Digitalna transformacija proizvodnje

Pavlinić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:243932

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Pavlinić

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIGITALNA TRANSFORMACIJA PROIZVODNJE

Mentori:

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

Student:

Ivan Pavlinić

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se svojoj obitelji na predanoj potpori kroz cijelo moje obrazovanje od osnovne škole, preko gimnazije i na kraju fakulteta. Hvala roditeljima koji su mi omogućili bezbrižan život zahvaljujući kojemu sam se mogao koncentrirati na stvari koje volim i koje me zanimaju te sam pronašao svoj put koji želim slijediti u životu..

Posebno hvala mojem mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću koji me prepoznao u masi studenata na drugoj godini, potaknuvši me da pružim nešto više i uložim dodatan trud i rad u svoje obrazovanje. Profesor Štefanić mi je otvorio mnoga vrata koja sam ja, nadam se, iskoristio na dobar način i raduje me naša suradnja u budućnosti.

Ivan Pavlinić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

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

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN PAVLINIĆ** Mat. br.: 0035196386

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **DIGITALNA TRANSFORMACIJA PROIZVODNJE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DIGITAL TRANSFORMATION OF MANUFACTURING**

Opis zadatka:

Prije nekoliko godina, Vlada Republike Njemačke predstavila je, novi koncept upravljanju proizvodnjom nazvan Industrija 4.0. Navedeni koncept zasniva se na primjeni novih digitalnih tehnologija (umjetna inteligencija, Virtualna stvarnost, Upravljanje velikom količinom podataka, Internet stvari, Internet usluga, Digitalni blizanci). Mali broj proizvodnih poduzeća je do sada u potpunosti digitalizirao svoje proizvodne i poslovne procese. Digitalna transformacija proizvodnje složen je proces koji zahtijeva detaljno razrađen pristup i metodologiju.

U radu je potrebno:

- sistematizirati i objasniti najvažnije digitalne tehnologije
- objasniti pojam digitalne transformacije
- razviti integralni pristup transformaciji proizvodnje zasnovan na alatima Lean proizvodnje i digitalnim tehnologijama
- na realnom primjeru iz proizvodne prakse testirati razvijeni integralni model transformacije proizvodnje
- kvantificirati postignute rezultate
- razviti programsku podršku razvijenom konceptu

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

Zadatak zadan: 15. studenog 2018.

Rok predaje rada: 17. siječnja 2019.

Predviđeni datum obrane: 23. siječnja 2019. 24. siječnja 2019. 25. siječnja 2019.

Zadatak zadao: prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva: prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

1. UVOD 9
2. LEAN MENADŽMENT 10
2.1. Povijest 10
2.2. Definicija lean menadžmenta 11
2.3. Alati lean menadžmenta 14
2.3.1. Mapiranje toka vrijednosti (engl. Value Stream Mapping, VSM) 15
2.3.2. Kaizen 17
2.3.3 5S 19
2.3.4. Kanban 21
2.3.5. Heijunka 27
2.3.6. SMED 32
2.4. Optimiranje proizvodnih procesa lean alatima 35
2.4.1. Primjena SMED alata 35
2.4.2. Primjena Kaizena 40
2.4.3. Primjena VSM-a 43
2.5. Praćenje uspješnosti primjenom lean alata – lean metrika 45
3. DIGITALIZACIJA PROIZVODNJE 47
3.1. Kibernetičko-fizički sustavi (engl. Cyber-Physical Systems, CPS) 47
3.2. Digitalizacija proizvodnih procesa 50
3.2.1. Prednosti i nedostaci digitalizacije proizvodnih procesa 50
3.3. ERP sustav 53
3.3.1. Elementi i značajke ERP sustava 53
3.3.2. Implementacija ERP sustava 57
3.3.3. Primjena ERP sustava u proizvodnji 61
4. PRAKTIČNI DIO RADA 68
4.1. OPREMA d.d. 68
4.1.1. Proizvodni proces za analizu lean alatom i digitalizacijom 70
4.2. Primjena lean alata na proces montaže 71
4.2.1. Uočeni problemi i poticaji za analizu procesa montaže 71
4.2.2. Analiza procesa montaže pomoću VSM-a 72

4.3. Uvođenje ERP sustava u proizvodnju poduzeća Oprema d.d. 77
4.3.1. Analitika proizvodnih procesa 78
4.3.2. Nabava 78
4.3.3. Skladišno poslovanje 80
4.3.4. Proizvodni procesi 81
4.4. Digitalizacija procesa montaže 88
4.4.1. Upravljanje digitaliziranim procesom montaže 88
4.4.2. Tok informacija kroz digitalni sustav 90
4.4.3. Rezultati digitalizacije montažnog procesa 91
4.4.4. Nedostatci trenutnog procesa i analiza poboljšanja 94
4.4.5. Prijedlozi nadogradnje montažne linije 96
4.4.6. Usporedna analiza uvođenja lean alata i digitalizacije 97
5. ZAKLJUČAK 100
6. LITERATURA 101

POPIS SLIKA

Slika 1. Povijest Lean menadžmenta 10
Slika 2. Osam gubitaka proizvodnje 12
Slika 3. Pet osnovnih principa *lean*-a 14
Slika 4. Infografika mapiranja toka vrijednosti (VSM) 16
Slika 5. PDCA dijagram 19
Slika 6. 5S infografika 20
Slika 7. Kanban ploča 22
Slika 8. Kanban sustav s dvije kartice 25
Slika 9. Kanban sustav s 2 spremnika 26
Slika 10. CONWIP sustav 27
Slika 11. Četiri osnovne značajke Heijunke 29
Slika 12. Slikovito prikazana potreba za balansiranjem proizvodnje 30
Slika 13. Prikaz umetanja kanban kartice u Heijunka ploču 31
Slika 14. Prikaz planiranja proizvodnje pomoću Heijunka ploče 32
Slika 15. Infografika s kvalitativnim utjecajem SMED-a na vrijeme izmjene alata 34
Slika 16. Prikaz koraka implementacije SMED metode 35
Slika 17. SMED stol 37
Slika 18. Tokarilice različitih proizvođača....40
Slika 19. Problemi uzrokovani nedostatkom prostora u alatnici 41
Slika 20. Kibernetičko-fizički sustav 48
Slika 21. 5C arhitektura implementacija KFPS-a 50
Slika 22. Struktura ERP sustava 54
Slika 23. Dvoslojna konfiguracija ERP sustava 56
Slika 24. Troslojna konfiguracija ERP sustava 57
Slika 25. Logo ERP rješenja GoSoft....61
Slika 26. Glavna alatna traka unutar GoSofta 63
Slika 27. Osnovni podatci artikla unutar GoSofta 64
Slika 28. Lista radnih naloga unutar GoSofta 66
Slika 29. Fotografija pogona u Ludbregu 68
Slika 30. Shema procesa montaže uređaja za hlađenje i točenje pića 70

Slika 31. Raspodjela VAT, NVAT i WT aktivnosti u trenutnom procesu 74
Slika 32. Raspodjela VAT, NVAT i WT aktivnosti u poboljšanom procesu 76
Slika 33. Prikaz jednog radnog naloga u planu nabave 78
Slika 34. Narudžbenica kreirana iz plana nabave 79
Slika 35. Prikaz ispisa i primke nastale po ispisu 80
Slika 36. Pregled modula na web aplikaciji GoSofta 81
Slika 37. Definirani proizvodni artikl s prikazanom strukturom i tehnologijom 82
Slika 38. Prikaz radnih mjesta i njihovih osnovnih podataka 83
Slika 39. Pregled standardnih tehnoloških operacija i njihovih osnovnih podataka 83
Slika 40. Pregled kapaciteta radnih mjesta i radnog kalendara 84
Slika 41. Prikaz radnih naloga, potreba i zahtjevnica za kreiranje izdatnice 85
Slika 42. Knjiženje rada po operaciji 86
Slika 43. Kreiranje dokumenta predatnice iz proizvodnje 86
Slika 44. Kreiran dokument otpremnice 87
Slika 45. Prikaz dijela montažne linije 88
Slika 46. Prikaz montaže točionih aparata 89
Slika 47. DataMan 150/260 fiksni barkod čitač 90
Slika 48. Fotografija naljepnice s QR kodom serijskog broja artikla 90
Slika 49. Dijagram toka podatka sa serijskim brojem 91
Slika 50. Operacije u procesu montaže 93
Slika 51. Primjer predloženog konvejera 96

POPIS TABLICA

Tablica 1. Dio kontrolne liste prije izmjene alata 36
Tablica 2. Dio kontrolne liste nakon izmjene alata 36
Tablica 3. Usporedni prikaz potrebnih vremena za izmjenu alata prije i poslije primjene SMED-a 38
Tablica 4. Vrijeme čekanja radnika na stroju tijekom unošenja NC koda 41
Tablica 5. Transportne udaljenosti između kalionice i ureda za kontrolu tvrdoće 42
Tablica 6. Troškovi ERP sustava 61
Tablica 7. Razvrstane aktivnosti montaže prema VSM-u 73
Tablica 8. Prikaz trajanja operacija montaže 73
Tablica 9. Usporedni prikaz trenutnog i predloženog procesa montaže 77
Tablica 10. Usporedni prikaz rezultata primjene VSM-a i digitalizacije 97

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
E_c	-	Efikasnost ciklusa
T_{VAT}	dan	Ukupno trajanje aktivnosti koje donose vrijednost procesu
T_c	dan	Vodeće vrijeme

SAŽETAK

Digitalna transformacija proizvodnje podrazumijeva spremnost trgovačkog društva kojemu je osnovna djelatnost proizvodnja na promjenu načina rada i organizacije kako bi se ostvarilo poboljšanje u izvođenju poslovnih procesa, s naglaskom na poboljšanje proizvodnih i organizacijskih procesa. Pretpostavka je da se željeni procesi optimiraju prije nego što se krene u digitalizaciju istih. Jedan od načina optimizacije proizvodnih i organizacijskih procesa je korištenje alata lean menadžmenta, što je u okviru ovog rada prikazano na procesu montaže gotovih proizvoda, konkretnije aparata za točenje pića. Nakon što je proces optimiran moguće ga je digitalizirati, jer u protivnom nema dodatnih koristi od digitalizacije ako proces koji je potrebno digitalizirati nije na zadovoljavajućoj razini, jer sve vrijedne informacije koje je moguće skupiti neće imati dovoljnu vrijednost za vlasnika procesa, te se neće moći provesti kvalitetno upravljanje i planiranje procesom, ni analize koje će biti od velike koristi. Stoga je osnova prije uvođenja digitalizacije u proizvodnju optimirati procese (primjerice korištenjem lean alata) i uvođenje ERP sustava koji će omogućiti olakšano planiranje i upravljanje procesom, djelomično ga digitaliziravši (ovisno o uvjetima i zahtjevima korisnika). Nakon što su prethodna dva uvjeta zadovoljena moguće je kvalitetno digitalizirati proizvodni proces, te očekivati stvarne rezultate i koristi od istog u obliku informacija o kojima vlasnik procesa nije ni mogao imati saznanja, a koje mogu imati veliki značaj za buduće poslovanje. U okviru ovog rada prikazan je i objašnjen postupak uvođenja ERP sustava - GoSoft u trgovačko društvo Oprema d.d., konkretnije objašnjeno je planiranje i upravljanje montažnim procesom. Naknadno je opisana digitalizacija montažnog procesa, sve njene komponente te povezanost senzora s GoSoft ERP sustavom i shematski prikazan tok podataka od senzora pa natrag sve do GoSoft ERP sustava iz kojeg je prvotno i izašao. Na kraju rada prikazani su rezultati primjene lean alata i digitalizacije na montažni proces, te predložena određena poboljšanja trenutno implementiranog procesa.

Ključne riječi:

Digitalizacija, lean menadžment, ERP sustav, montažni proces, senzori, planiranje, upravljanje

SUMMARY

Digital transformation means the readiness of the organization which core business is manufacturing to change the way of doing work in order to achieve the improvement in processes, with the accent on manufacturing and organizational processes. The assumption is that the observed processes are optimized before the implementation of the digitization. One way of optimizing production and organizational processes can be done by using tools of Lean management, which is shown in this paper on the montage process of the beverage dispensers. After the optimization of the production processes it is possible to continue on with the digitization, otherwise there are no actual added benefits from digitization of the process if the process is not optimized enough. All the valuable information couldn't be collected from the unoptimized process. That is the reason why the optimization of the process and implementing the ERP system present the basis for the implementation of the digitization. After those two conditions are met (optimization of the process and implementation of the ERP system) it is advised to continue on with the digitization of the montage process which enables better planning and managing the digitized process. Final digitization of the montage process enables collecting the information which were not previously available for the owners of the process, thus giving the managers of the process great knowledge and basis for the potential future decisions. In this paper the implementation of the GoSoft ERP system in company Oprema d.d. is described, more precisely the planning and managing the montage process is presented and described. Moreover, the digitization of the montage process is described, all its components and interconnection with the GoSoft ERP system. There is also a schematic flow chart where is presented the whole path which data needs to travel from its beginning in the GoSoft ERP system, through sensors and all the way back to the GoSoft ERP system again. In the end of this paper all the results of the implementation of the lean tools, GoSoft ERP system and digitization of the montage process are presented and analysed.

Key words:

Digitization, Lean management, ERP system, montage process, senzors, planning, management

1. UVOD

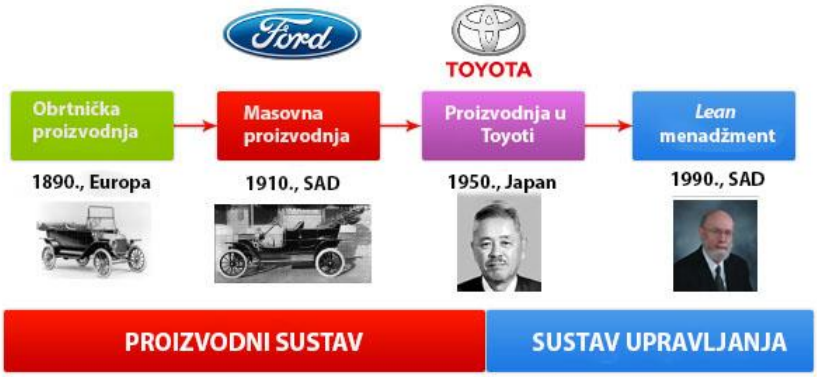
Od sredine dvadesetog stoljeća polako dolazi do velike transformacije proizvodnih procesa. Razvojem novih tehnologija i otkrivanjem novih tržišta proizvodnja se trebala prilagoditi novim uvjetima rada i novom okruženju. Ponajviše zahvaljujući razvoju računalnih tehnologija i interneta omogućeno je stvaranje novog načina planiranja i upravljanja proizvodnjom. Digitalizacija procesa, poslovnih, proizvodnih, logističkih, financijskih i svih ostalih potrebnih za funkcioniranje trgovačkih društava dovode do mogućnosti podizanja sveukupne uspješnosti poslovanja, te predstavljaju konkurentsku prednost. Globalizacijom i otvorenom trgovinom stvoreno je veliko tržište za čiji se udio vrijedi izboriti. Globalizacija je dovela i do još jednog pozitivnog učinka, a to je mogućnost szjecanja znanja o novim tehnologijama i principima planiranja i upravljanja proizvodnjom kao što je *lean* menadžment, koji je nastao u Japanu, a prihvaćen je i raširen u velikom dijelu razvijenih država kao temeljni skup alata za planiranje i upravljanje proizvodnjom. Krajem dvadesetog stoljeća, razvojem digitalnih tehnologija, dolazi i ERP sustav (engl. *Enterprise Resource Planning*), odnosno informacijski sustav za upravljanje poslovnim procesima organizacije. ERP omogućuje digitalizaciju svih poslovnih procesa nekog trgovačkog društva i tako predstavlja logičnu nadogradnju planiranja i upravljanja procesima poslovanja. U okviru ovog rada naglasak će biti na primjeni lean alata u proizvodnim procesima što predstavlja temelj optimizacije procesa prije uvođenja ERP sustava, te na digitalizaciji tih proizvodnih procesa i upravljanjem istih putem ERP sustava. Opisan je cijeli postupak transformacije proizvodnog procesa, od analognog na digitalni.

2. LEAN MENADŽMENT

U ovom poglavlju će biti definiran pojam *lean* menadžmenta, prikazan njegov razvoj kroz povijest i opisani najvažniji alati *lean* menadžmenta.

2.1. Povijest

Lean menadžment se prvi puta pojavio u poslijeratnom Japanu u obliku strategije kojom se japansko gospodarstvo trebalo izvući iz krize i postati globalni lider. Toyota je bila prvo trgovačko društvo u kojem su se razvile i primjenjivale *lean* metode, zahvaljujući kojima su postali itekako konkurentni na svjetskom tržištu automobila. Postoji više razloga zašto je koncept *lean*-a nastao baš u Japanu. Glavni razlozi se kriju u karakteristikama japanskog gospodarstva, koje je imalo malo tržište s malo raspoloživih sredstava za ulaganje i koncept „fordovske" masovne proizvodnje nije bio primjenjiv. Japanci su jednostavno morali razviti strategiju poslovanja koja bi odgovarala njihovom tadašnjem stanju u državi kako bi se izvukli iz krize. Analizirajući sve karakteristike masovne proizvodnje, zaključili su da njima treba strategija koja je u potpunoj suprotnosti s istom. Tako je nastao *lean* menadžment, sa svim svojim osnovnim značajkama: proizvodnja u manjim serijama, proizvodi visoke kvalitete, proizvodi orijentirani prema željama kupaca, varijantnost proizvoda, itd. Takvom načinu proizvodnje i strategije upravljanja, ako gledamo šire, prvi je naziv dao student s MIT-a, John Krafick, nazvavši ju l*ean* menadžment, što u hrvatskom prijevodu znači „vitko" upravljanje. [1]



Slika 1. Povijest Lean menadžmenta [2]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [2]

Na slici 2.1 ukratko je prikazan tijek prelaska iz proizvodnog sustava u sustav upravljanja preko četiri najbitnija događaja. Prvi je pojava obrtničke proizvodnje, koja se u SAD-u razvija u masovnu proizvodnju, zahvaljujući američkom proizvođaču automobila Henryju Fordu. U poslijeratnom Japanu javlja se ekspanzija gospodarstva zahvaljujući metodologiji koja je dobila ime u SAD-u kao – *lean* menadžment. [1]

2.2. Definicija lean menadžmenta

Iz gore navedene povijesti daju se razabrati samo fragmenti o tome što *Lean* ustvari predstavlja. *Lean* menadžment predstavlja skup metoda i alata kojima su dva osnovna cilja reduciranje svih gubitaka i uklanjanje svih radnji koje ne donose vrijednost, a nisu neophodne. Pod pojmom „svih gubitaka“ misli se na osam gubitaka definiranih *Lean* menadžmentom, a to su [3]:

- Prekomjerna proizvodnja
- Nepotrebni pokreti
- Prekomjerna obrada
- Škart
- Transport
- Zalihe
- Zastoji i čekanje
- Neiskorišteni ljudski potencijali

Slika 2. prikazuje ranije navedenih osam gubitaka proizvodnje prema *lean*-u. U novije vrijeme pojavila se potreba za dodavanjem osmog gubitka, jer ih je originalno bilo definirano sedam, a to je nedovoljno iskorištavanje ljudskih potencijala odnosno nedovoljno uključivanje zaposlenika u proces donošenja odluka o planiranju i upravljanju proizvodnjom jer su zaposlenici ti koji provode donesene strategije, oni su ti koji najbolje poznaju proizvodne procese kojima upravljaju i kojih su dio, stoga potaknuti zaposlenike na iznašanje vlastitih mišljenja i stavova o mogućim promjenama i poboljšanjima u odnosu na trenutni način rada predstavlja razuman korak ka optimizaciji proizvodnih procesa i uklanjanju nepotrebnih gubitaka resursa.



Slika 2. Osam gubitaka proizvodnje [3]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [3]

Aktivnosti koje ne donose vrijednost, a nisu neophodne su sve aktivnosti koje poskupljuju i kompliciraju procese, te ih je analizom procesa moguće izdvojiti i ukloniti. To su aktivnosti koje kupac nije spreman platiti.

Rezultati usporedbe japanskog i američkog načina proizvodnje 1980.-tih daju zanimljive podatke od kojih su najznačajniji [1]:

- većina zaposlenih u Japanu radi u timovima, za razliku od individualističkog pristupa u SAD-u
- u Japanu se cijeni mišljenje radnika, dok u SAD-u gotovo uopće ne
- u Japanu je proizvodni proces raspodijeljen na manje operacija nego u SAD-u za sličan proizvod, npr. automobil
- Kvaliteta proizvodnog procesa veća je u Japanu nego u SAD-u
- Zalihe na skladištu su znatno manje u Japanu u odnosu na SAD

Jedna od glavnih razlika između masovne i l*ean* proizvodnje je to što je masovna proizvodnja orijentirana na proizvod, a *lean* proizvodnja na kupca. Danas se svijet industrije sve više okreće *lean* metodologiji, a masovna proizvodnja posustaje sve više i više. Razlog tome su i promjene potreba i želja kupaca koji sve češće traže personalizirane proizvode, što zahtijeva fleksibilni i varijantni tip proizvodnje spreman svakog trenutka promijeniti tip proizvoda, ovisno o potrebama. S masovnom proizvodnjom promjena asortimana proizvoda dugotrajan je i mukotrpan posao koji iziskuje velika financijska sredstva. Upravo je jedna od velikih prednosti *lean*-a to što omogućava brzu i relativno jednostavnu promjenu palete proizvoda zbog razvoja IT sektora i njegove primjene u industriji. [1]

Prema [4] pet je osnovnih principa *lean* menadžmenta, a to su: vrijednost, lanac vrijednosti, tijek (tok), povlačenje (engl. *Pull*) i perfekcija. Vrijednost označava ono što nudimo kupcima, odnosno ono što je kupac spreman platiti, kao što je i ranije rečeno.

Lanac vrijednosti su sve aktivnosti, svi procesi bilo materijalni, bilo informacijski potrebni kako bi se od sirovine dobio gotov proizvod. Tijek, ili tok opisuje gibanje materijala, proces i dodavanje vrijednosti. U zdravstvenim procesima tokom vrijednosti giba se pacijent. *Pull* filozofija uključuje proizvodnju onih stvari koje kupac želi, s minimalnim udjelom gubitaka u procesu. Kupac je taj koji određuje što, koliko i kada želi kupiti. Perfekcija se odnosi na konstantno poboljšavanje proizvodnih i inih procesa s ciljem povećanja efikasnosti i učinkovitosti, približavanja proizvoda kupcima i sniženju troškova.

Slika 3. prikazuje pet principa *lean* menadžmenta strukturiranih tako da jedan proizlazi iz drugog, odnosno proces je nepotpun ako jedna karika nedostaje. Ranije je spomenuto da se *lean* menadžment sastoji od metoda i alata kojima se unapređuju procesi, bili oni proizvodni, servisni, uslužni, bolnički nije toliko važno.



Slika 3. Pet osnovnih principa *lean*-a [5]

Važno je definirati koje su to metode i alati kojima se koristi *lean*. Neke od najznačajnijih su: VSM, 5S, Kaizen, SMED, TPM (eng. *Total Product Maintenance*, u prijevodu aktivnosti održavanja preusmjerene na radnike), Six Sigma (mjera povećanja kvalitete proizvoda u o obliku 3,4 škartna dijela na milijun proizvedenih), Poka – Yoke, Kanban, Heijunka i dr. Pomoću ovih alata moguće je *lean* filozofiju implementirati u poslovni sektor zapadne kulture kako bi se unaprijedili postojeći procesi.
U nastavku će biti detaljnije prikazano šest najznačajnijih alata *lean*-a, a to su VSM, Kaizen, 5S, Kanban, Heijunka i SMED.

2.3. Alati *lean* menadžmenta

U nastavku će biti detaljnije prikazano šest najznačajnijih alata l*ean*-a, a to su VSM, Kaizen, 5S, Kanban, Heijunka i SMED. Alati *lean* menadžmenta koriste se kao način na koji se filozofija *lean*-a primjenjuje u stvarnim situacijama. *Lean* alati nastali su iz teoretske podloge *lean* menadžmenta i ključna su spona između teorije i prakse.

2.3.1. Mapiranje toka vrijednosti (engl. Value Stream Mapping, VSM)

Value Stream Mapping, kasnije u tekstu VSM, jedan je od alata kojemu je cilj dobiti potpuni uvid u razumijevanje procesa koji se promatra. Pomoću VSM-a moguće je identificirati tri vrste aktivnosti [6]:

- Aktivnosti koje donose vrijednost
- Aktivnosti koje ne donose vrijednost, a neophodne su za funkcioniranje procesa
- Aktivnosti koje ne donose vrijednost i nisu neophodne

Upravo je cilj VSM-a identificirati i eliminirati ovu zadnju nabrojenu vrstu aktivnosti jer ona direktno pridonosi stvaranju gubitaka i troškova. Analizom procesa podrazumijeva se sastavljanje popisa apsolutno svih aktivnosti od kojih se proces sastoji od početka, pa sve do završetka. VSM je zapravo „olovka – papir“ metoda, iako danas postoji nekoliko posebnih softvera za njegovo provođenje. VSM se provodi u sljedećim koracima [6]:

- Mapiranje postojećeg stanja procesa
- Analiza postojećeg procesa i mogućih poboljšanja
- Primjena svih poboljšanja
- Mapiranje budućeg stanja procesa

Slika 4. prikazuje infografiku mapiranja toka vrijednosti, odnosno ukratko prikazanu ideju koja stoji iza ove metode. Za pravilnu provedbu ove metode vrlo je važno korektno popisati svaku od triju gore navedenih faza kako bi se mogli očekivati objektivni rezultati primjene VSM-a.

Dvije su bitne činjenice u VSM-u, a to su vrijednost i tok vrijednosti. Prema *lean* filozofiji, vrijednošću se smatra sve ono što koristi kupcu, odnosno klijentu. U slučaju bolnica, to bi bio pacijent, a ne liječnici i ostalo osoblje. Tendencija je da se bolnice polako okreću prema pacijentima i da se njih stavlja u centar interesa. Tok vrijednosti je opisani tok koji se razmatra i kojim prolazi „vrijednost“ od početka, kroz sve moguće transformacije do krajnjeg stanja. Krajnji cilj je dobiti tok vrijednosti bez gubitaka. [7]



Slika 4. Infografika mapiranja toka vrijednosti (VSM) [8]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [8]

Jedna od metoda koja pomaže određivanju trenutnog stanja procesa je izračun potrebnog vremena za jedan takt. Općeniti izgled formule mogao bi se opisati kao raspoloživo vrijeme kroz potrebni broj komada koji trebamo zadovoljiti. Pod brojem komada, ovisno o industriji, misli se na već ranije spomenute i definirane vrijednosti za kupca. Konkretnije, to mogu biti fizički objekti, ako se radi o nekim industrijskim granama, to mogu biti pacijenti ako se radi o bolnicama, ili se može raditi o hrani, ako je riječ o restoranima. Usporedbom potrebitog taktnog vremena sa stvarnim, izmjerenim taktnim vremenima, može se dobiti vrlo značajan podatak o opterećenosti samog procesa i ljudi koji u njemu sudjeluju. [7]

Nakon svega navedenog potrebno je navesti još nekoliko činjenica koje pokazuju zašto je VSM toliko koristan. Prvo, VSM pomaže vizualizirati tokove i interakcije koje se događaju tijekom procesa. Nadalje, VSM pruža zajednički jezik kojim je jednostavno raspravljati o procesu i na kraju pomaže identificirati [7]:

- Ograničenja u obliku resursa čiji su kapaciteti manji od potrebe kupaca
- Gubitke, kao i izvore gubitaka

Identificiranje cijelog toka vrijednosti prema [9] za svaki proizvod, ili familiju proizvoda, je ključan korak pri eliminaciji gubitaka iz procesa. Ono što se pitaju autori u [9] jest kako je moguće da tolike količine otpada nitko nije primjećivao desetljećima. Primjerice, kada su *Pratt & Whitney*, svjetski najveći proizvođači avionskih motora, počeli uvoditi VSM u svoju

proizvodnju za tri familije motora, otkrili su podosta nelogičnosti. Naime, dobavljači ingota visoke čistoće imali su duplicirane aktivnosti u proizvodnji koje su služile samo povišenju troškova, a posljedično i cijene kovačnicama koje su te ingote obrađivale. Tako su došli do zaključka da završni, obrađeni dio je deset puta lakši od ingota, 90 % skupocjenog materijala se smatralo škartom jer se početnom ingotu toliko povećala masa. Ljevaonice su bile sigurne kako se radi o učinkovitom procesu, bez vođenja brige o tome kako gotovi izradak mora izgledati. Odgovor na pitanje s početka odlomka vrlo je jednostavan: Nijedna od četiri tvrtke (ljevaonica, kovačnica, tvrtka za metalnu obradu i tvrtka za montažu) nije nikada potpuno objasnila sve svoje aktivnosti ostalim sudionicima procesa. Jedan razlog tome je čuvanje poslovnih tajni i pozicije na tržištu, a drugi se može definirati kao zaboravnost. Svaka se tvrtka fokusirala na svoje zadaće i bavila svojim zadatkom u toku vrijednosti zanemarujući potrošiti dio vremena za sagledavanje procesa kao cjeline s ciljem analize potencijalnih posljedica njihovih unutarnjih odluka na cjelokupan tok vrijednosti. Kada su to napokon učinile, otkrivene su masivne količine akumuliranih gubitaka duž procesa. Ključ primjene *lean* menadžmenta je sagledavanje procesa u cjelini, zanemarujući individualne interese s ciljem postizanja „vitkih“ procesa.

Veliki je problem prema [9] to što tok, odnosno način sagledavanja procesa u cjelini, ljudima nije intuitivan i to što ljudi nisu naviknuti promatrati i izvoditi procese kroz tokove. Ljudi, nekako više i lakše sagledavaju procese dijeleći ih u dijelove i segmente. Takav način sagledavanja procesa rezultira pojavom specijaliziranih odjela za pojedine aktivnosti unutar toka procesa, što u konačnici dovodi do stanja u kojemu je svaki odjel maksimalno posvećen svojemu zadatku, odvojen od ostalih odjela te zanemarujući proces koji je najbitniji i koji mora biti prvi na ljestvici prioriteta.

