

Lean metodologija i primjena industrije 4.0

Lesničar, Dejan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:441316>

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

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



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 317/PS/2020

Lean metodologija i primjena Industrije 4.0

Dejan Lesničar, 2105/336

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 317/PS/2020

Lean metodologija i primjena Industrije 4.0

Student

Dejan Lesničar, 2105/336

Mentor

Živko Kondić, dr.sc.

Varaždin, rujan 2020. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo		
PRISTUPNIK	DEJAN LESNIČAR	MATIČNI BROJ	2105/336
DATUM	01.09.2020.	KOLEGIJ	ORGANIZACIJA PROIZVODNJE
NASLOV RADA	LEAN METODOLOGIJA I PRIMJENA INDUSTRIJE 4.0		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	LEAN METHODOLOGY AND APPLICATION OF INDUSTRY 4.0		

MENTOR	prof.dr.sc. Živko Kondić	ZVANJE	Redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc.Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc.Živko Kondić, mentor, član		
	3. doc.dr.sc.Tomislav Veliki, član		
	4. doc.dr.sc. Matija Bušić, rezervni član		
	5. _____		

Zadatak završnog rada

BROJ	317/PS/2020
OPIS	

- Pristupnik u svom završnom radu treba obraditi sljedeće:
- U uvodnom dijelu rada potrebno je dati kratki povjesni prikaz Lean koncepcije u gospodarstvu. Nakon toga detaljnije obraditi pojam Lean menadžementa.
 - Opisati glavne gubitke koji se javljaju u proizvodnim procesima.
 - Obraditi osnovna načela (principe) Lean proizvodnje.
 - Prikazati i ukratko opisati osnovne karakteristike Lean alata koji se najčešće koriste tijekom implementacije Lean koncepcije.
 - Objasniti pojam četvrte industrijske revolucije.
 - U praktičnom dijelu završnog rada na odabranom proizvodnom procesu objasniti pojam poboljšanja kroz digitalizaciju u proizvodnom procesu.
 - U završnom dijelu rada dati kritički osvrt na završni rada u smislu ograničenja i doprinosa

ZADATAK URUČEN

03.09.2020

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SJEVER

Predgovor

Zahvaljujem se mentoru, dr.sc. Živku Kondiću na povjerenju i mentorstvu kroz ovaj završni rad te motivaciji koja mi je pružena. Također se zahvaljujem svim profesorima koji su me pratili kroz ove godine školovanja na Sveučilištu Sjever. Zahvalu pridodajem svojem mentoru u poduzeću Centrometal d.o.o. Nikoli Kiriću na prenesenom znanju, savjetima i literaturi koja mi je pružena od strane poduzeća, također i tehničkom direktoru Karlu Zidariću na pruženoj mogućnosti obavljanja praktičnog dijela u tvrtki.

Posebne zahvale mojoj obitelji i prijateljima na podršci i savjetima tijekom cijelog školovanja.

Sažetak

Tema završnog rada je Lean metodologija i industrija 4.0. kao primjer uvođenja digitalizacije u poduzeće Centrometal d.o.o. Nakon nekoliko uvodnih riječi slijedi priča o Lean metodologiji koja je danas najpoznatiji alat za proizvodnju s malim gubitcima. Tvrtke koje žele u današnje vrijeme opstati načinom proizvodnje svakako moraju gledati na moguća poboljšanja. Poboljšanja su potrebna u svakom pogledu i nikad ne možemo postići vrhunac jer uvijek se može bolje i prema tome trebaju težiti tvrtke koje žele konkurirati na tržištu.

U radu također govorimo o novoj industrijskoj revoluciji koju još nazivamo Industrija 4.0. koja je već nekoliko godina aktivna. U tome djelu govorit ćemo o digitalizaciji u proizvodnji te koje prednosti donosi uvođenje takvog sustava u proizvodnju. Digitalizacija je jedan od glavnih promjena koje donosi Industrija 4.0.

Ključne riječi: Lean proizvodnja, industrija 4.0., digitalizacija, proizvodni proces, poboljšanje.

Abstract

The topic of the final paper is Lean Methodology and Industry 4.0. as an example of the introduction of digitalization in the company Centrometal d.o.o. After a few introductory words, the story of the Lean methodology, which is today the most famous tool for low-loss production, follows. Companies that want to survive in the way of production nowadays must certainly look for possible improvements. Improvements are needed in every way and we can never reach the pinnacle because we can always do better and therefore companies that want to compete in the market should strive.

In this paper, we also talk about a new industrial revolution, which we also call Industry 4.0. which has been active for several years. In this part, we will talk about digitalization in production and what are the advantages of introducing such a system in production. Digitization is one of the major changes brought about by Industry 4.0.

Keywords: Lean production, industry 4.0, digitalization, production process, improvement.

Popis korištenih kratica

TPS	Toyota production system
3M	Muda, Muri, Mura
5S+1S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shisuke + Safety
JIT	Just in time
VSM	Value stream mapping
RN	Radni nalog
CAD	Computer Aided Design

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Povijesni razvoj i teorijska analiza	2
3. Lean menadžment	4
3.1. Usporedba Lean poduzeća sa tradicionalnim poduzećem	5
3.2. Toyotin model poslovanja	6
3.3. Proizvodni gubici (3M)	7
3.3.1. Muda	8
3.3.2. Muri	9
3.3.3. Mura	10
4. Osnovni principi Lean proizvodnje	11
5. Lean metode i alati	12
5.1. Kaizen	12
5.2. 5S (+1S) metoda	13
5.3. Poka – yoke	16
5.4. Jidoka	16
5.5. Just in Time	17
5.6. VSM	18
6. Četvrta industrijska revolucija	20
6.1. Fleksibilnost	21
6.2. Pametne tvornice	22
7. Praktični dio	24
7.1. Općenito o poduzeću	24
7.2. Organizacija upravljanja poduzećem	26
7.3. Standardni način proizvodnje prije uvođenja digitalizacije	26
7.4. Digitalizacija poduzeća Centrometal d.o.o.	27
7.5. Poboljšanja uvođenjem digitalizacije u poduzeće	33
8. Zaključak	35
9. Literatura	37
Popis slika	38

1. Uvod

Lean menadžment je način razmišljanja i rada na cijelom sustavu. Karakteristike ovog sustava su uklanjanje gubitaka, kontinuirano poboljšavanje, timski rad, rad na jedinici, vizualna kontrola proizvoda, visokokvalitetni proizvodi / usluge, svođenje zaliha na minimum, povlačenje sustava, brza zamjena alata (fleksibilna oprema). U svakom poslovnom procesu postoje neke aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodima (uslugama). Danas na tržištu vlada široka ponuda proizvoda i konkurencija je velika, izrazito je bitno da se upravlja tvrtkom na način da bude ulog u proizvodnju što manji, proizvodi kvalitetniji i kupac zadovoljan. Postoje razne metode i alati kojima se tvrtke danas koriste da bi postigle taj cilj, a jedna od tih metoda je Lean proizvodnja. Glavni cilj Lean proizvodnje je poboljšavanje poslovanja, uz skraćivanje vremena proizvodnje i cijelog procesa od zaprimanja narudžbe kupca pa sve do isporuke proizvoda. U cijelom tom procesu najvažnije je ukloniti gubitke koji su mogući u proizvodnji. Uvođenje tog sustava u neku tvrtku je dugotrajan proces koji traži puno vremena za prilagođivanje proizvodnje tome sustavu i sposobne ljude koji će težiti prema što uspješnijem ostvarenju toga cilja. U vremenu smo četvrte industrijske revolucije što za sobom povlači velike promjene u načinu proizvodnje poput uvođenja digitalizacije. Digitalizacija još uvijek nije nužna, ali kroz nekoliko godina svakako će biti.

2. Povijesni razvoj i teorijska analiza

Lean proizvodnja se pojavila zbog potrebe da se postane bolji u proizvodnom procesu i jači proizvođač na današnjem tržištu. Lean proizvodnja dolazi iz Japana i tamo su bili počeci za vrijeme Prvog svjetskog rata . U to vrijeme najveći proizvođač automobila i najjači u automobilskoj industriji bila je američka tvrtka Ford koja je imala nepromišljenu masovnu proizvodnju koja nije razmišljala o budućnosti tvrtke i plasmanu proizvoda na svjetsko tržište. Taj način proizvodnje se pokazao kao loš i prouzročio je puno gubitaka s malom efikasnošću proizvodnje. U Japanu je sa radom počela tada manja tvrtka pod imenom Toyota koja je bila novo osnovana i nije mogla konkurirati tadašnjem tržištu zbog svojeg načina proizvodnje. To je bilo tako, sve dok vlasnik tvrtke Taichi Ohno nije došao na ideju pokretanja proizvodnog sustava koji je bio sam početak Lean proizvodnje. Sustav je bio razrađen prema tadašnjoj američkoj proizvodnji, ali se isto tako radilo i na poboljšavanju problema proizvodnje.

Glavni problemi koji su se morali eliminirati bili su:

- Puno novca i vremena trošilo se na proizvodnju neispravnih dijelova koji su se morali svesti na minimum
- Puno proizvoda koji nisu bili dovršeni u proizvodnji automobila
- Izmjena alata trajala je predugo na nekim radnim strojevima
- Manji postotak vremena potrošen je na proizvodnju, dok se većina vremena trošilo na pripremu proizvoda

Potrebno je bilo usredotočiti se na samu kvalitetu proizvoda i zbog toga je došlo do uvođenja kontrole procesa. Taj pristup proizvodnje nazivao se „TPS“. Glavna ideja tog pristupa bila je da proizvod bude isporučen točno na vrijeme do kupca, kada on to želi i kamo on to želi. Svakako je bilo potrebno gledati da troškovi proizvodnje u Toyoti budu na minimalnom nivou i da ne dolazi do držanja proizvoda na zalihima što bi prouzročilo dodatne i nepotrebne troškove tvrtki. Počinju se uvažavati mišljenja samih zaposlenika te zaposlenici nisu više samo ljudi koji rade točno ono što im se naredi. Svaka ideja koja je mogla pridonijeti poboljšanju procesa proizvodnje bila je nagrađivana od strane poslodavca. TPS sustav se primjenjivao do 1973. samo u Toyoti i do te godine ostale tvrtke nisu vidjele potencijal takve proizvodnje i sustava te različitih mogućnosti koji nudi ovakav sustav. 1973. došlo je do naftne krize i mnoge tvrtke u

Japanu bile su u velikim problemima koji su na kraju izazvali propadanje tvrtke i nestajanje sa tržišta. Toyota se kao takva izvukla iz tih problema i bila primjer ostalim tvrtkama u Japanu i svijetu. Tek nakon te krize tadašnji TPS ili današnji Lean dolazi do izražaja u ostalim tvrtkama, dok se u zapadnim zemljama Lean počinje uvoditi tek 1990. godine. Mnoge tvrtke su pokušale uvesti takav sustav pa nisu uspjele. Zbog takvog poslovanja Toyota je danas glavni predstavnik Lean proizvodnje i najbolje stojeća tvrtka u svijetu automobila.

