

Povećanje produktivnosti proizvodnih procesa u proizvodnji obuće

Skoliber, Roberto

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:235:247284>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Roberto Skoliber

Zagreb, 2019. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.
Doc. dr. sc. Miro Hegedić, mag. ing. mech.

Student:

Roberto Skoliber

Zagreb, 2019. godina

IZJAVA

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

Roberto Skoliber

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim mentorima dr. sc. Nedeljku Štefaniću i doc. dr. sc. Miri Hegediću na pruženoj stručnoj pomoći i savjetima prilikom izrade diplomskog rada.

Također, zahvaljujem se poduzeću i zaposlenicima HAIX Obuća d.o.o., a posebno Mateji i Dini na ukazanoj susretljivosti prilikom mog boravka u poduzeću.

Posebno i veliko hvala mojoj obitelji, roditeljima Ani i Stjepanu, sestrama Tanji i Sanji, djevojci Silviji te svim bližnjima i kolegama na bezuvjetnoj podršci i pomoći tijekom studija.



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: **ROBERTO SKOLIBER** Mat. br.: 0035202590

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Povećanje produktivnosti proizvodnih procesa u proizvodnji obuće**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Increasing the productivity of manufacturing processes in shoe manufacturing**

Opis zadatka:

Proizvodna poduzeća teže što većoj produktivnosti svojih proizvodnih procesa, kako bi uz iste resurse mogle ostvariti veći proizvodni kapacitet. U svakom procesu postoje određeni resursi koji predstavljaju uska grla (engl. Bottleneck), a često to budu veliki strojevi s dugim procesnim vremenima. U industriji proizvodnje obuće, poduzeća često koriste velike strojeve te najčešće o tim strojevima ovisi produktivnost cijelog procesa. Postavlja se stoga pitanje kako je moguće primjenom svjetski poznate metode vitkog menadžmenta i njoj pripadajućih metoda i alata povećati produktivnost takvih strojeva, a samim time i produktivnost cijelog procesa.

U radu je potrebno:

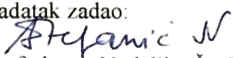
- Objasniti i opisati pristup proizvodnji poznat pod nazivom vitki menadžment.
- Istražiti najbolje prakse primjene vitkog menadžmenta u proizvodnji obuće.
- Istražiti i detaljno opisati dvije metode unutar vitkog menadžmenta kojima se može povećati produktivnost procesa.
- Na odabranom poduzeću primijeniti ranije opisane metode vitkog menadžmenta
- Analizirati trenutno stanje te strukturirati prijedloge za unaprjeđenje
- Kvantificirati moguća unaprjeđenja, napraviti plan njihove implementacije i predložiti informacijski sustav za praćenje istih.


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


Zadatak zadan:
02. svibnja 2019.

Rok predaje rada:
04. srpnja 2019.

Predviđeni datum obrane:
10. srpnja 2019.
11. srpnja 2019.
12. srpnja 2019.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Komentor:

dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

1. UVOD.....	6
2. VITKI MENADŽMENT	7
3. TOTALNO PRODUKTIVNO ODRŽAVANJE	27
4. UKUPNA UČINKOVITOST OPREME.....	43
5. PODUZEĆE HAIX OBUĆA	51
6. ZAKLJUČAK.....	74

POPIS SLIKA

Slika 1.	Usporedba masovne i vitke proizvodnje 1980-ih godina [3]	8
Slika 2.	Sedam vrsta gubitaka prema leanu [7]	9
Slika 3.	Šetnja Gembom [9]	14
Slika 4.	Pet osnovnih principa Lean-a [3]	16
Slika 5.	Suvremeni način formiranja cijene proizvoda [4].....	17
Slika 6.	VSM implementacija [14]	20
Slika 7.	Pareto dijagram – Bangladeš [16]	22
Slika 8.	Buduće stanje VSM u obučarskoj tvornici [16]	23
Slika 9.	VSM početnog stanja u poduzeću EA [19].....	25
Slika 10.	Efekt biča kod držanja zaliha [21].....	28
Slika 11.	Odnos između TPM-a i vitke proizvodnje [22].....	29
Slika 13.	Produktivno održavanje.....	31
Slika 13.	Stupovi TPM-a [25].....	33
Slika 14.	Primjer uvođenja reda u radno okruženje [27]	35
Slika 15.	Provođenje redovitog čišćenja radnog mjesta [28]	35
Slika 16.	Primjer korištenja „poka-yoke“ alata [29].....	37
Slika 18.	Koraci implementacije TPM-a [28]	39
Slika 18.	Usporedba vrijednosti indeksa OEE u svijetu [32]	46
Slika 19.	Vremenski prikaz proizvodnog procesa [31]	49
Slika 20.	HAIX logo [34]	51
Slika 21.	DESMA stroj za brizganje [35].....	52
Slika 22.	Strukturirani gubici prema načelu <i>šest velikih gubitaka TPM-a</i>	54
Slika 23.	Sučelje BDE sustava za prikupljanje podataka	55
Slika 24.	Prikaz jedne stanice na DESMA stroju [35]	56
Slika 25.	Predložak za izračun OEE parametra [36]	57
Slika 26.	Prikaz MePIS grafičkog sučelja [38].....	72
Slika 27.	Način prikupljanja podataka RFID sustavom [39].....	73

POPIS TABLICA

Tablica 1. Gubici za različita funkcionalna područja [7]	13
Tablica 2. Glas kupca i ponderi SCOP atributa (VOC) [17].....	24
Tablica 3. Princip provedbe sortiranja u 5S metodi [25]	34
Tablica 4. Podaci za izračun OEE [33]	45
Tablica 5. Šest velikih gubitaka [30].....	48
Tablica 6. Tri vrste taktnog vremena.....	58
Tablica 7. Gubici zbog praznih stanica	59
Tablica 8. Najčešći uzroci praznih stanica	60
Tablica 9. Gubici zbog zastoja	62
Tablica 10. Najčešći uzroci zastoja	63
Tablica 11. Mapa gubitaka	64
Tablica 12. Dodatni podaci za analizu mape gubitaka	65
Tablica 13. Izračun OEE za promatrani slučaj.....	66
Tablica 14. Područja poboljšanja	67
Tablica 15. Kvantifikacija gubitaka	71
Tablica 16. Tijek implementacije i način rješavanja problema.....	72

SAŽETAK

Cilj ovog rada je istražiti mogućnosti povećanja produktivnosti u proizvodnji obuće primjenom metoda vitkog menadžmenta.

