementacije Digitalnog Leana

VRSTA TRANSPORTNOG PUTA	DULJINA [m]	UKUPNA DULJINA [m]
Zbroj transportnih puteva od analize radnog komada do kraja obrade na stroju	$11 \times 3 \times 28$	924
Nošenje komada na pjeskarenje	2×32	64
Nošenje gotovih proizvoda na skladište	2×34	68
Zbroj svih transportnih puteva u danu (za 11 radnih naloga)		1056

Tablica 10. Usporedba svih transportnih puteva u danu prije i poslije implementacije Digitalnog Leana

	PRIJE	POSLIJE	RAZLIKA
Zbroj transportnih puteva za 11 radnih naloga [m]	2660	1056	1604

Uz povećanje radnih naloga s 5 na 11, ukupni transportni put u danu nakon implementacije je i dalje kraći i to za 1604 metra što predstavlja uštedu od 60,3%. Zaposlenik je mnogo produktivniji i obavlja veću količinu posla uz mnogo manje napora.

Uz povećanje produktivnosti i brojne uštede, novi način rada mnogo je lakši te će omogućiti očuvanje zdravlja zaposlenika izbjegavanjem mogućnosti ozljede i nepotrebnih napora. Također, reduciranjem svih gubitaka i uvođenjem poboljšanja, značajno će se smanjiti nepotrebni troškovi što će sačuvati resurse poduzeća.

6. ZAKLJUČAK

Isprepletanje i sinergija digitalnih tehnologija s Lean alatima transformirat će se cjelokupno poslovanje i stvorit će dodatan doprinos na produktivnost i unaprjeđenja u proizvodnji. To će dovesti do boljeg djelovanja cjelokupnog poduzeća uz povećanje konkurentnosti na tržištu te stvaranju nove vrijednosti za kupca.

Praktični dio rada detaljno opisuje implementaciju Digitalnog Leana u odjel strojne obrade proizvodnog pogona tvrtke Damko. U samom početku implementacije, uveden je Lean način razmišljanja i 5S alat kao temelj koji je usmjerio daljnji razvoj implementacije. Uvođenjem RFID uređaja dodatno se pojačao utjecaj Lean alata. Tako su stvoreni temelji i uvid u mogućnost brojnih poboljšanja, ali i gubitaka koji se mogu izbaciti iz procesa. Napravljena je detaljna analiza stanja prije same implementacije u kojoj je opisana problematika odjela strojne obrade. Uvođenjem Digitalnog Leana isprepletanjem Lean alata s RFID tehnologijom, uvedena su brojna poboljšanja koja su značajno utjecala na cjelokupan rad. Značajno su se skratila vremena i broj aktivnosti izbacivanjem onih koje su predstavljale gubitak u procesu rada, ali i njihovom optimizacijom kroz uvođenje brojnih poboljšanja. Povećao se broj radnih naloga koji zaposlenik može obaviti u jednoj smjeni s 5 na 11. Također, reducirao se ukupni transportni put koji zaposlenik obavi u jednom radnom danu za 60,3% bez obzira na veći broj radnih naloga.

Uvedena unaprjeđenja uštedjela su značajno vrijeme rada i povećale produktivnost. Uz to, novi način rada omogućit će zaposlenicima puno sigurniji rad bez nepotrebnih napora i rizika od ozljede. Stvorit će se bolja radna atmosfera, povećati efikasnost i fleksibilnost uz mnogo manje troškove. To će omogućiti poduzeću očuvanje resursa, ali i daljnji kontinuirani napredak koji će osigurati konstantan rast i konkurentnost u utrci s tržištem.