	Metrika	USA	Japan
Output	Produktivnost(sati/vozilo)	25,1	16,8
	Kvaliteta (pogreške/100 vozila)	82,3	60
Radna snaga	% radnika u timovima	17,3	69,3
	Broj vrsta poslova	67,1	11,9
	Prijedlozi po zaposleniku	0,4	61,6
Layout	Prostor (m ² /vozilo/godišnje)	7,8	5,7
	Prostor za doradu i popravke (% prostora za montažu)	12,9	4,1
	Zalihe (dani)	2,9	0,2

Slika 1. Lean proizvodnja u usporedbi sa tadašnjom masovnom proizvodnjom [1]

U navedenoj tablici 2.1. uspoređena je tadašnja masovna proizvodnja u SAD i japanska Lean proizvodnja. Prikazane su vrijednosti, no jedna od najvažnijih usporedbi je prijedlog poboljšanja proizvodnih radnika i zaposlenika koji se do tada uopće nije primjenjivao.

Lean principi nisu izvedeni iz teorijskih razmatranja "uspješnih ljudi", već su najprije razvijeni u praksi, a zatim "oblikovani" i eksplicirani od strane znanstvenika. Lean znači manje svega, manje energije, manje ulaganja i kapitala. Lean je proizvodni koncept, koji nakon primjene može skratiti vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovih proizvoda i eliminirati sve izvore otpada, odnosno gubitke u procesu proizvodnje. [2]

3. Lean menadžment

Kako bi na taj način danas sustav funkcionirao, uz efektivnost i efikasnost u taj sustav mora se uvesti menadžment kako bi obavio svoj dio posla. Mnogi smatraju kako je moguće taj sustav uvesti jedino kod strojnih obrada te robotskih proizvodnih procesa. To nikako nije točno i takav sustav proizvodnje moguće je u svim proizvodnim procesima bez obzira tko ili što obavlja zadani posao. Visoka tehnologija ovdje je medij koji postiže željeni cilj, ali uređaj apsolutno ne obavlja nikakve operacije ako se koristi nepravilno. Kako bi se postigli povoljni rezultati, čitav proizvodni sustav trebao bi biti postavljen na najbolji način. U prijevodu, svaki segment, lokacija pojedinih strojeva i lokacija određenih prostorija moraju biti točno projektirani.

Sa takvim se pristupom može doći do glavnih značajki takvog menadžmenta, neke od tih značajki jesu:

- Manje serije
- Minimalne količine zaliha
- Fleksibilna proizvodnja
- Maksimalna kvaliteta proizvoda
- Mogućnost varijabilnosti proizvoda

Glavno načelo kod takve proizvodnje je da proizvod bude točno onakav kakvog kupac želi te da kvaliteta proizvoda bude na maksimalnoj razini. Kako bi mogli organizirati taj proizvodni proces i da imamo što manje gubitaka, izrazito je važno da sudionici u procesu znaju koliko je važan svaki pojedinačni dio proizvodnje za kvalitetu završnog proizvoda. Kad se postigne takav cilj da svaki zaposlenik tj. radnik u nekoj tvrtki shvati da je njegov dio posla važan u procesu, tek onda možemo očekivati prijedloge za poboljšavanje proizvodnje i kako postići da se proizvodnja svede na minimalno utrošeno vrijeme. Pri primjeni tog načina treba imati kvalitetnu radnu snagu koja na poslu zna razmišljati i vidi razne mogućnosti kojima bi se proizvodnja mogla poboljšati, međutim to je moguće tek kad radnik shvati način rada neke tvrtke i stekne potrebno iskustvo koje ga kasnije dovodi do toga da „razmišlja svojom glavom“.

U takvom proizvodnom procesu dolazimo do problema koji se javlja prilikom uvođenja nečeg novog, tj. u ovom slučaju uvođenja Lean sustava. U takvim trenucima često dolazi do protivljenja starijih radnika prema uvođenju nečeg novog. Ako dođe do takve situacije u proizvodnji jako je bitno dati priliku svakome radniku da izrazi svoje mišljenje jer će radnici

tako shvatiti da ih se poštuje i da je njihovo mišljenje važno. Jedan od važnijih poteza pri takvim situacijama je svakako, novčana nagrada radniku. Kada radnici budu novčano nagrađeni za svoje razmišljanje i prijedloge koji pridonose proizvodnji to će svakako biti poticaj svakome pojedincu da razmišlja i pridonosi radu cijele tvrtke.

3.1. Usporedba Lean poduzeća sa tradicionalnim poduzećem

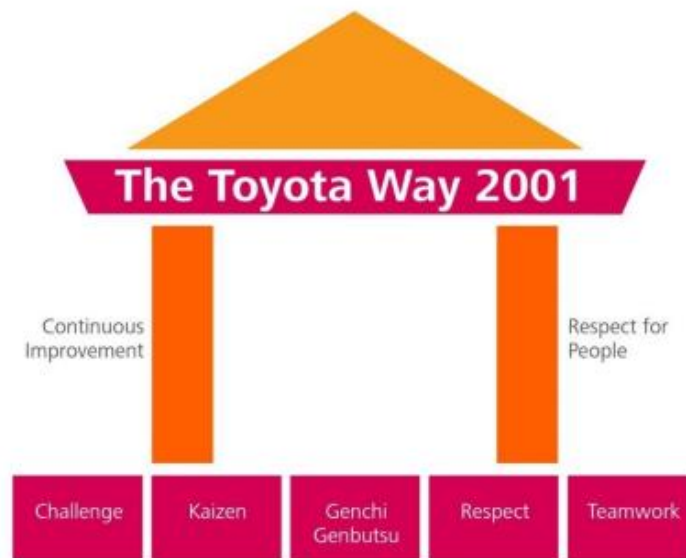
	Tradicionalno poduzeće	Lean poduzeće
Obilježja	Masovna proizvodnja Ekonomija velikih razmjera Striktna podjela poslova Hijerarhija i slušanje naredbi Reaktivna prodajna politika Kontrolni mehanizmi	Male serije Identifikacija i korištenje konkurentskih prednosti Standardizacija poslova Razvoj individualne inicijative i timskog rada Proaktivna prodajna politika Preventivna obilježja i znakovi
Orijentacija	Prema proizvodu Prema budžetu Prema funkcijama Kvaliteta na temelju inspekcije	Prema kupcu Prema potražnji Prema procesu Kvaliteta ugrađena u proizvod

Slika 2. Usporedba Lean metode sa tradicionalnom metodom

U tablici 3.1. prikazana je usporedba Lean-a sa tradicionalnom metodom proizvodnje. Iz navedenog je vidljivo da postoje velike razlike između tih dviju metoda. Pri tradicionalnom poduzeću bila je veća usmjerenost na masovnu proizvodnju, hijerarhijsku podjelu u tvrtki, što znači da se točno znalo čija riječ je zadnja i tko donosi konačne odluke. Osim navedenih razlika u tablici pri obilježjima poslova također se vidi isto tako velika razlika u orijentaciji tvrtke. U tradicionalnom poduzeću orijentacija je bila prema proizvodu, budžetu i ostalim navedenim značajkama. Dok je u Lean poduzeću orijentacija prema kupcu i prema potražnji što je mnogo bolje i mnogo bitnije da kupac bude zadovoljen i da dobije maksimalno za svoj uloženi novac. Danas je najvažnije pri kupnji proizvoda da proizvod bude kvalitetan i da bude prihvatljiva cijena, što je svakako cilj Lean proizvodnje. U tradicionalnim poduzećima se koriste skupi

strojevi i veliki strojevi koji su smišljeni na način da rade velikoserijske proizvodnje i proizvode veću količinu proizvoda u nekom vremenu. Dok Lean koristi manje strojeve ali više fleksibilne, kako bi se proizvodnja mogla prilagođavati i kako bi jedan stroj mogao odrađivati više poslova. Također, ako dođe do problema u Lean poduzeću reakcija na to biti će „kako riješiti problem?“ i time će utjecati na poboljšavanje procesa. Kod tradicionalnog poduzeća rješenje će biti „tko je skrivio problem?“ i time dolazimo do problema kod kojeg nitko ne želi biti krivac i problem se neće riješiti.

3.2. Toyotin model poslovanja



Slika 3. Toyotin model poslovanja [3]

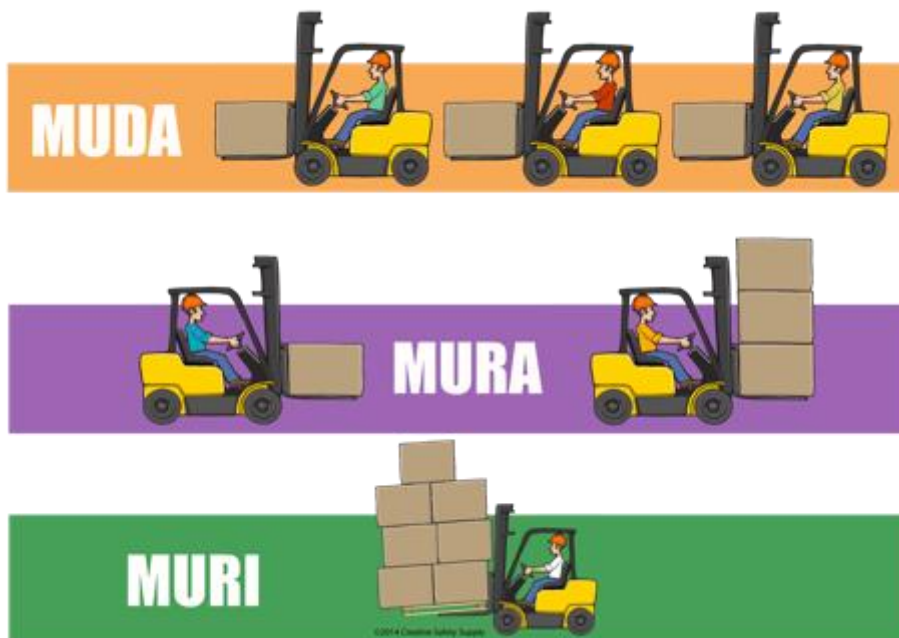
Tvrtka Toyota je svoje poslovanje prikazala u obliku kuće kako bi bilo što bolje prikazano kakvo je njihovo poslovanje. Stupovi kuće prikazuju poboljšavanje proizvodnje kontinuirano te drugi stup prikazuje poštovanje prema zaposlenicima tvrtke. Toyota od trenutka uvođenja tog sustava pa i dan danas puno ulaže u svoje zaposlenike i u njihov razvoj. Organizacija raznih edukacija i predočavanje nečega na čemu se radi već duže vrijeme najbitnije je za razvoj proizvodnje. Svakome zaposleniku u Toyoti pružena je mogućnost da pridonese razvoju tvrtke, a isto tako i svojem osobnom razvoju gledajući na poziciju u tvrtki. U Toyotinoj kući poslovanja označeno je pet glavnih elemenata za poboljšanje proizvodnje, a to su:

1. Izazov – poštuju se ljudi s načinom da ih se izazove kako bi se postiglo poboljšanje koje je izvan trenutne mogućnosti. Svakome zaposleniku u tvrtki izazov mora biti jasno predočen i svaki zaposlenik mora težiti prema rješavanju tog izazova.
2. Kaizen – predstavlja nekakvu „promjenu na bolje“, pri tome se misli na promjenu koja će donijeti rezultate koji nisu prije bili mogući.
3. Genchi genbutsu – u prijevodu je to stvarno mjesto i predstavlja mjesto na kojem se obavlja posao ili mjesto na kojem korisnik proizvoda koristi taj proizvod. Pri eksperimentiranju proizvoda ili testiranju mora se promatrati svaki detalj i vidjeti kako se proizvod ponaša pod uvjetima za koje je namijenjen kako bi se maksimalno mogla poboljšati proizvodnja i izvedba samog proizvoda.
4. Poštovanje – predstavlja potrebno poštivanje suradnika u proizvodnom procesu te komunikaciju i povjerenje međusobno. U tom slučaju dolazimo do velikog izazova kada je u pitanju globalno poslovanje gdje se isprepliću mnoge kulture.
5. Timski rad – svakako jedan od najbitnijih čimbenika takvog sustava. U Toyoti imamo izrazito dobre timske radove kojima doprinose snage pojedinca. Ukoliko tim želi postići neki cilj, mora postojati vođa tima kojeg svi ostali poštuju i prihvaćaju kao voditelja nekog projekta. [3] [4]

3.3. Proizvodni gubici (3M)

Kad počnemo govoriti o gubitcima u proizvodnji, dolazimo do širokog pojma zbog toga što gubici u proizvodnji nisu samo gubici materijala već tu dolazimo i do mnogo drugih gubitaka koji nanose štetu vremenu i novcu. Točno je da svaki gubitak dovodi do „škart“ proizvoda i pri tome se gubi novac koji je utrošen na materijal, ali ne treba zaboraviti da se proizvodnjom toga proizvoda koji nije sukladan standardima kvalitete utrošilo vrijeme i puno više novaca od onog koji je utrošen za kupnju materijala. Gubitke u Lean sustavu dijelimo u 3 glavna tipa gubitaka (3M), a to su:

- Muda
- Mura
- Muri



Slika 4. Usporedba tri glavne vrste gubitaka u Lean proizvodnji [5]

3.3.1. Muda

Muda predstavlja aktivnost kojoj se ne pridodaje vrijednost, već ona predstavlja gubitak vremena, novca i raznih resursa. Može se predočiti kao dio nekakvog procesa koji nije naplaćen kupcu pri kupnji proizvoda. Te gubitke možemo podijeliti u 7 glavnih skupina:



Slika 5. Vrste gubitaka u Lean proizvodnji [6]

1. Prekomjerna proizvodnja – proizvodnja dijelova za skladište koja se može predočiti kao proizvodnja dijelova za svaki slučaj bez vizije za plasman na tržište. Prekomjerna proizvodnja je svakako jedan od velikih gubitaka jer time trošimo novac, vrijeme i resurse koji nisu naručeni od strane kupca pa postoji vrlo velika mogućnost da zauzimaju mjesto u skladištu u kojem će predstavljati višak robe.
2. Škart – gubitak vremena koje se potrošilo pri proizvodnji škarta koji nije zadovoljio potrebnu kvalitetu pa je zbog toga kategoriziran kao „škart roba“. Time se prekida tečnost samog procesa te iziskuje dodatno trošenje vremena za otkrivanje i otklanjanje pogreške, a isto tako i novca.
3. Zalihe – nepotrebni kapitali koji se skladište i stvaraju višak. Ni u kojem slučaju nije dobro stvarati zalihe za robu koja još nije naručena od strane kupca, a za proizvodnju tih zaliha utrošeno je vrijeme i novac.
4. Nepotrebni pokreti – loše raspoređeni radni strojevi, nepotrebno kretanje radnika koje je izazvano lošim rasporedom u proizvodnji, malo prostora oko radnog mjesta koje sprječava radnika da radi svoj posao bez smetnji.
5. Transport – loša raspoređenost može dovesti do nepotrebnog transporta između dviju operacija, a time se gube informacije i dolazi do potrebe za trošenjem vremena kako bi se skupile te informacije.
6. Prekomjerna obrada – prevelike dimenzije sirovca koje kasnije dovode do dulje obrade komada na nekom stroju i time se troši vrijeme i novac.
7. Vrijeme čekanja – gubitak vremena koje je utrošeno na čekanje radnika kako bi se komad isporučio sa jednog stroja na drugi, čime dolazi do nepotrebno utrošenog novca za plaćanje vremena radnika koji je čekao određeno vrijeme kako bi imao što raditi.

3.3.2. Muri

Muri se predstavlja kao nepotrebno opterećenje radnika ili strojeva. To možemo smatrati kao postavljanje nepotrebnih napora na radnike i strojeve zahtijevajući nepotrebno. Kada neiskusni ljudi počinju uvoditi Lean u neko poduzeće, dolazi do susreta sa svim mogućim gubicima u proizvodnji, pa tako pokušavaju potpuno otkloniti gubitke što svakako nije moguće. Pokušavanjem otklanjanja gubitaka dolazi do problema pri kojem se stavlja veliki teret na radnike koji kasnije izaziva stres i nelagodu u tvrtki. U takvim trenucima najbolje rješenje je pokušati gubitke smanjiti na minimum i tako se riješiti problem stresa među radnicima te omogućiti radnicima rad na onom području na kojem su osposobljeni za kvalitetan rad.

Neki primjeri preopterećenja u tvrtki:

- Loše raspoređen radni prostor
- Nejasno dane upute za rad
- Nedovoljno alata i oprema
- Nepouzdana radna strojeva i oprema
- Loša komunikacija
- Rad na području za koje radnici nisu osposobljeni

3.3.3. Mura

Vrsta gubitaka koja se može definirati kao prekomjerna proizvodnja nekog proizvoda u prevelikim serijama koje tržištu nisu potrebne. Pri tome dolazi do nejednakosti nekog proizvoda zbog ubrzane proizvodnje pri kojoj se nije stiglo gledati na jednaku kvalitetu svakog proizvoda. Do tih vrsta gubitaka dolazi kada kupac ne razmišljajući o svojim potrebama zatraži nepotrebne količine proizvoda, u takvim slučajevima potrebno je napraviti sa kupcem analizu potreba i nakon toga početi sa proizvodnjom.

4. Osnovni principi Lean proizvodnje

Glavni cilj Lean proizvodnje nije otkloniti gubitke, već bi se Lean trebao orijentirati prema sprečavanju mogućih gubitaka. Prema sustavu Lean proizvodnje imamo pet glavnih principa proizvodnje, a to su:

1. Definicija vrijednosti – vrijednost iz perspektive kupca
2. Tok vrijednosti – tok vrijednosti proizvoda ili usluge od narudžbe do isporuke (VSM)
3. Protočnost – proizvod ili usluga prolazi kroz sustav u neprekinutom toku pri čemu se eliminiraju sve aktivnosti koje ne dodaju vrijednost
4. Povlačenje – prethodna operacija proizvodi samo ono što sljedeća treba
5. Izvrsnost – ponavljanje prethodnih koraka kako bi se još više unaprijedila proizvodnja ili usluga



Slika 6. Pet osnovnih Lean principa [7]

5. Lean metode i alati

Prilikom želje za pokretanjem Lean sustava u nekom poduzeću svakako prije treba istražiti cijelu situaciju u proizvodnom procesu i u odnosu sa kupcima. Lean možemo definirati također kao sustav alata koji funkcioniraju kao jedna cjelina. Od izuzetne je važnosti znati što zapravo kupac želi i očekuje, te kako je poduzeće spremno zadovoljiti kupca i njegove zahtjeve. Kao posljedica poticanja Lean sustava prema svakodnevnom poboljšanju, broj alata kojim se Lean služi se svaki dan povećava. Zbog toga imamo u sustavu veliki broj alata kojima se može poboljšati proces i pri tome gubitke svesti na minimum. Svaki od alata koristi se neki dio proizvodnje, a najpoznatiji od svih alata su:

- Kaizen
- 5S+1S metoda
- Poka-yoke
- Jidoka
- Just in time (JIT)
- Mapiranje toka vrijednosti (VSM)

5.1. Kaizen

Kaizen je sustav koji svakoga zaposlenika potiče na moguća poboljšanja, u bilo kojem području. Riječ kaizen dolazi iz japanske riječi kai koja znači promjenu i drugog dijela zen koja se može prevesti kao dobro. Time dolazimo do glavnog smisla ovog alata, a to je „promjena na dobro“. Svaki zaposlenik morao bi prema toj metodi uključiti se u radionice gdje dolazi do rješavanja konkretnih problema. Koliko god je proces poboljšán u svakome se još uvijek može naći prostora za poboljšanje, jer Kaizen smatra kako ne postoji proizvod ili operacija u kojima nema prostora za daljnje poboljšanje. Glavna značajka Kaizen metodologije jest da promjene ne dođu odjednom već nakon mnogo malih promjena koje se događaju određeno vrijeme, tek onda dolazi do velikih rezultata koji doprinose tvrtki i samome proizvodnome procesu.

Kaizen metodom možemo učinkovito eliminirati sljedeće gubitke:

- Transport
- Skladištenje
- Rukovanje materijalom
- Kvar na stroju
- Čekanje i zastoј
- Prekomjerna proizvodnja
- Škart

Kaizen je metoda kojom se uz pomoć raznih radionica u poduzeću mogu riješiti problemi. Svakako je poželjna organizacija radionica jer time dolazi do okupljanja zaposlenika pri čemu svatko može dati svoj prijedlog i ideju. To je također prednost Kaizen alata jer time dolazi do timskog rada i komunikacije. Koncept takvih Kaizen radionica je sljedeći:

1. Prepoznavanje problema
2. Identificiranje procesa i moguća poboljšanja
3. Analiziranje uzroka koji su doveli do problema
4. Definiranje mogućih unapređenja
5. Definiranje plana mjera kojima će se riješiti problem

5.2. 5S (+1S) metoda



Slika 7. 5S+1S Lean alat poboljšanja [8]

5S metoda je jedna od najpoznatijih metoda kojima se Lean sustav koristi. Ta metoda proizašla je iz Toyotine tvornice s glavnim ciljem poboljšanja procesa. Naziv ove metode potječe od japanskih riječi:

1. Seiri – sortiranje
2. Seiton – urediti
3. Seiso – čišćenje
4. Seiketsu – standardizacija
5. Sustain – samodisciplina

Posljednjih nekoliko godina ovoj metodi pridodaje se još jedan S, a to je Safety , što definira jako važan dio procesa, a to je sigurnost. Zbog toga u nekim literaturama možemo pronaći naziv 6S. [8]

1. Sortiranje

Ovim korakom u samome procesu oslobađa se prostor koji zauzimaju nepotrebni predmeti. Posao sortiranja trebao bi biti timski rad koji bi morali obaviti svi radnici iz održavanja i iz pogona. Stvari koje nisu potrebne najpoželjnije je izbaciti iz radnog područja. Potrebno je odabrati alat koji je neophodan za rad procesa. Stvari koje se ne koriste poželjno je odbaciti ili ih skloniti na mjesta na kojima ne zauzimaju potreban prostor u slučaju da ponekad zatrebaju. Alat i materijale koji se jako malo koriste također je potrebno spremiti na mjesta na kojima nemaju nikakvog utjecaja na sam proces rada.

2. Uređivanje

Zadatak ovog sustava je zadržati red u proizvodnji. Stvari trebaju biti složene prema vremenu koliko se koriste. Prostor treba biti organiziran tako da svaki alat bude na svojem mjestu i mora se znati točno mjesto gdje se koji alat ili materijal nalaze. Uređenje radnog prostora veoma je važno za kvalitetu i brzinu proizvodnje. Za vrijeme koje se utroši na traženje potrebnih alata koji nisu na svojem mjestu moguće je obaviti jedan dio posla i gubitke vremena i novca smanjujemo na minimum.