Riječ je o dvjema metodologijama, totalnom produktivnom održavanju i ukupnoj učinkovitosti opreme. Kroz uvodne cjeline ovog rada govori se o teoriji vitkog menadžmenta i detaljno se uz primjere, opisuju navedene metodologije. Nadalje, u radu se spominje konkretan problem jednog proizvodnog poduzeća u obućarskoj industriji. Uz pomoć prikupljenih podataka i provedenih analiza, uspostavlja se trenutno stanje proizvodnog procesa te se kroz implementaciju spomenutih metodologija vitkog menadžmenta i prijedloge poboljšanja, pokušava podići produktivnost stroja za brizganje plastične mase između gornjišta i đona cipele.

Ključne riječi: Vitki menadžment, totalno produktivno održavanje - TPM, ukupna učinkovitost opreme - OEE

SUMMARY

The aim of this master thesis is to explore the possibilities of increasing productivity in footwear production using lean management methods.

Two methodologies that are mentioned in the paper are total productive maintenance and overall equipment efficiency. Throughout the introductory part of this paper, the theory of lean management is discussed, and the mentioned methodologies are described in detail with examples. Furthermore, the paper deals with the specific problem of a manufacturing company in the footwear industry. With the help of the collected data and the analysis carried out, the current state of the manufacturing process is established. Through the implementation of lean management methodologies and improvement proposals, productivity of the plastic injection molding machine is meant to increase.

Key words: Lean management, Total productive maintenance – TPM, Overall equipment efficiency - OEE

1. UVOD

U današnjem visokodinamičnom i fleksibilnom okruženju, globalno natjecanje između kompanija dovodi do rasta zahtjeva za proizvodne organizacije. Proizvodna industrija u posljednjih nekoliko desetljeća prolazi kroz drastične promjene vezane uz menadžment, proizvodne i procesne tehnologije, očekivanja kupaca i dobavljača uz sveprisutni rast konkurencije.

Posebice se to odnosi na obučarsku industriju kojoj je sve teže motivirati mlade ljude da se bave obučarskim zanimanjima. Stoga se javlja potreba za drugačijim pristupom rješavanja poteškoća u proizvodnji. Ovakva situacija u toj industrijskoj grani privukla je interes znanstvene zajednice. Sa svjetskog kongresa obučarske industrije [1], održanog u Napulju ove godine, stiže potvrda potrebe za digitalizacijom i održivosti kao nezamjenjivim čimbenicima u razvoju globalne industrije obuće. Također, poseban naglasak stavlja se na inovativnost pri čemu se smatra da će na vrhu ostati samo oni brendovi koji nude najviše inovacija. S druge strane, u Hrvatskoj tekstilna i obučarska industrija prolaze kroz fazu rekonstrukcije pri čemu ih nedostatak kvalitetnih ljudskih resursa usmjerava na traženje poboljšanja kroz smanjivanje troškova primjenom alata vitke proizvodnje. Metode vitkog menadžmenta postaju obavezan dio svakog proizvodnog poduzeća u nastojanju smanjenja troškova. Totalno produktivno održavanje (eng. *Total Productive Maintenance – TPM*) korištenje parametara poput ukupne učinkovitosti opreme (eng. *Overall Equipment Efficiency – OEE*), omogućuju poduzećima lakše praćenje trenutnog stanja procesa i opreme te pokazuju put prema poboljšanju cijelog sustava. Osaživanje veze između operatera i stroja daje pozitivne rezultate u smislu samostalnosti operatera u poslu i smanjenom potrebom održavanja i pojave kvarova. Primjenom ovakvih metoda pokušava se podići razina produktivnosti stroja i povećati ukupni izlaz kvalitetnih proizvoda iz proizvodnje. U radu će se na konkretnom primjeru kod poduzeća HAIX Obuća d.o.o. ispitati mogućnost primjene spomenutih alata i metoda pod pretpostavkom da će se nakon provedenih analiza i implementacije promjena podići produktivnost stroja za brizganje mase.

U šest većih poglavlja postaviti će se teorijska podloga vezana uz pojam vitkog menadžmenta i korištenih alata te će detaljno biti objašnjen postupak prikupljanja, analize i interpretacije dobivenih rezultata. Naposljetku, predložit će se unaprjeđenja dosadašnjeg procesa i sumirati cijeli projekt.

2. VITKI MENADŽMENT

Vrijeme stvaranja dobiti direktnim povećanjem cijene proizvoda davno je prošlo, stoga se fokus za ostvarenje profita usmjerava na smanjenje postojećih proizvodnih troškova. Da bi se ostvarili zacrtani ciljevi, gotovo sve ozbiljne kompanije okrenule su se vitkom načinu razmišljanja [1]. Vitka proizvodnja bazirana je na Toyotinom proizvodnom sistemu (eng. *Toyota Production System*) i fokusira se na uklanjanje gubitaka iz proizvodnje, smanjenje zaliha u skladištu, poboljšanja propusnosti proizvoda kroz procese i ohrabrivanja zaposlenika da skrenu pozornost nadređenih na probleme u proizvodnji i da daju svoj prijedlog za rješenje istih. *Lean* je proizvodna filozofija koja kada je implementirana skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu. Osnovno načelo vitke proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac ili klijent želi, tj. vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira potražnja tržišta [1]. Ipak, potrebno je naglasiti da neke od vitkih metoda mogu poremetiti proizvodni tok ako se implementiraju na pogrešan način.

2.1. Razvoj vitke proizvodnje

Pojam *lean* prvi je put primijenjen u knjizi „*The machine that changed the world*“ J.P.Womack-a i D.T.Jones-a, koja je bila rezultat istraživačkog rada IMVP-a (*International Motor Vehicle Program*), a gdje su autori prvi put opisali razlike između Japanske i zapadne automobilske industrije i prvi put upotrijebili izraz *lean* za Toyotin način proizvodnje [4]. Razvoj vitke proizvodnje potječe od Toyotinog proizvodnog sustava koji se često naziva i JIT (eng. *Just in Time*) proizvodnja. Tvrtka Toyota postala je uspješna nakon Drugog svjetskog rata kada su vlasnici japanskih tvornica usvojili niz američkih tehnika proizvodnje i kvalitete. Tehnike proizvodnje Henryja Forda i ideje o statističkoj kontroli kvalitete Edwardsa Deminga postale su temelj Toyotinog proizvodnog procesa [5]. Za razliku od američke automobilske industrije, Toyota je poticala zaposlenike da budu dio proizvodnog procesa. Tvrtka je uvela krugove kvalitete, a to je skupina radnika koji se sastaju kako bi razgovarali o poboljšanju radnog mjesta. Članovi kruga kvalitete upoznaju menadžment s kvalitetom proizvodnje. Za razliku od Fordove masovne proizvodnje jednog modela, u jednoj boji, Toyota je razvila proizvodnju u manjim serijama, što je zahtijevalo niz postupaka za smanjenje vremena potrebnog za postavljanje i promjenu proizvodne opreme. Razvoj koji je Toyota napravila

usvojio je niz japanskih proizvođača, no nijedna implementacija nije bila uspješna. Osamdesetih godina prošlog stoljeća američke su tvrtke počele usvajati neke od procesa koje je razvila Toyota. Usporedba američke masovne i japanske vitke proizvodnje prikazana je na sljedećoj slici [Slika 1].