2.3.2. Kaizen

Ukratko rečeno, Kaizen znači poboljšanje. Nadalje, Kaizen predstavlja kontinuirano poboljšanje u privatnom i poslovnom svijetu. Ta filozofija uključuje apsolutno sve sudionike procesa, od top menadžmenta do manualnih radnika, ako se primjenjuje s ciljem unapređenja procesa. Ona se primjenjuje u svjetskim organizacijama s ciljem povećanja proizvodnih vrijednosti, kao i povećanja sigurnosti i morala zaposlenika. Zbog svoje jednostavne prirode Kaizen filozofija se može primijeniti gotovo u svako okruženje. Sama definicija Kaizena

dolazi iz Japana i u doslovnom prijevodu znači kontinuirani napredak. Sastoji se od riječi „*Kai*“ koja znači kontinuirani i riječi „*zen*“ koja znači napredak. Kaizen se smatra jednim od najučinkovitijih *lean* alata i prvi puta je bio primijenjen u Toyoti. [10]

Kako bi se uspješno primijenila Kaizen filozofija nužno je slijediti sljedeće točke [10]:

1. Odabrati proces na koji se planira uvesti Kaizen
2. Odrediti grupu ljudi kvalitetno upoznatih sa stanjem stvari, i potpuno pripremljenog voditelja grupe
3. Ujediniti grupu i iznijeti hipoteze Kaizena, te ostaviti grupu da se sama konzultira o mogućim problemima
4. Navesti grupu da raspravlja o jednakom broju problema koje su zamijetili, misleći na to da ne mora postojati jedan veliki centralni problem oko kojeg se treba fokusirati
5. Ostaviti grupi da odabere probleme koje treba riješiti, jer je grupa sastavljena od pojedinaca koji poznaju proces u dušu
6. Ostaviti grupi da odredi glavne uzroke problema
7. Prepustiti grupi da odredi na koji način će se promatrati određeni problemi, te kako su se odabrali potencijalni problemi
8. Prikupiti sve potrebne podatke o odabranim problemima
9. Grupa bi sada trebala biti sposobna odrediti glavne okolnosti problema i odrediti koristi koje će donijeti implementacija mogućih rješenja, te odrediti datume primjene rješenja
10. Prepustiti grupi da samostalno odluči na koji način će postići sve promjene u radnoj okolini
11. Na koncu prepustiti grupi da odredi na koje će sve načine pratiti rad sustava s primijenjenim novim rješenjima, kako bi se uvidjelo koliko su ta rješenja problema zapravo učinkovita

Iz ovih jedanaest točaka vidljivo je kako je težište na prepoznavanje i rješavanje problema ostavljeno radnicima. Odnosno grupi radnika koji najbolje poznaju određene procese kako bi se pokušala izvući maksimalna učinkovitosti i produktivnost procesa, ušteda na vremenu i otpadu. Izrazito je važno složiti kvalitetnu grupu ljudi u kojoj neće biti pojedinac ili dva koji će iskakati i nametati svoja mišljenja drugima. Treća točka je krucijalna, jer u njoj dolazi do istinskog formiranja grupe i dodjeljivanja određenih uloga svakome članu. Od skupa

pojedinaca do organizacijskog tijela koje radi kao jedan dug je put i ponekad ga je nemoguće prevaliti. U četvrtoj i petoj točci grupa raspravlja i određuje probleme procesa, a neki od korisnih alata za to su: PDCA, *brainstorming* (na hrvatskom bi doslovni prijevod glasio oluja mozgova), Paretov dijagram, itd. Jedna od najpoznatijih metoda određivanja problema pomoću Kaizena je PDCA, što je kratica riječi: *Plan – Do – Check – Act* [11]. Stoga se smatra da je stavljanje naglaska na kvalitetno formiranje grupa jedna od najvažnijih, ako ne i najvažnija točka kvalitetne primjene Kaizena u praksi.



Slika 5. PDCA dijagram [11]

Prema slici 5. prikazane su četiri ranije navedene aktivnosti koje najbolje opisuju filozofiju Kaizena. Prva aktivnost je planiranje (eng. *plan*), a ona podrazumijeva izradu plana o mogućim rješenjima i njihovoj implementaciji. Sljedeća aktivnost je činiti, raditi (eng. *do*) koja podrazumijeva sva isplanirana rješenja instalirati u postojeći sustav. Treća aktivnost podrazumijeva kontrolu (eng. *check*), pod tim terminom se smatra obavljanje kontrole provedene instalacije novih rješenja. Provjerava se je li sve napravljeno sukladno planu. Posljednja aktivnost predstavlja reakciju (eng. *act*) na novoinstalirana rješenja i daljnje mogućnosti usavršavanja, jer savršeni proces ne postoji, mjesta za poboljšanja uvijek postoje. [11]

2.3.3. 5S

5S je metoda *lean* menadžmenta koja služi za organizaciju radnog mjesta, to je zapravo skraćenica od pet japanskih riječi: sortirati (jap. *Seiri*, eng. *sort*), postaviti u red (jap. *Seiton*, eng. *set in order*), očistiti (jap. *Seiso*, eng. *shine*), standardizirati (jap. *Seiketsu*, eng.

standardize) i održiti (jap. *Shisuke*, eng. *sustain*). Predstavlja skup od pet koraka kroz koje je cilj stići do organiziranog radnog mjesta koje će pružati optimalne uvjete za rad zaposlenih bez nepotrebnih stvari koje mogu utjecati na produktivnost i efikasnost ljudi i opreme na radnom mjestu. [4]



Slika 6. 5S infografika [12]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [12]

Slika 6. prikazuje slijed pet aktivnosti koje predstavljaju ideju iza koje stoji 5S metoda koja ima sposobnost, ako se pravilno primjeni, u potpunosti organizirati radno mjesto za optimalno obavljanje potrebnih aktivnosti i radnji s ciljem ispunjenja poslovnih zahtjeva i potreba. Prva aktivnost je sortiranje i ona podrazumijeva nekoliko bitnih činjenica [4]:

- Identifikacija svih nepotrebnih stvari za rad i njihova eliminacija iz radnog okruženja
- Odabrati samo alate potrebne za rad
- Alati i materijali koji se rijetko koriste skladište se u zasebna spremišta
- Stvari koje se uopće ne koriste također ukloniti

Rezultat prve aktivnosti je očišćen pogon s povećanim raspoloživim prostorom za rad i nabavu potrebnih alata i materijala.

Druga aktivnost, red, podrazumijeva [4]:

- Sistematski posložene alata, organizirana radna mjesta
- Češće korišten alat mora biti u blizini mjesta gdje se koristi
- Etiketiranje alata i materijala, jednostavni i lako razumljivi natpisi i simboli

- Ergonomija, paziti na zdravlje čovjeka

Pod uspostavom reda podrazumijeva se primjena gore navedenih aktivnosti kako bi se olakšao i poboljšao rad zaposlenika, što u konačnici ima za cilj unapređenje procesa rada.
Treća aktivnost je čišćenje [4]:

- Alate i radni prostor držati čistima
- Ostavljanje otpada i prljavštine na radnom mjestu je neprihvatljivo
- Nužno je redovito čišćenje, jer se sve vrlo brzo vrati na staro stanje stvari

Čišćenje je često nepravedno zanemarena aktivnost u radnim prostorima. Potreba za čišćenjem itekako postoji u cilju poboljšanja radnih uvjeta i očuvanja strojeva i alata kojima se radni vijek itekako može produljiti pravilnim rukovanjem i čišćenjem.
Četvrta aktivnost je standardizacija [4]:

- Postavljanje standardnih rukovanja i rutina
- Koristeći plakate i pisane procedure moguće je olakšati proces uvođenja novih rutina
- Izbjegavati vraćanje na stare navike

Cilj standardizacije je uvođenje novih rutina i navika kojima je namjena zamijeniti stare te neučinkovite navike i standarde. [4]
Peta aktivnost podrazumijeva održivost i to je ujedno najzahtjevniji zadatak jer mu je cilj održavanje svih četiri gore navedenih aktivnosti kroz vrijeme. Nije dovoljno tek nekoliko puta primijeniti pojedinu od gore navedenih aktivnosti jer neće biti nekog učinka od toga. 5S kao alat funkcionira jedino ako je svih pet aktivnosti uključeno u radni proces kroz vrijeme i ako ih se svi sudionici tog procesa drže. [4]

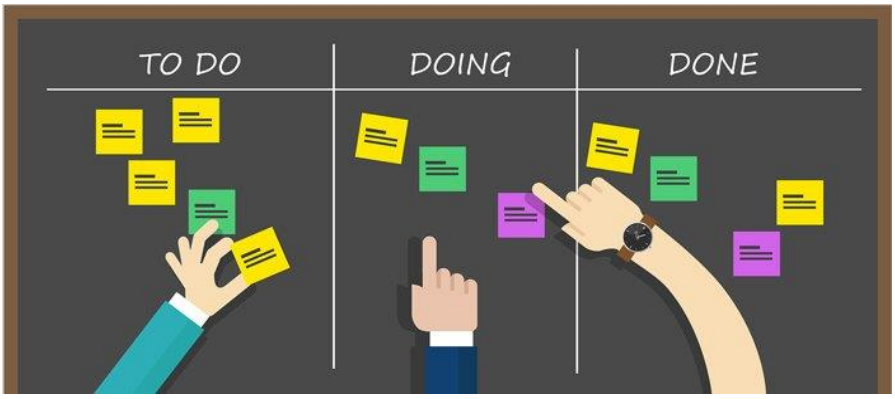
2.3.4. Kanban

Kanban je vizualna metoda za kontrolu proizvodnje kao dio *Just in Time* (JIT) *i Lean Manufacturing*. Kao dio sustava povlačenja kontrolira se ono što se proizvodi, u kojoj količini i kada. Njegova je svrha osigurati proizvodnju samo onog što klijent traži i ništa više. To je sustav signala koji se koristi kroz tok vrijednosti kako bi se proizvod povukao iz potražnje korisnika natrag u sirovine. Doslovno značenje Kanbana je zastava ili znak, kada vidite tu zastavu znate da je vrijeme za proizvodnju sljedećeg dijela. Kanbani mogu imati različite oblike, ali u većini proizvodnih pogona oni će koristiti Kanban kartice ili spremnike (engl.

bin) za kontrolu procesa, iako nema ograničenja kako možete kontrolirati i dizajnirati Kanban. Kao i kod Just in Timea, ideja iza Kanbana dolazi iz Toyote i njihovo promatranje supermarketa (Piggly Wiggly) koji djeluje u SAD-u. Supermarket bi samo nadopunio ono što su kupci kupili s police, to je značilo da se police nikada nisu prelijevale s viškom zaliha ili bile prazne. Povlačenje je pokrenuto od kupaca sve do različitih dobavljača navedenog supermarketa. [13]

Just in Time je implementiran i dizajniran u Toyoti od strane Taiichi Ohno-a, koji je uzeo 15 godina kako bi dovršio svoj sustav. Tijekom 1970-ih mnogi zapadni posjetitelji vraćali su se s Kanban karticama želeći ih implementirati u sustave unutar vlastitih proizvodnih pogona, no često se s premalo razumijevanja pristupalo tome, stoga je bila visoka stopa neuspjeha primjene Kanban kartica u zapadnim proizvodnim sustavima. Tek od 1980-ih sustav Kanbana se počeo ozbiljnije shvaćati na zapadu. Bez obzira na proizvodni sustav koji poduzeće koristi postoji nekoliko univerzalnih pravila za implementaciju Kanbana [13]:

- Kasniji proces u proizvodnji uzima proizvod od prethodnog procesa
- Kasniji proces u proizvodnji informira ranije procese o potrebi proizvodnje proizvoda
- Raniji procesi proizvode samo ono što kasniji procesi zahtijevaju
- Proizvodi se ne proizvode ukoliko to nije zahtijevano Kanbanom
- Ne dopušta se prolaz škarta u kasniji proces proizvodnje



Slika 7. Kanban ploča [14]

Slika 6. predstavlja ilustracija Kanban ploče koja se sastoji od tri kolone. U prvoj koloni su Kanban kartice sa zadacima koje treba izvršiti, u srednjem stupcu su zadaci koji se trenutno obavljaju, a u trećem stupcu su već gotovi zadaci. Na ovaj način dobije se pregled nad cijelim proizvodnim procesom, te se smanjuju mogućnosti pogrešaka unutar procesa, zastoja zbog

nepreciznog raspoređivanja zadataka, redoslijeda istih, itd. Prilikom primjene Kanbana potrebno ga je integrirati u kompletan proizvodni sustav, kako bi se planiranje i praćenje proizvodnje odvijalo glatko. Neke od značajki primjene Kanbana na proizvodni sustav su [13]:

- Raniji procesi nikada ne „guraju“ (engl. Push) proizvodnju kasnijim procesima
- Ništa se ne proizvodi bez dozvole Kanbana
- Ništa se ne proizvodi ukoliko ne postoji za to previđena Kanban kartica, spremnik ili neki drugi oblik provođenja Kanbana
- Potrebno je imati mogućnost detekcije problema što bliže izvoru istog, kako bi se mogao efektivnije ukloniti
- Teško je proizvoditi s mnogo promjena plana proizvodnje, ili velikim serijama
- Gdje je moguće potražnja treba biti umanjena

Nakon navedenih značajki primjene Kanban sustava planiranja proizvodnje potrebno je navesti i karakteristike idealnog okruženja u kojemu će primjena Kanban sustava biti najlakše implementirana. Prema [13] idealne karakteristike okruženja za uvođenje Kanbana su:

- Redovita potražnja od kupca; ako su zahtjevi kupca vrlo nepravilni (količina proizvoda, vremenski periodi naručivanja,…) te zahtjevni za predvidjeti, teško je držati Kanban zalihe u tradicionalnom stilu supermarketa. U prijevodu, možete završiti s držanjem više zaliha nego što je potrebno, bez pomnog razmišljanja o organizaciji vašeg sustava.
- Niska varijacija proizvoda; ukoliko proizvodite mnogo stotina ili čak tisuća različitih proizvoda tada nećete htjeti držati zalihe svih njih jer to predstavlja nepotreban trošak. Želite smanjiti to opterećenje na način da postoji mnogo zajedničkih dijelova u vašim proizvodima, te da proizvod činite posebnim i različitim od ostalih što kasnije u procesu proizvodnje.
- Osiguranje protočnosti; objekti koji se organiziraju u silos stilu sa svim sličnim obradama koje se obavljaju na jednom mjestu je teško kontrolirati s Kanban sustavom, iako ne i nemoguće. Bolji raspored je onaj u kojem su svi procesi organizirani zajedno u obliku protočne linije ili stanice.
- Korištenje malih namjenskih strojeva; mnoge će tvrtke uložiti u strojeve s velikim rasponom mogućnosti operacija, što će dovesti za potrebom planiranja proizvodnje u

velikim serijama, te potencijalno postati uska grla proizvodnje. Bolje je ako se koriste namjenski strojevi unutar manjih proizvodnih linija.

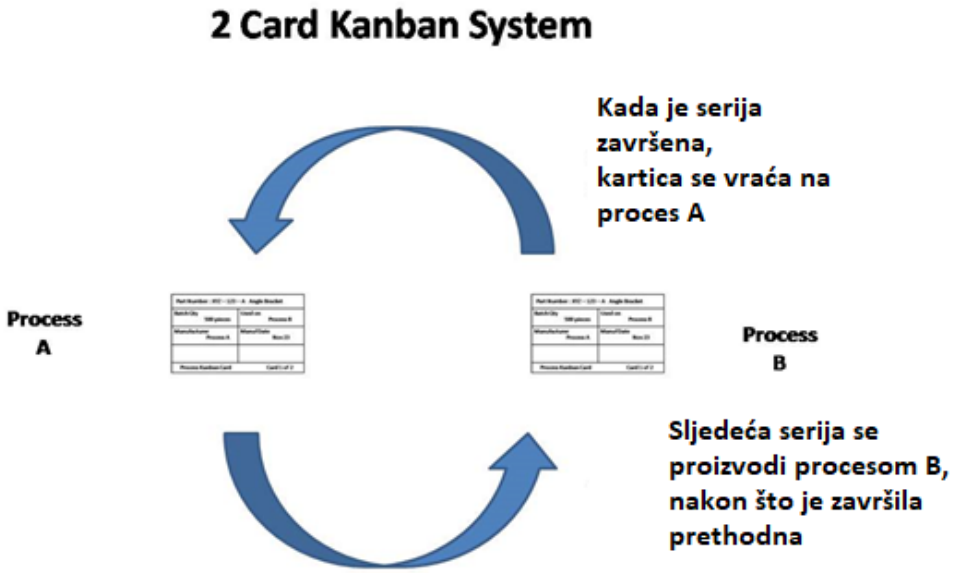
- Fleksibilnost; mnogi strojevi i procesi mogu trajati dugo za postavljanje i pokretanje proizvodnje novog proizvoda ili varijante postojećeg. To opet dovodi do velikih šarži i može stvoriti značajna uska grla unutar proizvodnje. Upotreba SMED alata (engl. *Single Minute Exchange of Die*) može imati značajan utjecaj na skraćenje potrebnog vremena za izmjenu alata i ponovno pokretanje proizvodnje, ukratko SMED utječe na smanjenje pripremno-završnog vremena.
- Ponovljivi i pouzdani procesi; ako su strojevi skloni kvarovima te procesi nisu ponovljivi, teško je na bilo koji način kontrolirati proizvodni sustav, a pogotovo koristeći Kanban. Korištenje alata poput ukupnog produktivnog održavanja (engl. *Total Productive Maintenance - TPM*), 5S, poboljšanja kvalitete operatora i standardiziranih operacija pomoći će pri postavljanju potrebnih temelja za uvođenjem Kanbana.
- Pouzdani dobavljači; dobavljači su vitalni dio proizvodnog procesa i potrebno je osigurati da oni mogu podržati Kanban procese koje poduzeće želi kvalitetno uvesti.

Nakon definiranog idealnog okruženja za uvođenje Kanban načina planiranja proizvodnje, potrebno je navesti vrste Kanban sustava, ranije je već površno spomenuto da se Kanban može provoditi pomoću kartica i spremnika, međutim u nastavku je dan detaljan pregled tri glavna Kanban sustava prema [13]:

1. Kanban kartice:

   To su obično jednostavne kartice ili listovi papira koji su pričvršćeni na seriju materijala koji ulazi u proizvodnju. Obično postoje samo dvije ili tri kartice za svaki proizvod u sustavu, iako može ih biti i više ako postoji potreba za proizvodnju većih količina, ili ako je proizvod sam po sebi većih dimenzija. Ove kartice sadrže informacije o tome što je proizvod, gdje se koristi i u kojim količinama. Za sustave s više kartica također će pisati koja je kartica i od koliko (npr. kartica 1 od 5) potrebnih kako bi se operacija dovršila. Kada se proces proizvodnje završi korištenjem materijala na kojem je pričvršćena Kanban kartica, kartica se vraća na prethodni postupak. U sustavima s više kartica proces će obično morati čekati da se određeni broj kartica vrati, prije nego što se počne proizvoditi sljedeći poluproizvod ili proizvod.

Slika 8. prikazuje način na koji funkcionira Kanban sustav s dvije kartice, naime u procesu B vrši se obrada proizvoda nakon što je prethodni proizvod obrađen. Kada je serija završena, kartica se vraća do procesa A na dopunu informacija.

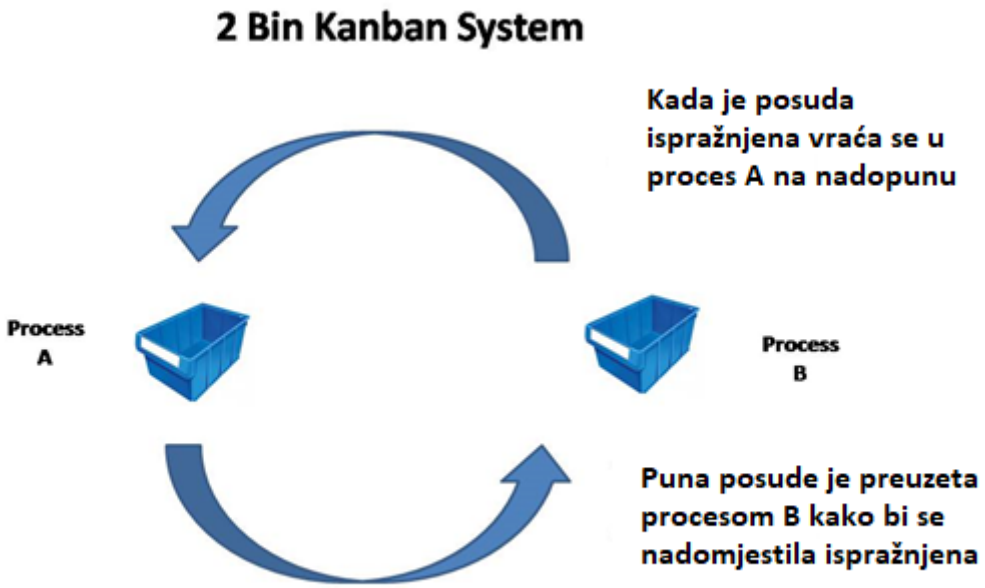


Slika 8. Kanban sustav s dvije kartice [13]

Prilagodio: I. Pavliić prema [13]

2. Kanban sustavi sa spremnicima (engl. *Kanban bin systems*)

   Spremnici se koriste na vrlo sličan način kao i Kanban kartice. Međutim, umjesto da se kartice pričvrste na materijale, kontejner unutar kojeg se transportira proizvod za vrijeme i nakon procesa, postaje stvarni Kanban. Obično su označeni sa sličnim informacijama kao i kartice te se vraćaju u prethodni postupak kao autoritet za proizvodnju novih komada kada se isprazne Kanban spremnici. Kao i kod kartica, moguće je imati Kanban sustav s 2, 3 ili više spremnika, ovisno o količini zaliha koje su potrebne unutar proizvodnog sustava.



Slika 9. Kanban sustav s 2 spremnika [13]

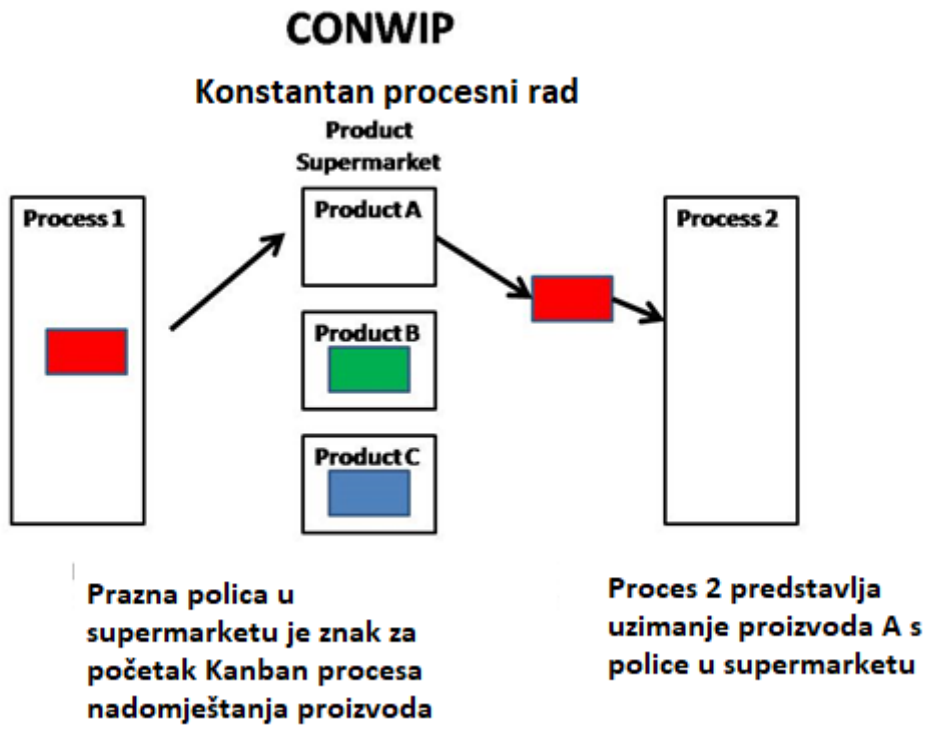
Prilagodio: I. Pavlinić prema [13]

Slika 9. prikazuje Kanban sustav s dva spremnika koji funkcionira na identičan način opisan pod slikom 8., jedina razlika je u tome što umjesto kartica pričvršćenih na proizvode ovdje postoje spremnici koji imaju identičnu ulogu kao i Kanban kartice.

3. CONWIP sustavi

CONWIP predstavlja konstantan rad u tijeku; ovaj sustav više nalikuje na stvarnu ideju korištenja polica supermarketa gdje je Kanban stvarna lokacija na prodavaonici. Dakle, kada proces ukloni proizvod iz prethodnog procesa prazni prostor je Kanban, te prethodni proces će raditi kako bi popunio rupu. Ovaj sustav dobro funkcionira za sustave u kojima je moguće postići protok jednog komada u vremenu i unutar kojeg je varijacija proizvoda ograničena.

Međutim, CONWIP se može koristiti vrlo uspješno u onim proizvodnim procesima u kojima postoji velika varijabilnost proizvoda ukoliko se kombinira s načinom proizvodnje „prema narudžbi“. Ako Kanban lokacija postane slobodna, proces će jednostavno izgraditi sljedeću komponentu ili seriju na njihovom popisu.



Slika 10. CONWIP sustav [13]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [13]

Slika 10. ilustrira CONWIP sustav u kojemu se prilikom zahtijevanja proizvoda A (crveni pravokutnik) od strane Procesa B, automatski aktivira potreba za proizvodnjom istog tog proizvoda A unutar procesa 1. Okidač za pokretanje procesa 1 i proizvodnju proizvoda A je prazna Kanban lokacija.

4. E-Ban i Fax-Ban sustavi

   S dostupnom tehnologijom, često je moguće imati digitalni (engl. *Paperless*) Kanban sustav koji se provodi pomoću skeniranja bar-kodova ili svaki stroj jednostavno šalje informacije drugome da je ciklus završio. Elektronička obrada i prijenos podataka funkcioniraju na isti način kao i svaki drugi Kanbanov sustav. Jedno od najčešćih područja za korištenje tih sustava je između tvrtke i njihovih dobavljača.

2.3.5. Heijunka

Heijunka je japanska riječ za balansiranje. To je dio *lean* metodologije poboljšanja procesa kojemu je cilj pomoći organizacijama odgovoriti na nepredvidive zahtjeve od strane potražnje kupaca te eliminiraju suvišne procese i gubitke balansiranjem vrste i obujma proizvodnje u

određenom vremenskom razdoblju. Jednostavnije je razumjeti Heijunka metodu te načine na koje ona ima mogućnost poboljšati proizvodni proces suprotstavivši ga tradicionalnom načinu proizvodnje u serijama. Proizvodnja u serijama je često korištena metoda za organizaciju proizvodnje od izuma masovne proizvodnje. Proizvodnja u serijama je koncentrirana na velike količine proizvoda bez uzimanja u obzir fluktuacije u potražnji kupaca. Proizvod koji kupac ne kupuje odmah skladišti. [15]

Tradicionalna metoda proizvodnje u serijama ima nekoliko nedostataka [15]:

- Potražnja kupaca rijetko je predvidljiva. Kada klijenti slijede neočekivani obrazac kupnje, proizvođač može doživjeti konfuziju i poremećaje glede planiranja proizvodnje.
- Potražnja na uzvodnim procesima je nepravilna, stoga je zahtjevno koji puta odrediti adekvatnu količinu proizvoda koje je potrebno proizvesti obzirom na nepravilnu raspodjelu nabave materijala i poluproizvoda od dobavljača
- Trošak neprodane robe u skladištu smanjuje profitabilnost.

Proizvodnja u serijama također rezultira neravnomjernošću kvalitete proizvoda i preopterećenjem opreme i osoblja koji zajedno vode onome što *lean* upravo namjerava ukloniti - gubitke. Heijunka pomaže u izbjegavanju neučinkovitosti proizvodnje u velikim serijama, približavanjem proizvodnog procesa u skladu sa zahtjevima kupaca. Fleksibilnost koju Heijunka ulijeva donosi tri prednosti za proizvodnju [15]:

- Predvidljivost - događa se kada je potražnja postojana
- Fleksibilnost - postignuta smanjenjem pripremno-završnog vremena
- Stabilnost - Prosječan obujam i vrsta proizvodnje tijekom dugog roka

Organizacije koje provode Heijunka raspored balansiranja u svojim proizvodnim procesima imaju potencijal stvoriti niz prednosti nad svojim konkurentima [15]:

- Fleksibilnost proizvodnje točno onoga što kupac zahtijeva u točno određeno vrijeme
- Smanjenje skladišnih kapaciteta zbog manje potrebe za skladištenjem neprodane robe
- Uravnotežena iskorištenost strojeva i osoblja
- Predvidljiva potražnja za sirovinama od dobavljača

Heijunka alat zahtijeva prilagođavanje proizvodnje kako bi što je više moguće odražavala potražnju kupaca. Kada tvrtka proizvodi sve vrste proizvoda i održava malu količinu robe na skladištu tijekom cijele godine, postoji veća fleksibilnost u slučaju promjenjivih zahtjeva

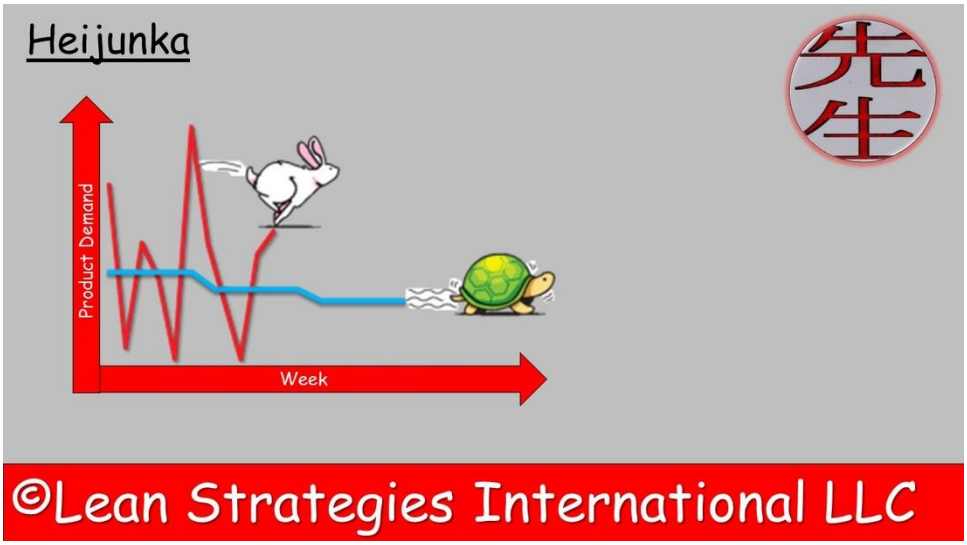
kupaca. Skladištena roba osigurava uspješno djelovanje tijekom razdoblja s nesigurnim obrascima narudžbi kupaca. [15]



Slika 11. Četiri osnovne značajke Heijunke [16]

Prema [17] u nastavku su navedeni ključni koncepti potrebni za uspješnu implementaciju Heijunke u poduzeće:

- Taktno vrijeme: vrijeme potrebno za dovršenje proizvoda kako bi bili zadovoljeni zahtjevi kupaca; može se smatrati stopom kupnje kupaca. To je smjernica za cjelokupnu implementaciju heijunke.
- Balansiranje volumena: Proizvodnja na razini dugoročne prosječne potražnje i zadržavanje zaliha na količini koja proporcionalno odgovara promjenjivosti potražnje, stabilnosti procesa proizvodnje te brzini otpreme.
- Balansiranje tipa proizvoda: U osnovi, svakodnevno napraviti svaki tip proizvoda te rezervirati kapacitete za fleksibilnost prebacivanja proizvodnje (pripremno-završno vrijeme) na novi tip, koristiti heijunka kutiju za vizualizaciju tijeka i rasporeda proizvodnje.
- Heijunka kutija: Radni dijagram balansiranja tipa i rasporeda proizvodnje.
- Raditi polako i dosljedno: Taiichi Ohno, osnivač Toyotinog proizvodnog sustava, jednom je rekao: "Spora, ali dosljedna kornjača uzrokuje manje otpada i mnogo je poželjnija od brzog zeca koji trči unaprijed, a zatim se zaustavlja kako bi predahnuo. Toyotin proizvodni sustav može se ostvariti samo kad svi radnici postanu kao kornjače." Slika 12. potkrepljuje citat gospodina T. Ohna prikazujući njegovu viziju slikovito na sljedeći način:

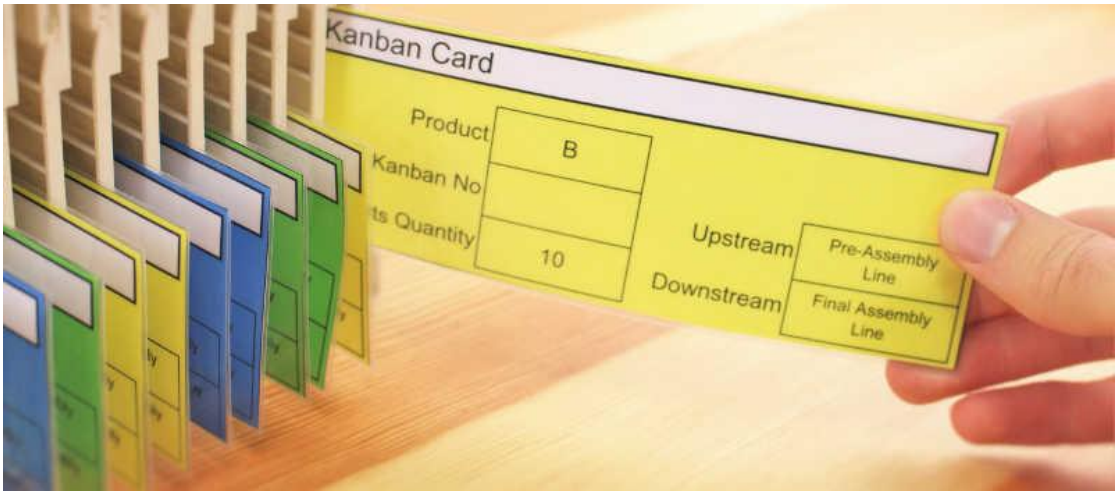


Slika 12. Slikovito prikazana potreba za balansiranjem proizvodnje [18]

- Pripremno-završno vrijeme: Učinkovitost prebacivanja proizvodnje s jednog proizvoda na drugi je središte fokusa heijunke, sužavanje vremena prebacivanja pomaže u poboljšanju toka vrijednosti između ponude i potražnje.
- Upravljanje zalihama: Na početku svakog proizvodnog ciklusa potrebno je imati gotove proizvode, spremne za otpremu kako bi se omogućilo balansiranje proizvodnje i potražnje po konstantnim stopama i kvaliteti, te da se minimizira višak sirovina.
- Standardizacija tipa proizvoda: Dnevnom proizvodnjom svakog tipa proizvoda ili usluge znanje se jednostavnije i efektnije širi kako bi svi proizvodni procesi imali koristi.