3. Čišćenje

Radni prostor je uvijek važno držati čistim zbog kvalitete proizvodnje. Nikako nije prihvatljivo imati prljavštinu na radnom prostoru. Svaki zaposlenik odgovoran je za čistoću svojeg radnog mjesta. Poželjno je svakodnevno čišćenje radnog mjesta nakon završetka rada. Time postizemo bolje uvjete za rad i kvalitetniju proizvodnju.

4. Standardiziranje

Standardizacijom je potrebno definirati namjenu svakog radnog mjesta i prostora. Potrebno je postaviti pismene standarde na plakatima. Prostor mora biti tako definiran da se ne koristi za više operacija već se što je više moguće standardizira rad na jednom radnom mjestu. Ukoliko dolazi do čestog preseljenja radnog mjesta, opet imamo nepotrebne gubitke. Standardizacijom pojedinog radnog mjesta možemo razmišljati o poboljšanjima i koracima koji bi ubrzali sam proces rada.

5. Samodisciplina

Samodisciplina je najzahtjevniji zadatak alata 5S. Svatko od zaposlenika u tvrtki mora biti svjestan svojega zadatka. Kad radnicima u svakodnevnicu uđe ispunjavanje obveza na poslu, tek onda možemo govoriti o unapređenju radnih mjesta. Jako je bitno svakodnevno čišćenje radnog mjesta i odražavanje reda kako bi se svatko mogao posvetiti poboljšanjima i promjenama koje se odvijaju u proizvodnji.

6. Sigurnost

Sigurnost se posljednjih godina pridodaje 5S alatu pa iz toga nastaje 6S. Sigurnost na radnom mjestu jako je bitna. Svi potrebni koraci moraju se poduzeti prije obavljanja radnog procesa jer svakom ozljedom na radu ili greškom na stroju može opet doći do nepotrebnih gubitaka. Adekvatna odjeća i obuća za rad nije na svakome radnom mjestu ista. Propisana radna odjeća i obuća ključ je sigurnosti radnika. Svaka tvrtka ima područje koje nazivamo „zaštita na radu“, taj dio tvrtke zadužen je da nadgleda i osigura siguran rad na području proizvodnje. Zaposlenici također moraju i sami osigurati sigurno radno mjesto i time predložiti poboljšanja koja bi se mogla provesti na području sigurnosti.

5.3. Poka – yoke

Poka-yoke predstavlja najčešće jednostavan uređaj za sprječavanje nastanka pogreške i kako se pogreška ne bi prenosila na sljedeće operacije. Poka-yoke uređaji sprječavaju upotrebu neispravnih dijelova. Metodologija se bavi proučavanjem načina kojim se sprječavaju greške u proizvodnji ili se svode na minimalnu razinu. Osnivač metode dr. Shing, proizvodnja u kojoj nema grešaka sastoji se od tri komponente, a to su:

- Analiziranje uzoraka
- Potpuna kontrola proizvodnje
- Pravovremeno obavljanje korekcija

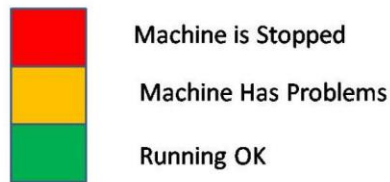


Slika 8. Primjer Poka-yoke metode [9]

5.4. Jidoka

Jidoka metoda predstavlja mogućnost da radnik pritiskom gumba iznad svojeg radnog prostora zaustavi proizvodnu liniju ukoliko dođe do određenih pogrešaka na proizvodu. Pritiskom tog gumba pali se crveno svjetlo koje daje signal ostalim radnicima kako je na toj radnoj stanici stopirana proizvodnja. Ako je na radnoj stanici upaljena lampica zelene boje to znači da se proizvodnja normalno odvija bez zastoja. Žuto svjetlo daje signal kako radniku treba pomoć. Od radnika se očekuje da detektiraju grešku na proizvodu. Ukoliko duže vrijeme proizvodnja teče bez zastoja, voditelj proizvodnje dolazi do zaključka kako se greške nisu detektirale i provlače se po proizvodnom procesu.

Jidoka – Andon Light



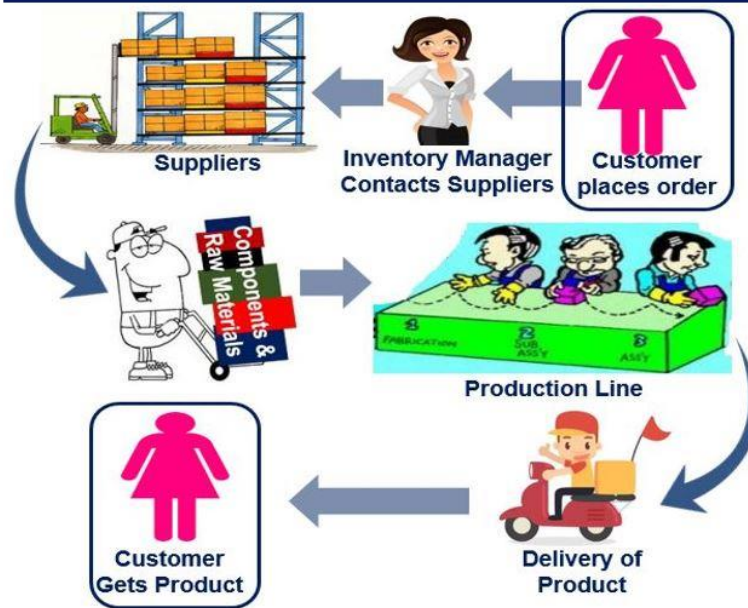
Simple visual management so that everyone can see production status from a distance

Slika 9. Jidoka signalizacija [10]

5.5. Just in Time

Just in time alat jako je koristan kod Lean proizvodnje. Glavni cilj takve metode je da se proizvodi točno onoliko koliko je potrebno i koliko kupac traži. Kupac određuje količinu koja je potrebna gledajući s vanjske okoline, dok u samom poduzeću količinu određuje proces. Alat služi za sprječavanje zatrpanosti u proizvodnji i prepuno skladište sirovina kako bi se stvorila zaliha za budućnost. Stvaranjem zaliha dolazimo do potrebe velikih skladišta u kojima stoje materijali i proizvodi koji će se trebati u budućnosti, a nije točno određeno kada. Znamo da se dužim čekanjem na skladištu gubi kvaliteta materijalima i gotovom proizvodu, a znamo da time možemo izazvati nezadovoljstvo kupaca i nepotrebne troškove koji mogu biti uzrokovani slabijom kvalitetom proizvoda. Kako bi u nekom poduzeću mogao funkcionirati takav način rada, potrebno je stvoriti pouzdanu mrežu klijenata i s njima uspostaviti izričito poslovne odnose. Klijent mora biti dostupan u bilo kojem potrebnom trenutku. Prilikom nabave sirovina bitno je stvoriti sustav koji upravlja dobavom materijala i svega ostalog potrebnog za proizvodnju. Diljem svijeta mnog tvrtke koriste ovakav sustav i zbog toga se nalaze među najbolje stojećim tvrtkama u svijetu, a neke od tih su Toyota, VW grupacija, Ford i mnoge druge. Bitna stvar kod takve proizvodnje je također da se koristi što više jednakih dijelova u proizvodnji. JIT alat moguć je u stabilnijim tvrtkama, jer traži visoka početna ulaganja.

Just In Time



Slika 10. Proces JIT metode [11]

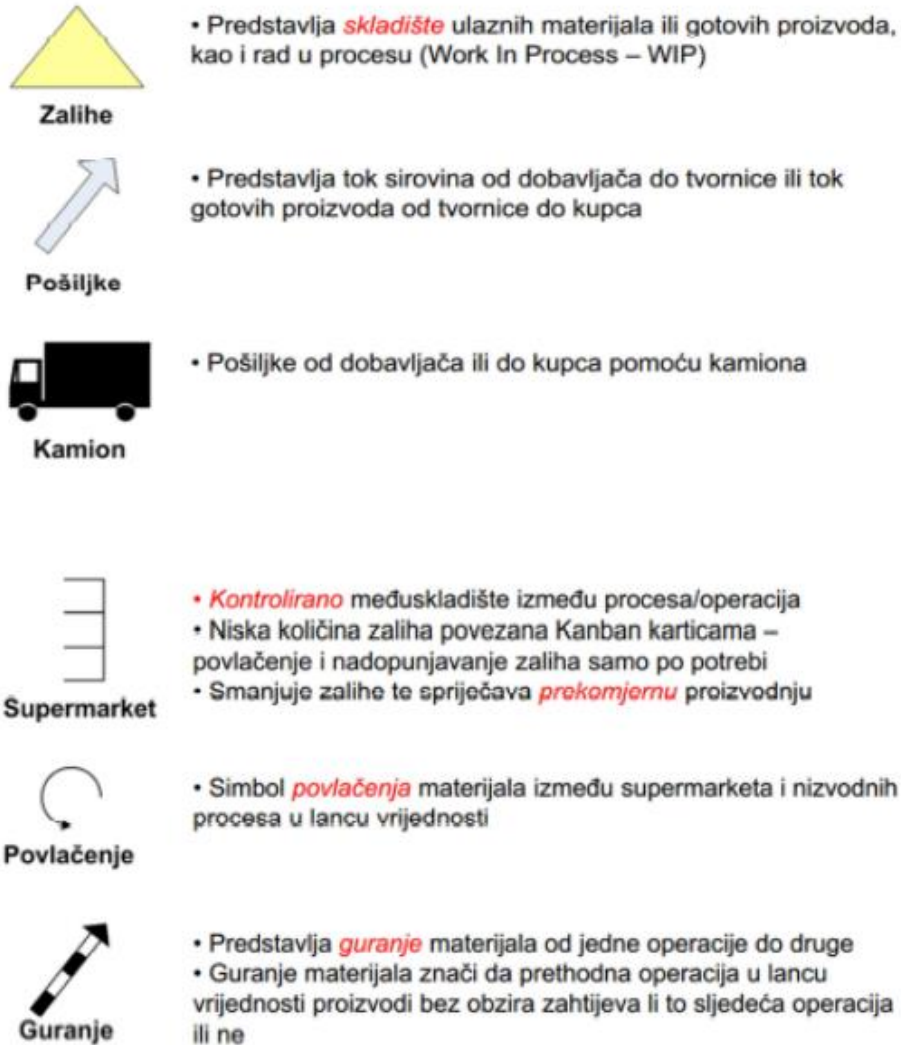
Na slici 5.4. ukratko je prikazano na koji način dolazimo do gotovog proizvoda kod JIT metode, a to su sljedeći koraci:

- „Customer places order“ – kupac postavlja narudžbu
- „Inventory Manager Contacts Suppliers“ – komercijala u poduzeću nakon primitka narudžbe kontaktira dobavljače potrebnog materijala/dijelova za proizvodnju
- „Suppliers“ – dobavljači
- „Components and Raw Materials“ – dostava dijelova i materijala u poduzeće
- „Production Line“ – proizvodnja naručenog proizvoda
- „Delivery of Product“ – transport i dostava proizvoda
- „Customer Gets Product“ – kupac zaprima gotov proizvod