Metrika	Japan	USA
Output:		
•Produktivnost (sati/vozilo)	16.8	25.1
•Kvaliteta (pogreške/100 vozila)	60.0	82.3
Radna snaga:		
•% radnika u timovima	69.3	17.3
•Broj vrsta poslova	11.9	67.1
•Prijedlozi/Zaposleniku	61.6	0.4
Layout:		
•Prostor (m ² /vozilo/godišnje)	5.7	7.8
•Prostor za dorade i popravke (% prostora za montažu)	4.1	12.9
•Zalihe (dani)	0.2	2.9

Slika 1. Usporedba masovne i vitke proizvodnje 1980-ih godina [3]

Uspoređujući produktivnost između vitke i masovne proizvodnje, uzimajući u obzir broj sati potrebnih za proizvodnju jednog vozila, jasno je vidljiva razlika od približno 8 sati u korist vitke proizvodnje što je skoro polovica vremena potrebnog za izradu drugog vozila. Računajući na godišnjoj bazi proizvedenih automobila, dolazi se do zaključka da *lean* način proizvodnje donosi drastične uštede u pogledu vremena što za sobom povlači i veći broj proizvedenih vozila i veće ostvarene prihode. Sljedeći istaknuti pokazatelj je broj prijedloga po zaposleniku gdje se u Japanu 1980.-ih godina od jednog zaposlenika tokom godine moglo čuti oko 60 prijedloga dok se od zaposlenika u američkoj masovnoj proizvodnji vrlo rijetko pojavljivao prijedlog unaprjeđenja proizvodnje. Taj podatak govori o uključenosti zaposlenika u proizvodni proces, gdje *lean* posebno stavlja naglasak na rad u timovima i stvaranju

krugova kvalitete gdje zaposlenici raspravljaju o potencijalnim poboljšanjima na radnim mjestima. Samim time kod zaposlenika se stvara osjećaj pripadnosti kompaniji i predanost radu u okolini u kojoj zna da može doprinijeti svojim idejama. Posljednji promatrani pokazatelj govori o broju dana koje zalihe provedu u skladištu. Kreiranjem i primjenom JIT metode kontrole zaliha, koja je prvenstveno usmjerena na proizvodnju robe kako bi se zadovoljili zahtjevi kupaca u dogovorenom vremenu, kvaliteti i količini bilo da je „kupac“ krajnji kupac proizvoda ili sljedeća operacija uz proizvodnu liniju, ostvaruju se uvjeti za smanjenje skladišnih površina što osigurava režijske uštede.

2.2. Sedam vrsta gubitaka

Svaka aktivnost koja troši resurse bez stvaranja vrijednosti za klijenta predstavlja gubitak (jpn. *Muda*, eng. *Waste*) [6]. Uklanjanje aktivnosti koje ne donose vrijednost ključno je za uspjeh proizvodnih poduzeća. One mogu smanjiti profitabilnost, povećati troškove kupaca, smanjiti kvalitetu i čak zadovoljstvo zaposlenika. Iz tog razloga potrebno je identificirati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i pokušati poboljšati proces u kojem se pojavljuju ili ih naposljetku ukloniti [7]. Tih osnovnih sedam gubitaka definirano je od strane japanskog industrijskog inženjera T. Ohnoa koji se smatra ocem Toyotinog proizvodnog sustava. Na sljedećoj slici [Slika 2.] prikazane su tradicionalne vrste gubitaka prema leanu.



Slika 2. Sedam vrsta gubitaka prema leanu [7]

Iako nije bio dio Toyotinog proizvodnog sustava, mnogi ljudi su svjesni 8. gubitka – nedovoljnog korištenja ljudskih potencijala. Također se opisuje kao nedovoljno korištenje ljudskog talenta i domišljatosti. Ovaj gubitak nastaje kada organizacije razdvoje ulogu rukovodstva od zaposlenika. U nekim organizacijama odgovornost rukovodstva je planiranje, organiziranje, kontroliranje i inoviranje proizvodnog procesa. Uloga zaposlenika je jednostavno slijediti upute i izvršiti posao kako je planirano. Budući da nije uključeno znanje i stručnost djelatnika koji zapravo rade u proizvodnji, teško je poboljšati procese [8].

2.2.1. Zalihe

Gubitak držanja prekomjerne količine zaliha često se događa kod poduzeća koja drže dodatne zalihe za potrebe koje još ne postoje. U takvim situacijama, poduzeća se preopterećuju kako bi zadovoljila neočekivane zahtjeve, zaštitila se od kašnjenja proizvodnje, niske kvalitete ili drugih problema. Međutim, ove prekomjerne zalihe često ne zadovoljavaju potrebe korisnika i ne dodaju vrijednost. One samo povećavaju troškove skladištenja i amortizacije. Visoke zalihe povezane su s prekomjernom proizvodnjom („zamrznuti“ kapital u skladištima).

2.2.2. Čekanje/zastoji

Ova vrsta gubitaka je najlakša za prepoznati u proizvodnji. Kad god se roba ili zadaci ne kreću, dolazi do gubitka čekanja. Lako se može prepoznati jer je izgubljeno vrijeme najočitija stvar koja se može otkriti. Primjerice, roba koja čeka da bude isporučena, oprema koja čeka da bude popravljena ili dokument koji čeka odobrenje od rukovoditelja, čekanje podataka, rezultata testova ili informacije. Nadalje, tu spada i vrijeme čekanja materijala između operacija, čekanje radnika na strojevima ili na materijal što je rezultat lošeg planiranja proizvodnje. Potrebno je detaljno proučiti pokrete u operacijama te sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju.

2.2.3. Škart

Nesukladnosti mogu uzrokovati doradu ili još gore, mogu dovesti do potpunog odbacivanja proizvoda. Obično, proizvod s nedostacima treba opet vratiti u proizvodnju, što troši dragocjeno vrijeme. Štoviše, u nekim slučajevima potrebno je dodatno radno mjesto koje dolazi s dodatnim troškovima rada i trošenja alata. Ovu vrstu gubitka može uzrokovati prekid proizvodnog toka zbog grešaka, troškovi i

prostor za analizu i otklanjanje nesukladnosti. Nadalje, razlog tome mogu biti nepotpune, netočne i nepravodobne informacije.