U nastavku dijela projekta o Heijunka alatu bit će riječi o Heijunka ploči koja ima ulogu nadogradnje Kanban načina planiranja i praćenja proizvodnje.

Prema [19] Heijunka ploča je vrlo slična Kanban ploči, ali ima neke dodatke. Iako je ploča povezana s idejom balansiranja proizvodnje, sama ploča ne služi direktno balansiranju proizvodnje, već se usredotočuje na vizualizaciju i nadzor trgovine. Heijunka ploča podijeljena je na 24 odjeljka (pojedinačne kutije u koje se stavljaju Kanban kartice). Svaki odjeljak sadrži proizvodne narudžbe za jedan određeni sat, od početka prve smjene (npr. 6 sati ujutro) do početka prve smjene idućeg dana. Narudžbe za svaki jedan sat pisane su na Kanban kartici.



Slika 13. Prikaz umetanja kanban kartice u Heijunka ploču [19]

Recimo da želimo proizvesti 10 dijelova svakih sat vremena. U tu svrhu stavljaju se kartice unutar svakog odjeljka, kao na slici 10. Kartica sadrži sve podatke potrebne za proizvodnju 10 dijelova i funkcionira prema planu proizvodnje. Svaki ciklus zaposlenik (japanski Mizusumashi (ili vodeni pauk)), preuzima karticu iz kutije. Zatim odabire sve materijale potrebne za proizvodnju deset dijelova navedenih na kartici iz Heijunka ploče, isporučuje sve materijale do proizvodne linije i predaje Heijunka karticu operaterima na liniji. Operateri linije tada imaju sve što im je potrebno za sljedeći skup dijelova (konkretnije deset komada) kako bi ih proizveli unutar sat vremena i time dovršili ciklus. Sama Heijunka djeluje kao alat za vizualizaciju procesa. U slučaju kvara, linija će prestati raditi. To će dovesti do kašnjenja izuzimanja kartica s Heijunka ploče. Ako nema izuzetih kartica s ploče, vrlo lako se da zaključiti odstupanje od definiranog vremena u odjeljku ploče s karticama i trenutnog vremena. Na primjer: Ako je 10 sati i proizvodna linija kasni, vidjet će se Kanban kartice s vremenima početaka proizvodnih ciklusa (npr. 8 i 9 sati ujutro) još uvijek u ploči iako je 10 sati. U tom slučaju moguće je uočiti zastoje u proizvodnji brzim pregledom Heijunka ploče. [19]



Slika 14. Prikaz planiranja proizvodnje pomoću Heijunka ploče [19]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [19]

Slika 14. prikazuje cijeli proces planiranja proizvodnje pomoću Heijunka ploče. Prvi korak je dolazak zaposlenika koji izuzima Kanban karticu koja odgovara unaprijed definiranom ciklusu proizvodnje, odlazi po sav potreban materijal definiran na Kanban kartici za proizvodnju određenog broja komada, potom dostavlja sav materijal zajedno s Kanban karticom do proizvodne linije. Krajnji korak je predaja materijala i Kanban kartice zaposlenicima na liniji koji potom obavljaju proizvodnju zadanu Kanban karticom dok proizvodni ciklus ne završi.

2.3.6. SMED

Jedan od značajnih alata *lean*-a odnosi se na skraćenje pripremno-završnog vremena (engl. *Changeover time*). Manje potrošenog vremena na postavljanje stroja znači manje zastoja u proizvodnji. Nije nevažno ponovo naglasiti kako se zastoji smatraju jednim od osam ključnih gubitaka definiranih *lean* filozofijom. Ključ za bržu pripremu opreme je *lean* alat pod nazivom - SMED. SMED označava izmjenu alata, pripremu stroja, unutar deset minuta (jednoznamenkasto trajanje pripremno – završnog vremena, otuda dolazi u nazivu engl. *Single*). SMED načela mogu se koristiti i primijeniti u gotovo svim operacijama ili procesima. Razvijen je radi poboljšanja postavki strojne opreme i alata. Već je rečeno kako je glavni cilj primjene SMED-a pripremno - završno vrijeme na samo nekoliko minuta. Ovisno o proizvodnom procesu, postavljanje proizvodne opreme u roku od nekoliko minuta može biti vrlo zahtjevno, međutim u većini slučajeva, ako se slijede SMED načela, moguće je postići drastično skraćenje trajanja pripremno - završnog vremena. [20]

Prema [21] SMED je razvio Shigeo Shingo, japanski industrijski inženjer koji je bio izvanredno uspješan u pomaganju tvrtkama kako bi dramatično smanjile svoja pripremno – završna vremena. Njegov pionirski rad doveo je do dokumentiranih smanjenja pripremno - završnog vremena u prosjeku 94% (npr. Od 90 minuta do manje od 5 minuta) u širokom rasponu tvrtki.

Teško je zamisliti vremenske promjene koje se poboljšavaju faktorom dvadeset, međutim valja o tome razmisliti na jednom jednostavnom primjeru [21]:

- Za mnoge ljude mijenjanje jedne gume može lako potrajati 15 minuta.
- Za NASCAR posadu iz pit boksa, mijenjanje četiri gume traje manje od 15 sekundi.

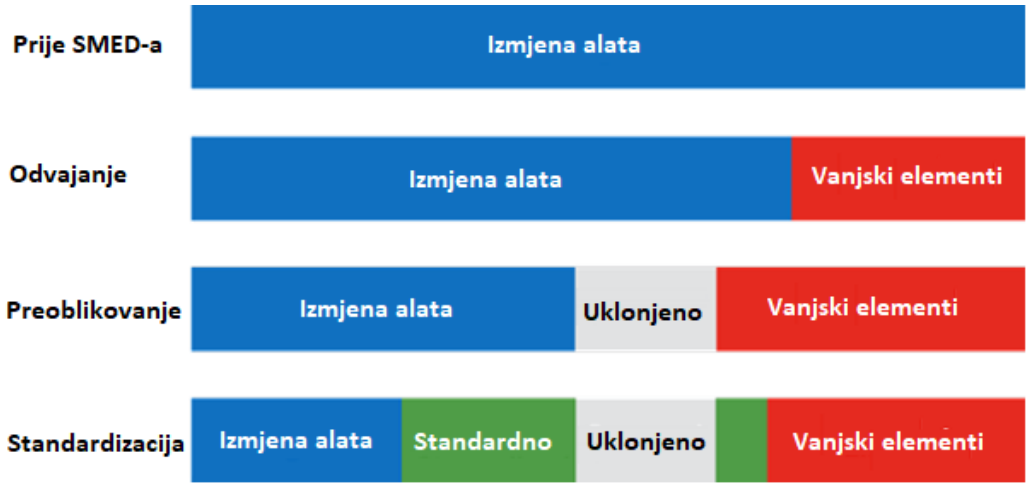
Mnoge tehnike koje koriste NASCAR ekipe iz pit boksa (slične tehnike se mogu vidjeti i prilikom mijenjanja guma kod odvijanja utrka Formule 1), obavljanje što je moguće više koraka prije dolaska automobila u pit boks, korištenje koordiniranog tima za paralelno provođenje više koraka, stvaranje standardiziranog i visoko optimiziranog procesa, itd.) također se koriste i u SMED-u. Zapravo, putovanje od petnaest minuta potrebnih za zamjenu guma do zamjene tih istih guma u petnaest sekundi može se smatrati SMED putovanjem. U SMED-u, promjene su sastavljene od koraka koji se nazivaju „elementi". Postoje dvije vrste elemenata [21]:

- Interni elementi - elementi koji moraju biti završeni dok je oprema zaustavljena
- Vanjski elementi - elementi koji se mogu dovršiti dok oprema radi

Proces korištenja SMED-a usredotočen je na izradu, što je moguće više vanjskih elemenata, te pojednostavljivanje svih tih elemenata. [21]

Nakon navedenog kratkog pregleda povijesti SMED-a, te njegove definicije i pregleda značajki, u nastavku su dane prednosti koje proizvodnom procesu donosi implementacija SMED-a prema [21]:

- Niži troškovi proizvodnje - brže izmjene alata znače manje zastoja
- Manja veličina serije - brže izmjene omogućuju češće promjene tipa proizvoda
- Poboljšano reagiranje na potražnju kupaca - manje veličine serija omogućuju fleksibilnije planiranje proizvodnje
- Manje potrebe za zalihama - manje serije rezultiraju manjim potrebama za zalihama
- Standardizacija izmjene alata - standardizirani procesi izmjene alata poboljšavaju dosljednost i kvalitetu)



Slika 15. Infografika s kvalitativnim utjecajem SMED-a na vrijeme izmjene alata [21]

Prilagodio: I. Pavlinić prema [21]

Slika 15. prikazuje općeniti pristup implementacije SMED-a i njegovih učinaka, naime prvi korak prilikom uvođenja SMED-a je analiza procesa izmjene alata, te odvajanje što je moguće više aktivnost procesa u tzv. vanjske elemente procesa. Dakle u početnom je koraku cilj sve aktivnosti unutar procesa izmjene alata podijeliti u unutarnje i vanjske elemente. Nakon prvog koraka slijedi prepoznavanja svih aktivnosti koje je moguće izostaviti prilikom procesa izmjene alata, jer je analizom dobiveno da one ne donose nikakvu vrijednost procesu, odnosno nisu neophodne, već samo predstavljaju gubitak vremena. Završni korak primjene SMED-a na proces izmjene alata je standardizacija i pojednostavljenje pojedinih aktivnosti sve u cilju minimizacije potrebnog vremena izmjene alata. Ušteda u potrebnom vremenu za pripremu alata i stroja pridonosi značajno utječe na planiranje proizvodnje. Naime, korištenjem standardiziranog i optimiziranog procesa izmjene alata, sa značajno kraćim vremenima, poduzeće si može dozvoliti profitabilnu proizvodnju manjih serija, povećati varijabilnost proizvoda, te tako uspješno odgovarati na zahtjeve današnjeg tržišta. Uštedom u skraćivanju pripremno - završnih vremena opreme smanjuje se trošak proizvodnje po proizvodu, stoga očigledan razlog za proizvodnju u većim serijama (amortizacija visokog troška pripremno-završnog vremena stroja brojem proizvedenih komada) više nije potrebna. Naočigled jednostavna modifikacija proizvodnog procesa ima potencijal dovesti do značajne konkurentske prednosti zaokretom u mogućnosti novih načina planiranja proizvodnje.

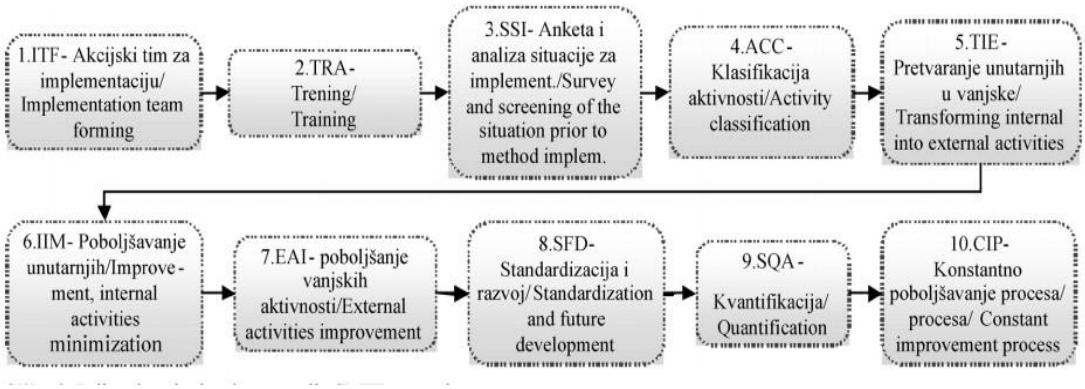
Potrebno je naglasiti kako nije dovoljno analizirati proces, prepoznati aktivnosti, standardizirati proces izmjene bez uloženog truda u ljude kojima je zadatak provoditi optimizacije postojećih procesa.
Potrebno je na pravilan način educirati zaposlenike kako bi timski rad doveo do maksimalno moguće razine primjene SMED-a.

2.4. Optimiranje proizvodnih procesa *lean* alatima

U okviru ovog poglavlja prikazat će se nekoliko primjera primjene *lean* alata na realne proizvodne procese kako bi se teorija raspravljena u prethodnom poglavlju potkrijepila primjerima iz prakse.

2.4.1. Primjena SMED alata

Kako bi SMED metodu bilo moguće čim jednostavnije implementirati, na Slici 17. dan je prikaz implementacije u deset koraka. U prvoj fazi formira se akcijski tim za primjenu SMED metode. Druga i treća faza pripadaju analitičkim fazama – u njima se odvijaju procesi analize problema i treninga kako bi se otklonili svi mogući nesporazumi i odgovorilo na pitanja vezana uz primjenu metode. Ovo je posebno važan korak jer se time omogućuje brža i jednostavnija primjena metode nakon što su svi članovi tima detaljno upoznati. U četvrtoj fazi vrši se klasifikacija na vanjske i unutarnje aktivnosti. Iduća, peta faza nastoji čim više unutarnjih aktivnosti pretvoriti u vanjske (Slika 16.). [23]



Slika 16. Prikaz koraka implementacije SMED metode [23]

Pri tome se pod vanjske aktivnosti podrazumijevaju sve one aktivnosti koje se mogu obaviti dok stroj radi. Unutarnje aktivnosti mogu se izvoditi isključivo kada stroj ne radi. Faze šesta i sedma obuhvaćaju aktivnosti vezane uz poboljšavanje vanjskih i unutarnjih aktivnosti iz prethodnih faza. Standardizacija predstavlja osmu fazu.

Tablica 1. Dio kontrolne liste prije izmjene alata [23]

Stroj	Broj komada	Količina	Veličina	Potvrda	Komentar
Klip	1	*mm*	80	✓	
Motka	1	*mm*	800		
Komora	1	*mm*	100	✓	
Stezaljke	-	32	-	✓	
Valjak	4	Komada	A		
Izbacivač	4	Komada	B	✓	
Crijevo hladna voda	2	komada	-		

Deveta faza obuhvaća kvantifikaciju, i konačno, deseta faza obuhvaća proces konstantnog poboljšanja procesa na osnovi podataka prikupljenih kroz sve prethodne faze.

Tablica 2. Dio kontrolne liste nakon izmjene alata [23]

OPERACIJA	TJEDAN				
	1	2	3	4	5
Provjera dušika	-	-	-	-	-
Zamjena ili postavljanje	-	-	-	-	-
Protok vode	-	-	-	-	-
Klip	-	-	-	-	-
Razbijač	-	-	-	-	-
Alat	-	-	-	-	-

Kako bi se osigurala kvalitetna provedba SMED–a, kreirane su tablice koje se ispunjavaju prije, te nakon izmjene alata. Primjeri dijela ispunjenih lista dani su u Tablicama 1 i 2. [23] Opisani proces poboljšanja odvija se na SMED stanici koja se sastoji od: police na kojoj se nalazi alat, užadi za podizanje težih dijelova, robotskih stezaljki i alata za izbacivanje igle. U sklopu stanice nalazi se i SMED stol koji je prikazan na Slici 18. Na njemu se nalaze potrebni alati i dijelovi koji su nužni za nesmetano odvijanje rada: kliješta (1), klip (2), upute za rukovanje (3), stega za lijevanje (6), motke (7), pajseri (5), ključevi i alati (4), stege za obrez (8) te daljinski upravljač za dizalicu (9). [23]



Slika 17. SMED stol [23]

Važno je naglasiti da se kod montaže alata služimo hidrauličkim cilindrima kako bi se postiglo pravilno pozicioniranje alata pomoću brzog stezanja. Na taj način alat je stegnut bez potrebe za dodatnim stezanjem pojedinačno uz svaku stranu alata. Prema podacima dobivenim analizom u pogonu [2-3, 7], ovim načinom stezanja vrijeme zamjene alata smanjuje se prosječno za 40 min. Primjenom SMED metode na način opisan u prethodnom poglavlju u ljevaonici tlačnog ljeva u PC3 postignuta su sljedeća unaprjeđenja [23]:

- Skratilo se prosječno vrijeme izmjene alata s 463 minute na 240 minuta
- Povećana je fleksibilnost strojeva na način da se u jednom tjednu do sada radilo uz samo jednu izmjenu alata – od sada se može planirati dvije izmjene alata i naravno dva različita proizvoda
- Povećala se produktivnost strojeva jer se u vremenu uštede od 223 minute može normalno proizvoditi

- Radno mjesto i okolina je čišće i organiziranije

Tablica 3. Usporedni prikaz potrebnih vremena za izmjenu alata prije i poslije primjene SMED-a [23]

Aktivnosti	Trajanje aktivnosti prije SMED-a [min]	Poboljšanja	Trajanje aktivnosti nakon SMED-a [min]	Vremenska ušteda [min]
Transport	35	Uputstva za rad	15	20
Grijanje	90	Predgrijanje	0	90
Pomoćni alati	49	SMED stol	9	40
Demontaža alata za odsijecanje	37	Uputstva	27	10
Montaža alata	64	Standardizacija	49	15
Demontaža alata za lijevanje	58	Uputstva	44	14
Montaža alata za lijevanje	115	Standardizacija	89	26
Pokretanje procesa	15	Uputstva	7	8
Ukupno	463	Ukupno	240	223

Implementacija SMED alata na ljevaonicu CIMOS u Buzetu uspješno je provedeno i primjenom jednog alata *lean* menadžmenta proces izmjene alata skraćen je za 223 minute, odnosno ostvarena je ušteda u vremenu od 48.2 %. Prethodni analizirani primjer predstavlja uzoran primjer implementacije *lean* alata u proizvodnom procesu.

2.4.2. Primjena Kaizena

Prema [24] Kaizen je primijenjen na trgovačko društvo Feroimpex d.o.o. koje se bavi proizvodnjom ležajeva, dijelova za automobilsku i željezničku industriju, proizvodnjom alata i komponenti, te ležajeva za vjetroelektrane. Na početku primjene Kaizena potrebno je odrediti granice događaja, odnosno definirati odjel na koji se primjenjuje Kaizen, te definirati grupu ljudi koja će ideje sprovesti u djelo. Potrebno je postaviti i voditelja tima koji ima ulogu osigurati da proces implementacije Kaizena teče s ciljem maksimalnog učinka od navedenih promjena u procesu. Nakon kreiranja tima potrebno je odrediti metriku kojom će se opisati trenutno stanje sustava sa stanjem nakon primjene Kaizena. Sljedeći korak je odabir konkretnih problema, a prema [24] to su: vremena čekanja i duljine transportnih puteva. Analiza trenutnog stanja provodi se po radnim mjestima unutar odjela proizvodnje [24]:

Područje 1: Radno mjesto tokarilice

Provedena je analiza procesa pripreme tokarilice za početak izrade serije. Proces pripreme tokarilice sastoji se od sljedećih koraka:

1. Zaprimanje radioničke sheme komada iz serije koja se treba obraditi

2. Zaprimanje jednog (reprezentativnog) komada iz serije koja se treba obraditi.

3. Proces namještanja i kalibriranja tokarilice prema dimenzijama i materijalu obratka (početnog komada) te obliku izratka (gotovog komada).

4. Unošenje NC koda u stroj

5. Obrada komada prema radioničkoj shemi

6. Mjerenje (gruba kontrola) obrađenog komada na mjernoj uri

Također je potrebno postaviti odgovarajuće čeljusti i noževe za obradu radnih komada. Uočeni problemi su sljedeći [24]:

- Nedostatak dodatnog radnika za transport alata i obradaka. Radnik koji radi na stroju mora svaki put ići osobno do alatnice i nazad kako bi uzeo potreban alat i pribor – nepotrebno kretanje te prekidi u radu
- U odjelu postoji desetak različitih vrsta tokarilica od različitih proizvođača (Slika 18.) s različitim načinima rada, različitim alatima, priborom i načinom umjeravanja te stoga usporavaju proces pripreme svakog stroja, budući da se radnik svaki put treba podsjetiti kako se koji stroj priprema (tipovi noževa i čeljusti koji su kompatibilni za stroj; način rada na upravljačkom računalu stroja i slično). Stoga, proces namještanja i kalibriranja stroja uvelike ovisi o znanju i iskustvu radnika. Također, raznolikost strojeva uzrokuje i potrebu za većim brojem programera jer svaki proizvođač ima drugačije upravljačko računalo na stroju.



Slika 18. Tokarilice različitih proizvođača [24]

- Radnik ne koristi mobitel za komunikaciju s uredom za programiranje već odlazi osobno do drugog kata proizvodne hale kako bi obavijestio programera da treba ubaciti novi kod u stroj – nepotrebno kretanje i gubitak vremena
- programer mora prvo doći osobno do stroja te ga onda ručno povezati sa svojim laptopom kako bi unio kod – čekanje radnika na stroju

Tablica 4. Vrijeme čekanja radnika na stroju tijekom unošenja NC koda [24]

Prosječno vrijeme čekanja radnika da programer zaprimi obavijest te dođe do radnog mjesta stroja, min	12
Prosječno vrijeme čekanja radnika da programer unese NC kod u stroj, min	10
Ukupno vrijeme čekanja, min	22

Tablica 4. prikazuje empirijske podatke o vremenima čekanja zbog trenutnog načina odvijanja procesa tokarenja.

Područje 2: Radno mjesto alatnica

Analizom alatnice ustanovljeno je da je u vrlo dobrom stanju. Sva oprema i alati za strojeve su dobro organizirani po policama. Sva oprema je grupirana prema po proizvodnoj liniji, odnosno prema stroju za koji se koristi, a pomoću oznaka za proizvodne linije. Svaki komad alata i opreme na sebi također sadrži oznaku te su uredno posloženi na odgovarajuće mjesto. Što se tiče čistoće, alatnica ima minimalnu prljavštinu i prašinu po podu, nema paučine po zidovima i policama što sugerira da radnici uredno čiste i održavaju alatnicu. Glavni i jedini problem alatnice je nedostatak prostora. Naime, osim odjela proizvodnje, alatnicu još koriste i dva druga odjela koji unutra pohranjuju i svoju opremu i alate. To stvara problem za odjel proizvodnje jer nedostaje prostora za dodatne ili veće police. Alati i oprema za strojeve se gomilaju na malom prostoru. Stoga postoje i veliki rizici od oštećenja i zametanja opreme. Također je zbog toga povećana neurednost i neprohodnost u alatnici (Slika 19.).



Slika 19. Problemi uzrokovani nedostatkom prostora u alatnici [24]

Područje 3: Radno mjesto kalionica i ured za kontrolu tvrdoće

U samom procesu kaljenja, nema nikakvih problema niti velikih mogućnosti za unaprjeđenje. Koriste se najnoviji strojevi, u potpunosti automatizirani. Proces se prati putem digitalnih računala koji detaljno prikazuju njegovo stanje u svakom trenutku. Nakon procesa kaljenja, slijedi kontrola tvrdoće i dubina prokaljenosti gotovih komada. Kontrolu je potrebno izvršiti na većem broju komada iz netom kaljene serije (broj komada koje se treba kontrolirati ovisi o zahtjevima kupca). Ovdje se pojavljuje problem. Naime, ured za kontrolu se nalazi na drugom kraju hale što uzrokuje velike transportne udaljenosti između kalionice i ureda za kontrolu (Tablica 5.).

Tablica 5. Transportne udaljenosti između kalionice i ureda za kontrolu tvrdoće [24]

Transportna udaljenost u jednom smjeru, *m*	Udaljenost pređena jednim transportom, *m*	Prosječan broj transporta u smjeni	Ukupan transportni put kojeg radnik prođe u smjeni, *m*
100	200	25	5000

Ovime je završen proces analize trenutnog stanja na tri područja, odnosno radna mjesta unutar odjela proizvodnje, te slijedi faza pronalaženja rješenja i poboljšanja kako bi se unaprijedili postojeći proizvodni procesi. Predložena rješenja također su svrstana prema radnim mjestima prema [24]:

Područje 1: Radno mjesto tokarilice

a) Unapređenje procesa namještanja i kalibriranja tokarilice

- Zaposliti jednog ili dva radnika koji će prenositi alate, obratke i dokumentaciju od radnog mjesta stroja do alatnice, odjela za kontrolu, odjela za programiranje i obratno.
- Prema savjetu radnika koji rade na strojevima, vodstvo poduzeća se treba odlučiti za jednog proizvođača strojeva (tokarilica) te ga postupno uvesti u cijeli pogon zamjenjujući pritom strojeve od drugih proizvođača.

b) Unaprjeđenje procesa unošenja NC koda u stroj

- Bežično povezivanje strojeva s odjelom za programiranje - ujedno je najbolje, ali i najskuplje rješenje.

- Drugo rješenje, koje je jednostavno i besplatno, jest naviknuti, ali i potaknuti radnike da koriste mobitele za komunikaciju u radu.

Područje 2: Radno mjesto alatnica

Moguća rješenja problema nedostatka prostora u alatnici:

- Proširenje, odnosno nadogradnja postojeće alatnice
- Izgradnja još jedne alatnice s kojom će se služiti radnici iz drugih odjela
- Premještanje cijele alatnice u drugu, veću prostoriju
- Premještanje dijela alata i opreme iz alatnice u neku drugu, manju prostoriju

Prema [24] prva dva rješenja nije jednostavno implementirati budući da zahtijevaju veća financijska ulaganja te mnogo vremena, a isplativost je minimalna. Treće rješenje bi bilo najbolje rješenje, no samo ukoliko postoji višak neiskorištenog prostora u odjelu ili ako je vodstvo voljno napraviti zamjenu dvaju prostorija (npr. zamjena sobe za kontrolu s alatnicom i obratno).

Područje 3: Radno mjesto kalionica i ured za kontrolu tvrdoće

- Preseljenje ureda za kontrolu tvrdoće na drugu lokaciju, bliže kalionici.

Rezultati primjene Kaizena prema [24] pokazuju uštede od 80 % u smanjenju transportnog puta između kalionice i odjela za kontrolu tvrdoće, te je postignuto smanjenje ukupnog vremena čekanja radnika na stroju tijekom procesa unošenja NC koda u stroj za 64 %.

Vidljivo je kako primjenom jednog *lean* alata, slično kao i u prethodnom primjeru, postoji mogućnost postizanja značajnih ušteda, odnosno eliminiranja gubitaka u proizvodnim procesima ukoliko se alati primjene na zadovoljavajući način. Specifičnost Kaizena je što uključuje tim stručnjaka koji su temelj i glavna pokretačka sila promjene. Glavna ideja iza ovog alata je da ljudi s najviše znanja o specifičnom, promatranom problemu u timu zajedno dođu do rješenja koje po njima dovodi do poboljšanog načina izvođenja procesa.

2.4.3. Primjena VSM-a

Prema [25] provedena je primjena VSM *lean* alata u trgovačkom društvu HSTec, točnije na procesu proizvodnje prednjeg ležaja. Proizvodni proces sastoji se od ukupno šest operacija, čije ukupno trajanje iznosi 28.856 *h*. Potrebno je analizirati stvarno vrijeme izrade s

uključenim svim čekanjima i aktivnostima transporta, kako bi se to uvidjelo napravljena je mapa operacija za sadašnje stanje, te se iz nje da iščitati kako je vodeće vrijeme promatranog proizvoda 9.9 dana, dok je procesno već ranije spomenutih 28.856 sati. U vodeće vrijeme ubraja se vrijeme čekanja zbog stvaranja uskih grla u procesu, čekanje na transport dijelova od dobavljača, itd. Na osnovu dobivenih podataka moguće je izračunati efikasnost ciklusa proizvodnje, koji za dani slučaj izgleda ovako [25]:

$$E_c = \frac{T_{VAT}}{T_c} \times 100\ \% \quad (1)$$

E_c – efikasnost ciklusa

T_{VAT} – Ukupno trajanje aktivnosti koje donose vrijednost procesu [dan]

T_c – vodeće vrijeme [dan]

$$E_c = \frac{1.202}{9.9} \times 100\ \% = 12.15\ \% \quad (2)$$

Predložena rješenja za povećanje efikasnosti procesa su sljedeća [25]:

- obavljanje brušenja na tokarilici, čime bi osim skraćenja korisnog vremena doveli i do eliminacije čak 3 dana gubitka
- planski brusiti svih 18 komada istovremeno, što traje 2h umjesto dosadašnjih 4.53 h
- kružno brušenje raditi na numerički upravljanom stroju što bi trajalo 5h umjesto dosadašnjih 13.58

Primjenom predloženih rješenja dobiva se nova efikasnost procesa prema jednadžbi (1) i iznosi 38.6 %. Najznačajnije promjene odnose se na vodeće vrijeme koje je skraćeno na 1.9 dana što predstavlja smanjenje od 5.2 puta u odnosu na početno stanje, odnosno aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak u procesu su smanjenje s 8.7 na 1.17 dana što predstavlja značajne uštede u procesu i povećanje efikasnosti istoga. Zanimljivo je da rezultati istraživanja pokazuju kako se gotovo dvostruko smanjilo i vrijeme aktivnosti koje donose vrijednost procesu s 1.2 na 0.73 dana. [25]

Primjenom VSM alata postignute su značajne uštede vremena i oslobođen je prostor za povećanje kapaciteta proizvodnje ili proširenje palete proizvoda. Proširenjem primjene VSM-a na ostale proizvodne procese postoji veliki potencijal za povećanjem konkurentnosti trgovačkog društva.

Na kraju ovog poglavlja moguće je zaključiti iz tri dokumentirana primjera korištenja *lean* alata u proizvodnim procesima da nije potrebno mnogo resursa i vremena kako bi se provelo istraživanje i uvelo promjene koje imaju značajan potencijal poboljšati stanje proizvodnih procesa unutar trgovačkog društva. Valja primijetiti kako su u sva tri primjera korišteni samo po jedan od *lean* alata, stoga kombinacijom većeg broja alata postoji mogućnost potpune transformacije trgovačkog društva, povećanje kapaciteta, smanjenje troškova proizvodnje, otvaranja novih tržišta i povećanje konkurentnosti.