5.6. VSM

VSM je skraćenica iz engleskih riječi „Value Stream Mapping“ i predstavlja jedan od alata koji nam prikazuje detaljni tok materijala i informacija sve od zaprimanja narudžbe pa do gotovog proizvoda. Može se i grafički prikazati kao dijagram toka troškova i vrijednosti sve do isporuke proizvoda. Ovaj alat nam služi kako bismo mogli napraviti detaljnu analizu cijelog

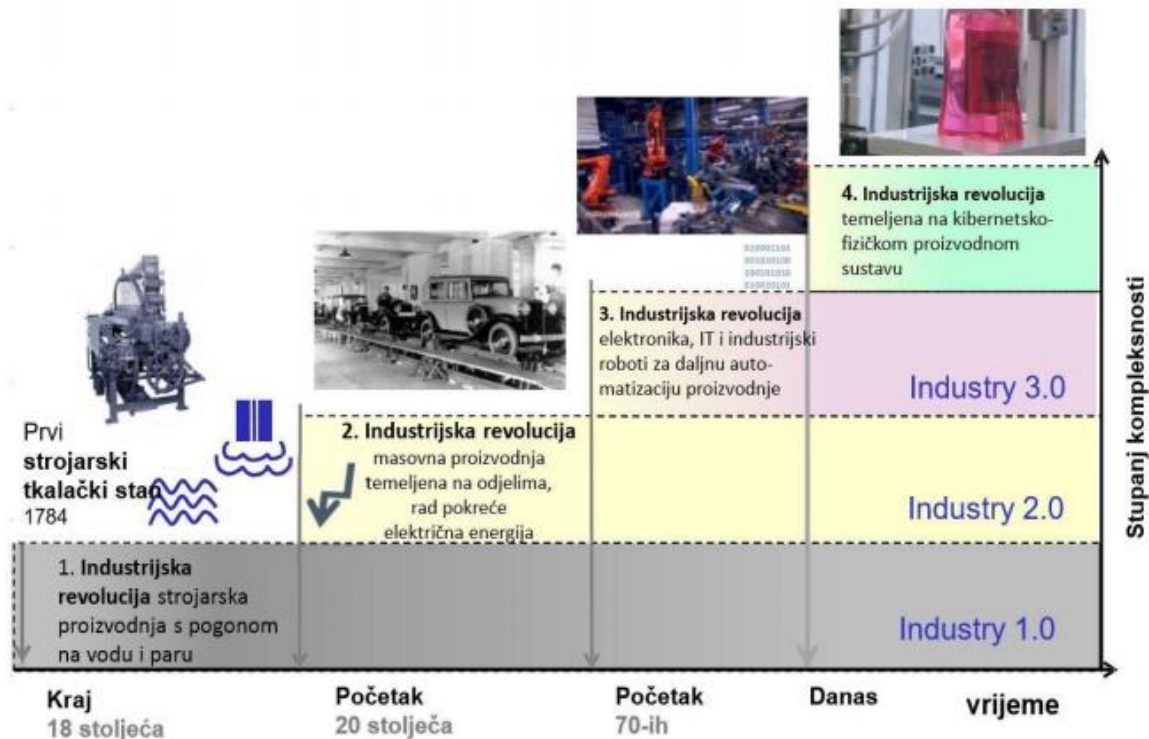
procesa, od početka do kraja. VSM metodom prikazujemo povezanost toka materijala i raznih informacija koje opisuju proces ili proizvod, također ta metoda puno pomaže prilikom planiranja poboljšanja proizvodnje. Pomoću mape koju radimo za neki proces možemo prikazati aktivnosti koje pridodaju vrijednost samome proizvodu i također aktivnosti koje ne pridodaju nikakvu vrijednost, već su samo trošak poduzeću.



Slika 11. Prikaz nekih od simbola VSM

6. Četvrta industrijska revolucija

Kad se govori od četvrtoj industrijskoj revoluciji zapravo se misli na pokret Industrija 4.0. Taj pokret prvi puta se javio 2011. godine na svjetskom sajmu industrije „Hannover Messe“. Plan u Europi bio je da se u taj pokret uloži više od 500 milijuna eura. [12]



Slika 12. Odnos industrijskih revolucija [12]

Kada govorimo o četvrtoj industrijskoj revoluciji mislimo na potpuno unaprjeđenje proizvodnje u smislu digitalizacije. Naravno da to nije pokret koji je danas uveden u svakome poduzeću. Postoje poduzeća koja i danas rade na tradicionalni način jer taj način poslovanja nije loš i ne mora značiti da donosi gubitke, već se i na tradicionalnom poslovanju može graditi uspješno poslovanje. Kada kažemo uspješno poslovanje svakako smatramo da se uvijek može bolje i može doći do novih poboljšanja, pa zbog toga tvrtke počinju koristiti smisao četvrte industrijske revolucije. Industrija 4.0. predstavlja revoluciju načina upravljanja proizvodnjom. Koncept samog sustava sastoji se od umrežavanja svih elemenata u cjelinu koja je funkcionalna i skladna, a to se događa transformacijom običnih sustava u pametne sustave.

Prilikom poslovanja u smislu industrije 4.0. dolazimo i do problema, a to su ljudi i strojevi. Sasvim je normalno da ljudi pogriješe u poslu jer nitko nije savršen, ukoliko govorimo o poduzeću s puno radnika, uvijek je moguć veliki broj pogrešaka. Također, greške mogu

prouzročiti i strojevi. Danas u mnogim poduzećima još uvijek imamo stariju opremu i stare strojeve jer su današnji strojevi jako skupi i puno tvrtki si ne može priuštiti nove strojeve. U svakome poduzeću bi trebali biti zaposleni ljudi na održavanju radne opreme koji brinu i provjeravaju ispravnost strojeva, kako ne bi došlo do nepotrebnih problema.

Kako bismo mogli spriječiti takve probleme trebamo uvijek razvijati proizvodne sustave i pri tome nam pomaže sustav Industrije 4.0. [12]

Industrija 4.0. primjenjiva je u mnogim područjima u proizvodnji, kontroli i općenitom upravljanju tvrtkom. Zbog toga potrebne su mnoge promjene u poslovanju koje se odnose na sve dijelove poduzeća s naglaskom na sljedeće:

- Standardizacija
- Organizacija
- Industrijski lanac vrijednosti
- Razvoj i istraživanja
- Obrazovanje zaposlenika
- Socijalno – ekonomski čimbenici

Industrija 4.0. obuhvaća široki spektar pojmova, a neki od tih jesu sljedeći:

- Pametne tvornice (smart factory)
- Internet stvari
- Veliki podatci

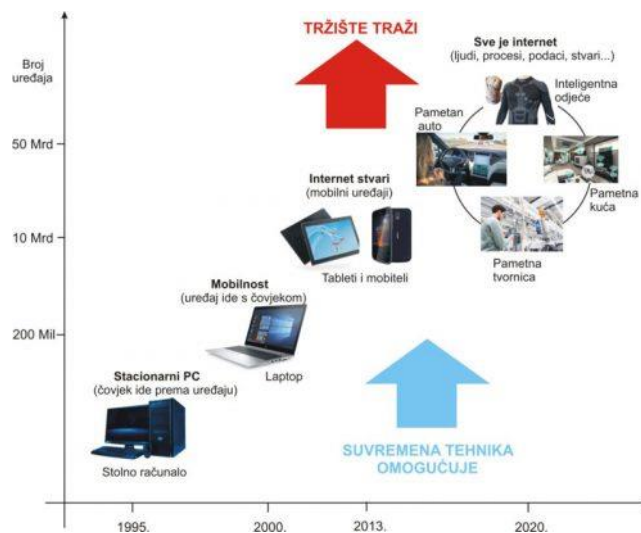
6.1. Fleksibilnost

Jedna od najvažnijih stavki Industrije 4.0. je povećanje fleksibilnosti. Najbolji primjer fleksibilnosti možemo pronaći u automobilskoj industriji jer u automobilskoj industriji dolazimo do problema kod narudžbe automobila po želji. Jako je malo vjerojatno da dva kupca naruče potpuno isti automobil, zato automobilske industrije moraju imati mogućnost ponuditi kupcu da on bira što će biti u njegovom automobilu. Pri tome dolazimo do pitanja konkurencije, naime ako neka automobilska tvrtka ponudi veću fleksibilnost pri izboru opreme i ostalog što

kupac želi imat će više klijenata nego neka druga tvrtka. Ovakva situacija sa konkurencijom na tržištu odgovara kupcima jer proizvođači spuštaju cijenu maksimalno kako bi privukli kupce. Međutim, fleksibilnost se ne odnosi samo na automobilsku industriju već i na druge djelatnosti. [12]

6.2. Pametne tvornice

Industrija 4.0. temelji se na ideji pod nazivom „pametna tvornica“. Kako bi uopće mogli realizirati prije navedenu fleksibilnost, svakako je potrebno unapređenje proizvodnog sustava. U današnjem svijetu sve se svodi na riječ „smart“ (pametno) i koristi se u svim mogućim životnim situacija jer se današnji svijet temelji na toj riječi. Pa tako imamo pametne telefone koji su prešli u svakodnevnu potrebu i nalazimo se u takvome svijetu u kojem bez mobitela posao i sam proizvodni sustav nisu mogući. Nisu tu samo pametni telefoni, već se svi uređaji danas svode na pametne uređaje, to mogu biti hladnjaci, pametne klupice u parkovima, pametni automobili, itd.



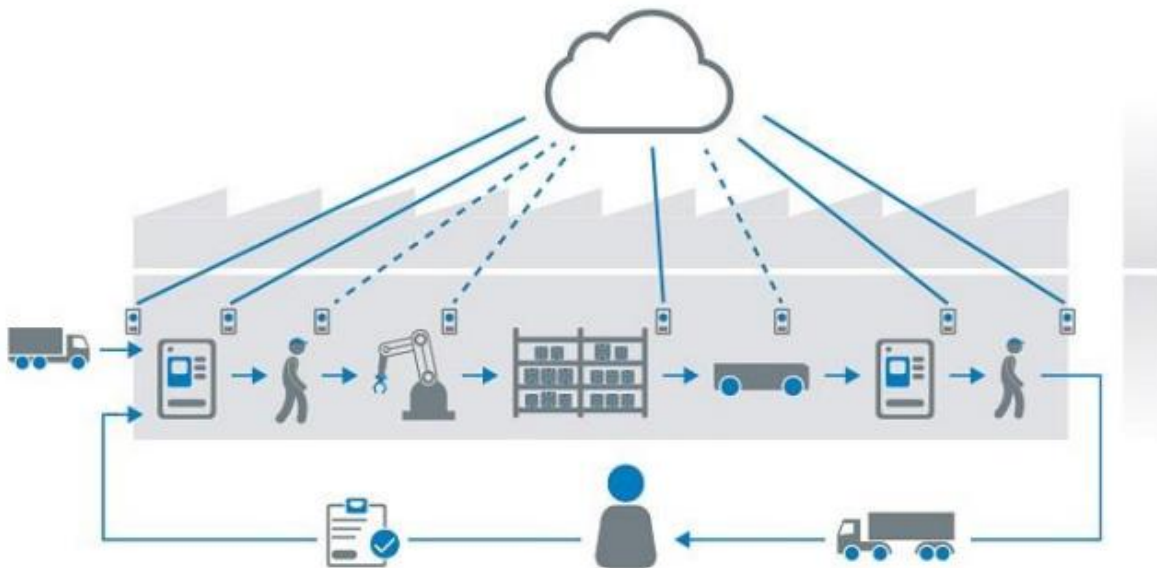
Slika 13. Sve je „smart“ [12]

Prema tome se i odnose tvornice i proizvodnja. Ako želimo postići visoku fleksibilnost i efikasnost svakako dolazimo do potrebe za pametnom tvornicom. Proizvodnja u liniji se maksimalno svodi na to da čovjeka mijenja stroj i pri tome dolazimo do puno boljih rezultata. U pametnim tvornicama ne bi smjelo doći do proizvodnje škarta jer proizvodni sustav mora biti opremljen sensorima koji prate proizvodnju na liniji i obavještavaju nadležne da nešto nije u redu ukoliko dođe do pojave proizvoda s greškom. To je jedna od glavnih prednosti linijske

produkcije u pametnim tvornicama. Takvim načinom proizvodnje dolazi do uštede vremena i novca, ali i dolazi do sprečavanja kvarova koji su uzrokovani pogreškom na stroju. [13]

Glavna obilježja kojima pametne tvornice razlikujemo od standardnih tradicionalnih tvornica su:

- Fleksibilnost
- Kibernetički sustavi
- Povezivanje sustava



Slika 14. Sustav pametne tvornice [13]

Na slici 6.3. prikazan je sustav pametne tvornice i kako su svi segmenti u proizvodnji povezani na oblak u svrhu lakše komunikacije i nadzora svakog dijela proizvodnje.