2.2.4. Prekomjerna proizvodnja

Imajući na umu da je sve što kupac nije spreman platiti trošak, lako je shvatiti zašto je prekomjerna proizvodnja gubitak. Prekomjerna proizvodnja ukazuje da se potražnja kupca premašuje, što dovodi do dodatnih troškova. Zapravo, prekomjerna proizvodnja izaziva pojavu ostalih šest gubitaka. Razlog tome je što višak proizvoda ili zadataka zahtijeva dodatni transport, nepotrebno kretanje, veće vrijeme čekanja i tako dalje. Nadalje, ako se povremeno pojavi kvar ili defekt tijekom prekomjerne proizvodnje, zaposlenici će morati doraditi ili popraviti veći broj proizvoda što dovodi do još većeg troška za kompaniju. Neke od karakteristika prekomjerne proizvodnje su stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu, izvođenje operacija koje nisu neophodne, stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili koja uopće neće kasnije koristiti (prekomjerna administracija), loše predviđanje (procjena) prodaje, tj. zahtijeva tržišta, slanje uputa prema previše ljudi (ili obratno), što dovodi do proizvodnje „za svaki slučaj”.

2.2.5. Nepotrebni pokreti

Ova vrsta gubitka opisuje kretanje zaposlenika (ili strojeva) koje je komplicirano i nepotrebno, što može rezultirati ozljedama, produženjem vremena proizvodnje i više. Drugim riječima, potrebno je organizirati i standardizirati proizvodne procese na način da zaposlenici moraju učiniti što manje pokreta kako bi izvršili svoj zadatak.

Nepotrebne pokrete mogu uzrokovati ljudi koji se trebaju micati kako bi došli do informacija, loš raspored strojeva te ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u procesu proizvodnje.

2.2.6. Transport

Ova vrsta gubitka javlja se prilikom premještanja resursa (materijala) pri čemu to kretanje ne dodaje vrijednost proizvodu. Pretjerano kretanje materijala može biti skupo za poslovanje i uzrokovati štetu na kvaliteti. Gubitak transporta je svako nepotrebno kretanje materijala (obradaka) između operacija ili između skladišnih

površina. Također, ovaj gubitak uzrokuje korištenje starih, neučinkovitih rasporeda (eng. *Layout* – raspored, razmještaj) kretanja materijala. Za rješenje ovog problema potrebno je napraviti racionalnije rasporede opreme ili bolji međusobni raspored pojedinih operacija (npr. proizvodna ćelija). Nadalje, pod gubitak transporta spada i neučinkovit transport informacija i neuspješna komunikacija što rezultira gubitkom podataka, nekompatibilnosti i nepouzdanosti informacija.

2.2.7. *Prekomjerna obrada*

Ova vrsta gubitka obično se odražava na izvršavanje zadataka koji ne donose dodatnu vrijednost ili donose više vrijednosti nego što je potrebno. Takve stvari mogu biti dodavanje dodatnih značajki za određeni proizvod koje nitko neće koristiti, ali oni povećavaju troškove proizvodnje. Na primjer, ako proizvođač automobila odluči staviti TV ekran u stražnji prtljažnik vozila, vjerojatno ga nitko neće koristiti ili pronaći vrijednost u njemu. Štoviše, to će koštati resurse i povećat će krajnju cijenu proizvoda za nešto za što kupci nisu spremni platiti. Stoga pod gubitke zbog prekomjerne obrade spadaju predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade, previše procesa obrade tj. predetaljna obrada. Loš design (konstrukcija) proizvoda također spada pod ovu vrstu gubitka jer može zahtijevati previše koraka obrade (prekompleksan proizvod).

Prepoznavanje aktivnosti koje stvaraju gubitke je nešto što bi trebalo početi od vrha tvrtke. Obično rukovodstvo na visokoj razini ima širok pregled svih procesa. Vođenjem projekata poboljšanja i upravljanjem nizom različitih projekata njihova je obveza poboljšati procese i širiti kulturu stalnog poboljšanja. Međutim, aktivnosti koje stvaraju gubitke mogu varirati od poduzeća do poduzeća. U sljedećim primjerima [Tablica 6.] prikazat će se kako se pojedine vrste gubitka mogu razlikovati za različita funkcionalna područja.

Tablica 1. Gubici za različita funkcionalna područja [7]

Vrsta gubitka	Gubici u proizvodnji	Gubici u razvoju softvera	Gubici u upravljanju projektima
Transport	Pomicanje dijelova i materijala s jednog mjesta na drugo	Prečesto prebacivanje između zadataka, prekidanja u radu od strane kolega	Prebacivanje zadataka, prekidi, nepotrebno dugačak prodajni lijevak
Zalihe	Nedostavljeni proizvodi ili dijelovi, prekomjerno popunjavanje skladišta proizvodima koji mogu, a i ne moraju biti potrebni negdje u budućnosti	Neisporučeni kôd ili nedostavljene značajke	Kupljeni mrežni alati koje timovi rijetko koriste, uredske potrepštine koje premašuju potrebe
Nepotrebni pokreti	Nepotrebno kretanje zaposlenika ili strojeva	Nepotrebni sastanci ili dodatni naponi da se pronađu informacije	Loše strukturirani radni prostori i nedostatak organizacijskih putova, previše sastanaka, dodatni napor da se pronađu informacije
Čekanje	Čekanje na isporuku robe	Čekanje da se testiranje dovrši, čekanje na pregled koda	Čekanje na odobrenje višeg rukovodstva

Vrsta gubitka	Gubici u proizvodnji	Gubici u razvoju softvera	Gubici u upravljanju projektima
Prekomjerna proizvodnja	Previše stavki proizvedenih „za svaki slučaj“	Stvaranje značajki koje nitko neće koristiti	Punjenje nepotrebne velike količine dokumenata
Prekomjerna obrada	Trošenje puno vremena na zadani zadatak. Dodavanje značajke koja ne donosi vrijednost	Nepotrebni složeni algoritmi rješavanja jednostavnih problema	Potrebna odobrenja od većeg broja rukovoditelja za male zadatke
Škart	Slomljeni dijelovi ili oštećeni dijelovi koje je potrebno preraditi	Bugovi, tj. greške u kodu	Pogrešno prikupljanje podataka

Vitka proizvodnja nudi različite alate koji se mogu koristiti za prepoznavanje i uklanjanje rasipnih aktivnosti. Vjerojatno najprikladniji alat za identificiranje *Mude* je šetnja Gembom. *Gemba* je japanska riječ koja se može prevesti kao „mjesto događaja gdje se stvara vrijednost“.