2.5. Praćenje uspješnosti primjenom *lean* alata – *lean* metrika

Metrika procesa se odnosi na specifični proces ili program i pruža informacije o ključnim pokazateljima procesa, kao što su vrijeme, cijena, kvaliteta, izlaz (engl. *Output*) i složenost procesa. Organizacijska metrika se odnosi na karakteristike šire organizacije ili uprave, pružajući informacije o statusu *lean* razvoja. [26]

Sama metrika procesa obuhvaća sljedeće [26]:

- **Vrijeme**: Metrika vremena procjenjuje potrebno vrijeme potrebno za proizvodnju i isporuku proizvoda ili usluga kupcima, vrijeme koje je potrebno utrošiti na preradu proizvodu ili vrijeme utrošeno na prazan hod
- **Troškovi**: Metrika troškova odnosi se na praćenje ušteda i troškova proizvoda, usluga ili procesa
- **Kvaliteta**: Metrika kvalitete ispituje kvalitetu proizvoda ili usluga, kao što su zadovoljstvo kupca
- **Izlaz (engl. *Output*)**: Metrika izlaza prati proizvodnju i to broj isporučenih proizvoda, izvršenih usluga, itd.
- **Kompleksnost procesa**: Metrika kompleksnosti procesa opisuje složenost i prirodu procesa, kao što su broj koraka u procesu i broj samostalnih odluka zaposlenih

Prema [26] postoji i organizacijska metrika koja se sastoji od sljedeća dva pojma:

- Razvoj *lean*-a: Metrika *lean* razvoja predstavlja status raspoređivanja implementacije *lean*-a u javnim i privatnim trgovačkim društvima, jedinicama državnih i lokalnih uprava i samouprava, a odnosi se na broj *lean* događaja i sprovedenih odluka
- Moral: Metrika morala je kreirana kako se pratilo zadovoljstvo zaposlenih i zadržavanje osoblja, uključujući i odgovore u anketama zaposlenih i stopom dovršenog posla u nekom vremenskom razdoblju.

3. DIGITALIZACIJA PROIZVODNJE

Sa sigurnošću je moguće reći da digitalizacija procesa poslovanja postaje više nužnost nego potreba. S ciljem ukidanja nepotrebnih troškova i povećanjem efikasnosti poslovnih procesa kako za klijente tako i za zaposlenike moguće je korištenjem digitalizacije postići višu razinu poslovnog upravljanja što će biti pokazano u nastavku.

3.1. Kibernetičko-fizički sustavi (engl. Cyber-Physical Systems, CPS)

U okviru razvoja industrije 4.0 i interneta stvari razvio se termin kibernetičko-fizičkih sustava koji predstavljaju složeniju primjenu koncepta interneta stvari. Napretkom u računalnim tehnologijama i spajanjem istih sa znanstvenim područjima poput mehatronike i kibernetike razvijeni su kibernetičko-fizički sustavi.

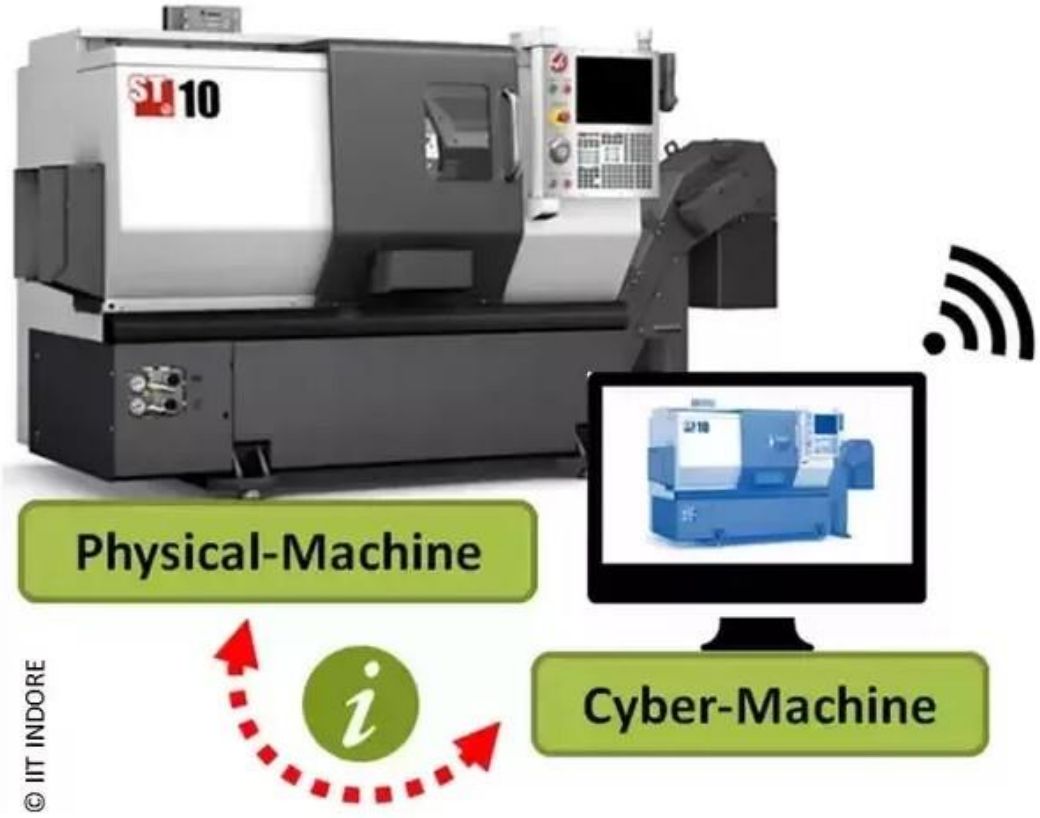
Kibernetičko-fizički sustavi (KFS) su sustavi suradnje računalnih subjekata koji su u intenzivnoj vezi s okolnim fizičkim svijetom i njegovim tekućim procesima, pružajući i istodobno se koristeći pristupom podacima i obradom podataka usluga dostupnih putem interneta. Drugim riječima, KFS može biti općenito karakteriziran kao "fizički i inženjerski sustav čije se djelovanje prati, kontrolira, koordinira i integrira računalnom i komunikacijskom jezgrom". Interakcija između fizikalnih i kibernetičkih elemenata od ključne je važnosti: "KFS je zapravo presjek, a ne unija između fizičkog i kibernetičkog. Nije dovoljno posebno razumjeti fizičke i posebno računalne komponente. Potrebno je razumjeti njihovu interakciju.". [27]

Potencijal KFS-a da promijeni svaki aspekt života je ogroman. Koncepti poput autonomnih automobila, robotskih operacija, inteligentnih zgrada, pametnih električnih mreža, pametne proizvodnje i ugradbenih medicinskih uređaja samo su neki od praktičnih primjera primjene KFS-a.". [27]

Sljedeća glavna polja primjene KFS-a predložena su od strane savezne mreže za istraživanje i razvoj KFS-a [27]:

- Poljoprivreda
- Građevinarstvo
- Obrana
- Energija
- Zdravstvo
- Proizvodnja i industrija
- Društvo
- Transport

Naglasak će biti stavljen na područje proizvodnje i industrije i ono će biti detaljnije razrađeno u sljedećem potpoglavlju u kojem će biti govora o tzv. kibernetičko-fizičkim proizvodnim sustavima (engl. *Cyber-physical production systems, CPPS*).



Slika 20. Kibernetičko-fizički sustav [28]

Slika 20. prikazuje dijelove KFS-a i moguće je zorno dočarati na što se sve ranije definirani pojam KFS-a odnosi. Na primjeru sa slike 20. CNC tokarilica prikazuje fizički dio sustava, dok računalna simulacija te iste tokarilice predstavlja kibernetički dio sustava. Kibernetički dio je zapravo potpuna funkcionalna kopija tokarilice u virtualnom svijetu odvojena od fizičke, jer kada bi bile povezane, riječ bi bila o internetu stvari, a ne KFS-u. Potreba za stvaranjem virtualne verzije tokarilice, iz primjera sa slike 20., je zbog potrebe za analizom operabilnosti fizičkih komponenti. Naime, vrlo je zahtjevno pratiti sve procese koji se odvijaju i koji su vezani za, konkretno, tokarilicu ako ih promatramo s aspekta fizičkog objekta. Ovdje se misli na predviđanje održavanja, optimizaciju parametara obrade, praćenje istrošenosti rada, očekivani životni vijek, itd. Sve navedene stvari je moguće više ili manje uspješno pratiti danas bez virtualnog modela, međutim upotrebom vjerne virtualne kopije proširuje se spektar novih informacija i znanja koje je moguće dohvatiti, jer nije potrebno fizički spajati ili dodavati senzore kako bi se došlo do određenih, željenih informacija, već je sve moguće podesiti direktno na modelu. Internet stvari služi za spajanje ili konekciju tih dvaju dijelova sustava, fizičkih i kibernetičkih za potrebe prijenosa informacija. Prijenos informacija vrši se pomoću raznih senzora i aktuatora. Ovdje se rađa novi pojam, a to je vertikalna digitalna integracija. Prvu razinu vertikalne digitalne integracije predstavljaju KFS-ovi, dok drugu razinu predstavlja Internet stvari. [28]

3.2. Digitalizacija proizvodnih procesa

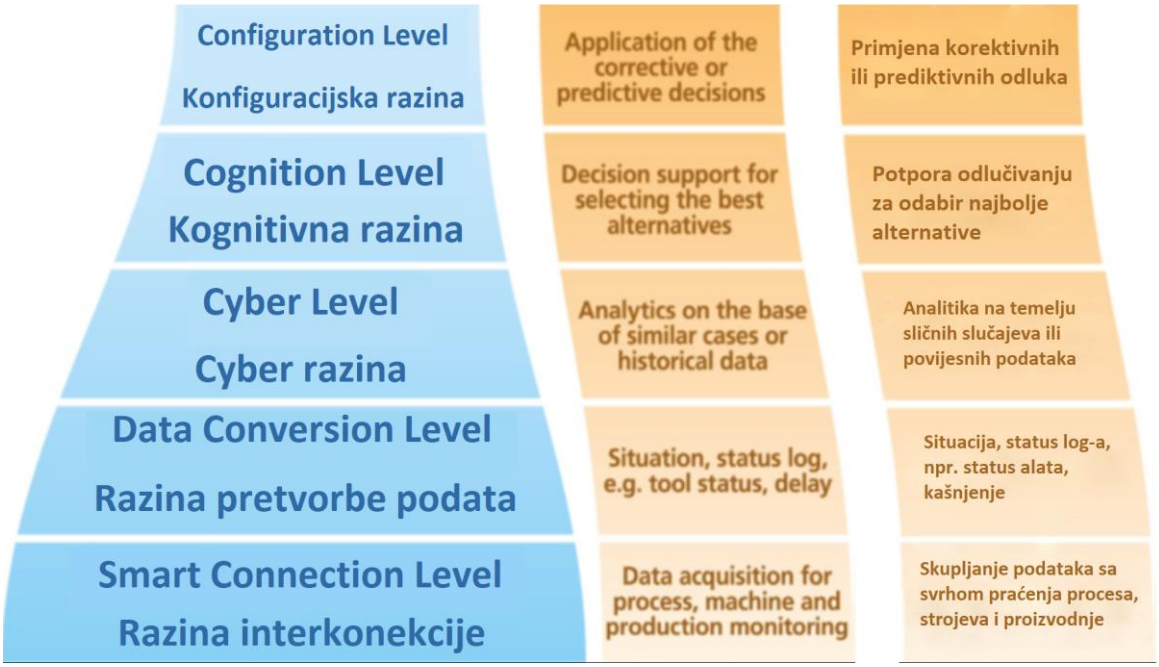
Budući da je u ovom radu naglasak na proizvodnim procesima tako će se detaljnije objasniti digitalizacija proizvodnih procesa preko kibernetičko-fizičkih proizvodnih sustava (KFPS). KFPS se sastoji od autonomnih i kooperativnih elemenata i podsustava spojenih na temelju kroz sve razine proizvodnje, od proizvodnih procesa preko strojeva do proizvodnih i logističkih sustava. [27]

Tri su glavne karakteristike kibernetičko-fizičkih proizvodnih sustava [27]:

- Inteligencija, odnosno sposobnost elemenata za skupljanje informacija iz okruženja i mogućnost autonomnog djelovanja
- Spojivost, odnosno mogućnost postavljanja i korištenja konekcija na ostale elemente sustava, uključujući i čovjeka u svrhu kooperacije i suradnje

- Mogućnost pravovremene reakcije na unutarnje i vanjske poremećaje

Kako bi se mogao pratiti tijek implementacije kibernetičko-fizičkih proizvodnih sustava kreirana je 5C arhitektura prema slici 21. Najniži nivo predstavlja razina pametnih konekcija (engl. *Smart Connection level*) koja definira prikupljanje podataka vezanih uz proces, stroj i nadgledanje procesa. Druga razina se odnosi na konverziju prikupljenih podataka (engl. *Data Conversion Level*), ona obrađuje prikupljene podatke i iz njih daje korisne informacije o statusu stroja, alata, zastojima, itd. Treća razina predstavlja kibernetički nivo (engl. *Cyber Level*), odnosno određivanje analitike procesa na temelju povijesnih podataka, ili sličnih slučajeva. Četvrta razina je nivo spoznaje ili kognicije (engl. *Cognition Level*), a odnosi se na potporu donošenja odluka i odabira najboljih alternativa, dakle KFPS su na ovoj razini sposobni predložiti i odabrati optimalno rješenje za dane uvjete. Zadnja, peta razina je konfiguracijska razina (engl. *Configuration Level*) i ona predstavlja najvišu razinu autonomije i upravljanja KFPS-a i predstavlja primjenu korektivnih i prediktivnih rješenja i odluka.



Slika 21. 5C arhitektura implementacija KFPS-a [27]

Prilagodio: I. Pavlinić prema predlošku iz [27]

3.2.1. Prednosti i nedostaci digitalizacije proizvodnih procesa

U prvom djelu ovog potpoglavlja bilo je riječi o naprednim tehnikama digitalizacije proizvodnih sustava, no u nastavku će biti razrađena manje kompleksna tehnika digitalizacije

proizvodnih procesa. Za početak, sama digitalizacija se odnosi na pretvorbu nečeg analognog u digitalno, stoga na tome tragu se pokušava sprovesti i digitalizacija proizvodnih procesa. U analognom dobu proizvodni procesi su se pratili pomoću papira i olovke, te količina podataka koja se tako mogla dobiti i obraditi, te količina korisnih informacija dobivenih na taj način je bila relativno malena, te je velika većina planiranja u upravljanja proizvodnim procesima bila oslonjena na iskustvene podatke i ovisna o implicitnim znanjima zaposlenika koji su većinu života posvetili pojedinom proizvodnom procesu. Zahvaljujući razvoju digitalnih tehnologija omogućen je nov način planiranja i upravljanja proizvodnim procesima tako da se prikupljeni podaci pohranjuju u računalnu bazu podataka. Podaci se prikupljuju pomoću raznovrsnih senzora koji u svakome trenutke prate određeni, bitan dio procesa i na taj način je omogućeno prikupljanje nikad većeg broja različitih podataka koji imaju potencijal pružiti mnogo veću i širu sliku o pojedinom elementu proizvodnog procesa (npr. stroju), odnosno o cijelom procesu. Zahvaljujući digitalizaciji više nema potrebe za gomilanjem registratora papira s manje ili više preglednim setom podataka, već je moguće prikupiti više i raznovrsnije podatke, skladištiti ih u bazu podataka na temelju koje se dolazi do nove prednosti digitalizacije, a to je obrada podataka. Obrada podataka prikupljenih na papirima je nerijetko mukotrpna i uzima mnogo vremena kako bi se izvukle korisne informacije, te prenijelo znanje. Računalna obrada podataka mnogo je pristupačnija jednostavno zbog toga što računala danas imaju mnogo veću brzinu i kapacitet obrade podataka od čovjeka, te su sposobna u vrlo kratkom vremenu obraditi veliki set podataka. Tokom vremena razvijeni su različiti alati za obradu podataka što dodatno olakšava problem upravljanja i praćenja procesa. Uvođenje digitalizacije u proizvodnju ima višestruke koristi, uz ranije spomenuto jednostavnije i efektivnije planiranje i upravljanje proizvodnjom, vrlo je efikasno kod određivanja modela održavanja strojeva kao elemenata proizvodnog sustava. Naime, digitalizirani proizvodni proces omogućava primjenu prediktivnog održavanja. Prediktivno održavanje na temelju prikupljenog seta relevantnih podataka kreira model održavanja i procjenjuje životni vijek elemenata stroja, stoga je moguće jednostavnije procijeniti planiranje zastoje radi izmjene istrošenih dijelova, regulirati troškove održavanja, smanjiti škartne proizvode i preciznije kapacitirati proizvodnju. Na ovaj način se minimizira potreba za korektivnim održavanjem koje nastaje zbog neplanirane istrošenosti nekog dijela i potrebe za izvanrednim zastojima. Bez uvođenja digitalizacije u proizvodni proces ne može se ni

primijeniti prediktivno održavanje u punom opsegu, te se u početku eliminiraju svi benefiti koje ono za sobom nosi.

Digitalizacijom proizvodnog procesa mijenja se i obujam poslova zaposlenika primjerice, kako više nema ručno prikupljanja podataka i njihove obrade, inženjeri imaju više vremena koncentrirati se na ostale aspekte posla, kao što su istraživanje i razvoj, povećanje proizvodnih kapaciteta, povećanje efikasnosti opreme, itd. Upotrebom digitalizacije značajno je povećana stopa reaktivnosti zaposlenika, odnosno moguće je primati podatke o stanju nekog procesa u stvarnom vremenu, stoga i reakcija na neke neuobičajene vrijednosti podataka može biti trenutačna, dok to nije moguće očekivati prikupljaju li se i obrađuju podaci ručno. Posebno je to bitno, a i vrlo razvijeno iz tog razloga, u nuklearnim postrojenjima gdje se pomno prate svi ključni parametri, jer u slučaju nekih abnormalnosti potencijalne posljedice mogu biti katastrofalne za postrojenje i okruženje. Uz navedene prednosti bržeg i kvalitetnijeg prikupljanja podataka i njihove obrade, mogućnosti korištenja novih metoda održavanja proizvodne opreme, olakšanog planiranja i upravljanja proizvodnim procesima, kao i promijenjen opseg posla zaposlenika zahvaljujući uvođenju digitalizacije, potrebno je naglasiti

i neke nedostatke. Glavni nedostatak je cijena investicije, naime početna investicija je nerijetko vrlo visoka, jer je potrebno nabaviti opremu za prikupljanje podataka (primjerice senzori), zatim je potrebno nabaviti softversko rješenje za skladištenje i obradu podataka, itd. Bez obzira na visoka početna ulaganja mnoga proizvodna trgovačka društva ulažu u digitalizaciju svoje proizvodnje jer se ona dugoročno isplati, da to nije tako ne bi to bio slučaj. Financijske koristi od digitalizacije su indirektne, primjerice moguće je ugovoriti proizvodnju većih količina proizvoda jer je, korištenjem digitalnog upravljanja proizvodnjom, povećan kapacitet proizvodnje, i mnogi drugi načini. Drugi glavni nedostatak je prirodna, ljudska odbojnost prema promjenama. Ovdje je glavna uloga na menadžmentu trgovačkog društva da pripremi zaposlenike, educira ih o željenim promjenama i novom načinu rada. Potrebno je uložiti mnogo truda u uključivanje zaposlenika u digitalnu transformaciju proizvodnje kako bi bili u stanju koristiti sve njene prednosti u budućnosti. I naposljetku, digitalne tehnologije se razvijaju, i iz dana u dan dostupnima postaju nove mogućnosti, stoga je potrebna konstantna edukacija kako bi se mogla izvući maksimalna korist i iskoristiti se za povećanje konkurentske prednosti.

U sljedećem poglavlju detaljnije će biti govora o načinu digitalizacije poslovanja proizvodnih trgovačkih društava, odnosno o programskim paketima koji omogućuju digitalizaciju poslovanja još od kraja dvadesetog stoljeća, a to su informacijski sustavi za organizaciju resursa unutar poduzeća. (engl. *Enterprise Resource Planning, ERP*).

3.3. ERP sustav

ERP (engl. *Enterprise Resource Planning*) je integralni informacijski sustav u kojemu su pojedini dijelovi informacijskog sustava povezani, on omogućava evidentiranje i analizu svih poslovnih događaja. U modernom poslovanju informacijski sustavi različitih organizacija nastoje se međusobno povezati i na taj način „automatizirati" međusobnu suradnju. U jednostavnim slučajevima riječ je o elektroničkoj razmjeni podataka između dvaju informacijskih sustava, a u složenijim slučajevima radi se o razmjeni transakcija između dvaju sustava, pa konačno i stvarnom povezivanju dvaju sustava, odnosno stvaranje umreženih i virtualnih organizacija.[29]

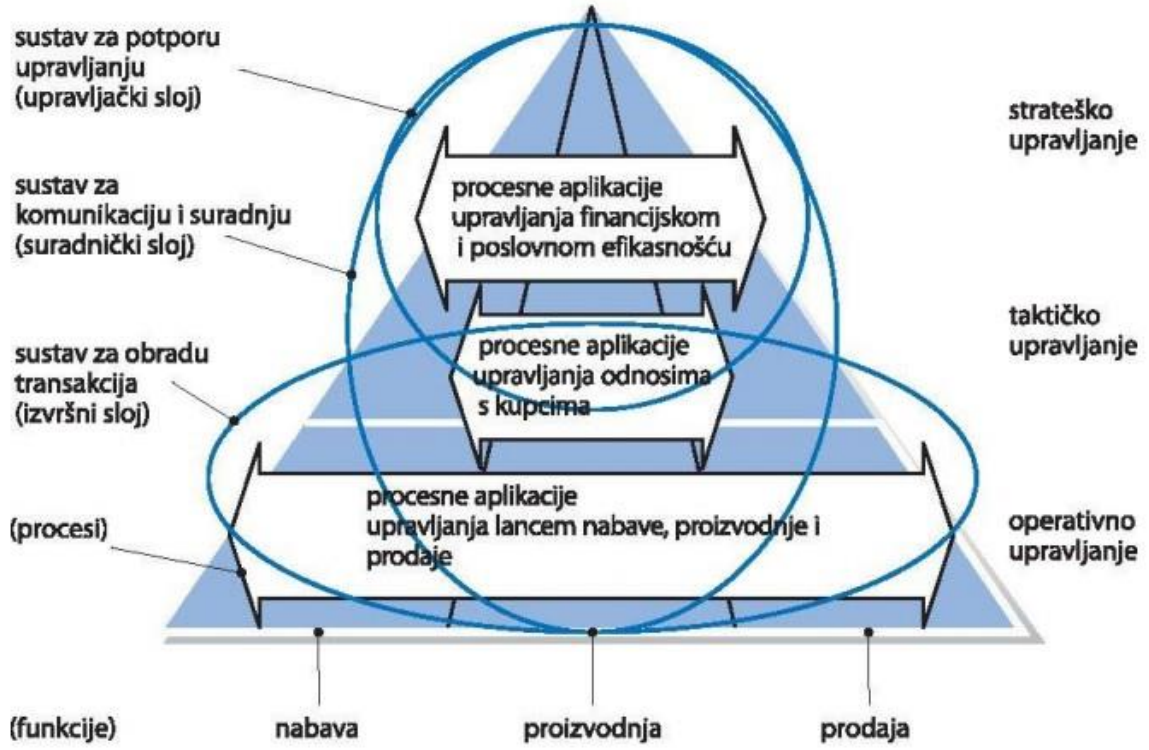
Većinom su informacijski sustavi u poduzećima rascjepkani i nepovezani, stoga u takvom sustavu je nerijetko problem povezati podatke dviju ili više srodnih aplikacija, a posebno je zahtjevno ako se podaci spremaju u različitim formatima. Zbog toga i sličnih problema je upravo integracija podataka nužna pri donošenju odluke o odabiru vrste informacijskog sustava.

Prema [29] još je 80-tih godina prošlog stoljeća počela izgradnja standardiziranih programskih rješenja s pomoću kojih je moguće izgrađivati integralni informacijski sustav u kojem su pojedini dijelovi informacijskog sustava međusobno povezani. Integriranost se ostvaruje povezivanjem podataka, tako da se podaci jedne poslovne pojave (npr. podaci o zaposlenicima) pohranjuju u sustavu jednom, a istovremeno koriste u više podsustava (npr. u kadrovskoj evidenciji, obradi plaća, proizvodnji).

3.3.1. Elementi i značajke ERP sustava

ERP sustavi u svojoj jezgri imaju sustav upravljanja, odnosno planiranja resursima organizacije s većim brojem međusobno povezanih programskih modula za pojedina

funkcijska područja, kao što su nabava, proizvodnja, logistika, prodaja, računovodstvo (Slika 22.) [29]



Slika 22. Struktura ERP sustava [29]

Slika 22. pokazuje piramidalnu strukturu ERP sustava, na temelju se nalaze procesne aplikacije vezane za različite module unutar ERP-a. U taktičko upravljanje spadaju procesne aplikacije više razine, u primjeru sa slike su to aplikacije upravljanja odnosima s kupcima. Na vrhu piramidalne strukture su procesne aplikacije upravljanja financijskom i poslovnom efikasnošću. Valja primijetiti kako u strukturi ERP-a postoje tri sloja: izvršni sloj, koji obuhvaća cijeli informacijski sustav (sustav za obradu transakcija), suradnički (sustav za komunikaciju i suradnju) i upravljački (sustav za potporu upravljanju).

Kako su u integralnom informacijskom sustavu podaci pojedinih poslovnih područja dobro povezani, odnosno integrirani relativno se jednostavno ostvaruje i funkcijska i procesna povezanost unutar organizacije. U vertikalno integriranom informacijskom sustavu postignuta je povezanost poslovnih procesa najniže funkcijske razine (npr. transakcije u maloprodaji) s procesima analiza podataka i prikaza informacija za upravljanje na višim razinama (npr. izvještaji analize prodaje za glavnog direktora). [29]

U horizontalno integriranom informacijskom sustavu se mogu sustavno pratiti procesi poput [29]:

- Po primitku narudžbe, integralni informacijski sustav je može prihvatiti, proslijediti u službu prodaje i dostave koje će isporučiti robu kupcu, odnosno njegovom informacijskom sustavu poslati račun
- U skladišnoj evidenciji će se zabilježiti količina isporučene robe
- Ukoliko se roba treba proizvesti u proizvodnom pogonu, lansira se radni nalog za proizvodnju potrebnih količina robe
- U proizvodnom dijelu informacijskog sustava može se izraditi plan proizvodnje, te digitalno voditi proces proizvodnje
- Efekte prodaje menadžer može promatrati i analizirati kroz analitički dio informacijskog sustava

Već je ranije spomenuto nekoliko značajki, međutim potrebno je na jednom mjestu navesti ključne značajke ERP sustava [30]:

- Sastoji se od više podsustava i velikog broj predefiniranih opcija
- Protok informacija kroz više poslovnih funkcija/procesa
- Realiziran je s više milijuna linija programskog koda
- U razvoj je uloženo više tisuća čovjek-sati visoko kvalificiranog rada
- Standardno okruženje sa zajedničkom bazom podataka nezavisnom od aplikacija i integriranih aplikacija

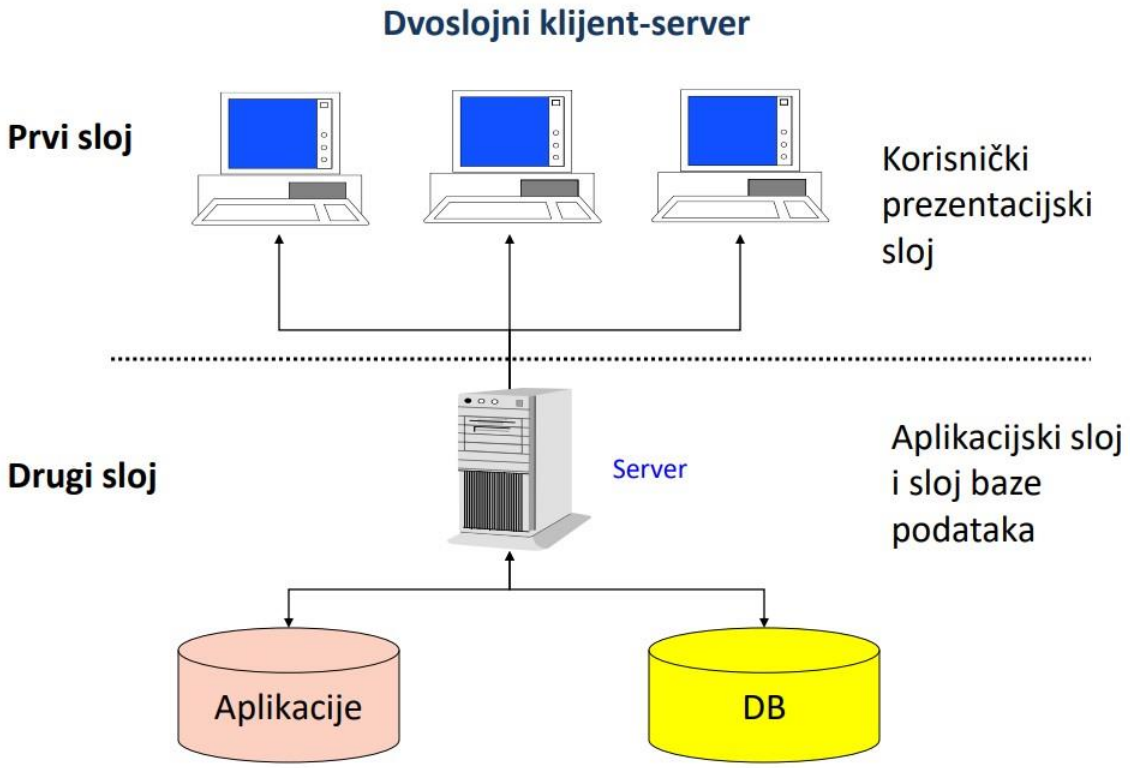
Prema [30] *International Dana Corporation (IDC)* ERP sustav definira kao programsku podršku za najmanje tri od četiri segmenta poslovanja:

- Financijsko poslovanja (engl. *Accounting*)
- Robno-materijalno poslovanje (engl. *Material management/distribution*)
- Upravljanje ljudskim resursima i plaće (engl. *HR management, payroll*)
- Proizvodnja (engl. *Manufacturing*)

Dvije su glavne sistemske konfiguracije ERP sustava [30]:

- Dvoslojna (engl. *Two-tier*)
- Troslojna (engl. *Three-tier*)

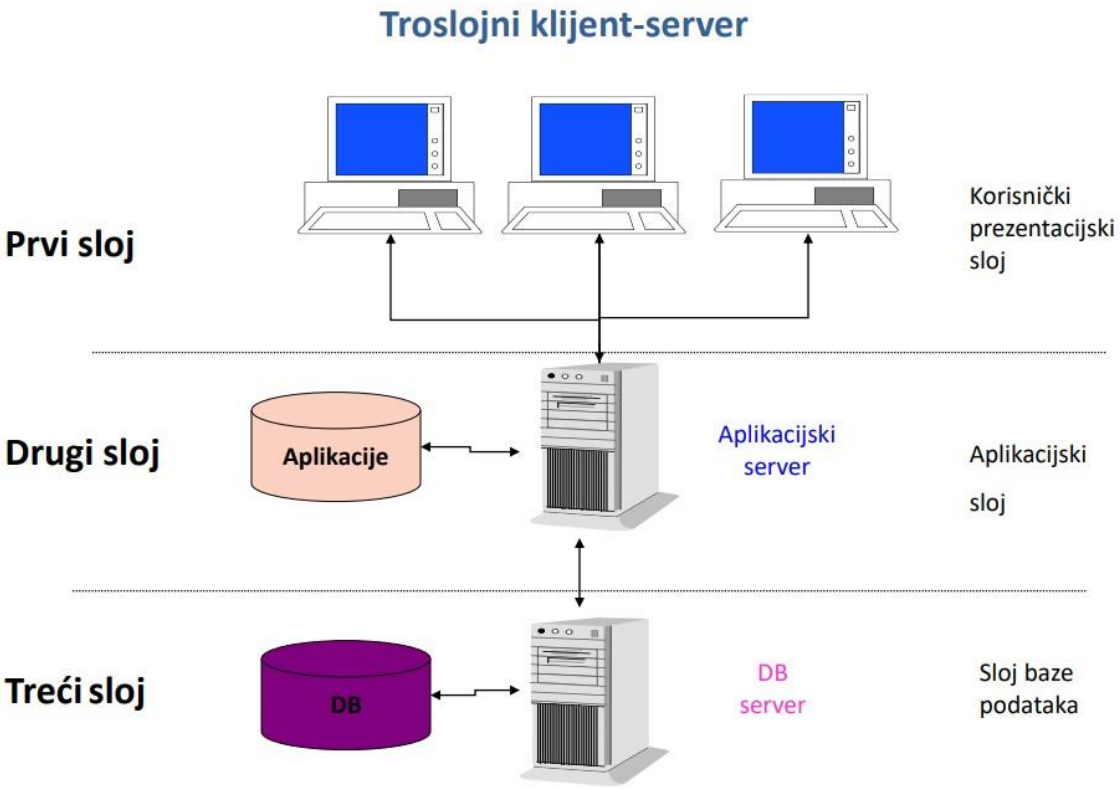
Dvoslojna konfiguracija je prikazana na slici 23., a karakterizira ju zajednički server koji upravlja i aplikacijom i bazom podataka, najčešće se koristi u LAN-u. [30]



Slika 23. Dvoslojna konfiguracija ERP sustava [30]

Slika 23. prikazuje prethodno opisanu dvoslojnu konfiguraciju koja se sastoji od zajedničkog aplikacijskog sloja i sloja baze podataka, te korisničkog, odnosno prezentacijskog sloja.