7. Praktični dio

Nakon govora o četvrtoj industrijskoj revoluciji slijedi praktični primjer uvođenja digitalizacije u proizvodnju. Biti će opisano poslovanje poduzeća Centrometal d.o.o. iz Macinca u kojem će ujedno i biti opisan primjer digitalizacije koja je jedan od najistaknutijih pojmova Industrije 4.0.

7.1. Općenito o poduzeću

Centrometal d.o.o. je poduzeće smješteno u manjem mjestu Macinec, na samom sjeveru Republike Hrvatske.

Kada bi vratili vrijeme unazad, tvrtka Centrometal pred sobom ima pedesetogodišnju tradiciju gradnje toplovodnih kotlova, uz gotovo jednako tako dugu tradiciju ostalog dijela proizvodnog programa. 1965. godine, g. Karlo Zidarić otvorio je obrtničku radionicu za montažu i održavanje sustava centralnog grijanja. 1990. godine nastala je tvrtka Centrometal. Danas tvrtka Centrometal d.o.o. uporno gradi svoj put u sam vrh hrvatskih i svjetskih proizvođača termotehničke opreme. Naglasak kod razvoja stavljen je na opremu koja koristi obnovljive izvore energije (drvo, pelete, sječku, sunce...) čime se tvrtka aktivno uključuje u zaštitu okoliša te učinkovito iskorištenje energije.

Tvrtka danas zapošljava više od 250 djelatnika i ima vlastiti razvojni sustav, izobrazbu, ispitnu stanicu te servisnu službu. Danas posluju na tržištima u tridesetak europskih zemalja, a u pet od njih imaju organiziranu vlastitu servisnu službu, što potvrđuje ne samo kvalitetu proizvoda već i brigu za kupca.

Proizvodnja u tvrtki Centrometal d.o.o. odvija se na modernim strojevima i uređajima, čime se osigurava kvaliteta. Proizvodnja opreme od nehrđajućeg čelika odvojena je od ostale proizvodnje, kako bi se zadovoljili zahtjevi koji se na ovakvu tehnologiju postavljaju.

Proizvodi tvrtke Centrometal d.o.o. ispitani su i certificirani prema zahtjevima hrvatskih i europskih normi, kako za područje Hrvatske, tako i za ostale zemlje u koje vrše uvoz. U vlastitoj ispitnoj stanici vrše se ispitivanja proizvoda kako bi se postigla maksimalna kvaliteta proizvoda. Svi proizvodi prolaze proces ispitivanja i posjeduju odgovarajuće certifikate i oznake neophodne za stavljanje na tržište, dokazujući time svoju kvalitetu i sigurnost.

Danas tvrtka Centrometal proizvodi različite proizvode u svijetu grijanja. Akumulacijski spremnici i toplovodni kotlovi najpoznatiji su proizvodi same tvrtke. Proizvodi poput kotla na pelete PelTec i kotla na kruta goriva BioTec su najprodavaniji. [14]

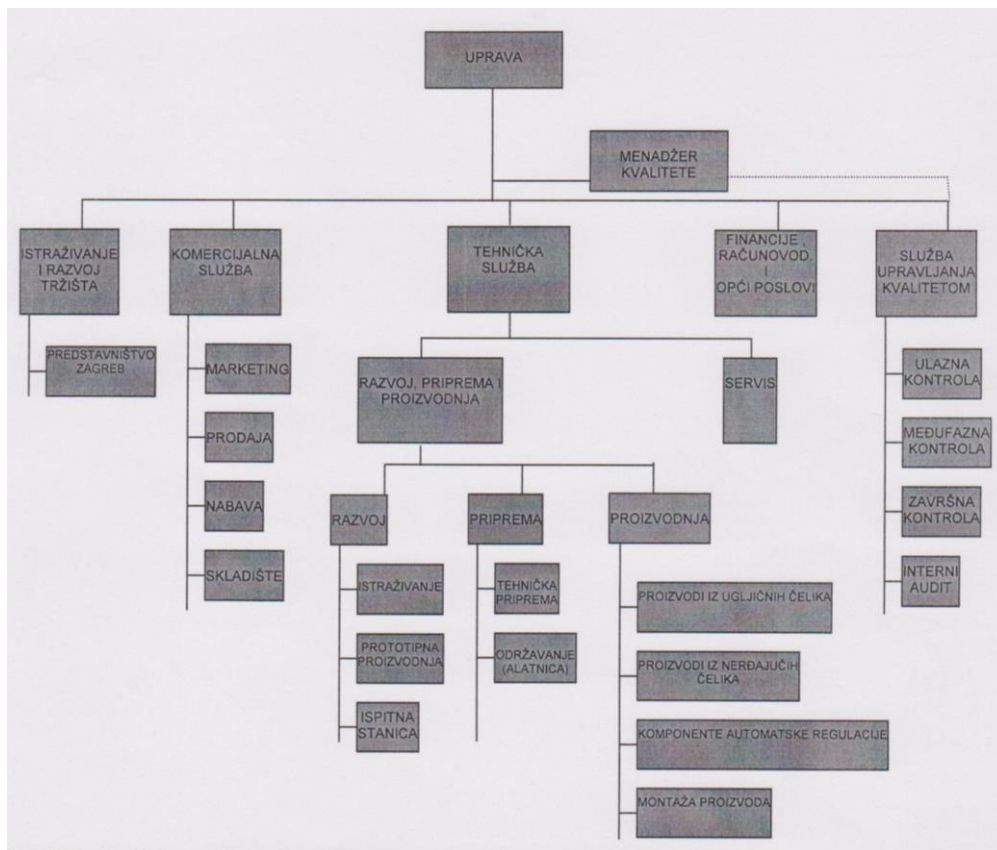


Slika 15. Akumulacijski spremnik 200000 litara [15]



Slika 16. PelTec i BioTec zajedno [15]

7.2. Organizacija upravljanja poduzećem



Slika 17. Organizacijska shema poduzeća [16]

Prikazana je organizacija samog poduzeća i način rada. Uprava ima najbitniju ulogu i sve zapravo kreće od njih. Direktori imaju glavnu riječ i najveću odgovornost u tvrtki, na njima je kontrola cijelog poduzeća i ugovaranje poslova. Nakon glavnih direktora, dolazimo do podjele poduzeća na sektore. Svaki od tih sektora ima svog direktora. Oni su ti koji moraju doći svakog jutra s vizijom i rasporedom na posao. Kontrola skladišta zadatak je koji je također iznimno bitan zbog upravljanja zalihom. Zaliha ne smije biti velika zbog stvaranja nepotrebnih gubitaka i gubitka kvalitete proizvoda. Najveći dio posla zapravo obavljaju radnici koji svakodnevno rade u proizvodnji. [16]

7.3. Standardni način proizvodnje prije uvođenja digitalizacije

U navedenom poduzeću sve kreće od zaprimanja narudžbe. Do sad se u Centrometalu sve svodilo na princip da se svaki nacrt nalazi u knjigama tvrtke pod određenim brojem koji je definiran od strane tehnološkog ureda. Nakon izrade radnog naloga uvijek su se uz to printali razni nacrti potrebni radnicima na pojedinim strojevima koji su raspoređeni prema fazama rada

od sirovca do gotovog proizvoda. Prema želji kupca puno puta je došlo do promjene u nekom nacrtu i time je u potpunosti trebalo promijeniti tijekom proizvodnje, isto tako i kad je došlo do promjena u nacrtu od strane tehnološkog ureda zbog poboljšanja proizvoda. Prilikom takve situacije nacrt pod određenim brojem trebalo je zamijeniti u knjigama s nacrtima novijim izmijenjenim nacrtom. Sve to dovodilo je do utroška vremena koje je potrebno za traženje raznih nacрта, a isto tako i novca koji je utrošen za fotokopiranje.

7.4. Digitalizacija poduzeća Centrometal d.o.o.

U Centrometalu se već duže vrijeme razmišlja o uvođenju digitalizacije u proizvodnju i prije nekoliko mjeseci počelo se raditi na tome. Digitalizacija u Centrometalu nije u potpunosti ostvarena i još se uvijek radi na tome i još će se neko vrijeme raditi s ciljem da se to usavrši u potpunosti. U teoriji je naravno digitalizacija sasvim nešto drugo i kada dođe trenutak za takvu promjenu u poduzeću, više nije sve tako lako. U tom procesu uvođenja susrećemo se sa mnogim problemima.