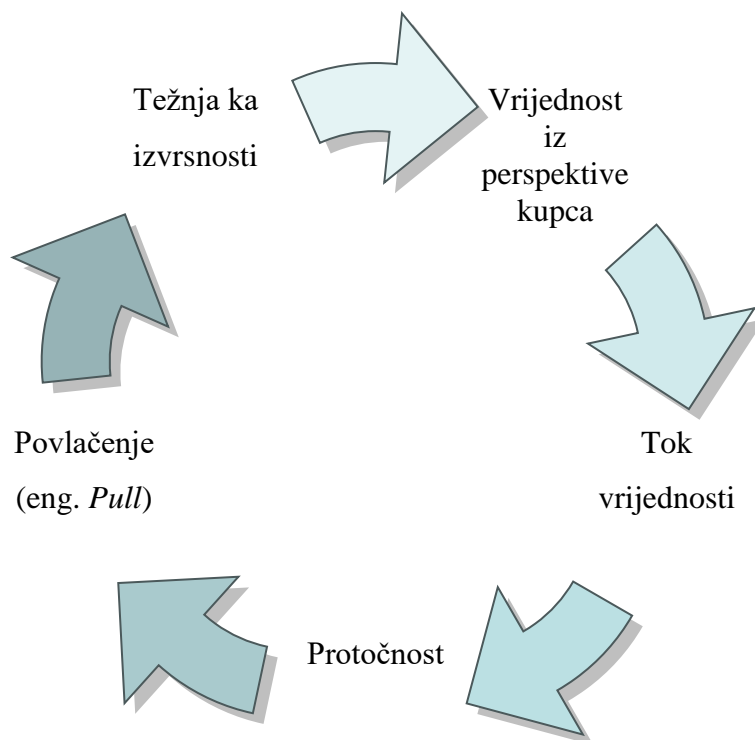
Slika 3. Šetnja Gembom [9]

Razvijanje ovakvog stava u cijeloj organizaciji, a posebno na rukovodećim pozicijama, ima važnu ulogu u dugoročnom rastu tvrtke. Kada menadžeri napuste radni stol i odu na

proizvodnu liniju ili u urede kako bi osobno provjerili što se događa, oni mogu, uz pomoć svojih zaposlenika, primijetiti stvari koje nikada ne bi vidjeli da su ostali ispred svog računala. Gemba je zapravo prvi korak u Kaizenu, tj. neprekidnom poboljšanju, jer ono što se vidi na mjestu gdje se stvara vrijednost dovodi do posljedičnih aktivnosti za smanjenje gubitka u procesima i poboljšanje sposobnosti istih. Svakodnevno hodanje Gembom pomaže u izgradnji dobrih odnosa s timom, koji će se naviknuti vidjeti svog direktora izravno na radnom mjestu, a ne kao neku daleku osobu koja donosi odluke bez da je svjesna što je potrebno i bez pomoći zaposlenika pod njihovim nadzorom. Svakodnevni razgovor s ljudima pomaže u stvaranju međusobnog povjerenja. Ako ljudi vjeruju jedni drugima, stvara se osnova za otvorenu komunikaciju i mogućnost dovršenja projekata na najbolji mogući način. Zaključno, može se reći da je Gemba mjesto na koje se ide kako bi se shvatili stvarni proizvodi procesi i prepoznale aktivnosti koje ne donose vrijednost. Opći cilj kojem treba težiti je da šetnja Gembom prijeđe u svakodnevnu naviku najprije menadžerima, a zatim poduzeću u cjelini. [7].

2.3. Pet osnovnih principa vitke proizvodnje

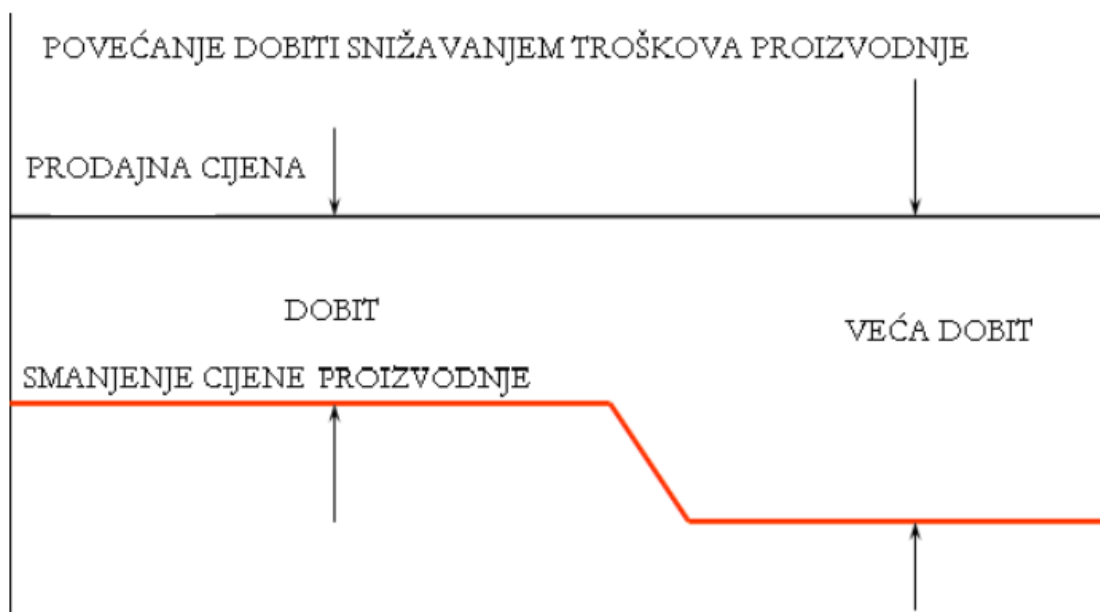
Cilj vitke proizvodnje je eliminirati gubitak, komponente bez dodane vrijednosti u bilo kojem procesu. Osim ako proces nije višestruko prošao kroz *lean* principe, on sadrži neki element gubitka. Kada se pravilno implementira, *lean* može stvoriti ogromna poboljšanja u učinkovitosti, vremenu ciklusa, produktivnosti, materijalnim troškovima i gubicima, što dovodi do nižih troškova i poboljšanja konkurentnosti pri čemu se naglasak stavlja na sljedećih pet principa [Slika 4.].



Slika 4. Pet osnovnih principa Lean-a [4]

2.3.1. Vrijednost iz perspektive kupca

Lean pristup počinje detaljnim razumijevanjem koje vrijednosti kupac dodjeljuje proizvodima i uslugama. To je ono što određuje što će klijent platiti. Uspostavljanje vrijednosti omogućuje organizacijama stvaranje ciljane cijene od vrha prema dolje [Slika 5.]. Tada se određuje trošak proizvodnje proizvoda i usluga. Organizacija se usredotočuje na uklanjanje gubitka kako bi mogli isporučiti vrijednost koju kupac očekuje na najvišoj razini profitabilnosti.



Slika 5. Suvremeni način formiranja cijene proizvoda [4]

S druge strane, gledište kupca je da je proizvođač taj koji stvara vrijednost proizvodnjom proizvoda koji zadovoljavaju njegove potrebe u određenom trenutku. Iz tog razloga je polazna točka i prvi princip za primjenu vitkog razmišljanja vrijednost iz perspektive kupca [10].