Troslojna konfiguracija ERP sustava razlikuje se u tome što se klijent povezuje na aplikacijski server, što inicira drugu konekciju na server baze podataka, osobito se koristi kod WAN mreža. Slika 24. prikazuje shemu troslojne konfiguracije ERP sustava. [30]



Slika 24. Troslojna konfiguracija ERP sustava [30]

Osnovna razlika, u odnosu na dvoslojnu konfiguraciju, je u postojanju dvaju servera, jedan korišten za upravljanje bazom podataka, a drugi aplikacijom, na kojeg se korisnik spaja.

3.3.2. Implementacija ERP sustava

Prema [30] implementacija ERP sustava složen je proces koji zahtijeva sustavno planiranje, stručno konzultiranje i dobro strukturirani pristup. Sama implementacija može trajati i do nekoliko godina, te zahtijeva promjene u procesu rada i načinu rada zaposlenika. Preporučuje se da implementaciju ERP sustava vode konzultantske tvrtke ili ERP zastupnici, u tom slučaju konzultanti su odgovorni za [30]:

- Savjetovanje
- Prilagodnu
- Podršku

Pet je osnovnih stadija implementacije ERP sustava [30]:

0. Odabir ERP sustava – potrebno je odabrati odgovarajući model ERP sustava. Korisnik treba znati što mu točno treba za unapređenje poslovanja, te od kojeg ERP sustava sve to može dobiti uz minimalne troškove. Postoji nekoliko tehnika kojima se može odabrati model ERP sustava, recimo korištenjem AHP metode (AHP – analitički hijerarhijski proces) kod koje se uspoređuju parovi alternativa tako da se ocjenjuju njihove značajnosti. Tako je moguće na kvalitetan način donijeti odluku koji od željenih proizvoda odabrati.

1. Strukturirano planiranje – prva i najvažnija faza u kojoj se odabiru projektni timovi, predstavljaju i proučavaju poslovni procesi, tijek informacija unutar i izvan organizacije se pomno promatra, postavljaju se ključni ciljevi i formulira se konačni plan provedbe implementacije

2. Proces procjene - faza u kojoj se ispituju mogućnosti potencijalnog softvera, stvara se priručnik poslovnih procesa te se izrađuju standardne radne procedure

3. Sastavljanje i čišćenje podataka - pomaže kod identifikacije postojećih podataka i novih podataka koji će biti potrebni za rad u sustavu. Sastavljeni podatci se analiziraju zbog točnosti te se odstranjuju neželjene ili bezvrijedne informacije

4. Educiranje i testiranje - isprobavanje sustava i edukacija korisnika s ERP mehanizmima. Projektni tim testira i provjerava kompletnu bazu podataka pomoću raznih metoda. održavaju se treninzi unutar organizacije, kako bi svi korisnici bili upoznati s načinom funkcioniranja novog ERP sustava

5. Korištenje i procjena - finalna faza ERP sustava. Projektni tim redovito provjerava rad ERP sustava te otkriva i otklanja moguće pogreške i nepravilnosti u radu

Gornji pregled implementacije ERP sustava kroz navedenih pet koraka predstavlja sažeti, opći princip koji sadrži sve osnovne korake koje je potrebno proći prilikom svake implementacije ERP sustava. Naravno da je svaka implementacija ERP sustava specifična, jer nijedno trgovačko društvo nije isto, stoga ne postoje ni isti poslovni procesi i potrebno se upoznati sa svim poslovnim procesima do najsitnijih detalja, kako bi se implementacija provela na najkvalitetniji mogući način. Zbog toga se ovih pet, odnosno šest koraka, nerijetko proširi s još nekoliko detaljnijih faza vezanih za pojedinog korisnika, osnovni razlog je priroda poslovanja, nisu jednaki zahtjevi na ERP sustav trgovačko društva koje se bavi trgovinom,

ugostiteljstvom, logistikom ili proizvodnjom. U nastavku će biti detaljnije razrađena primjena ERP sustava na proizvodna trgovačka društva. Ovo su neki od ključnih razloga zbog kojih implementacija ERP sustava traje toliko dugo i iziskuje podosta financijskih resursa.

Nakon kratkog pregleda faza uvođenja ERP sustava u organizaciju potrebno je navesti prednosti i rizike uvođenja ERP sustava. Prednosti uvođenja ERP sustava prema [30] su sljedeći:

- **Integracija sustava pomoću ulančavanja svih funkcionalnih područja** – moguće je povezati različite odjele unutar organizacije i osigurati nesmetani tok informacija među njima
- **Mogućnost mjerenja različitih organizacijskih procesa i tokova rada** – skupljanjem različitih podataka iz poslovnih procesa i njihovom obradom moguće je pratiti procese na višem nivou
- **Sposobnost brzog i efektivnog prenošenja informacija među različitim odjelima** – digitalna komunikacija omogućava nesmetani tok informacija
- **Poboljšana učinkovitost, izvedivost i razine produktivnosti** – zahvaljujući optimizaciji poslovnih procesa povećava se ukupna efikasnost i produktivnost organizacije
- **Unaprijeđeno praćenje i prognoziranje** – napredne mogućnosti ERP sustava omogućavaju korištenje različitih prognoza potreba na temelju postojećeg seta podataka
- **Unaprjeđenje korisničkih usluga i samog zadovoljstva korisnika** – krajnji cilj je poboljšanje zadovoljstva i kvalitete korisničkih usluga

Rizici vezani za implementaciju ERP sustava su [30]:

- **Odabir pogrešnog ERP sustava** - "Stupanj dobrote" (engl. *Goodness of Fit*) - ne postoji ERP sustav koji će odgovarati za sve grane industrije. Problem skalabilnosti, odnosno sposobnost sustava da raste. Treba imati u vidu potencijalna širenja organizacije u budućnosti i mogućnosti sustava da ih poprati
- **Odabir pogrešnog konzultanta** - uobičajeno se koristi treća stranka. Potrebno je biti temeljit kod intervjuiranja potencijalnih konzultanata kako bi se odabrali oni optimalni. Važno je i uspostaviti eksplicitna očekivanja

- **Tempo provedbe -** "Veliki prasak" (engl. *Big Bang*) – je termin za prebacivanje operacija s postojećih (naslijeđenih) sustava u ERP odjednom u punom opsegu. Postoji i postupan tempo provedbe (engl. *Phased-In*) - nezavisne ERP jedinice instalirane su tijekom vremena, asimilirane i integrirane postupno kako se ERP rješenje razvija
- **Suprotstavljanje promjenama u poslovnom okruženju –** Vrlo je česta pojava korisničkog oklijevanja i inertnosti zbog čovjekove prirodne odbojnosti prema promjeni stanja stvari, stoga je potrebna podrška višeg menadžmenta kako bi se na jednostavniji i bezbolniji način uvele potrebne promjene
- **Troškovi i prekoračenje troškova -** česta područja visokih troškova: obuka zaposlenika, testiranje i integracija, konverzija baze podataka
- **Poremećaji u poslovanju (operacijama) -** Implementacija ERP uključuje proces reinženjeringa poslovnih procesa - očekuju se promjene u poslovanju i izvođenju operacija

Nije potrebno mnogo truda uložiti kako bi se otkrio najveći rizik implementacije ERP sustava u poslovanje neke organizacije, a to je ukupan financijski trošak početnog ulaganja, stoga su u tablici 6. popisani svi glavni troškovi i njihovi relativni udjeli u ukupnom trošku investicije.

Vidljivo je kako najveći dio troškova otpada na angažman vanjskih konzultanata, stoga je nerijedak slučaj da organizacije ne uzimaju konzultante već sama vrše analizu i procjenu ERP sustava dostupnih na tržištu, te sama pregovaraju s poduzećima koja ista nude.

To može biti dvosjekli mač, ovisno o sposobnosti i znanjima zaposlenika zaduženih za uvođenje ERP-a. Ovisno o tome sam proces može biti manje ili više mukotrpan, međutim važno je napomenuti kako ni samo angažiranje konzultanata ne jamči bezbolnu implementaciju ERP sustava.

Tablica 6. Troškovi ERP sustava [30]

Kategorija	Prosječni trošak (%)	Raspon troška (%)
Konzultacije	30	20-60
Sklopovlje/infrastruktura	25	0-50
Implementacijski tim	15	5-20
Edukacije i trening	15	10-20
Softver	15	10-20

Prema [30] neka gruba procjena ukupnih troškova kreće se u rasponu od 1 – 5 % ukupnih godišnjih prihoda.

Na kraju ovog potpoglavlja spomenut će se neki novi trendovi koji vladaju u industriji razvoja ERP sustava [30]:

- web bazirani ERP sustavi (SOA tehnologija)
- agilni, 'prilagodljivi' i lako nadogradivi
- neka područja poslovanja će se oslanjati na visoko automatizirane i predvidive analitičke modele
- Dostupnost kroz mobilne i društvene kanale
- potporna infrastruktura u oblaku.

3.3.3. Primjena ERP sustava u proizvodnji

U nastavku je opisan i objašnjen ERP sustav koji je korišten za potrebe provođenja istraživanja na temu digitalizacije proizvodnog procesa. Radi se o ERP sustavu imena GoSoft trgovačkog društva GOinfoZG. GoSoft je ERP sustav specijaliziran za proizvodnu i drvnu industriju, te je u tom sektoru i najprimjenjiviji.

Slika 25. Logo ERP rješenja GoSoft

GoSoft je klasična klijent / server aplikacija. Baza podataka koja se koristi je Sybase, a razvojni alat za klijent je Power Builder. Za WEB aplikacije je korištena PHP tehnologija. Na serveru može biti instaliran operacijski sistem Windows ili Linux, klijent treba Windows okruženje (Windows XP ili noviju verziju). WEB klijent radi na bilo kojem web pregledniku. [31]

Najznačajnije funkcionalnosti GoSofta su [31]:

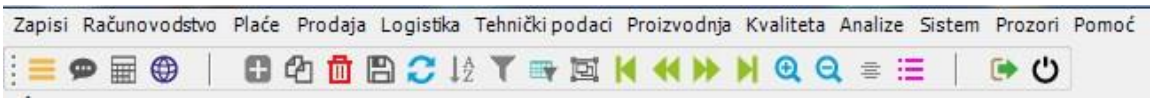
- Materijalno poslovanje
- Nabava / prodaja
- Tehničko tehnološki podaci
- Kontrola kvalitete
- Planiranje materijalnih potreba
- Praćenje proizvodnih kapaciteta i izvršenog rada
- Održavanje strojeva i opreme
- Financijsko računovodstvo
- Obračun plaća i upravljanje ljudskim potencijalima
- Analize podataka

Ranije navedene značajke GoSofta vrijede za klijent verziju sustava, dok su za web aplikaciju kreirane dodatne značajke [31]:

- DMS – sustav za praćenje i upravljanje dokumentacijom
- CRP – modul za kvalitetnije planiranje proizvodnih resursa
- MES – sustav za prihvat podataka direktno iz NC i CNC strojeva
- Upravljanje projektima
- Portali
- Interno naručivanje (bolnice)
- Sistem javnih narudžbi
- Evidencija uporabe radne odjeće
- Portal potpora za interni restoran
- Evidencija prisutnosti

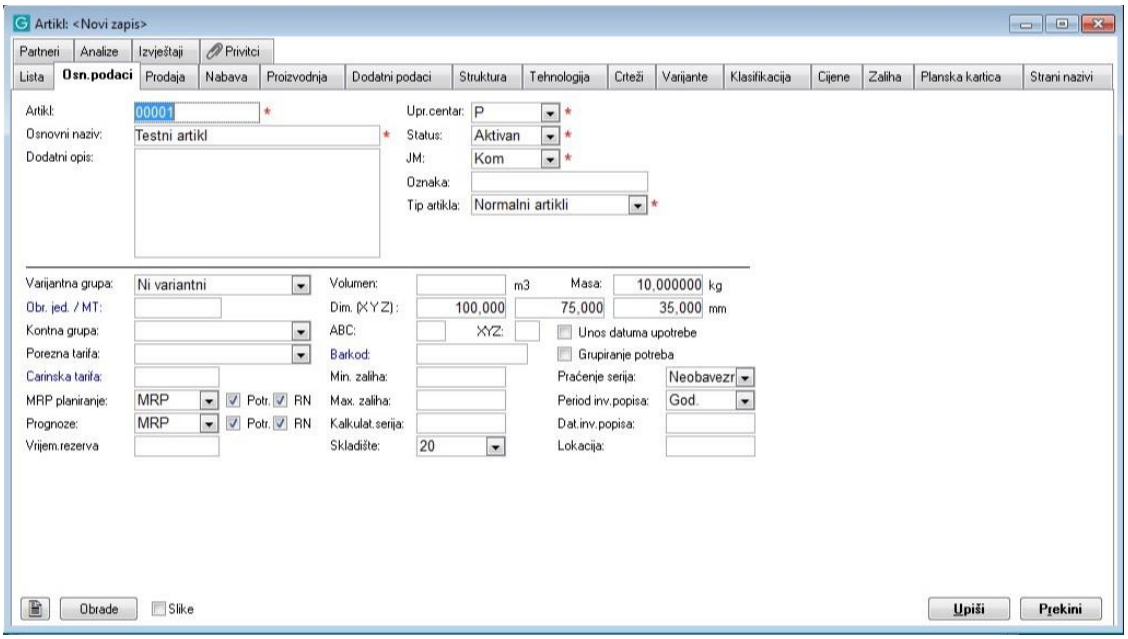
Iz spomenutih značajki vidljivo je kako se razvoj GoSofta okreće i ostalim sektorima (zdravstveni) međutim i dalje naglasak ostaje na ranije spomenutim područjima. Zahvaljujući kvaliteti i intuitivnosti sustava, GoSoft je prepoznat na tržištima Hrvatske, Slovenije, BiH i Srbije kao ERP sustav koji je vrlo prilagodljiv i primjenjiv na razna poduzeća. Neki od značajnijih korisnika GoSofta su [30]: Alpron, DIV d.o.o., DOK-ING d.o.o., KM Alati / KM Kovnica d.o.o., Končar D&ST, Končar – niskonaponske sklopke i prekidači d.o.o., Oprema-uređaji d.d., Strojopromet d.o.o., Ziegler, i mnogi drugi.

U okviru ovog rada stavljen je poseban naglasak na sve mogućnosti koje GoSoft nudi pri planiranju i upravljanju proizvodnim procesima. Osnovni moduli koji su vezani uz gore navedenu problematiku su: prodaja, logistika (koja se sastoji od nabave i skladišnog poslovanja), tehnički podaci o artiklima, tehnologijama i radnim mjestima proizvodnja, kontrola kvalitete i razne analize koje prikazuju promete roba po skladištima, prodaju pojedinih artikala, troškove proizvodnje, troškove nabave i mnoge druge analize na temelju prikupljenih i spremljenih podataka unutar baze podataka koji mogu biti iskorišteni kao potpora donošenju pravovremenih i ispravnih poslovnih odluka. Slika 26. prikazuje glavnu alatnu traku unutar GoSofta, koja prikazuje sve module od kojih se GoSoft sastoji, međutim detaljnije analizirani će biti ranije spomenuti moduli.



Slika 26. Glavna alatna traka unutar GoSofta

Osnovni proizvodni proces unutar GoSofta koncipiran je tako da se transakcije materijala, poluproizvoda i proizvoda obavljaju dokumentima, kojima se onda knjiže i raspisuju sa stanja zaliha odabrani artikli. Najvažniji dokumenti potrebni za planiranje i upravljanje proizvodnjom nalaze se unutar modula prodaje i logistike. U sljedećem odlomku bit će raspisan proces upravljanja proizvodnjom GoSoftom.



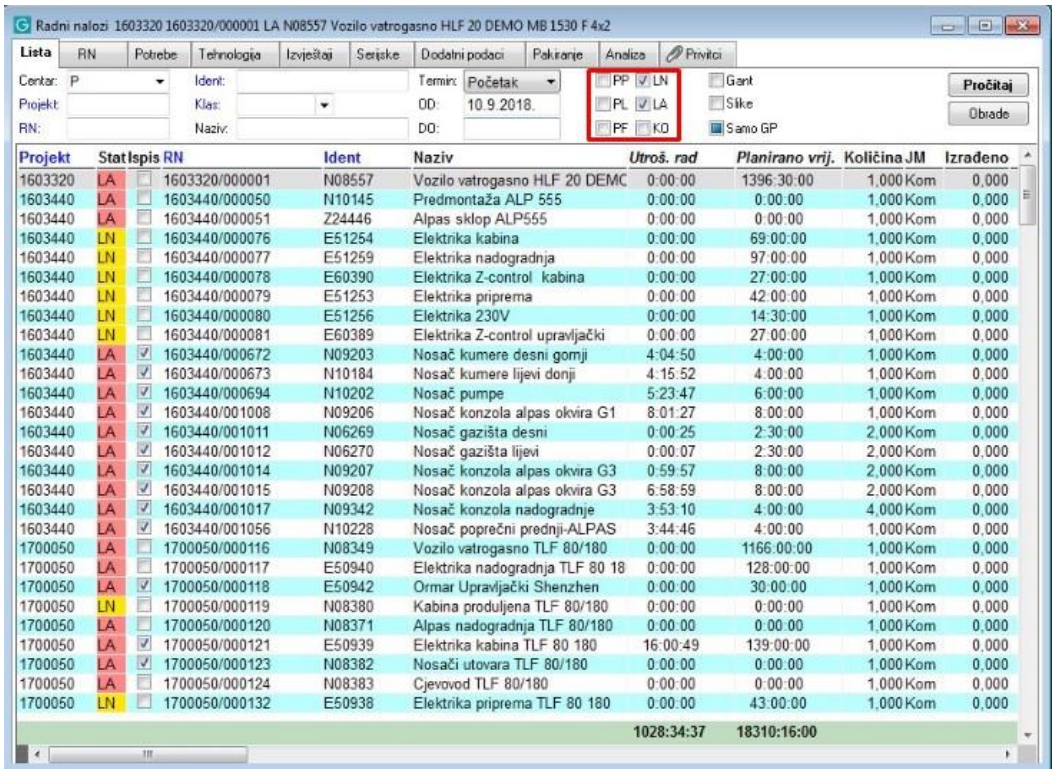
Slika 27. Osnovni podatci artikla unutar GoSofta

Upravljanje proizvodnjom kreće od narudžbe kupca koju odjel prodaje zaprimi i unese u dokument pod najčešćim nazivom „Narudžba prodaje“, iako je svaki standardni naziv dokument podložan promjenama i izmjenama naziva. Ispunjavanjem narudžbe prodaje službeno postoji zahtjev za isporukom željenog proizvoda. Vrlo često se gotovi proizvodi sastoje od poluproizvoda i sirovina koje se nabavljaju od dobavljača. Sastavnica prodajnog artikla definira se unutar kartice „Tehnički podaci“ gdje je definiran svaki artikl u bazi s potrebnim količinama poluproizvoda i sirovina od kojih se sastoji.

Slika 27. prikazuje prozor za definiranje artikla unutar GoSofta, konkretno karticu s osnovnim podacima artikla u koje je potrebno unijeti šifru i naziv artikla, te upravljački centar, jedinicu mjere i status artikla. Upravljačkim centrom definira se ključno obilježje artikla, je li on nabavni, prodajni, proizvodni, itd. Jedinicom mjere definira se količinska jedinica mjere (npr. Komad, kilogram, metar, itd.). Statusom artikla definira se je li artikl aktivan (koristi li se trenutno), je li u razvoju ili je li neaktivan. Uz ove obvezne tipove podataka moguće je , a i poželjno je ispuniti još neka polja poput mase artikla i dimenzija, zatim definirati skladište i lokacija na kojem se nalazi. Odrediti proizvodi li se u serijama ili ne, ili odrediti je li artikl varijantni. Ovo su neki od osnovnih podataka koje je potrebno definirati prije nego li se krene upisivati struktura i tehnologija izrade artikla.

Uz definiranu strukturu artikla vrlo je bitno, kod proizvodnog artikla, definirati i tehnologiju proizvodnje, odnosno sve tehnološke operacije koje su potrebne kako bi se proizvod izradio. Prije definiranja tehnologija izrade potrebno je u bazu podataka unijeti sve tehnološke operacije kojima se proizvodno poduzeće koristi zajedno sa svim vremenima pripreme, izrade, te informacijama o broju radnika i/ili strojeva te udjelom škartnih komada. Nakon definiranih tehnoloških operacija potrebno je definirati radna mjesta na kojima se one izvode. Na svako radno mjesto (npr. tokarilice, glodalice, bušilice, lijevanje, …) pridodana je određena tehnološka operacija. Radna mjesta se također sastoje od količine i vrste strojeva, odnosno radnika koji mu pripadaju. Definiranjem strukture i tehnologije artikla, odnosno standardnih tehnoloških operacija i radnih mjesta završen je prvi korak upravljanja proizvodnjom, koji dozvoljava proizvodnju naručenog prodajnog artikla.

Drugi korak predstavlja „Preplaniranje“ proizvodnje. Preplaniranje je akcija koja razbija strukturu prodajnog artikla i analizira svaki dio od kojeg se ovaj sastoji kako bi se u proizvodnji kreirali radni nalozi za dijelove koje je potrebno proizvesti, odnosno kako bi se kreirali radni nalozi u nabavi za sve dijelove koje je potrebno nabaviti. Po završetku preplaniranja kreiraju se radni nalozi u nabavi i radni nalozi u proizvodnji. Radni nalozi u nabavi automatski se završavaju kada netko iz odjela nabave kreira dokument „narudžbenice“ kojim se službeno proces nabave smatra gotovim. Naravno da se unutar narudžbenice određuje datum nabave kada je predviđena dostava. Što se radnih naloga u proizvodnji tiče, ovdje dolazi do veće kompleksnosti procesa. Naime, postoji pet osnovnih statusa proizvodnih radnih naloga koji se koriste unutar modula proizvodnje u GoSoftu, a to su: PF, PL, LN, LA i KO.



Slika 28. Lista radnih naloga unutar GoSofta

PF radni nalozi su radni nalozi koji su nastali ručnim kreiranjem, odnosno nisu nastali akcijom preplaniranja. PL radni nalozi nastali su kroz akciju preplaniranja i samo se u tome razlikuju od radnih naloga statusa PF. Oba radna naloga su planski nalozi, što znači da bi se oni trebali proizvoditi, međutim još nisu aktivni. LN status znači lansiranje radnog naloga, svaki PF ili PL radni nalog prelazi u status LN standardnog akcijom lansiranja radnog naloga. Odgovorna osoba za lansiranje radnog naloga je uobičajeno tehnolog, i značajka ovog statusa je da će se po ovom radnom nalogu početi raditi u skorom vremenu. Većina proizvodnih radnih naloga sastoji se od „potreba“ – materijala koji je potreban za izvođenje rada, i „Tehnologija“ – tehnoloških operacijama kojima se materijal obrađuje i sastavlja u potrebni proizvod. Prilikom knjiženja izlaska potreba sa skladišta u proizvodnju radni nalog statusa LN automatski prelazi u status LA – lansiran aktivan, što znači da se po njemu počelo raditi. Potrebe se sa skladišta izdaju u proizvodnju pomoću dokumenta „izdatnice“. Slika 28. prikazuje listu radnih naloga sa statusima LN i LA, odnosno lansirane i lansirane aktivne radne naloge po kojima se već počeo knjižiti rad, ili su izdane potrebe. Nakon lansiranja potreba potrebno je knjižiti rad strojeva/radnika na tehnološkim operacijama. Rad se knjiži unosom zapisa količina, potrebnog vremena rada i zapisa stroja ili radnika. Kada su knjiženje

sve potrebne količine na određenoj operaciji ona se automatski završava. Isti postupak se ponavlja onoliko puta koliko postoji operacija. Po završetku zadnje operacije u proizvodnji je nastao traženi gotovi proizvod u zadanim količinama. Za kraj proizvodnog procesa potrebno ga je predati na određeno skladište. Gotovi proizvod predaje se na skladište dokumentom „predatnicom“ kojom proizvodni radni nalog automatski prelazi u status KO – končan, odnosno završen. Ovim dokumentom proizvod je službeno izašao iz odjela proizvodnje i oslobođeni su proizvodni kapaciteti za daljnje potrebe. Po ulasku na skladište potrebno je kreirati „otpremnicu“ kako bi se gotovi proizvod mogao rasknjižiti sa zaliha tog skladišta i otpremiti kupcu. Po uzoru na otpremnicu završni korak ovog proces je kreiranje „računa“ unutar modula prodaje te je ovime proces planiranja, praćenja i upravljanja proizvodnim procesom unutar GoSofta završen. Potrebno je naglasiti kako je ovo standardni opći proces koji je podložan modifikacijama i raznim podešenjima, ovisno o potrebama korisnika, međutim neće se ulaziti u te detalje u okviru razrade ovog rada.

4. PRAKTIČNI DIO RADA

U ovom dijelu dokumenta analizirat će se primjena ranije teoretski obrazloženih područja – *lean* menadžmenta i digitalizacije proizvodnje. Ideja je na primjeru trgovačkog društva OPREMA d.d. pokazati primjenu *lean* alata i digitalizacije na istom proizvodnom procesu.

4.1. OPREMA d.d.

Prema [32] tvrtka Oprema d.d. je proizvođač uređaja za ugostiteljstvo, prvenstveno rashladnih uređaja za hlađenje i točenje piva, te uređaja za hlađenje i točenje sokova, vina, vode, soda-vode. Nadalje, Oprema d.d. već je dugi niz godina prisutna na svjetskom tržištu. Iz male lokalne tvrtke stasala je u globalnog igrača u svojem području poslovanja, te zauzela poziciju među 5 najvećih proizvođača aparata za hlađenje i točenje pića na svijetu. Aparati za hlađenje i točenje pića u potpunosti su vlastiti proizvod razvijen u vlastitom razvojnom sektoru. Cijeli proizvodni proces od ideje, istraživanja i razvoja, preko konstrukcije, dizajna, razvoja tehnologije i proizvodnje, pa do marketinga i prodaje odvija se u samoj tvrtki. [32]

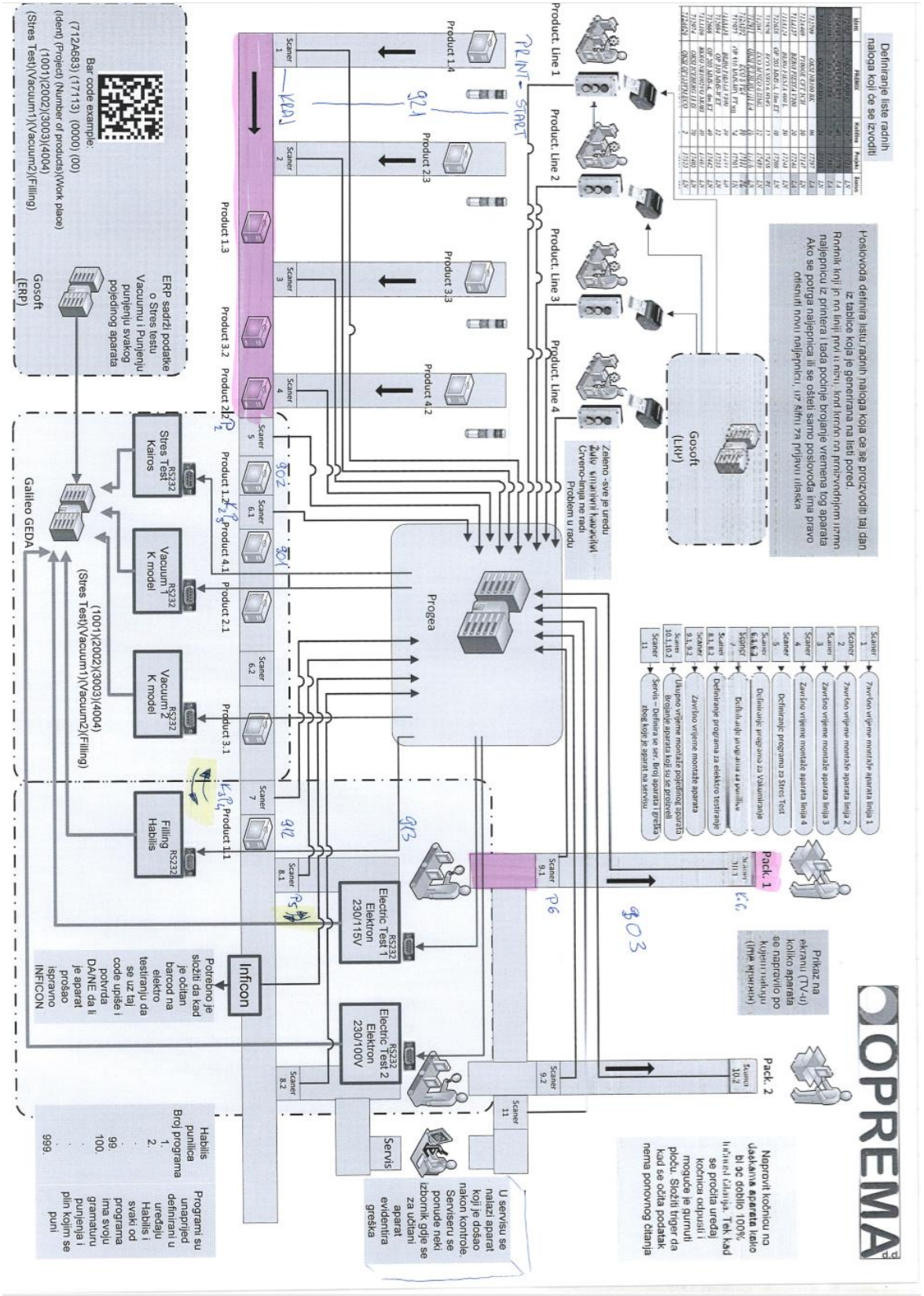


Slika 29. Fotografija pogona u Ludbregu [32]

4.1.1. Proizvodni proces za analizu lean alatom i digitalizacijom

Proizvodni proces koji će se analizirati bit će završna montaža uređaja za hlađenje i točenje pića. Slika 30. prikazuje shematski prikaz rada montažne linije i sve operacije od kojih se montaža proizvoda sastoji. Sam proces montaže počinje na jednoj od četiri montažne linije na koje se dodjeljuju radni nalozi koje je potrebno odraditi. Ovisno o potrebama proizvodnje sve četiri montažne ćelije sposobne su za sklapanje svih vrsta proizvoda, no uglavnom je montaža organizirana na način da dvije montažne ćelije rade s radnim nalozima većih količina, a ostale dvije s radnim nalozima manjih količina i specifičnijim proizvodima. Nakon što aparat dođe na montažnu ćeliju počinje proces montaže koji se sastoji od osam operacija:

1. montaža sklopova
2. operacije vezane uz ručni bravarski rad
3. operacije vezane uz bravarski rad
4. montažni elektro rad
5. punjenje uređaja plinom
6. ispitivanje i kontrola
7. završna montaža
8. završno ispitivanje i kontrola



Slika 30. Shema procesa montaže uređaja za hlađenje i točenje pića

4.2. Primjena *lean* alata na proces montaže

Lean alat koji će se koristiti za analizu procesa montaže bit će Value Stream mapping – VSM. Ideja je podijeliti cijeli proces montaže na aktivnosti koje donose vrijednost, aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su neophodne i aktivnosti koje ne donose vrijednost procesu i nisu neophodne. Cilj primjene VSM alata je dobiti raspodjelu udjela gore navedenih tri tipa aktivnosti kako bi se mogla iščitatati trenutna efikasnost procesa, te predložiti načine na koje se ona može dodatno povećati. Osnovna ideja je minimizirati udjele aktivnosti koje ne donose vrijednost procesu, a nisu neophodne, drugim riječima, minimizirati sve aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak vremena i ostalih resursa raspoloživih za odvija procesa montaže.