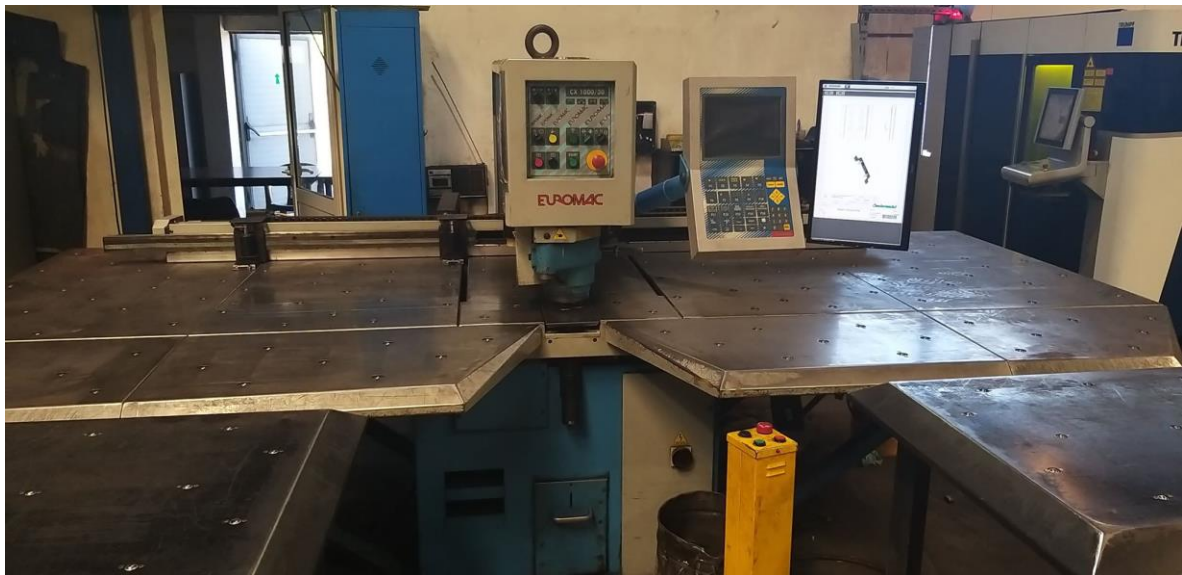
U poduzeću Centrometal imamo nekoliko ciljeva poboljšanja uvođenjem digitalizacije:

- Ubrzati proizvodnju
- Ubrzati tok informacija od stroja do stroja
- U svakom trenutku mogućnost uvida u postotak naloga koji je u proizvodnji odrađen
- Smanjiti potrošnju vremena i novca
- Smanjiti potrošnju papira

Nakon uspješno provedenih testiranja digitalizacije na nekom stroju, počelo se raditi na uvođenju na ostale strojeve i još uvijek se radi. Kao što je prije navedeno, uvođenje digitalizacije u poduzeće još uvijek je u procesu s ciljem da proizvodnja bude u potpunosti umrežena. Naravno, prilikom takvog uvođenja promjena treba imati ljude koji rade na tome i usavršavaju promjene.

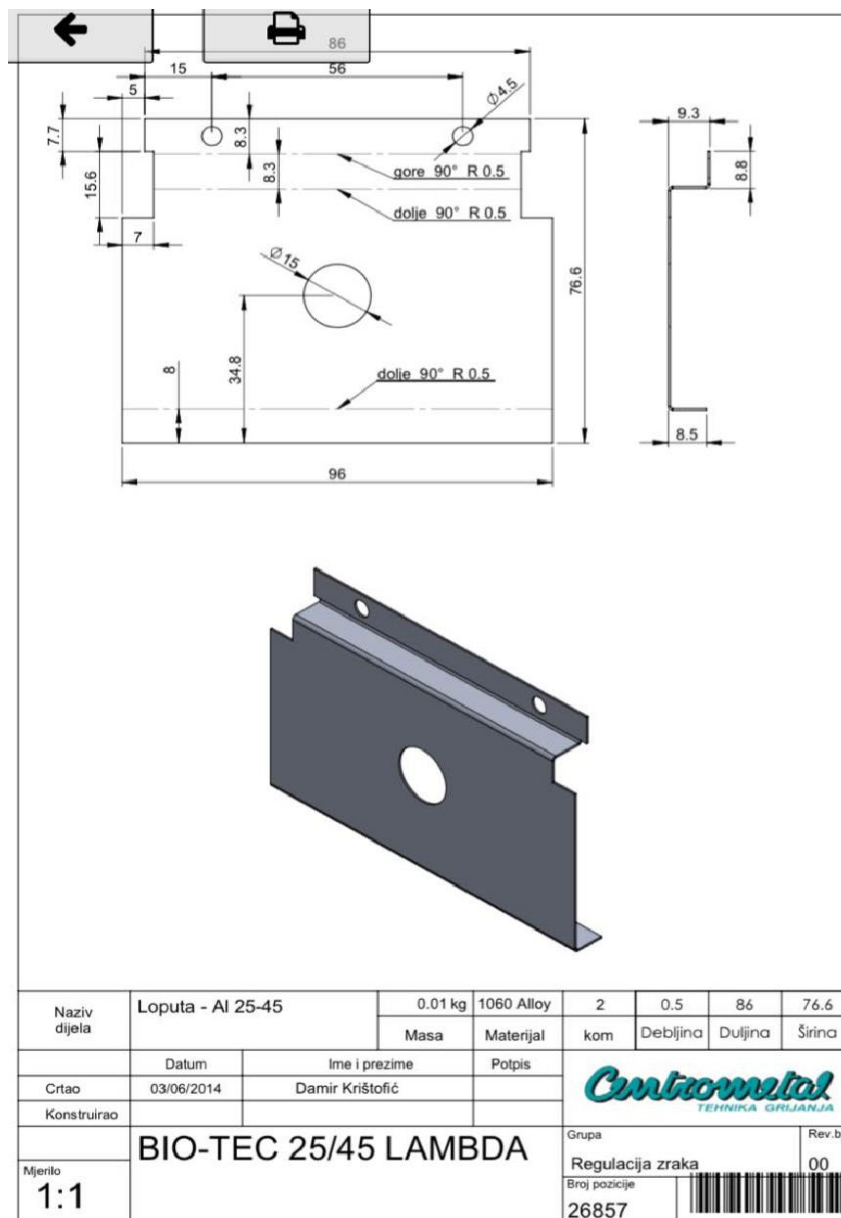
Poduzeće Centrometal već nekoliko godina ima svoj server na koji su povezana sva računala unutar tehnološkog ureda. Na tome serveru postoje svi nacrti i radni nalozi koji su izrađeni unutar tvrtke. Takvim povezivanjem imamo mogućnost da svaki tehnolog ima potrebne nacрте

svih pozicija kako bi mogao ažurirati i raditi promjene na određenim pozicijama. Sve pozicije su pod određenim brojem koji je definiran prema redoslijedu izrade. Sve to već tako funkcionira nekoliko godina, ali sad je ideja da svatko u tvrtki ima pristup nacrtima na svojem radnom mjestu i to nacrtima u digitalnom obliku, kako se više ne bi morali tražiti po raznim knjigama. U tu svrhu kreiran je određeni server na kojem se nalaze svi nacrti koji su potrebni radnicima u proizvodnji. Kod svakog dijela proizvodnje i kod svakog stroja instalira se i ugradi manje računalo „Raspeberry Pi 4“ i monitor koji će biti povezan na to računalo.



Slika 18. Ugrađeno računalo kod stroja [17]

Na slici je prikazan stroj za štancanje na kojem je ugrađeno računalo i barkod skener. Barkod skener se koristi za skeniranje radnog naloga i time se na zaslonu dobiva mogućnost uvida u sve operacije koje su potrebne do gotovog proizvoda. Na slici također vidimo kako je otvoren nacrt pozicije koja se trenutno radi na stroju.



Slika 19. Nacrt pozicije pod nazivom „Loputa-Al 25-45“ [16]

Slika prikazuje nacrt u digitalnom obliku koji svatko u proizvodnji u svakom trenutku može vidjeti na računalu kod stroja. Ukoliko dođe do promjene u nacrtima u svrhu poboljšanja radnicima, promjene su vidljive u sustavu odmah nakon izvršenja promjene od strane tehnologa.

Na radnome nalogu postoji slijed operacija koje su definirane prema potrebi kojim redoslijedom moraju ići kako bi proizvodnja bila što efikasnija i brža. Nakon izrade radnog naloga formira se radni list za svaku operaciju, koji se u papirnatom obliku donosi u dijelove proizvodnje.

Centrometal
Kontrola kodova

Šifra/Kod/Radni list, R. nalog, Naziv, ...
Unesni kod

Radni list Radni nalog: 519/2020

RADNI NALOG:
Radni nalog: 519/2020
Datum izdavanja: 14.07.20 12:00:00

PROIZVODI / POLUPROIZVODI:

RBR.	ŠIFRA	NAZIV ARTIKLA	KOLIČINA
1.	31131	KOTAO TOPLOVODNI BioTec-L 34	40
2.	56102	KOTAO TOPLOVODNI BioTec-C 35	10

OPERACIJE - RADNI LISTOVI:

ŠIFRA.	NAZIV OPERACIJE	RADNI LIST
1.	Rezanje laserom	20200051900001
2.	Savijanje	20200051900002
3.	Rezanje škarama	20200051900003
4.	Rezanje navoja	20200051900004
5.	Kružno savijanje	20200051900005
6.	Zavarivanje	20200051900006
7.	Heftanje	20200051900007
8.	Brušenje	20200051900008
9.	Sastavljanje	20200051900009
10.	Štancanje	20200051900010
13.	Probijanje	20200051900013
14.	Bojanje	20200051900014

Slika 20. Primjer RN sa svim operacijama [16]

Na slici je prikazan primjer RN u digitalnom obliku koji se nakon skeniranja barkoda pojavi na zaslonu ugrađenom kod računala. U ovome primjeru vidimo sve operacije koje su potrebne za izradu toplovodnog kotla BioTec. Proizvodnja kreće operacijom rezanja na laseru. Nakon što rezanje laserom napravi određeni postotak kreću dalje operacije po redoslijedu. Nakon što se neki postotak odradi, unosi se u sustav kako bi svatko tko kontrolira proizvodnju mogao vidjeti u kojoj fazi je izrada proizvoda.

Radni list Radni nalog: 519/2020

RADNI LIST:

Barcode:	20200051900001
Radni list - Operacija:	1 - Rezanje laserom
Radni nalog / Godina:	519/2020

POPIS POZICIJA:

ŠIFRA	POPIS POZICIJA	SLIKA	NACRT	IZVRŠENO
Aluminij 0,60				
26857	Aluminijska loputa reg.zraka → Savijanje, Zaprimanje na međufazno		96,0 x 76,6 x ,6 	100 / 100 100%
Čelik DC01 0,80				
58691	Nosač kamene vune BT 35/45 → Savijanje - oplata, Bojanje, Zaprimanje na međufazno		644,5 x 307,8 x ,8 	50 / 50 100%
30468	Nosač vodiča desni - BT L → Savijanje - oplata, Plastificiranje		641,7 x 97,3 x ,8 	50 / 50 100%
30470	Nosač vodiča lijevi BT L → Savijanje - oplata, Plastificiranje		641,7 x 97,3 x ,8 	50 / 50 100%

Slika 21. Uvid u postotak izvršenosti određene pozicije [16]

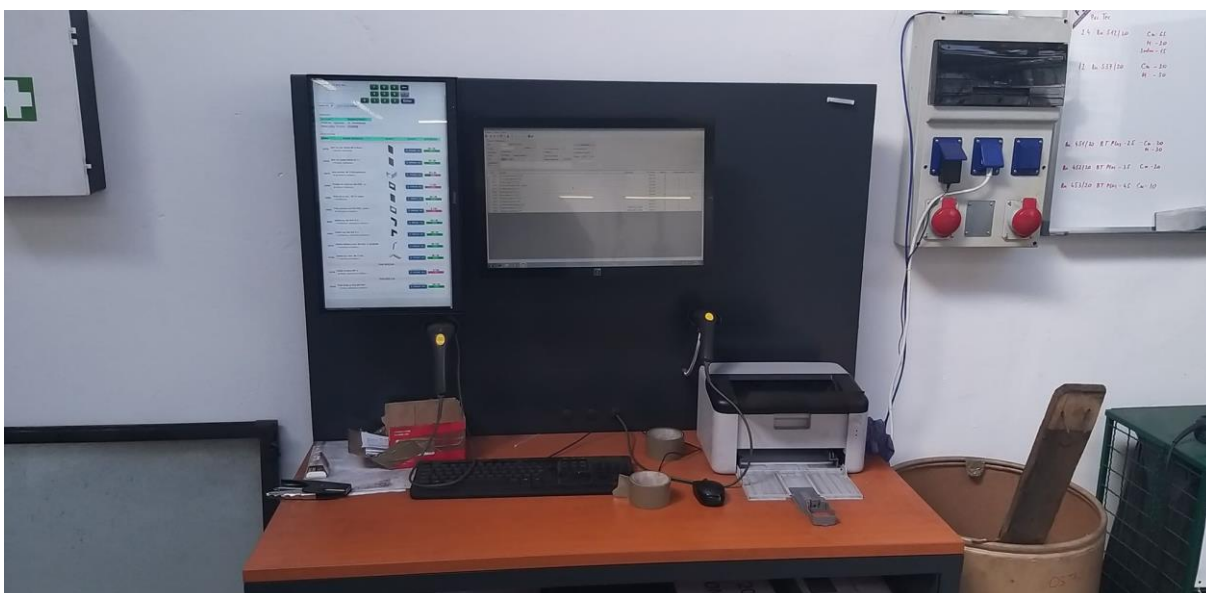
Na slici vidimo kako je otvoren radni list rezanja laserom. Otvaranjem radnog lista možemo vidjeti sve pozicije koje je potrebno rezati i uz to imamo nacrt koji je priložen uz svaku poziciju kako bi ga radnik na stroju uvijek mogao otvoriti i pogledati detalje koji su mu potrebni za rad. Na slici također vidimo kako je rezanje u potpunosti izvršeno za sve pozicije.