2.3.2. Tok vrijednosti

Tok vrijednosti je cjelokupni životni ciklus proizvoda od sirovina do kupčeve uporabe i eventualnog odlaganja proizvoda. Kako bi se uklonio gubitak, što je glavni cilj leana, mora postojati točno i potpuno razumijevanje toka vrijednosti. Procesi se ispituju kako bi se odredilo koja se vrijednost tim procesom dodaje. Uklanjaju se koraci, materijali, značajke i kretanja koja ne dodaju vrijednost. Kao što se s aktivnostima koje se ne mogu mjeriti ne može pravilno upravljati, aktivnosti potrebne za stvaranje, naručivanje i proizvodnju određenog proizvoda koje se ne mogu precizno identificirati, analizirati i povezati ne mogu se poboljšavati (ili potpuno eliminirati) i, u konačnici, usavršiti [11]. Sve vrste aktivnosti koje se događaju u određenom toku vrijednosti mogu se podijeliti u tri osnovne skupine [12]:

1. aktivnosti koje donose vrijednost (eng. *Value Adding Activities (VAA)*),
2. aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su neophodne (eng. *Non-Value Adding Activities (NVAA)*) i
3. aktivnosti koje ne donose vrijednost, tj. čisti gubitak (eng. *Waste activities (WA)*).

Kako ključnu metriku kod vitkog menadžmenta predstavlja vrijeme, a sve aktivnosti podrazumijevaju da će za njihovo izvođenje biti uloženo određeno vrijeme, aktivnosti se dijele u tri skupine s obzirom na to dodaje li njihovo vrijeme ili ne dodaje vrijednost proizvodu. Sukladno tome postoje tri vremena:

1. vrijeme u kojem se dodaje vrijednost (eng. *Value Adding Time – VAT*)
2. vrijeme u kojem se ne dodaje vrijednost, ali je neophodno (eng. *Non-Value Adding Time – NVAT*) i
3. vrijeme koje je čisti gubitak (eng. *Waste Time – WT*) [12]

Nakon što se aktivnosti koje spadaju pod treću skupinu eliminiraju, stvaraju se uvjeti za nastavak provođenja *lean* principa, tj. protočnosti, povlačenja i težnje ka izvrsnosti.

2.3.3. Protočnost

Protočnost znači kretati se u stalnom, kontinuiranom toku. Dobro razumijevanje vlastitih kapaciteta i lako identificiranje problema rezultira poboljšanjem tog protoka. Razumijevanje protoka je ključno za uklanjanje gubitka. Ako se tok vrijednosti prestane kretati u naprijed u bilo kojem trenutku, gubitak je neizbježan nusprodukt. Princip protočnosti je zapravo stvaranje lanca vrijednosti bez prekida u proizvodnom procesu i stanju u kojem je svaka aktivnost u potpunosti u korak sa svakom drugom.

2.3.4. Povlačenje (eng. Pull)

Lean princip povlačenja pomaže u osiguravanju protoka na način da se ništa ne napravi unaprijed, odnosno da se ne stvaraju zalihe u vidu poluproizvoda (eng. *WIP – Work in Process*). Umjesto korištenja tradicionalnog proizvodnog pristupa guranja rada (eng. *Push*) na temelju prognoze i rasporeda, *pull* pristup diktira da se ništa ne čini sve dok se ne pojavi narudžba od kupca. Dakle, podrazumijeva organizaciju proizvodnog procesa na način da narudžba kupca bude okidač koji će pokrenuti sve aktivnosti u procesu. To zahtijeva veliku fleksibilnost i kratko vrijeme izmjene kako bi se posao mogao odraditi u zadanom vremenskom ciklusu. Povlačenje također zahtijeva učinkovit način komuniciranja između radnih mjesta i odjela kako bi se odredilo što je potrebno napraviti za sljedeći korak u lancu vrijednosti.

2.3.5. *Težnja ka izvrsnosti*

Lean menadžeri nastoje postići ništa manje od savršenstva. Put prema savršenom procesu odvija se korak po korak budući da stalna poboljšanja (Kaizen) rješavaju korijenske uzroke problema kvalitete i proizvodnog gubitka. Težnja ka izvrsnosti je ono što potiče korisnike pristupa da kopaju dublje, mjere više i češće se mijenjaju od svojih konkurenata. U trenutku kad poduzeća počnu točnije određivati vrijednost, kada identificiraju cijeli tok vrijednosti i naprave prve korake prema stvaranju vrijednosti za određene grupe proizvoda neprestanim, kontinuiranim protokom kroz proizvodnju, dopuštajući svojim klijentima da povuku vrijednost iz poduzeća, stvara se kultura u kojoj zaposlenici počnu shvaćati da se taj krug neprestanog stvaranja vrijednosti i poboljšavanja neće prekinuti sve dok se ne postigne apsolutno savršenstvo u proizvodnji, odnosno dolazi se do spoznaje da nema kraja u procesu smanjenja napora, vremena, prostora, troškova i pogrešaka, pritom nudeći proizvod koji sve više odgovara stvarnim kupčevim željama [7].

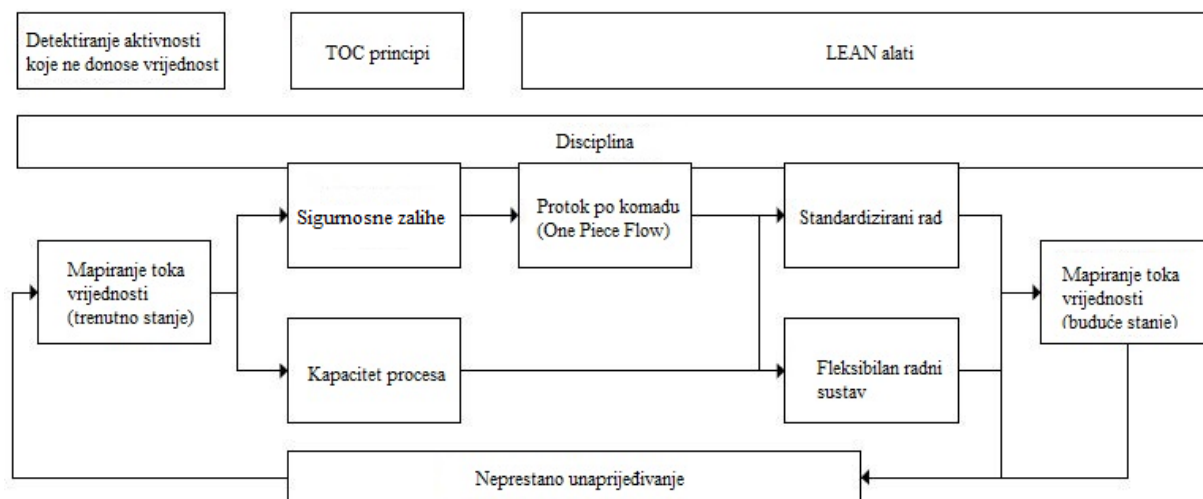
Lean organizacija razumije vrijednost iz perspektive kupca i usredotočuje svoje ključne procese kako bi je stalno povećavala. Krajnji cilj je pružiti savršenu vrijednost klijentu kroz savršen proces stvaranja vrijednosti s nula gubitaka. *Lean* to postiže promjenom fokusa upravljanja s optimiziranja tehnologija, sredstava i rukovodstvenih odjela na optimiziranje protoka proizvoda i usluga kroz cijeli tok vrijednosti koji se proteže preko tehnologija, sredstava i odjela prema korisnicima [13].