4.2.1. Uočeni problemi i poticaji za analizu procesa montaže

Kako bi se krenulo u analizu pojedinih proizvodnih procesa potrebno je imati neke poticajne faktore zbog kojih vrijedi proanalizirati proces i eventualno ga poboljšati pokaže li se da nije dovoljno dobro optimiziran. Osobe koje su u svakodnevnom doticaju s promatranim procesom, odnosno dio su njega imaju najbolje spoznaje o njemu, što im daje i najbolju mogućnost uvida u njegovu funkcionalnost. U razgovoru s poslovođom, tehnologom i zaposlenicima koji su svi direktno ili indirektno dio procesa montaže pokušalo se doći do razloga zbog kojih postoji potreba za analizom procesa montaže. Osnovni razlog zbog koje je potrebno analizirati proces je zbog toga što je montaža jedan od ključnih procesa proizvodnje, odnosno završni proces (prije pakiranja) na kojemu je najveći pritisak i na kojemu se vide sve potencijalne greške i nesukladnosti koje se prenose iz prethodnih procesa proizvodnje. Zbog toga je potrebno optimizirati proces montaže kako bi se minimizirale greške na proizvodima nastale zbog nedovoljno kvalitetnog izvođenja procesa montaže. Preduvjet je stvoriti kvalitetan proces montaže, te zatim unatraške optimizirati i sve ostale proizvodne procese kako bi se maksimizirala kvaliteta proizvoda, ali i rada. Drugi bitan uvjet je bolja raspodjela vremena na montažnoj liniji, zbog pojave uskih grla koje su nastale uslijed nejedinstvenog takta montažnog procesa. Treći uzrok sumnje na pad efikasnosti procesa montaže je nedostatak ljudske snage, odnosno manjak zaposlenika koji ne mogu pratiti takt montažne linije, te se cijeli proces produljuje zbog potkapacitiranosti s ljudima, a ne zbog tehničko tehnoloških problema.

Ova tri osnovna problema bila su dovoljna da se proces montaže odabere za analizu VSM-om. Glavni cilj analize je, kao što je i u uvodu ovog poglavlja naglašeno, kreirati proces montaže u kojemu će se u većini vremena dodavati vrijednost promatranom objektu u procesu, a to je u konkretnom slučaju sklapanje aparata za točenje pića. Proces montaže moguće je poboljšati na nekoliko načina, no najučinkovitiji i najjednostavniji način je identificirati i locirati one aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak u procesu,a nisu neophodne, dakle WT aktivnosti. Upravo je ovakav pristup korišten prilikom analize montažnog procesa Opreme d.d. pomoću *lean* alata VSM.

4.2.2. Analiza procesa montaže pomoću VSM-a

Valja primijetiti kako sve ranije navedene operacije montažnog procesa spadaju u grupe aktivnosti koje donose vrijednost procesu i one koje ne donose vrijednost, a neophodne su (VAT i NVAT aktivnosti). Prilikom praćenja montažnog procesa uočene su i aktivnosti koje ne donose vrijednost procesu, a moguće ih je minimizirati (WT), ili čak ukloniti. Lista aktivnosti koja je primijećena je sljedeća:

1. čekanje proizvoda na liniji nakon završetka prve četiri operacije
2. trošak vremena prilikom promjene radnog naloga
3. dulje trajanje završne montaže

Prva uočena WT aktivnost je „Čekanje proizvoda na liniji nakon završetka prve četiri operacije“ i ona je posljedica uskog grla u procesu montaže koji nastaje zbog razlike u taktovima operacija i kapacitiranosti radnih mjesta. Kapacitet montažnih ćelija je otprilike četiri puta veći od kapaciteta radnog mjesta za punjenje plinom aparata. Druga uočena WT aktivnost je „Trošak vremena prilikom promjene radnog naloga“, a odnosi se na promjenu svih potrebnih materijala za novi radni nalog. Zbog visoke varijantnosti proizvoda ne postoji mnogo zajedničkih komponenti proizvoda, stoga prilikom početka rada po novom radnom nalogu je potrebno izdvojiti dodatno vrijeme kako bi se sav sitni materijal dostavio na radna mjesta. Treća aktivnost odnosi se na „Dulje trajanje završne montaže“ zbog manjka radne snage. Sama operacija završne montaže ima prostora i kapaciteta za kraće trajanje, međutim trenutno situacija na tržištu radne snage ne dozvoljava optimizaciju aktivnosti završne montaže u datom trenutku.

Tablica 7. Razvrstane aktivnosti montaže prema VSM-u

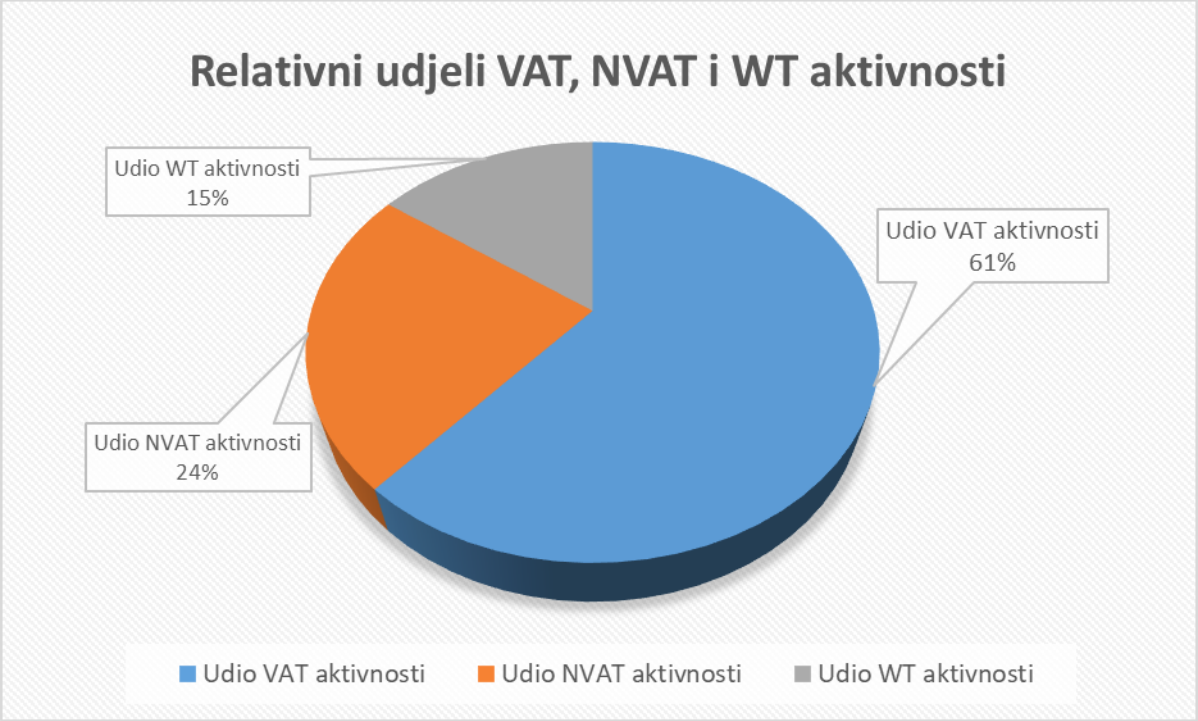
	VAT aktivnosti	NVAT aktivnosti	WT aktivnosti
1	MONTAŽA SKLOPOVA	ISPITIVANJE I KONTROLA	IZMJENA RADNOG NALOGA
2	BRAVARSKI RUČNI RAD 1	ZAVRŠNO ISPITIVANJE I KONTROLA	ČEKANJE NA LINIJI
3	BRAVARSKI RUČNI RAD 2		PRODULJENJE TRAJANJA ZAVRŠNE MONTAŽE
4	MONTAŽNI ELEKTRO RAD		
5	PUNJENJE UREĐAJA PLINOM		
6	ZAVRŠNA MONTAŽA		

Tablica 7. nudi prikaz svih aktivnosti od koji se sastoji proces montaže, a koje su zamiječene prilikom nekoliko službenih posjeta industrijskom pogonu poduzeća Oprema d.d. Tablica 8. daje prikaz trajanja svih aktivnosti montažnog procesa za deset proizvoda koji su se pratili tijekom istraživanja. Prosječno trajanje montaže za jedan proizvod iznosi 310.3 minute, odnosno oko pet sati i deset minuta.

Tablica 8. Prikaz trajanja operacija montaže

	VRIJEME U MINUTAMA [min]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	IZMJENA RADNOG NALOGA - WT	20	16	17	21	16	19	18	22	19	16
2	MONTAŽA SKLOPOVA - VAT	41	40	39	41	38	42	10	39	37	35
3	BRAVARSKI RUČNI RAD 1 - VAT	21	20	22	31	32	31	32	30	31	30
4	BRAVARSKI RUČNI RAD 2 - VAT	35	36	33	26	31	31	32	36	36	30
5	MONTAŽNI ELEKTRO RAD - VAT	30	31	33	29	25	28	31	30	29	28
6	ČEKANJE NA LINIJI - WT	20	19	22	20	18	19	20	20	19	22
7	PUNJENJE UREĐAJA PLINOM - VAT	25	26	23	30	22	25	26	37	28	25
8	ISPITIVANJE I KONTROLA - NVAT	35	36	34	39	37	32	38	34	33	39
9	ZAVRŠNA MONTAŽA - VAT	38	40	39	41	38	36	38	36	37	35
10	ZAVRŠNO ISPITIVANJE I KONTROLA - NVAT	38	36	35	39	40	35	34	39	39	38
11	PRODULJENJE TRAJANJA ZAVRŠNE MONTAŽE - WT	8	9	7	8	8	10	9	8	9	7
	Vrijeme montaže aparata	311	309	304	325	305	308	288	331	317	305

Graf na slici 31. prikazuje relativne udjele VAT, NVAT i WT aktivnosti. Ovaj prikaz nam je važan jer na slikovit način prikazuje u koliko dobrom stanju nam je naš trenutni proces koji promatramo.



Slika 31. Raspodjela VAT, NVAT i WT aktivnosti u trenutnom procesu

Iz grafa je vidljivo kako se trenutno 61 % vremena troši na aktivnost koje donose vrijednost procesu, što nam govori kako je proces montaže podosta efikasan. 24 % vremena se troši na aktivnosti koje ne donose vrijednost procesu, ali su neophodne i na kraju 15 % vremena odlazi na aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak resursa u procesu.

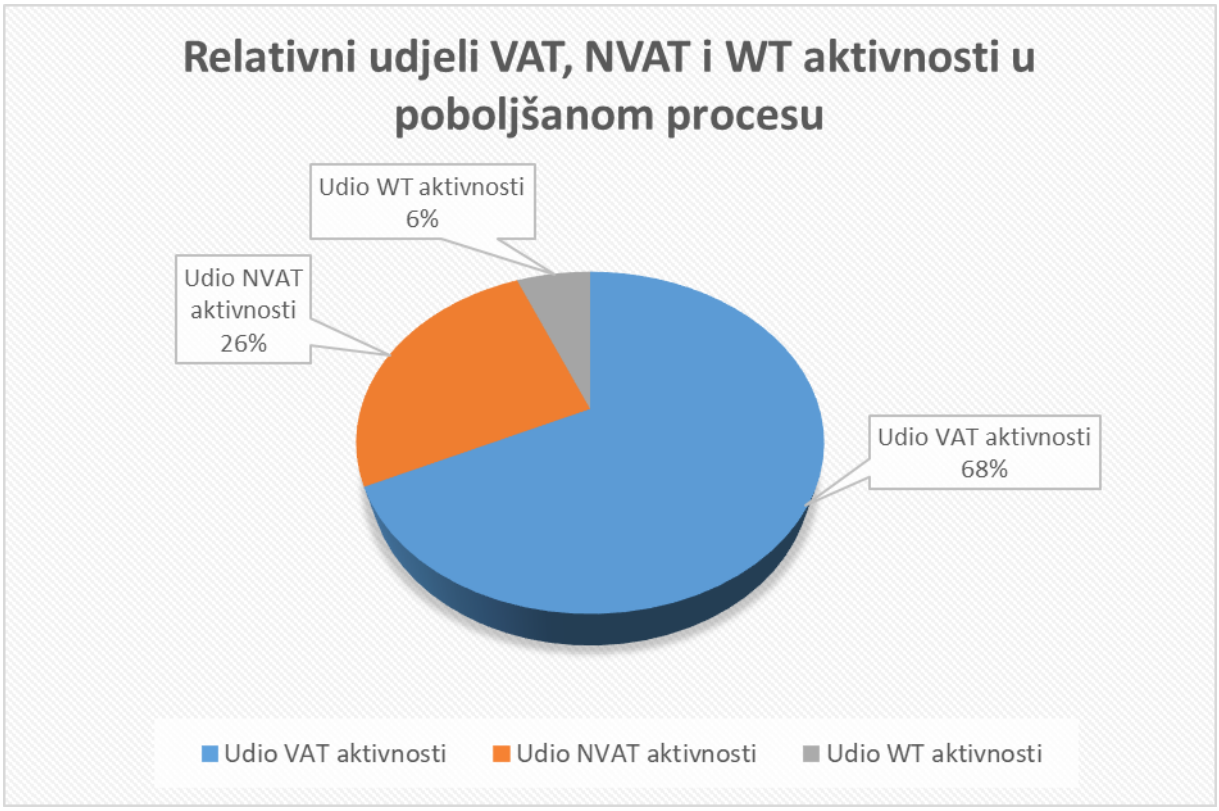
Iako se većina vremena koristi za dodavanje vrijednosti u procesu to ni izbliza nije potpuno optimiran proces koji proizvodi teoretski male gubitke resurse. Potrebno je analizom trenutnog stanja i dobivenog znanja i izvođenju procesa montaže predložiti promjenu izvođenja procesa montaže kako bi se minimizirala vremena koje donose čisti gubitak u procesu, odnosno WT aktivnosti. Što se tiče NVAT aktivnosti one su neophodne za sam proces, i ponajviše zbog zahtjeva korisnika za visokom kvalitetom proizvoda potrebno je ostaviti dovoljno raspoloživih resursa za provođenje ispitivanja i kontroliranje kvalitete proizvoda.

Budući da se analizom trenutnog stanja montažnog procesa utvrdilo kako je on poprilično efikasan, nije u startu ostavljen veliki prostor za dodatna poboljšanja procesa, odnosno

donesena je odluka da predložena rješenja trebaju biti izvediva u kratkom roku, te orijentirana na WT aktivnosti. Zbog ovih uvjeta onemogućeno je utjecanje na direktno povećanje udjela VAT aktivnosti na način povećanja kapaciteta zapošljavanjem novih radnika, ili kupovinom robota ili manipulatora koji bi rezultirali s relativnim povećanjem udjela VAT aktivnosti jer bi se povećao montažni kapacitet VAT aktivnosti, a smanjilo bi se ukupno trajanje procesa i time bi se ostvarilo povećanje udjela VAT aktivnosti u ukupnom procesu. Ovakvo poboljšanje procesa montaže poželjno je u bliskoj budućnosti prilikom rekonstrukcije proizvodnih procesa, jer je potrebno konstantno držati korak sa zahtjevima tržišta, odnosno kupaca. Jednako važno je i voditi računa o kvaliteti rada zaposlenika stoga se optimizacijom procesa montaže, u kojem se stavlja fokus na povećanje udjela VAT aktivnosti kreira dugoročno optimiziran proces. Ranije je objašnjeno kako u ovom slučaju nije bilo potrebe ni uvjeta ići na značajnu rekonstrukciju procesa montaže u svrhu poboljšanja, već je cilj bio minimizirati udjele WT aktivnosti. Ranije je već naglašeno kako se NVAT aktivnosti ne smiju reducirati zbog visokih uvjeta za kvalitetu proizvoda od strane kupaca.

U razradi novog procesa naglasak je stavljen na WT aktivnosti, odnosno na njihovu minimizaciju. Prijedlozi poboljšanja procesa montaže su sljedeći:

- Bolja organizacija između skladišta i proizvodnje kako bi se smanjilo vrijeme potrebno za dopremu svih potrebnih materijala i potrošnih dijelova iz skladišta kako se ne bi kasnilo s početkom rada na novom radnom nalogu. Teško je očekivati potpuno eliminiranje ove aktivnosti, međutim iskustveno je moguće prepoloviti trajanje ove aktivnosti reorganizacijom procesa.
- Podešavanja takta montažne linije tako da se ne događaju uska grla. Ukoliko bi sve operacije tekle istim taktom tada ne bi bilo potrebe za nastajanjem uskih grla u montaži. Prijedlog je dodati radnika na punionici plina kako bi se povećao takt i time smanjila zgušnjenja u procesu. Pažljivim proračunom takta moguće je eliminirati nepotrebna čekanja u potpunosti.
- Duže trajanje završne montaže zbog nedostatka radnika je posljedica situacije na tržištu i na nju djeluju vanjski i unutarnji faktori na koje je potrebno djelovati kako se ishodilo rješenje koje je u najboljem interesu za poduzeće.



Slika 32. Raspodjela VAT, NVAT i WT aktivnosti u poboljšanom procesu

Nakon optimizacije montažnog procesa korištenjem VSM alata dobiven je proces s udjelom aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak resursa od samo 6 %. Zahvaljujući fokusiranju na promjenu procesa u WT aktivnostima dobiven je optimiziran proces u kojem se 68% vremena stvara vrijednost. U realnosti ne postoji proces u kojemu nema nepotrebnog trošenja resursa, jer je gotovo nemoguće uzeti u obzir sve faktore koji mogu utjecati na promatrani proces. Dodatna okolnost je da se proizvodni proces ponaša kao živi organizam i konstantno se mijenja, prilagođava okruženju, stoga je vrlo moguće da se prilikom promjena procesa promjene vrijednosti udjela triju tipova aktivnosti procesa, te je potrebno pratiti rad procesa i analizirati u vremenu kako bi se u svakom trenutku znalo kakva je efikasnost istog.

Kako bi se olakšalo planiranje i upravljanje procesima te provele različite analize rada i isplativosti potrebno je digitalizirati proces. U sljedećem odlomku razrađen je proces digitalizacije istog montažnog procesa koji je ovdje analiziran pomoću VSM-a.

Tablica 9. Usporedni prikaz trenutnog i predloženog procesa montaže

	Trenutni proces [min]	Predloženi proces [min]	Poboljšanje u minutama [min]	Postotno poboljšanje [%]
Trajanje VAT aktivnosti	190.7	190.7	0	0
Trajanje NVAT aktivnosti	73	73	0	0
Trajanje WT aktivnosti	46.6	17.3	29.3	62.88
Ukupno prosječno trajanje	310.3	281	29.3	9.44

Iz tablice 9. vidljivo je kako se predloženim mjerama za poboljšanje procesa smanjio udio aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak za 62.88 %, odnosno za gotovo trideset minuta po komadu. U ukupnom trajanju proizvodnje aparata došlo je do smanjenja od 9.44 % u odnosu na trenutni proces. Iako je postotno smanjenje udjela aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak u procesu značajno smanjen, njezin udio u trenutnom načinu izvođenja procesa montaže nije alarmantan, stoga je ukupno poboljšanje procesa montaže već ranije spomenutih 9,44 %. Valja napomenuti kako je moguće skratiti ukupno komadno vrijeme balansiranjem proizvodnje, odnosno djelovanjem na VAT aktivnosti kako bi se proces proizvodnje dodatno optimizirao i ukupno vrijeme skratilo.

4.3. Uvođenje ERP sustava u proizvodnju poduzeća Oprema d.d.

Kako bi se povećala efikasnost, produktivnost, olakšalo planiranje i upravljanje proizvodnjom odlučeno je da OPREMA d.d. kreće u projekt digitalizacije montažne linije. Digitalizaciju provodi trgovačko društvo GoInfoZG d.o.o., a ERP sustav kojim će se upravljati i pratiti proces montaže bit će ranije spomenuti i objašnjeni – GoSoft.

Ideja iza digitalizacije montažne linije je maksimalno ukloniti papirologiju iz proizvodnje, odnosno izbjeći ispise radnih naloga, pa skladišnih dokumenata kao što su izdatnice materijala iz skladišta ili predatnice gotove robe iz proizvodnje na skladište, itd. Cijelo upravljanje i planiranje proizvodnjom provodi se putem GoSofta i jedini papiri koji se koriste

i ispisuju su naljepnice s QR kodovima koje se lijepe na početku procesa montaže na svaki ulazni proizvod.

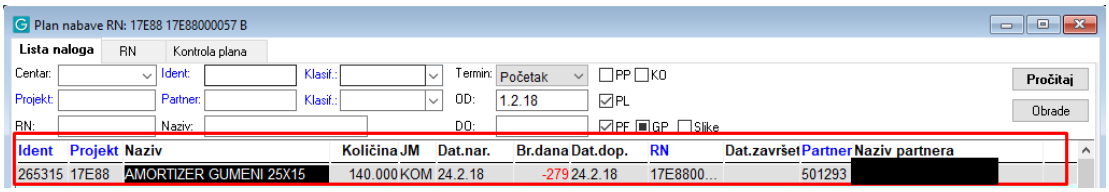
Zahvaljujući planiranju procesa montaže pomoću GoSofta svaki radnik na svakoj od četiri montažne ćelije zna koje radne naloge je potrebno odraditi na određeni dan i u realnom vremenu postoji prikaz izrađenih komada po svakoj montažnoj ćeliji.

4.3.1. Analitika proizvodnih procesa

Kako bi se provela digitalizacija proizvodnje prvo je potrebno uvesti ERP sustav u poduzeće. Oprema d.d. odlučila se za uvođenje ERP sustava GoSoft koji je specijaliziran za proizvodna poduzeća i nudi široki spektar modula i specifikacija koji omogućuju prilagodbu sustava različitim proizvodnim procesima. Prilikom uvođenja ERP sustava već je u teoretskom dijelu rada objašnjeno da postoje dva načina provedbe implementacije sustava. Prvi način je prebacivanje na novi ERP odjednom instalacijom svih modula, a drugi način je modularno. Oprema d.d. se odlučila za modularnu implementaciju GoSofta. U okviru ovog rada naglasak je na proizvodnom aspektu poslovanja stoga će biti opisana primjena modula GoSofta koji su vezani za proizvodne procese. Što se digitalizacije tiče posebno će biti razrađen proces digitalizacije montažne linije. Potrebno je naglasiti kako sve slike preuzete iz GoSoft sustava, a prikazane u nastavku rada, iz testne baze poduzeća Oprema d.d.(testna baza je kopija produkcijske baze zbog sigurnosnih razloga), nisu aktualne i svi podaci prikazani na slikama ne vrijede na današnji datum jer prikazuju staro stanje od otprilike godinu dana.

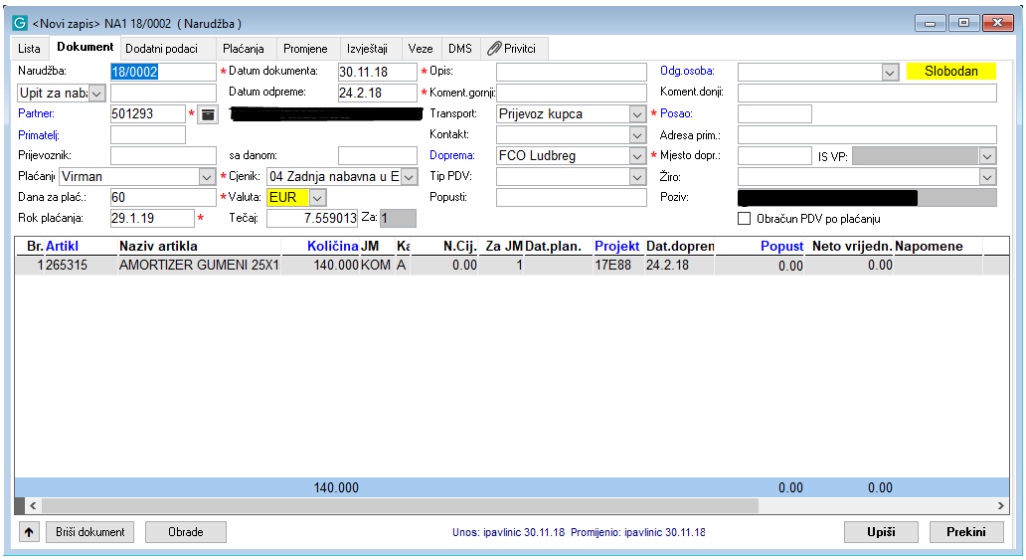
4.3.2. Nabava

U opremi d.d. uveden je i modul nabave u kojem se automatski svakog jutra kreiraju radni nalozi za nabavu, odnosno kreiraju se svi nabavni artikli i njihove količine koje je potrebno nabaviti, zajedno s rokovima naručivanja i dopreme kako bi se naručeni proizvodi mogli isporučiti krajnjem kupcu na dogovoreni datum. U prozoru „Plan nabave“ (Slika 33.) omogućen je pregled svih radnih naloga u nabavi, te se iz njega kreiraju upit za narudžbe i na kraju same narudžbenice prema dobavljačima.



Slika 33. Prikaz jednog radnog naloga u planu nabave

Iz slike 33. vidljivo je kako je potrebno naručiti artikl pod šifrom „265315“ ugovorom, odnosno projektom „17E88“, svojim nazivom, količinom, datumima narudžbe i dopreme i šifrom dobavljača. U ovom primjeru je vidljivo da nabava kasni s naručivanje artikla 279 dana, što znači da će automatski kasniti i proizvodnja.



Slika 34. Narudžbenica kreirana iz plana nabave

Slika 34. Prikazuje kreiranu narudžbenicu preko radnog naloga iz plana nabave. Kopiranjem radnog naloga preneseni su svi podaci pomoću kojih se automatski popunila narudžbenica. U GoSoftu su svi moduli međusobno povezani, i iznimno je važna sljedljivost kako procesa tako i dokumenata, stoga narudžbenica ostaje otvorenog statusa dokle god se ne kreira primka po istoj toj narudžbenici. Kreiranje primke i provođenje ostalih skladišnih procesa definirano je u idućem odlomku.

4.3.3. Skladišno poslovanje

Skladišno poslovanje zajedno sa svim procesima pomoći kojih je u interakciji s proizvodnjom, ali i dobavljačima i klijentima se vodi pomoću GoSofta na klasičan način koji će biti opisan u nastavku. GoSoft nudi nekoliko načina upravljanja skladišnim procesima, te ovisno o potrebama poduzeća se prilagođava njihovim zahtjevima. U Opremi d.d. osnovni skladišni procesi kao što su zaprimanje robe na skladište, izdavanje robe u proizvodnju, predaja gotovih proizvoda na skladište i otpremanje istih van skladišta provode se pomoću barkoda i skenera. Razvijeni procesi unutar Gosofta omogućuju kreiranje potrebnih

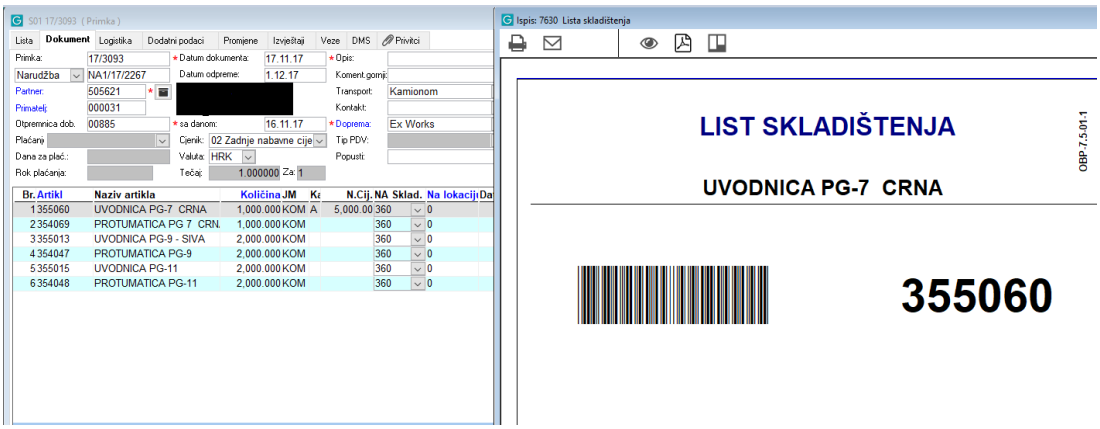
dokumenata za praćenje ranije navedenih procesa pomoću nekoliko skenova barkoda što uvelike olakšava posao zaposlenicima u skladištu, ali donosi sa sobom i dodatne koristi:

- Kvalitetnije upravljanje skladišnim procesima
- Ušteda u vremenu zbog nepotrebne papirologije
- Kvalitetnije upravljanje dokumentima
- Vjerodostojnost podataka
- Uklanjanje svih dodatnih radnji koje nisu neophodne iz opisa posla skladištara

Uz gore navedene najznačajnije koristi od implementacije ERP sustava i digitalizacije postoje i rizici od kojih su najvažniji sljedeći:

- Odbojnost zaposlenika na promjenu procesa
- Nedovoljna zainteresiranost za edukacijom o novom načinu izvođenja procesa
- Nedovoljna podrška uprave

Bez obzira na sve rizike, poduzeće Oprema d.d. je uvelo praćenje i upravljanje skladišnim procesima pomoću GoSofta i kontinuirano nastoji poboljšavati svoje skladišne procese kako bi ostvarilo dodatnu konkurentsku prednost na tržištu.