Operacija koja slijedi nakon rezanja laserom jest savijanje i svaka sljedeća operacija ne mora čekati da se prijašnja u potpunosti završi jer kod svojeg odjela poslovođa može pogledati koji je dio prijašnje operacije izvršen i time odlučiti kad početi sa obavljanjem svoga posla. Zbog toga, računala se ugrađuju ne samo na strojeve, već i na svakom odjelu kako bi poslovođa lakše pratio proizvodnju.



Slika 22. Odjel strojeva za savijanje [17]

Već prije je bilo navedeno kako digitalizacija nije provedena na kompletnoj proizvodnji u Centrometalu, međutim kako se ide korak po korak, na odjelu gdje se nalaze strojevi za savijanje u potpunosti je uvedena. U ovome odjelu nalaze se 3 stroja različite veličine na kojima su instalirana računala. Također, posebno mjesto organizirano je za poslovođu koji kontrolira rad cijelog odjela.



Slika 23. Središnje računalo odjela savijanja [17]

Nakon obavljanja svih operacija dolazimo do završne faze, a to je montaža samog proizvoda. Nakon završne montaže proizvod je spreman za isporuku kupcu. Kvaliteta proizvoda je već prije definirana i mora biti zadovoljena nakon svih operacija. Svi proizvodi koji se isporučuju, nakon toga upisuju, zatim se radni nalog zaključuje u sustavu i time lakše vodimo evidenciju količine proizvodnje.



Slika 24. Toplovodni kotao BioTec [17]

7.5. Poboljšanja uvođenjem digitalizacije u poduzeće

Digitalizacija se uvodi u sve više poslovnih i društvenih djelatnosti i pitanje je vremena kada će digitalizacija potpuno zavladata. Sustavi u koje je uvedena digitalizacija većinom bilježe poboljšanja same proizvodnje, pa je tako i u Centrometalu. Zbog jake konkurencije u ostatku svijeta što se tiče tehnike grijanja potrebno je bilo uvesti digitalizaciju. Samo uvođenje nije mala stavka za tvrtku, ali će s vremenom koje donosi bolje rezultate biti vidljiva poboljšanja.

Uvođenjem digitalizacije nastalo je nekoliko bitnih poboljšanja u poduzeću. U tablici će biti prikazana usporedba proizvodnje prije i poslije uvođenja digitalizacije.

Prije	Poslije
<ul style="list-style-type: none"> - Spori tok informacija između strojeva i radnika - Potrebno fotokopiranje svih nacрта koji su potrebni za proizvodnju - Nemogućnost rada na daljinu - Praćenje proizvodnje potrebno obavljati osobno i time trošiti vrijeme zaposlenika - Velika potrošnja papira - Trošenje vremena na izmjenu nacрта u knjigama u papirnatom obliku 	<ul style="list-style-type: none"> - Umreženost proizvodnje - Brzi tok informacija od stroja do stroja - Dostupnost svakog nacрта u svakom trenutku kod stroja u digitalnom obliku - Izmjene u nacrtima obavljaju se na serveru - Nakon izmjene nacрта radniku na stroju odmah vidljiva promjena - Ubrzana proizvodnja - Smanjena nepotrebna kretanja radnika - Štednja novca i vremena - Mogućnost rada na daljinu - Praćenje količine gotovih procesa u svakom trenutku

Slika 25. Usporedba prije i poslije uvođenja digitalizacije [17]

8. Zaključak

Na početku razvijanja Lean metodologije rijetko koja tvrtka vidjela je poboljšanje koje bi joj donijelo uštedu vremena i novca. Lean je danas najpoželjnija ideologija za poboljšavanje proizvodnje jer Lean alatima se postižu zavidni rezultati kojima se postaje jaka konkurencija. Uvođenje takvog sustava traži dobro financijsko stanje tvrtke. Nakon uvođenja ubrzo su vidljive promjene i poboljšanja, kako financijski tako i u brzini proizvodnje. Primjenom Lean alata u potpunosti kontroliramo proizvodnju u svakom pogledu, a uvođenjem takvih alata stvaramo bolju atmosferu i komunikaciju u proizvodnji.

Nalazimo se u vremenu četvrte industrijske revolucije koja nosi velike promjene u svijetu tehnologije, ali postoje još uvijek ljudi koje se nisu susreli sa tim pojmom i to je jedan od nedostataka. Glavni cilj Industrije 4.0. je razvoj cjelokupnog sustava kako bi ostvarili poboljšanje i smanjili gubitke, jer digitalizacija ja zapravo primjenjiva u svim područjima i to je glavna prednost. Digitalizacija zapravo nudi puno mogućnosti koje se mogu implementirati u poduzećima, ona zapravo donosi velike prednosti u odnosu na tradicionalnu proizvodnju. U skorije vrijeme bez digitalizacije možemo očekivati velike gubitke jer digitalizacija je nužna ako želimo biti konkurentni na tržištu. Digitalizacija predstavlja veliki financijski trošak za tvrtku, ali s vremenom sve se to vraća.

Dokaz da digitalizacija stvarno djeluje i kakve promjene donosi opisano je u procesu uvođenja digitalizacije u Centrometalu. Iako se još uvijek radi na tome, već su zabilježena poboljšanja u proizvodnji. U Centrometalu se dulje vrijeme pripremalo na takvu promjenu koja je sad realizirana, ali ne u potpunosti. Implementacija digitalizacije i samih poboljšanja u proizvodnji nikada nije i neće biti dovršena jer se uvijek mora nadograđivati. Takvim postupcima i promjenama tvrtka bilježi jako dobre rezultate i postiže zavidan plasman na tržištu tehnike grijanja. Trenutno tržište je u jako nestabilnom položaju zbog pandemije COVID-19, pa tako niti jedna tvrtka ne može planirati daleku budućnost jer gospodarstvo cijelog svijeta je u velikom padu. Uvođenje digitalizacije je donijelo tako jednu veliku prednost, a to je rad od kuće. Zaposlenici koji su zaduženi za to ukoliko dođe do potrebe za tim mogu raditi kod kuće, pratiti proizvodne procese i davati potrebne informacije. Možemo se samo nadati da će budućnost biti pozitivna za mnoge tvrtke koje se susreću s problemima i time moći zadržati radnu snagu.

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, DEJAN LESNIČAR (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom LEAN METODOLOGIJA I PRIMJENA INDUSTRIJE 4.0 (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

DEJAN LESNIČAR

Dejan Lesničar

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DEJAN LESNIČAR (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~na~~ s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom LEAN METODOLOGIJA I PRIMJENA INDUSTRIJE 4.0 (upisati naslov) čiji sam autor/~~ica~~.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

DEJAN LESNIČAR

Dejan Lesničar

(vlastoručni potpis)

9. Literatura

- [1] <http://www.ho-cired.hr/4savjetovanje/SO6/SO6-26.pdf>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing
- [3] John Stewart: The Toyota Kaizen Continuum, CRC Press, 2012.
- [4] Jeffrey K. Liker: The Toyota Way; 14 Management Principles, McGraw-Hill, 2004
- [5] <https://www.kaizen-news.com/muda-mura-and-muri-the-three-wastes/>
- [5] <https://www.industryweek.com/continuous-improvement/misund%20erstanding-andon>
- [6] <http://project-management-srbija.com/lean-menadzment>
- [7] <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1483/datastream/PDF/view>
- [8] <https://www.codot.gov/business/process-improvement/self-service/tools/6s-method>
- [9] <https://www.cadcam-group.eu/hr/blog/poka-yoke-metoda>
- [10] <https://toughnickel.com/business/Jidoka-and-Autonomation>
- [11] <https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/just-time-definition-meaning/>
- [12] http://repositorij.fsb.hr/7944/1/Doroti%C4%87_2017_zavr%C5%A1ni_preddiplomsk
- [13] <https://www.sick.com/ag/en/sensor-intelligence-in-the-smart-factory/w/smartfactory/>
- [14] <https://www.centrometal.hr/o-nama/>
- [15] Galerija fotografija tvrtke Centrometal
- [16] Arhiva Centrometal d.o.o., Glavna 12, Macinec
- [17] Autor: Dejan Lesničar

Popis slika

Slika 1. Lean proizvodnja u usporedbi sa tadašnjom masovnom proizvodnjom [1]	3
Slika 2. Usporedba Lean metode sa tradicionalnom metodom	5
Slika 3. Toyotin model poslovanja [3]	6
Slika 4. Usporedba tri glavne vrste gubitaka u Lean proizvodnji [5].....	8
Slika 5. Vrste gubitaka u Lean proizvodnji [6]	8
Slika 6. Pet osnovnih Lean principa [7]	11
Slika 7. 5S+1S Lean alat poboljšanja [8]	13
Slika 8. Primjer Poka-yoke metode [9]	16
Slika 9. Jidoka signalizacija [10].....	17
Slika 10. Proces JIT metode [11]	18
Slika 11. Prikaz nekih od simbola VSM	19
Slika 12. Odnos industrijskih revolucija [12].....	20
Slika 13. Sve je „smart“ [12].....	22
Slika 14. Sustav pametne tvornice [13].....	23
Slika 15. Akumulacijski spremnik 200000 litara	25
Slika 16. PelTec i BioTec zajedno	25
Slika 17. Organizacijska shema poduzeća	26
Slika 18. Ugrađeno računalo kod stroja	28
Slika 19. Nacrt pozicije pod nazivom „Loputa-Al 25-45“	29
Slika 20. Primjer RN sa svim operacijama.....	30
Slika 21. Uvid u postotak izvršenosti određene pozicije.....	31
Slika 22. Odjel strojeva za savijanje	32
Slika 23. Središnje računalo odjela savijanja	32
Slika 24. Toplovodni kotao BioTec	33
Slika 25. Usporedba prije i poslije uvođenja digitalizacije	34