2.4. **Primjer primjene vitkog menadžmenta u obučarskoj industriji**

Razmatranjem znanstvenih članaka vezanih uz tematiku rada dodaje se stručni pogled na promatrani problem implementacije vitke proizvodnje u industriju obuče. Kod većine članaka prvi korak pri implementaciji je mapiranje toka vrijednosti. Na taj način dobiva se početno stanje procesa i otkrivaju se potencijalna mjesta za poboljšanje. Detaljnije su razrađena četiri znanstvena članka iz različitih dijelova svijeta.

2.4.1. Prema lean proizvodnji iz teorije ograničenja: studija slučaja u industriji obuće

Znanstveni rad se temelji na studiji slučaja u ekvadorskom obućarskom poduzeću. Cilj istraživanja je smanjenje vremena dostave proizvoda i zaliha koje generira rad u tijeku (eng. *WIP – Work in Process*) čime bi se dosadašnja praksa stvaranja sigurnosnih zaliha kao način suočavanja s promjenama na tržištu promijenila. Kompaniju je na promjene potaknuo pad konkurentnosti i visoki troškovi držanja takvih zaliha. Istraživači sa sveučilišta kao rješenje predložili su mapiranje toka vrijednosti (eng. *Value Stream Mapping – VSM*) čime bi se identificirale radnje koje ne donose vrijednost. VSM je alat koji se koristi za vizualno mapiranje tijeka proizvodnje. Prikazuje sadašnje i buduće stanje procesa na način koji ističe mogućnosti za poboljšanje. Model na sljedećoj slici [Slika 6.] govori o implementaciji ovog alata.



Slika 6. VSM implementacija [14]

Kroz početno mapiranje toka vrijednosti koristeći metodu vitke proizvodnje analiziraju se vremena isporuke, neproduktivna vremena te količine zaliha kako bi se identificirali glavni gubici u procesu. Teorija ograničenja (eng. *Theory Of Constraints – TOC*) je metodologija za identificiranje najvažnijeg ograničavajućeg faktora, tj. ograničenja koje stoji na putu postizanja cilja, a zatim sustavno poboljšava to ograničenje sve dok više nije ograničavajući faktor. U proizvodnji, ograničenje se često naziva uskim grlom [15]. Posjedovanje sigurnosnih zaliha koristi teoriju ograničenja kako bi se analizirale zone bufera i vrijeme koje zalihe provedu u međuskладиštu čime se procjenjuju količine zaliha između operacija u procesu. S druge strane kapacitet procesa se objašnjava informacijama poput korištenih

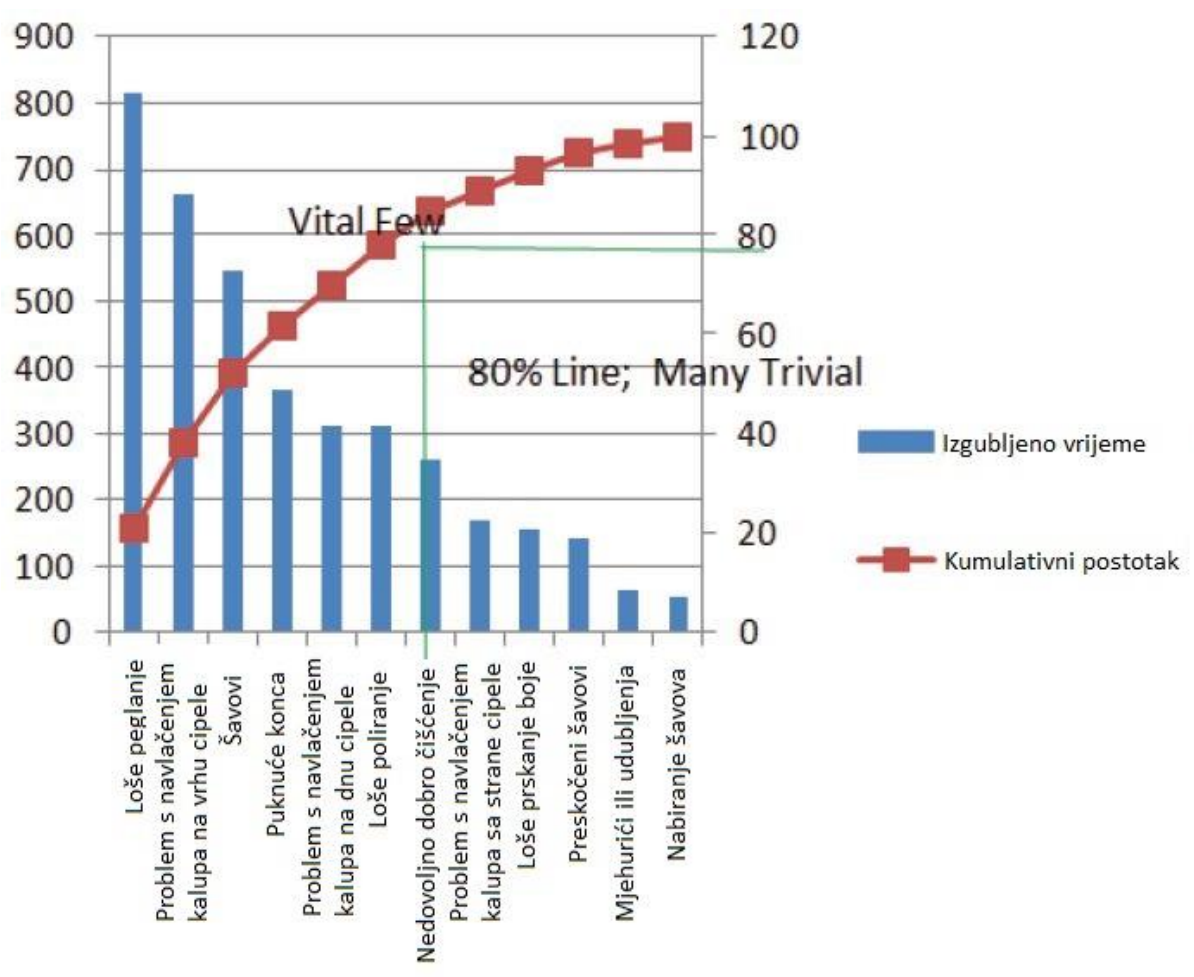
proizvodnih standarda, duljine trajanja radnog vremena, proizvodnog toka, ograničenja procesa i vremena takta. Jedno od učinkovitijih mjera teorije ograničenja i vitke proizvodnje jest jednokomadni protok (eng. *One Piece Flow*). Ovaj princip koristi se kako bi se proizvodnja po serijama transformirala u neprekinutu proizvodnju, komad po komad. Vrlo je bitno u takvim procesima proizvodnje standardizirati rad, u ovom slučaju dokumentirati sve prethodne aktivnosti kako bi u slučaju promjene zaposlenika, način rada ostao isti, odnosno da proizvodnja ne pati zbog toga. Pojam fleksibilnog radnog sustava odnosi se na generiranje protoka na proizvodnoj liniji analizirajući vrijeme ciklusa. U konačnici, buduće stanje mapiranja toka vrijednosti trebalo bi donijeti prijedloge i primjenu promjena na temelju provedene implementacije modela prikazanog na [Slika 6.]. Uz spomenuti VSM i TOC, u studiji slučaja korišteni su alati poput 5S, standardizacija rada, Kanban, SMED (eng. *Single Minute Exchange of Die* – brza izmjena alata), TPM (eng. *Total Productive Maintenance* – totalno produktivno održavanje) i sprječavanje grešaka (jpn. *Jidoka*).