Slika 35. Prikaz ispisa i primke nastale po ispisu

Slika 35. Prikazuje dokument primke koja je nastala skeniranjem barkoda artikala s dokumenta narudžbenice koja je vezana na primku. Skeniranjem barkoda automatski se kreira primka i knjiže se zalihe materijala na ulazno skladište. Kako bi se koristila mogućnost korištenja barkoda u poslovnim procesima potrebno je koristiti web aplikaciju GoSofta koja je razvijena isključivo kao podrška zaposlenicima u proizvodnji i skladištu (Slika 36.). Što se hardverske podrške tiče za čitanje barkoda dovoljni su obični industrijski skeneri koji su

danas lako dobavljivi. Dodatno je potrebno računalo ili tablet na čijem će se ekranu kreirati i upisivati novi dokumenti.

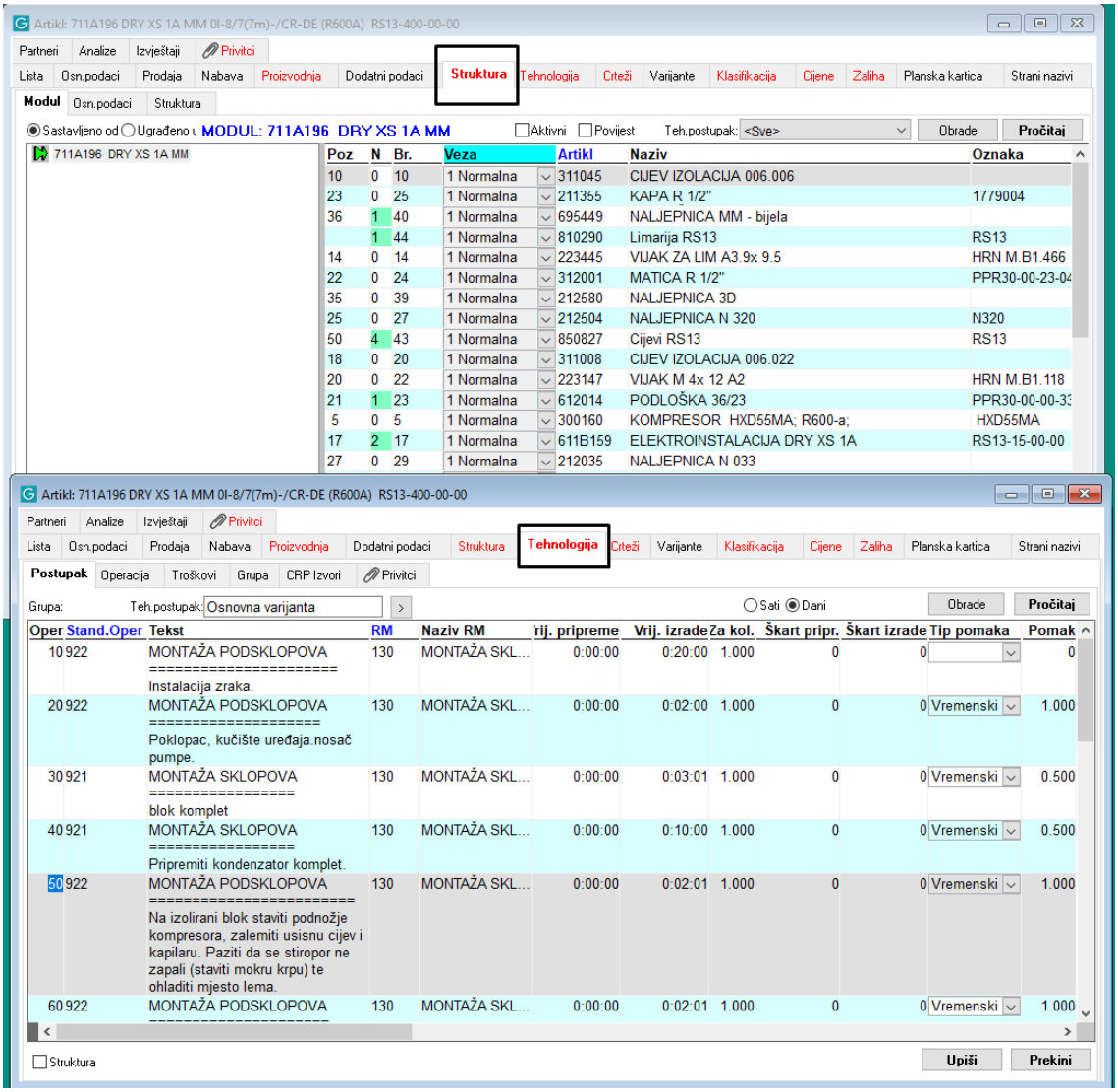


Slika 36. Pregled modula na web aplikaciji GoSofta

Slika 36. prikazuje pregled svih dostupnih modula iz *client* verzije i specijalno je kreirana kao podrška digitalizaciji procesa.

4.3.4. Proizvodni procesi

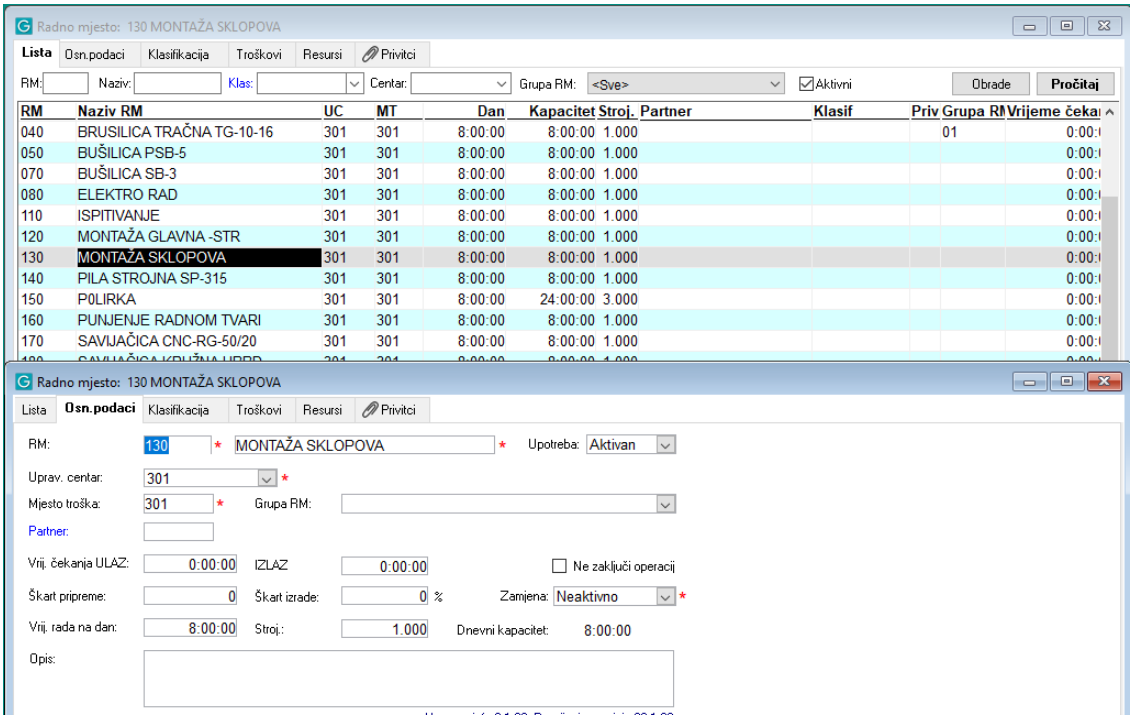
U ovom odlomku opisat će se planiranje i upravljanje proizvodnim procesima na primjeru Opreme d.d. kako bi se pokazalo na koji način se proizvodni procesi definiraju unutar GoSofta. Oprema d.d. u sklopu svojeg proizvodnog pogona proizvodu većinu dijelova za sastavljanje svojih gotovih proizvoda, stoga im se proizvodnja sastoji od mnogo radnih mjesta i tehnoloških operacija. Prije nego što se definiraju radna mjesta i operacije potrebno je točno i precizno definirati sve artikle koji sudjeluju u skladišnim i proizvodnim procesima unutar poduzeća. Artikli se razvrstavaju na nabavne, proizvodne, artikle za kooperaciju i alate, naprave i sl. Kod proizvodnih artikala najbitnije je da konstrukcijski ured pravilno definira njihovu strukturu, odnosno sastavnicu, a odjel tehnologija treba ispravno definirati sve tehnološke operacije zajedno s potrebnim vremenima pripreme i izrade za sve proizvodne artikle. Nakon što su svi artikli pravilno definirani može se početi s postavljanjem planiranja i upravljanja proizvodnim procesima.



Slika 37. Definirani proizvodni artikl s prikazanom strukturom i tehnologijom

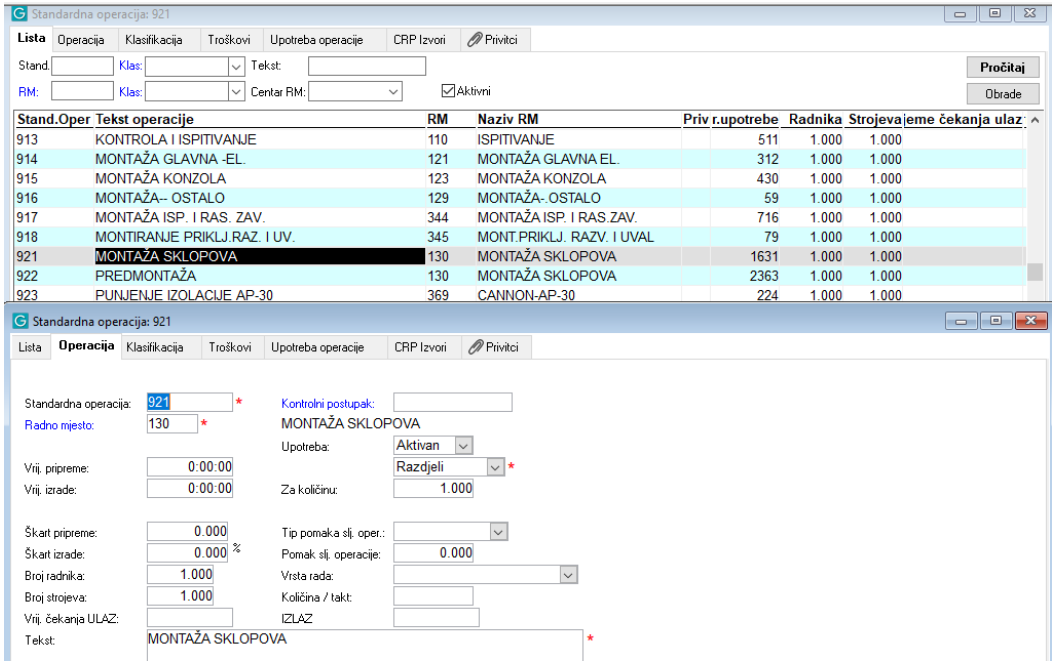
Slika 37. prikazuje proizvodni artikl s definiranim strukturama i tehnologijama. U svojoj strukturi prikazani su svi sklopovi i poluproizvodi, pa sve do ulaznih sirovina po nivoima ugradnje. Svaki artikl i strukturi ima točno definiranu svoju količinu. Popis tehnoloških operacija sa slike 37. prikazuje relevantna vremena pripreme i izrade za taj artikl, a svi ti podaci su bitni kako bi program mogao planirati potrebno vrijeme izrade artikla na osnovi potrebnih količina iz strukture i vremena tehnoloških operacija.

Nakon kvalitetno definiranih artikala je potrebno definirati radna mjesta u proizvodnji i standardne tehnološke operacije koje se potom pridružuju radnim mjestima. Tako definirane standardne tehnološke operacije se ovisno o razradi tehnologije dodaju proizvodnim artiklima na način opisan na slici 37.



Slika 38. Prikaz radnih mjesta i njihovih osnovnih podataka

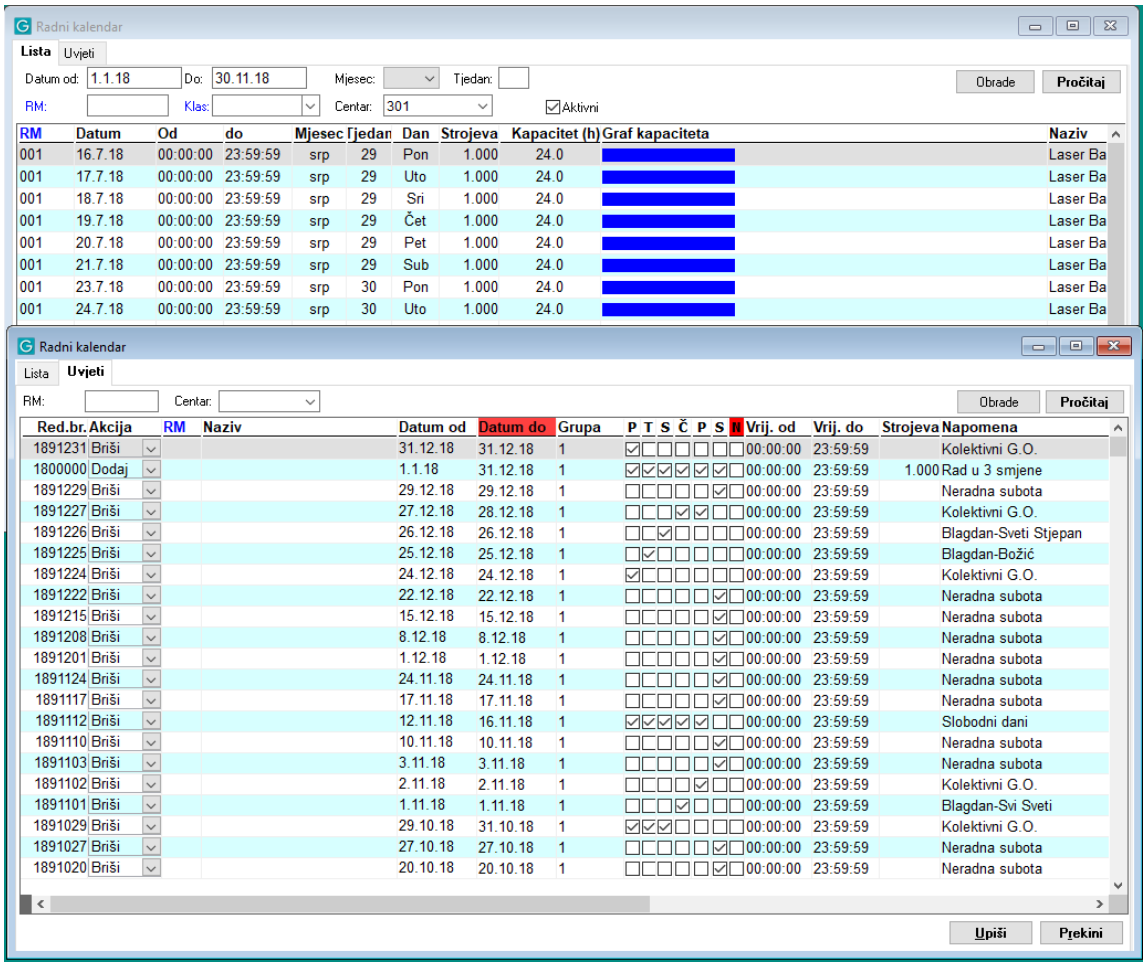
Slika 38. prikazuje listu radnih mjesta u proizvodnji i definirane osnovne podatke jednog radnog mjesta u što spadaju šifra i naziv radnog mjesta, upravljački centar pod kojim se nalazi (Proizvodnja), te definirani dnevni kapacitet u ovisnosti o raspoloživom vremenu rada i broju strojeva na tom radnom mjestu.



Slika 39. Pregled standardnih tehnoloških operacija i njihovih osnovnih podataka

Slika 39. prikazuje definirane standardne tehnološke operacije i osnovne podatke odabrane operacije na kojima su definirane informacije poput vremena pripreme i izrade, radno mjesto na kojem se izvodi, nastali škart, broj radnika i strojeva, način odvijanja operacije u odnosu na prethodnu, vremena čekanja, takt i dr.

Nakon što su potpuno definirani svi artikli, zajedno s radnim mjestima i tehnologijama potrebno je definirati radni kalendar kako bi sustav znao planirati vremena proizvodnje. Radni kalendar se unutar GoSofta definira pomoću različitih uvjeta prema slici 40.



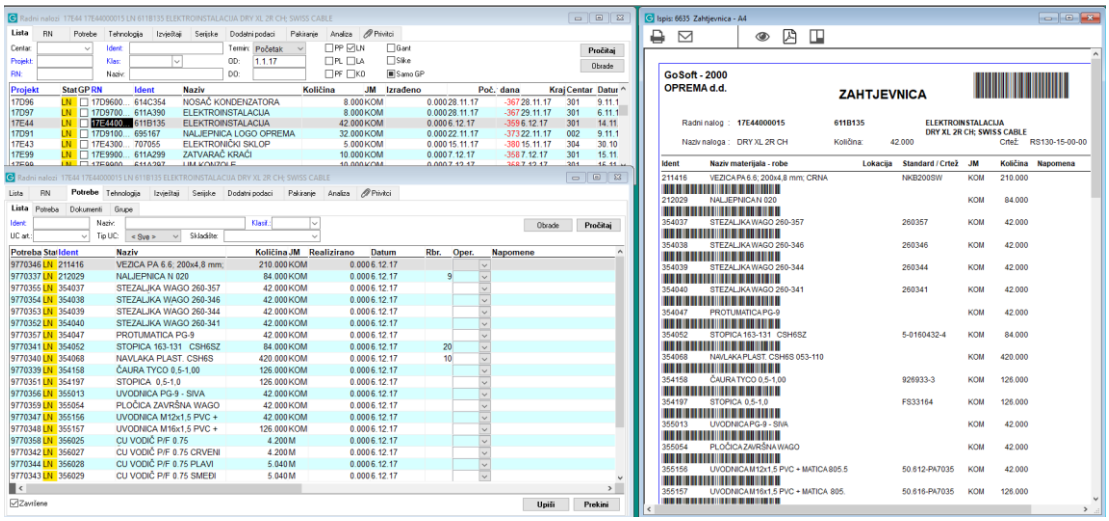
Slika 40. Pregled kapaciteta radnih mjesta i radnog kalendara

Slika 40. prikazuje listu radnih mjesta čiji su kapaciteti uneseni u radni kalendar poduzeća. Sam kalendar se definira pomoću uvjeta tako da odaberu datumi od – do za koje vrijedi uneseni uvjet i vremene od – do u danu za koje je radno mjesto raspoloživo, te broj dana u tjednu za koje to vrijedi. Dodatno je moguće unositi neradne dane i blagdane s kojima se korigiraju kapaciteti proizvodnje, te je u svakom trenutku omogućeno ažuriranje uvjeta radnog kalendara zbog uvođenja novih strojeva, ili smanjenja strojnog parka.

Nakon definiranog kalendara omogućeno je da GoSoft može automatski planirati proizvodnju na osnovi narudžbi kupaca, trenutnog stanja kapaciteta proizvodnje i zaliha te odrediti realne datume naručivanja nabavnih artikala, odnosno realne datume početaka rada po proizvodnim radnim nalozima.

U poduzeću Oprema d.d. svakog jutra poslovođa dobije pregled ažuriranih planiranih radnih naloga s artiklima koje je potrebno danas početi proizvoditi kako bi proizvod bio gotov u ugovorenom vremenu. Poslovođa sam odabire koje će radne naloge lansirati u proizvodnju, te se oni, nakon što im je promijenjem status u „LN – lansiran neaktivan“ pojavljuju na računalima u proizvodnji. Konkretno na četiri montažne ćelije, koja predstavljaju radna mjesta na kojima počinje proces montaže. Po lansiranju radnog naloga radnik u pogonu printa naljepnicu s web aplikacije GoSofta sa šifrom artikla s radnog naloga po kojemu se proizvodi. Potom artikl prolazi kroz sve sljedeće operacije do pakiranja i otpreme. Detaljan pregled prolaska artikla po montažnoj liniji i praćenju istog će biti razrađen u poglavlju o digitalizaciji montažne linije.

Da bi se počelo raditi po radnom nalogu potrebno je izdati sav potrebni materijal po tom radnom nalogu iz skladišta u proizvodnju (slika 41.).

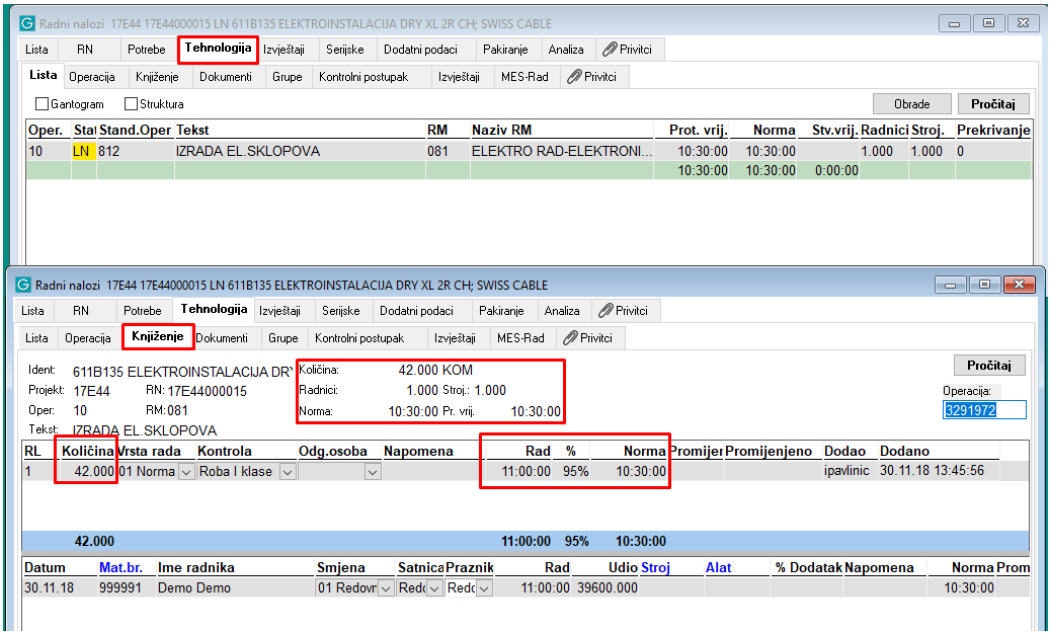


Slika 41. Prikaz radnih naloga, potreba i zahtjevnica za kreiranje izdatnice

Slika 41. prikazuje lansirane neaktivne radne naloge (status LN) po kojima se još ništa nije počelo raditi, ali plan je da hoće. Drugi prozor na lijevoj strani slike prikazuje sve potrebe po odabranom nalogu, odnosno sve artikle koje je potrebno izdati u proizvodnju kako bi se mogao početi proizvoditi potrebni artikl. S desne strane slike prikazan je dokument zahtjevnice koji služi za knjiženje izlaza artikala sa skladišta u proizvodnju i automatsku

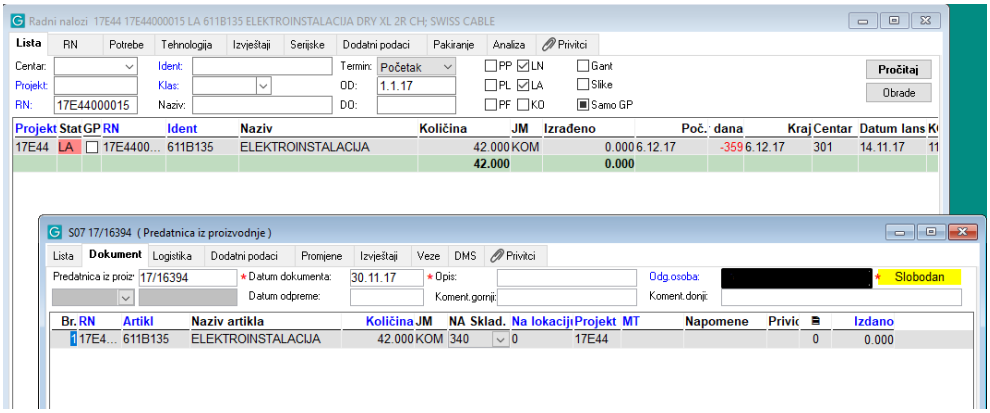
kreaciju dokumenta izdatnice. Skeniranjem barkoda radnog naloga i barkoda svake od potreba s radnog naloga automatski se unesu sve potrebe i proknjiže njihovi izlazi sa skladišta.

Nakon što se izlazi artikala proknjiže mijenja se i status potreba u gotov, odnosno KO – končan. Sada se promijenio i status samog radnog naloga u LA – lansiran aktivan, jer se počelo raditi po njemu. Kako bi se radni nalog završio, odnosno i on prešao u status KO, potrebno je knjižiti rad po operacijama koje su definirane na slici 42.



Slika 42. Knjiženje rada po operaciji

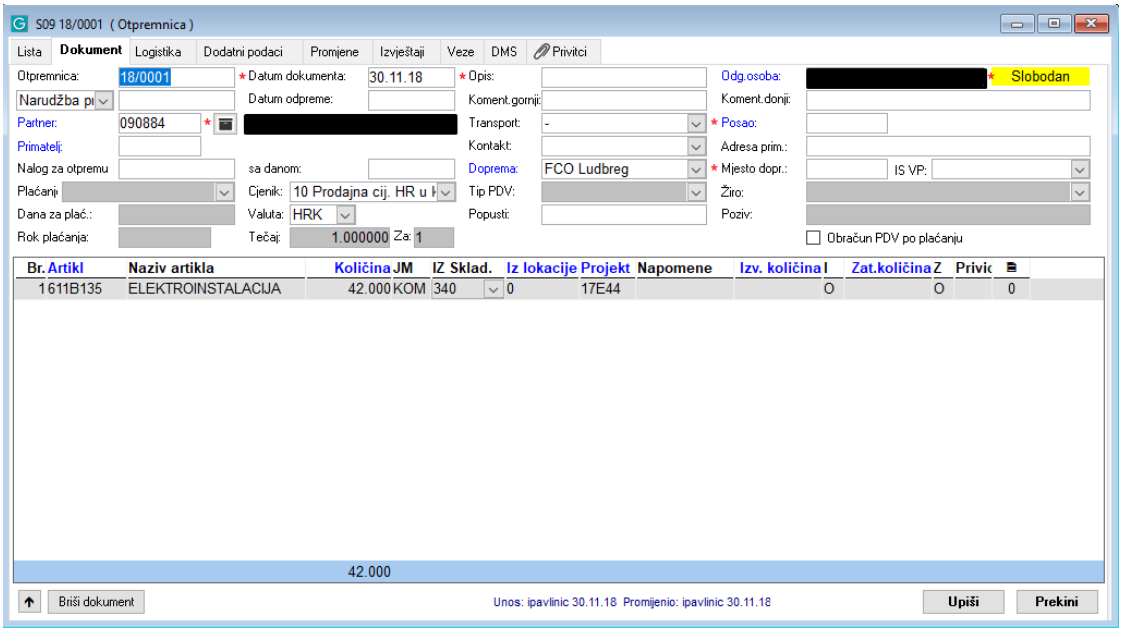
Slika 42. Prikazuje knjiženje rada po operacijama, odnosno ovdje po jedinoj operaciji na primjeru ovog radnog naloga. Knjiženje rada se može izvesti nekoliko načinu putem GoSofta, međutim način na koji se knjiži rad u Opremi d.d. je specifičan i bit će razrađen u odlomku u kojem će se govoriti o digitalizaciji montažne linije.



Slika 43. Kreiranje dokumenta predatnice iz proizvodnje

Nakon što su izdane sve potrebe po radnom nalogu i knjižen rad, odnosno dojavljena gotova potrebna količina proizvoda, potrebno je kreirati predatnicu iz proizvodnja na skladište gotovih proizvoda (Slika 43.) kako bi se knjižila zaliha i automatski zatvorio radni nalog, odnosno dobio status KO.

Nakon što je proizvod završen i predan na skladište potrebno je kreirati otpremnicu prema narudžbi kupca kako bi se isti mogao otpremiti iz skladišta i rasknjižiti njegova zaliha te oslobodio prostor za nove narudžbe. Dokument otpremnice se kreira u modulu logistika, na osnovi narudžbe kupca (Slika 44.).



Slika 44. Kreiran dokument otpremnice

Izradom dokumenta otpremnice završava proces proizvodnje u Opremi d.d. otpremnica spada u dio skladišnog poslovanja, ali je spomenuta u ovom dijelu kao logičan nastavak na završetak proizvodnog procesa.

U okviru ovih poglavlja opisan je način planiranja i upravljanja odjelima nabave, skladišta i proizvodnje u poduzeću Oprema d.d. Za poduzeće Oprema d.d. prilagođeni su i ostali moduli koje koriste, a nisu tema ovog rada, a to su: računovodstvo i financije, plaće, odjel prodaje, odjel kontrole kvalitete, itd.

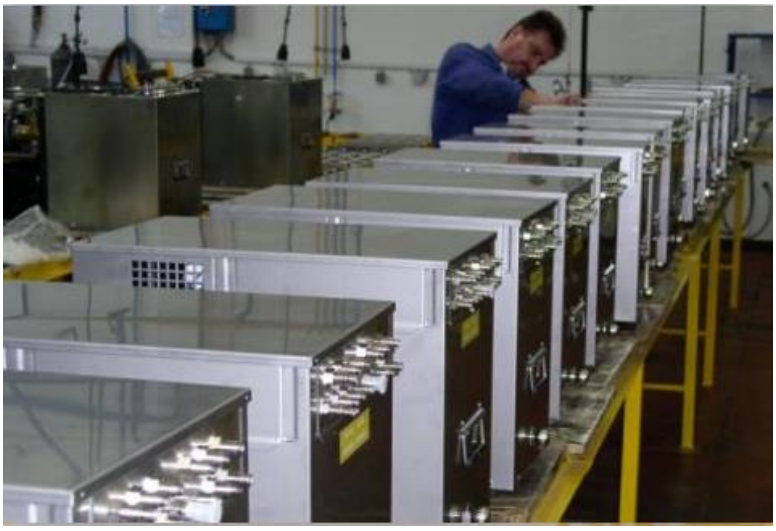
4.4. Digitalizacija procesa montaže

Nakon što se uvelo planiranje i upravljanje skladišnim procesima i proizvodnjom pokrenula se druga faza projekta, a to je digitalizacija montažne linije. Pod digitalizacijom montažne linije misli se na digitalno praćenje procesa montaže, bez potrebe ljudskog kontroliranja procesa.

4.4.1. Upravljanje digitaliziranim procesom montaže

Zaposlenik na montažnoj liniji nema dodira s GoSoftom ni u jednoj fazi osim na početku kada je potrebno isprintati naljepnicu koja se lijepi na dno kućišta aparata kojeg je potrebno montirati do kraja. Kako bi se izbjegla potreba za interakcijom zaposlenika i računala, odnosno tableta, implementiralo se rješenje s industrijskim kamerama kojima je zadatak skenirati isprintani barkod i informaciju o skenu slati natrag u sustav koji u trenutku skena kreće brojiti vrijeme, ili zaustavlja brojenje vremena otprije i pokreće novo brojanje. Svaka kamera predstavlja jednu operaciju na montažnoj liniji, definiranu u odlomku 4.3.4. Proizvodni procesi.

U nastavku će biti detaljno razrađen postupak digitalizacije montažne linije od prve operacije, pa sve do kraja, te sam način obavljanja rada na montažnim radnim mjestima.