LITERATURA

- [1] https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter1/section2/item1.html
- [2] https://jois.eu/files/DekierV_5_N1.pdf (Łukasz Dekier - Poznan University of Economics -The Origins and Evolution of Lean Management System)
- [3] <https://mag.toyota.co.uk/just-in-time/>
- [4] <https://www.proquest.com/openview/7fe60a587ef6a7d337217e55b1c5a838/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2031970> (Mladen Žvorc, mag. oec.: Lean menadžment u neproizvodnoj organizaciji)
- [5] Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing. - materijali s predavanja – Proizvodni menadžment
- [6] Prof. Dr. sc. Nedeljko Štefanić, Nataša Tošanović, dipl.ing. : Lean proizvodnja
- [7] <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/7-wastes-of-lean>
- [8] <https://www.skole.hr/kako-je-nastala-prva-industrijska-revolucija/>
- [9] <http://www.prva.hr/images/pdf/LEKCIJA%2013%20-%20INDUSTRIJSKA%20REVOLUCIJA.pdf>
- [10] <https://hr.thpanorama.com/articles/historia/10-inventos-de-la-segunda-revolucion-industrial.html>
- [11] <https://fabula-croatica.com/nikola-tesla-az/> (slika)
- [12] <https://manufacturingdata.io/newsroom/timeline-of-revolutions/>
- [13] https://www.researchgate.net/profile/Omkar-Bhat/publication/330114646_Introduction_to_IOT/links/5c2e31cf299bf12be3ab21eb/Introduction-to-IOT.pdf
- [14] <https://www.ofir.hr/iot-ili-internet-stvari-2/>
- [15] <http://www.iot.fer.hr/index.php/2021/07/07/treca-generacija-studenata-kolegija-internet-stvari/>
- [16] <https://metalskajejgra.hr/internet-stvari-buducnost-koja-je-tu/> (slika)
- [17] Maqbool Khan, Xiaotong Wu, Xiaolong Xu, Wanchun Dou - State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210023, P.R.China :Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0
- [18] Prof.dr.sc. Dragutin Lisjak – materijali s predavanja – Informatički menadžment

- [19] <https://www.ekonomska-klinika.hr/2019/11/07/big-data-tehnologija-sto-je-i-gdje-se-primjenjuje/>
- [20] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64795>
- [21] <https://equinox.vision/2020/10/sto-je-prosirena-stvarnost-ar-i-kako-ju-koristiti/>
- [22] <https://www.nytimes.com/2020/01/01/world/canada/pokemon-go-canada-military.html>
(slika)
- [23] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63150>
- [24] Deloitte: Digital lean manufacturing - Industry 4.0 technologies transform lean processes to advance the enterprise (a report from the Deloitte Center for Integrated Research)
- [25] David Romero, Myrna Flores, Martin Herrera, Homero Resendez: Five Management Pillars for Digital Transformation Integrating the Lean Thinking Philosophy
- [26] <https://www.be-terna.com/hr/digitalna-transformacija>
- [27] Tobias Wagner, Christoph Herrmann, Sebastian Thiede: Industry 4.0 impacts on lean production systems
- [28] <https://workerbase.com/resources/definitive-guide-to-digital-lean-manufacturing#chapter4>
- [29] <https://www.damko.ai/hr#ed-48638225>
- [30] <https://www.damko.ai/hr/proizvodi>
- [31] Krunoslav Žubrinić, LAUS CC – Korištenje sustava za radiofrekvencijsku identifikaciju u poslovanju (članak je objavljen u internom časopisu LAUS Novosti broj 16)
- [32] <https://www.bug.hr/mini-pc/stigao-je-raspberry-pi-4-potpuno-nadogradjen-podrzava-i-dvostruki-4k-10133> (slika)
- [33] <https://www.twi-institute.com/what-is-standardized-work/>
- [34] <https://tulip.co/glossary/what-is-standardized-work-and-how-to-apply-it/#:~:text=In%20Lean%20Manufacturing%2C%20standardized%20work,the%20principles%20of%20Lean%20Manufacturing.>
- [35] <https://consyst.biz/expertise/ot-it-integration/>
- [36] Adriana Florescu, Sorin Barabas: Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0
- [37] <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-pdca-cycle> (slika)

PRILOZI

I. CD-R disc