Slika 45. Prikaz dijela montažne linije

Na jednoj od montažnih ćelija (četiri ih je ukupno) zaposlenik isprinta naljepnicu s barkodom artikla s radnog naloga po kojemu ga je potrebno proizvesti. Dozvoljeno je printanje onoliko

naljepnica koliko je komada potrebno izraditi po određenom radnom nalogu. Nakon što zaposlenik isprinta naljepnicu kreće brojanje vremena potrebnog za odrađivanje prve operacije montaže. Po printanju naljepnicu je potrebno zalijepiti na podnožje artikla. Artikl se pomiče po horizontalnom konvejeru s valjcima, na mjestima koja označavaju kraj jedne i početak druge operacije smještene su posebne industrijske kamere koje skeniraju barkod s podnožja artikla i automatski šalju informaciju u sustav da je završena prethodna i da počinje iduća operacija. Vrijeme potrebno za odrađivanje jedne operacije množi se s brojem radnika koji su definirani za tu operaciju kako bi se pratilo ukupno uloženo vrijeme rada u kompletiranje montažnog procesa. Na taj način izbjegava se potreba da radnici samostalno dojavljuju izrađene količine u sustav preko Gosoft WEB aplikacije i time odvajaju dodatno vrijeme za knjiženje rada, koje je ovim putem potpuno automatizirano.



Slika 46. Prikaz montaže točionih aparata [33]

Sustav je podešen na način da se vremena rada po pojedinim operacijama ne zapisuju odmah u bazu podataka, već tek kada posljednja kamera skenira barkod se proknjiže vremena za sve prethodne operacije. Ovo rješenje je postavljeno zbog toga što ne postoji potreba za stvarnim utrošenim vremenima rada u realnom vremenu, te dodatno se ne preopterećuje mreža i ne usporava baza podataka bez potrebe. Slika 47. prikazuje fiksni barkod čitač postavljen uzduž montažne linija koji skenira naljepnicu na slike 48. na kojoj je QR kod sa serijskim brojem artikla.



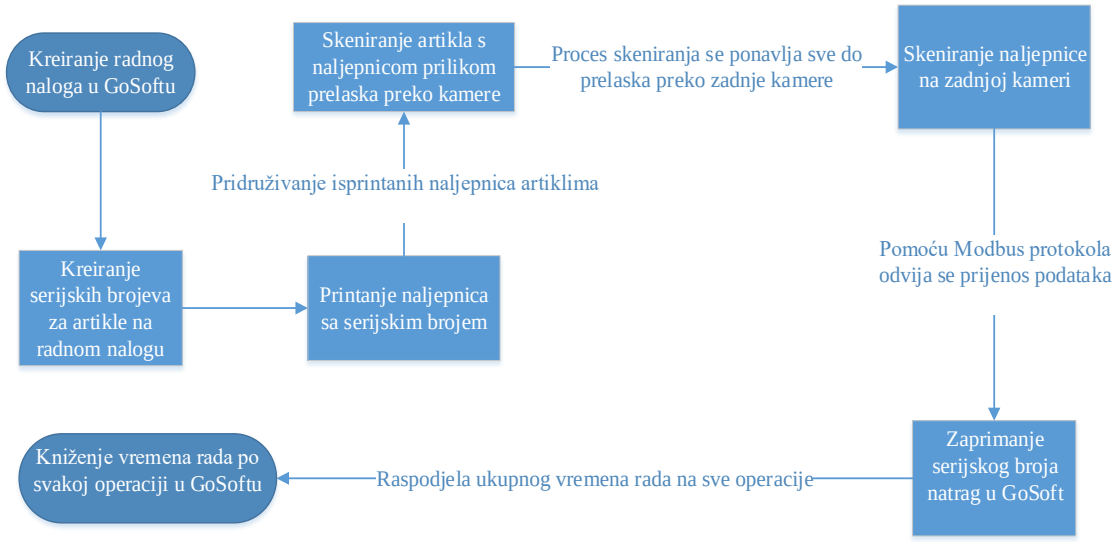
Slika 47. DataMan 150/260 fiksni barkod čitač [34]



Slika 48. Fotografija naljepnice s QR kodom serijskog broja artikla

4.4.2. Tok informacija kroz digitalni sustav

Na slici 49. prikazan je dijagram toka podatka sa serijskim brojem kroz digitalizirani proces montaže. Svrha dijagrama toka je prikazati put kojim prolazi podatak s informacijom o serijskom broju artikla, kako bi se ona na kraju mogla iskoristiti za knjiženje stvarnih vremena rada po svim operacijama koje je artikl prošao prilikom montaže.



Slika 49. Dijagram toka podatka sa serijskim brojem

Put podataka kroz digitalizirani proces montaže prikazan je slikom 49. Vidljivo je kako proces počinje lansiranjem planiranog radnog naloga od strane odgovorne osobe, odnosno poslovođe u konkretnom slučaju. Zatim se kreiraju serijski brojevi za onu količinu koja se mora odraditi po radnom nalogu kako bi svaki aparat dobio svoj serijski broj. Potom se radni nalog raspoređuje prema prioritetu na četiri montažne ćelije, što ujedno označava i početak prve operacije. Printanjem naljepnice s QR kodom serijskog broja artikla sustav kreće brojiti vrijeme trajanja montaže. Svakim prolaskom preko kamere skupljaju se podaci o vremenima preko modbus protokola, te se sva vremena izrade knjiže u GoSoftu po prelasku aparata preko zadnje kamere i slanja podatka sa serijski brojem natrag u GoSoft. Automatski se vremena tada razdijele po ranije skeniranim operacijama i prijavljenim radnicima.

4.4.3. Rezultati digitalizacije montažnog procesa

Glavni cilj digitaliziranja montažnog procesa bilo je poboljšanje planiranja i upravljanja montažom, uz rasterećenje dionika procesa od suvišne i nepotrebne papirologije koja ni na koji način ne pridonosi dodatnoj kvaliteti procesa, već se naprotiv trošilo previše raspoloživog vremena na nju.

Poboljšano i nadograđeno planiranje i upravljanje montažnim procesom u sebi podrazumijeva nekoliko stvari:

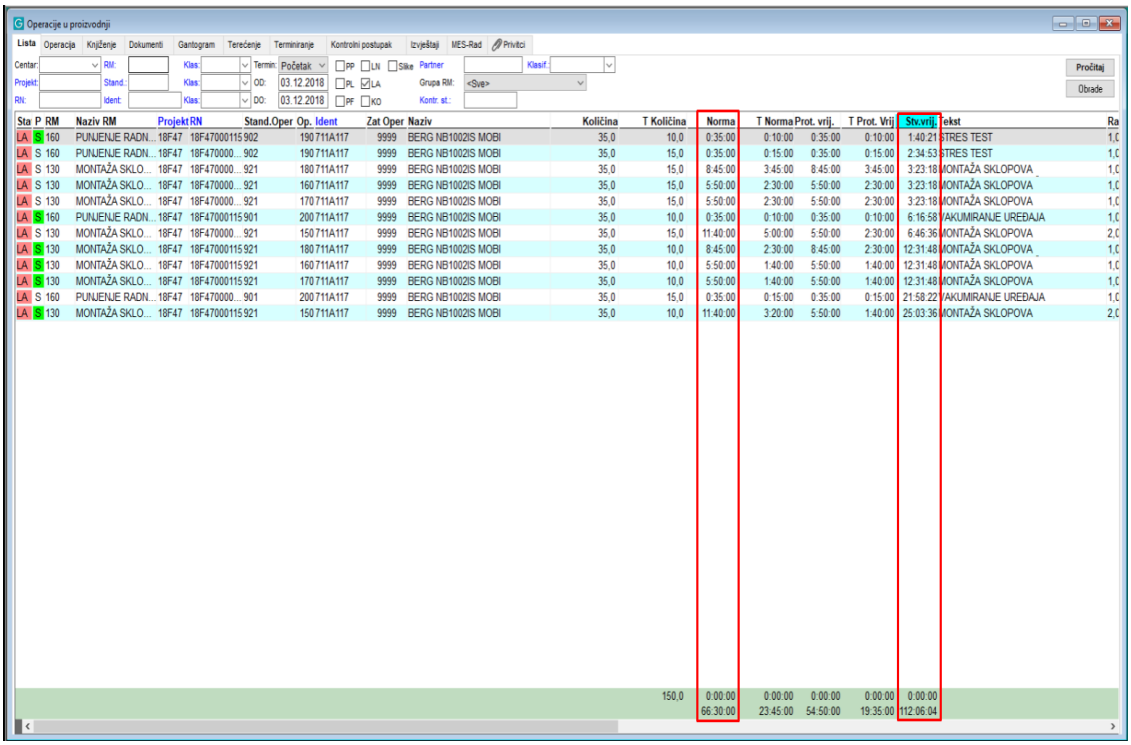
- **Rasterećenje zaposlenika**
- **Dobivanje stvarnih vremena izrade**

- **Dobivanje realnih cijena koštanja**
- **Poboljšano kapacitiranje montažne linije**

Prva prednost se odnosi na činjenicu da su digitalizacijom radnici rasterećeni sporednih stvari, koje nisu usko vezane uz proces montaže, te samo poneki (oni zaposlenici koji se nalaze na samom početku montažnog procesa) su u dodiru s papirologijom, ako se ona može tako nazvati. Naime, radi se o pozivanju ispisa naljepnice za ulazni aparat i njezino lijepljene na dno samog aparata. Zahvaljujući ovako provedenoj digitalizaciji omogućen je maksimalan fokus radnika na njihov osnovni posao – montažu gotovih proizvoda.

Druga i treća prednost su međusobno povezane te se odnose na dobivanje informacija o stvarnim utrošenim satima rada zbog dobivanja što preciznijih i točnijih cijena koštanja gotovog artikla. Slika 51. Prikazuje dojavljena stvarna, knjižena vremena rada na montažnoj liniji, te njihovu razliku u odnosu na norma vremena. Digitalni sustav praćenja montažne linije je još vrlo mlad i potrebno je skupiti mnogo više podataka kako bi se dobio reprezentativan uzorak za eventualno korigiranje norma vremena i postkalkulaciju radnih naloga. Potrebno je istaknuti kako je na montažnoj liniji prisutan isključivo ručni rad, bez manipulatora i robota. Na ovako inovativan način uspjelo se dobiti digitalno upravljanje procesima na montažnoj liniji s minimalnom interakcijom radnika i GoSofta. Na taj način nije dodatno kompliciran rad radnicima, a omogućeno je dobivanje vrijednih informacija koje se prije nisu prikupljale jer nije postojao standardizirani sustav. Slika 51. prikazuje stvarna knjižena vremena rada koja donose bazu za provođenje postkalkulacija troškova proizvodnje. Na slici 51. crvenim okvirom označene su dvije kolone. Prva je „norma“ i u njoj su popisana norma vremena za filtrirane operacije, a druga označena kolona je „stvarno vrijeme“, u koju se digitalno unose vremena trajanja pojedinih operacija u trenutku prolaska aparata iznad posljednje kamere na montažnoj liniji. Korištenjem stvarnih, knjiženih vremena, kod kalkulacija troškova moguće je izračunati realne troškove po tehnološkim operacijama, po radnim mjestima, po radnim nalozima i ugovorenim poslovima. Također je omogućena analiza troškova po područjima, ovisno o definiciji kalkulativnog cjenika, moguće je analizirati troškove amortizacije strojeva, utrošene električne energije, troškove uprave i amortizacije po svim gore navedenim razinama. Kada je uspostavljen proces digitalne dojave gotovosti rada, odnosno knjiženje stvarnih vremena rada moguće je vidjeti koliko zaista košta pojedini artikl, te stvarnu cijenu koštanja usporediti s cijenom iz pretkalkulacije i ono važnije, s prodajnom cijenom. Razlike između postkalkulativne i prodajne cijene pokazuju koliko

imamo mjesta za spuštanje cijene ako nas proizvodnja proizvoda košta u stvarnosti manje od proračunate, ili nas proizvodnja artikla košta više nego što smo pretpostavljali te gubimo novac proizvodnjom i prodajom tog artikla po trenutnim prodajnim cijenama. Ove informacije su od izuzetne važnosti za srednji i top menadžment poduzeća, jer omogućuju prilagodbu asortimana proizvoda (proizvodnja isplativijih proizvoda), ali i temelj za pregovore s kupcima i dobavljačima o korekciji cijena proizvoda koji se ispostave neprofitabilnima.



Slika 50. Operacije u procesu montaže

Usporednom analizom razlika između „Norma“ vremena i „Stvarnih vremena“ sa slike 50. mogu se izvući određeni zaključci. Vidljivo je kako je ukupna suma norma sati za odabrane operacije 66.5 sati, dok je ukupna suma stvarno dojavljenih vremena trajanja istih operacija nešto više od 112 sati. Razlika u trajanju ovih dvaju vremena je gotovo dvostruka i pokazuje značajna odstupanja o kojima je ranije bilo i koje je bilo razumno za očekivati. Kada se proces ustali, ustalit će se i oscilacije u dojavljenim trajanjima stvarnih vremena, te će tehnolozi i voditelji proizvodnje moći pomnije analizirati razloge odstupanja, te predložiti rješenja. Uglavnom je potrebno ili korigirati norma vremena ili mijenjati proces montaže kako bi se minimizirala odstupanja. Treba napomenuti kako se norma vremena i stvarna vremena vode za sve radnike koji su prijavljeni na određenu operaciju, odnosno ona se množe s protočnim

vremenom artikla na pojedinoj operaciji. Slika 50. također daje i pregled protočnih vremena operacije, odnosno vremena koje aparat provede na montažnoj liniji, dok norma vremena i stvarna, dojavljena vremena donose informaciju o uloženim satima radnika (ili strojeva, ovisno o tipu i vrsti proizvodnje) i broju radnika na operaciji za potrebe kalkulacije stvarne cijene koštanje kako je i ranije detaljno objašnjeno.

Poduzeće Oprema d.d. tek počinje s knjiženjem stvarnih vremena rada i potrebno je proći izvjesno vrijeme kako bi se dojavljena vremena mogla uzimati u obzir za analize troškova radnih naloga. Nakon dovoljnog velikog uzorka moći će se točno znati koliko stvarno košta proizvodnja pojedinog artikla, i svake njegove komponente te svih ostalih zavisnih i nezavisnih troškova koji su u interesu poduzeća i koje je potrebno pratiti.

4.4.4. Nedostatci trenutnog procesa i analiza poboljšanja

Treba napomenuti kako ovaj sustav ima i svoje nedostatke:

- **Nemogućnost praćenja rada radnika** – knjiženje stvarnog vremena rada ovisi o definiranim osnovnim podacima operacije montaže o količini radnika na svakoj operaciji. Trenutni stupanj digitalizacije nije u mogućnosti pratiti je li se neki radnik u toku rada prebacio s jedne operacije na drugu, te u tom slučaju dojavljena vremena trajanja operacija nisu točna. Dodatne poteškoće stvara potencijalna situacija u kojoj se proces montaže dovrši na aparatu, a on ne prijeđe preko zadnje kamere, odnosno ne skenira se naljepnica na kraju procesa montaže. U tom slučaju ne proknjiže se stvarna vremena izrade, te se gube vrijedne informacije.
- **Cijena hardvera** – cijena jedne industrijske kamere kojoj je zadatak jedino skenirati barkod nije zanemariva stavka u budžetu za digitalizaciju, pa se u budućoj nadogradnji sustava trebaju uzeti u obzir i alternativna rješenja s potencijalno nižim investicijskim troškovima, a primjenjiva (RFID sustav).

Postoji nekoliko načina na koje bi se digitalizacija unaprijediti, odnosno implementirati na drugi, možda kvalitetniji način uz određene kompromise. Jedna od ideja unaprjeđenja digitalizacije je implementacija RFID sustava pomoću kojeg bi se radnik mogao jednostavno prijaviti i odjaviti s operacije ovisno o potrebi. Drugim riječima, svaki bi radnik (kojemu je opis posla rad na montažnoj liniji) imao RFID narukvicu ili privjesak kojim bi se mogao prijaviti na određenu tehnološku operaciju. Ovisno o projektiranju montažnog procesa moguće je unutar Gosofta podesiti određene zaštite kojima se regulira mogućnost prijava

pojedinih radnika na pojedine tehnološke operacije. Ovaj sustav bi zahtijevao instalaciju tableta na svako radno mjesto duž montažne linije i za posljedicu bi imao značajniju interakciju radnika i GoSofta. Radnik bi se trebao prijaviti na operaciju prilaganje svoje RFID narukvice, po završenom radu unijeti izrađenu količinu i na kraju odjaviti s te operacije kako bi se mogao prijaviti na neku drugu. Usprkos tome što ovakav način rada zahtijeva veću interakciju radnika i ERP sustava, omogućena je jedna značajna prednost u odnosu na trenutni sustav.

Digitalno upravljanje montažnim procesom na gore predloženi način omogućuju točne i precizne informacije o stvarnim vremenima izrade, kvaliteti izrade (udjelu škartnih komada), profilu radnika, te proizvodnoj cijeni. Sa svim navedenim podacima moguće je raditi razne analize o efikasnosti pojedinih radnika, o kvaliteti pojedinih tehnoloških operacija i zadanih normi, jer će stvarna vremena biti značajno točnija i vezana za svakog radnika pojedinačno, za razliku od trenutačnog načina rada. Što se financijskog aspekta ovog predloženog poboljšanja tiče, trebalo bi investirati u RFID narukvice, kartice ili privjeske, te u 8 tableta. Zbog uvjeta koji vladaju u pogonu Opreme d.d. ne postoji potreba za industrijskim tabletima, stoga će i obični biti sasvim prihvatljivi. Što se RFID opreme tiče ona ne predstavlja značajnu investiciju, te generalno gledano s financijskog stajališta ne bi trebala postojati prepreka za redefiniranje digitalnog upravljanja montažnim procesom na predloženi način. Jedina značajna mana ovog prijedloga je potreba za većom interakcijom radnika i ERP sustava, što u početku može stvarati probleme, no pravilnim vodstvom i potporom menadžmenta je izvedivo.

Druga ideja je uspostaviti video nadzor montažne linije, i mapirati prostor koji zauzima pojedina operacija, međutim što se ovog rješenja tiče postoji mnogo prepreka i potencijalnih kritičnih slučajeva u kojima je nemoguće odrediti kojoj operaciji radnik pripada ukoliko stoji na granici između dvaju virtualnih radnim mjesta. Ovakav sustav bi zahtijevao instalaciju dodatnih kamera, koje predstavljaju značajnu financijsku investiciju, kako bi se pokrio cijeli prostor montažne linije. Radnici dalje ne bi imali dodatne interakcije s GoSoftom, međutim za očekivati je da se ne bi dobila toliko točna i precizna analiza rada radnika i tehnoloških operacija kao korištenjem prvog predloženog poboljšanja, prvenstveno zbog kompleksnosti definiranja virtualnih prostora koje zauzimaju pojedina radna mjesta, te poteškoća koje bi nastale uslijed promjena i nadogradnje same montažne linije, jer bi se virtualni prostori trebali ponovo definirati.

4.4.5. Prijedlozi nadogradnje montažne linije

Iako je već ranije spomenuto kako trgovačko društvo Oprema d.d. aktivno planira unaprjeđenje svojeg procesa montaže, ali i ostalih dijelova proizvodnje, u ovom odjeljku će se predstaviti i objasniti moguće rekonstrukcije i nadogradnje montažne linije. Cilj svih promjena je poboljšati proces, te vratiti uložena sredstva, te zaraditi zahvaljujući proaktivnosti i inovativnosti.

Prvi prijedlog je uvođenje valjkastih konvejera pogonjenih elektromotorima. Trenutno se u pogonu nalaze klasični konvejeri po kojima radnik treba fizičkom snagom pomicati aparate po liniji. Na predloženi način aparati bi se sami mogli kretati po liniji, smanjujući pritisak nepotrebnog fizičkog rada sa zaposlenika na automatizaciju. Što se tiče sinkroniziranosti s GoSoftom tu ne bi smjelo biti većih problema, jer bi se QR kodovi i dalje skenirali kao i do sada. Dodatni olakšavajući faktor bio bi uvođenje praćenja aparata pomoću RFID tehnologije, čije su sve prednosti i mane definirane ranije u radu. Slika 51. prikazuje primjer konvejera s kojim bi se mogla nadograditi montažna linija.



Slika 51. Primjer predloženog konvejera [35]

Uzevši u obzir trenutne veličine serija i kompleksnost proizvoda, s mnogo operacija i raznovrsnih dijelova koje je potrebno sklopiti, ne preporučuje se uvođenje manipulatora i robota koji bi obavljali dio posla, jer je čovjek i dalje fleksibilniji i produktivniji za trenutne proizvodne serije. Ukoliko bi se javila potreba za proizvodnjom većih serija tada bi bilo preporučljivo rekonstruirati, ne samo montažni proces, već i ostale proizvodne procese, kako bi se ukupni proizvodni proces mogao prilagoditi za proizvodnju većih količina. Ukoliko bi se samo išlo na automatizaciju montažne linije tada bi se dobio heterogeni proizvodni sustav, s proizvodnjom koja nije u stanju pratiti proces montaže, te bi se stvorili neiskorišteni kapaciteti i nejednolika opterećenost proizvodnog procesa. Ukoliko se pojavi potreba za dodatnom automatizacijom cijelog proizvodnog procesa, pa tako i montažne linije, potrebno bi bilo izračunati financijsku korist koja bi se tim zahvatima ostvarila, te iskorištenost kapaciteta. Generalnom rekonstrukcijom proizvodnog procesa rasteretili bi se radnici, neka bi se radna mjesta ukinula, dok bi se istovremeno pojavila nova.

4.4.6. Usporedna analiza uvođenja lean alata i digitalizacije

Potrebno je istaknuti kako poduzeće Oprema d.d. ne planira stati s digitalizacijom proizvodnje na montažnoj liniji (kao što je i ranije spomenuto), već je cilj digitalizirati cijeli proizvodni proces zajedno sa skladišnim procesima u bližoj budućnosti. Iako se s digitalizacijom krenulo od kraja proizvodnog procesa što je suprotno od svih standardnih procedura, projekt digitalizacije montažne linije bliži se kraju, i uspio se uspješno odraditi. Kasnijom potpunom implementacijom Gosofta i digitalnom integracijom svih ostalih proizvodnih procesa dobit će se kvalitetan sustav za upravljanje i planiranje proizvodnjom, odnosno svim poslovnim procesima poduzeća. Funkcija ovog odlomka je prikazati kratki sažetak dobivenih rezultata nakon primjene alata *lean* menadžmenta i digitalizacije na proces montažne linije. Dobiveni skupni rezultati su sljedeći:

Tablica 10. Usporedni prikaz rezultata primjene VSM-a i digitalizacije

REZULTATI	
Primjena VSM-a	**Primjena digitalizacije**
1. Povećanje udjela VAT aktivnosti za 10.2 %	1. Dobivanje informacije o stvarnim vremenima izrade
2. Smanjenje udjela WT aktivnosti za 62.88 %	2. Dobivanje informacije o stvarnoj cijeni koštanja
3. Skraćenje ukupnog vremena izrade za nešto više od 30 minuta	3. Poboljšano kapacitiranje montažne linije
	4. Rasterećenje zaposlenika

Valja napomenuti osnovnu razliku između gore prikazanih rezultata. Rezultati dobiveni primjenom VSM-a alata su predloženi, i samim time predstavljaju predviđene koristi od primjene istog. Ukratko, nemaju trenutnog utjecaja na izvođenje montažnog procesa.

S druge strane rezultati dobiveni digitalizacijom procesa montaže su vidljivi već neko vrijeme, jer je projekt digitalizacije montažne linije pri kraju, te je već moguće početi s analizom koristi odnosno nedostataka novog načina planiranja i upravljanja montažnom linijom. Trenutna iskustva zaposlenika koji su u svakodnevnoj interakciji s montažnim procesom su pozitivna i osnovna prednosti digitalizacije je dobivanje podataka za koje se ranije nije ni znalo da postoje, te stvara zdrave temelje za donošenje kvalitetnih poslovnih odluka u budućnosti.

5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući napretku informacijskih i digitalnih tehnologija već je godinama cilj svjetskih gospodarskih sila unaprijediti industrijski sektor. Krajem 1980.-tih se razvilo integrirano informacijsko rješenje za upravljanje poslovnim procesima i resursima unutar organizacije – *Enterprise Resource Planning* – skraćeno ERP. Hrvatska su proizvodna trgovačka društva ulaskom u Europsku uniju dobila na raspolaganje sredstva iz fondova za razvoj i unaprjeđenje svoje proizvodnje korištenjem digitalnih tehnologija. Mnoga su trgovačka društva iskoristila tu priliku, napisala projekt i povukla financijska sredstva kojima su unaprijedila svoje proizvodne procese, između ostalih i Oprema d.d. čiji je proces implementacije ERP sustava i digitalizacije montažne linije detaljno razrađen u okviru ovog rada. Valja ne zaboraviti na sve prednosti zajedničkog korištenja *lean* alata i digitalizacije kako bi se optimizirali proizvodni procesi, te je također prikazan i razrađen primjer primjene *lean* alata na artikl, odnosno aparat za točenje pića, u procesu montaže. Kako je i naglašeno u posljednjem odlomku da Oprema d.d. planira nastaviti s digitalizacijom cijelog proizvodnog procesa, zajedno sa skladištem jer bez digitalnog planiranja i praćenja proizvodnje nije moguće dugoročno opstati u suvremenim uvjetima poslovanja gdje je konkurencija vrlo velika, a zahtjevi kupaca promjenjivi. Suvremena proizvodnja treba biti u stanju brzo se prilagoditi zahtjevima tržišta koje diktira tko će opstati, a tko ne. Stoga je, sada već tradicionalno, planiranje i upravljanje proizvodnjom pomoću excel tablica i gomile papira nedostatno za mnoga hrvatska trgovačka društva. Sve je zamjetniji trend uvođenja ERP sustava i digitalizacije, što zbog vlastite samosvjesnosti, što zbog zahtjeva inozemnih kupaca koji gore spomenute stvari postavljaju kao uvjete za buduću suradnju. Iako su početna ulaganja značajna, iako je potrebno podosta vremena za implementaciju ERP sustava (ovisno o kompleksnosti proizvodnje implementacija može trajati od šest mjeseci pa do dvije godine) uvođenje ERP rješenja se itekako dugoročno isplati, jer da nije tako razvio bi se neki bolji i kvalitetniji načina planiranja upravljanja proizvodnjom. Nadalje, važan faktor je i prirodna odbojnost čovjeka prema promjenama, i želji za ostankom u svojoj zoni komfora, a poznato je kako je jedino promjena konstantna u svijetu, ništa više, te se nužno prilagođavati promjenama u okruženju. Gledamo li iz uže perspektive i samu proizvodnju je potrebno promatrati kao živi organizam, koja se mijenja konstantno. Uz sve ove značajne nedostatke i mane ulaganja u implementaciju ERP sustava i digitalizacije prednosti su višestruko značajnije, jer da nisu ne bi se „cijeli“ svijet

okrenuo njima. Danas je vrlo teško pronaći uspješno trgovačko društvo kojemu je proizvodnja primarni način zarade s više od 50-tak zaposlenih, a da ne koristi barem neko ERP rješenje. Digitalizacija je korak više i razvijene zemlje zapada itekako stavljaju naglasak na digitalizaciju kada je korištenje ERP-a u poslovanju kod njih već puka normalnost, iz svega navedenog važno je naglasiti kako je danas korištenje ERP sustava postala nužnost, odnosno potreba, a ne konkurentska prednost. Bez toga u svojem poslovanju neko trgovačko društvo teško može očekivati opstajanje na zahtjevnom, suvremenom tržištu. Vidljivo je kako su se i hrvatska srednja i mala poduzeća počela okretati ovom trendu i polaganim, ali sigurnim koracima hrvatsko gospodarstvo ulazi u suvremeno digitalno doba.

6. LITERATURA

[1] James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos: *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Seamon & Schuster UK Ltd, 2007.

[2] Lean Management Institute Of India: http://www.leaninstitute.in/what-is-lean/history-of-lean, 21.08.2018.

[3] 8 Wastes: https://goleansixsigma.com/8-wastes/, 21.08.2018.

[4] Nedeljko Štefanić, Nataša Tošanović: *Lean proizvodnja*, 2011.

[5] *Lean Thinking for Vaccine Industry:* https://onshoretech.com/About-Us/Industries-Served/Vaccine, 21.08.2018.

[6] Saurabh Kerhalkar: *Development of VSM Implementation Procedure for Prefabrication Shop through Case Study Approach*, International Journal of Advance Research in Science, 2012.

[7] *Introduction to Lean Six Sigma Methods*, https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-660j-introduction-to-lean-six-sigma-methods-january-iap-2012/, 21.08.2018.

[8] *Dreamstime*, https://www.dreamstime.com/stock-photography-lean-value-stream-mapping-image24021642, 21.08.2018.

[9] James P. Womack, Daniel T. Jones: *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2003.

[10] Manjunath Shettar, Nikhil R, Pavan Hiremath, Vithal Rao Chauhan: *KAIZEN – A case study*, 2015.

[11] *PDCA CYCLE*, https://www.creativesafetysupply.com/glossary/pdca-cycle, 21.08.2018.

[12] *Lean Value Solutions International*, http://leanvaluesolutions.com/private-equity-acquisition/, 21.08.2018.

[13] Lean Manufacturing Tools: http://leanmanufacturingtools.org/kanban/, 21.08.2018.

[14] What is Kanban?: https://www.digite.com/kanban/what-is-kanban/, 21.08.2018.

[15] What is Heijunka: https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/heijunka/#.WliTeqjiaUk, 21.08.2018.

[16] WHY AND HOW TO IMPLEMENT HEIJUNKA: https://logisticsmgepsupv.wordpress.com/2014/05/01/why-and-how-to-implement-heijunka/, 21.08.2018.

[17] Heijunka: The Art of Levelling Production: https://www.isixsigma.com/methodology/lean-methodology/heijunka-the-art-of-leveling-production/, 21.08.2018.

[18] Lean and six sigma glossary: https://www.leanstrategiesinternational.com/lean-and-six-sigma-glossary/heijunka, 21.08.2018.

[19] Heijunka Bord – The next level of Kanban: http://www.lean-production.org/heijunka-production-leveling/heijunka-board-kanban/, 21.08.2018.

[20] What is SMED and Why i sit Important: http://www.leanaccountants.com/2011/12/what-is-smed-and-why-is-it-important.html, 21.08.2018.

[21] SMED (Single-Minute Exchange of Dies): https://www.leanproduction.com/smed.html, 21.08.2018.

[22] Explore Lean Office, Lean Six Sigma, and more!: https://www.pinterest.com/pin/108438303511162369/, 21.08.2018.

[23] M. Perinić, S. Maričić, E. Gržinić: *Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje*, 2011.

[24] E. Perković: *Unapređenje procesa poduzeća primjenom Kaizena*, 2017.

[25] S. Vukšić: *Primjena 5S alata u proizvodnji*, 2015.

[26] LEAN METRIKA: http://www.cimlss.rs/lean-metrika/, 26.08.2018.

[27] Monostori L. et al.: *Cyber-physical system sin manufacturing*, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2016.

[28] What is the difference between Internet of Things (IoTs) and cyber-physical systems (CPS)?: https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-Internet-of-Things-IoTs-and-cyber-physical-systems-CPS, 26.08.2018.

[29] D. Lisjak: *Uvod u poslovne informacijske sustave (PIS) i poslovno odlučivanje*, 2015.

[30] D. Lisjak: *ERP – Enterprise Resource Planning*, 2017.

[31] GOinfo: https://www.goinfo.si/hr, 02.09.2018.

[32] Oprema Ludbreg Hrvatska: https://www.oprema.com/?L=HR#tabPRO4200, 02.11.2018.

[33] Osvojili pola svijeta, slijedi 'juriš' na SAD: http://www.poslovni.hr/poduzetnik/osvojili-pola-svijeta-slijedi-juris-na-sad-278483, 05.12.2018.

[34] DataMan 150/260 Series Fixed-mount Barcode Readers: https://www.cognex.com/products/barcode-readers/fixed-mount-barcode-readers/dataman-150-260-series, 06.12.2018.

[35] Assembly Line Automation: https://www.titanconveyors.com/industry-solutions/assembly-line-automation, 28.12.2018.

PRILOZI

I. CD-R disc