Rezultat provedenih metoda i alata je smanjenje vremena čekanja proizvoda u međuskladištima za 50% (s prijašnjih 480 minuta na 240 minuta), smanjenje vodećeg vremena (eng. *Lead Time*) za 38.75 % (s prijašnjih 0.8 dana na 0.49 dana). Također, i količina zaliha je smanjena s 617 pari na 135 pari što predstavlja smanjenje od 78 %.

2.4.2. Implementacija alata vitke proizvodnje u obučarskoj industriji Bangladeša

Ovaj znanstveni rad obuhvaća općenito stanje u obučarskoj industriji u Bangladešu s konkretnim primjerom implementacije vitkih metoda i alata u jednom poduzeću. Čimbenici tipičnog modela vitke proizvodnje uključuju pojedinačnu proizvodnju komada, eliminaciju vremena koje ne donosi vrijednost proizvodu i premještaj potrebnih resursa na mjesto gdje se koriste. S obzirom da se u obučarskoj proizvodnji često koriste veliki, nefleksibilni strojevi s dugim vremenima postavljanja teško je smanjiti proizvodnju na male serije. Nadalje, korištenjem vitkih metoda i alata pokušava se u slabije razvijenim zemljama, gdje je obučarska industrija temeljni instrument za razvoj gospodarstva i smanjivanje siromaštva, postići dovoljno dobri rezultati kako bi se ostvarili ciljevi održivog razvoja (eng. *Sustainable Development Goals* – SDG) u smanjivanju siromaštva i gladi do 2030. godine. U bangladeškoj tvornici neformalne obuće proveden je projekt implementacije vitkih metoda i alata pri čemu je kao mjerilo uspjeha korišten PCE (eng. *Process Cycle Efficiency*). PCE je mjera količine vremena koje dodaje vrijednost proizvodu u procesu. Što je broj veći, proces postaje učinkovitiji. Za podizanje vrijednosti tog pokazatelja korištene su sljedeće metode:

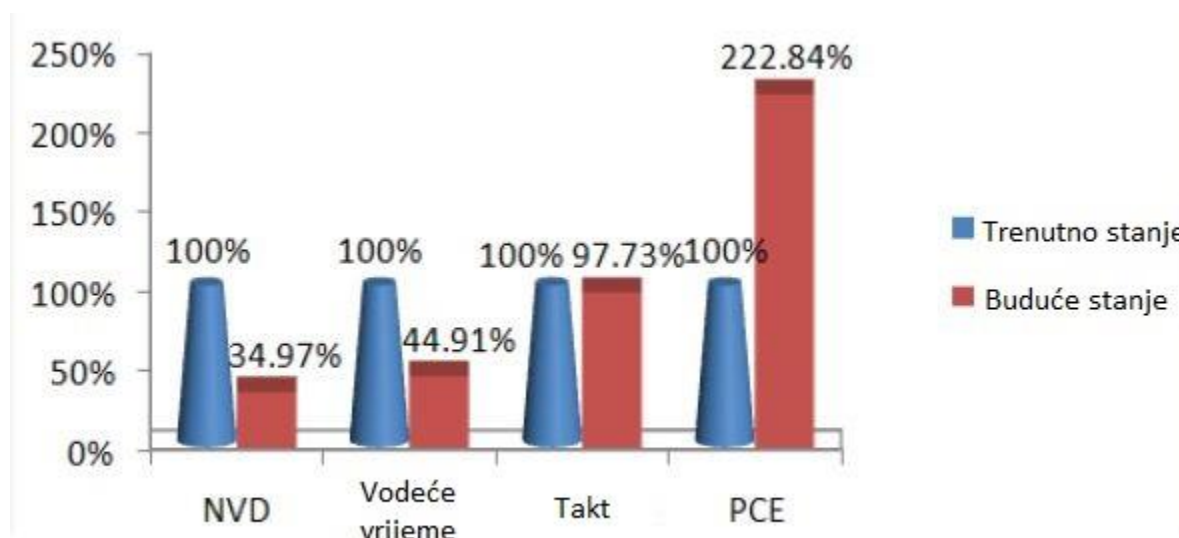
VSM, Pareto analiza i dijagram, 5S i JIT (eng. *Just in Time*). JIT metoda povlači dijelove kroz proizvodnju na temelju zahtjeva kupaca umjesto guranja dijelova kroz proizvodnju na temelju projektirane potražnje.



Slika 7. Pareto dijagram – Bangladeš [16]

Nakon korištenja VSM-a i Pareto analiza, napravljen je Pareto dijagram iz kojeg se očitava 20% razloga s 80% učinka na gubitak vremena. Slijedi poboljšavanje procesa u tri koraka: povećanje vještine radne snage, stalno poboljšanje (jpn. *Kaizen*) i JIT.

Rezultat provedene implementacije je prikazan na [Slika 8.].



Slika 8. Buduće stanje VSM u obućarskoj tvornici [16]

Rezultat budućeg stanja govori o smanjenju vremena koje ne donosi vrijednost za 65.03%, smanjenje vodećeg vremena (eng. *Lead time*) za 55.03%, takt za 2.73% što rezultira rastom PCE pokazatelja za 122.84%. No, ovakav rezultat ovisi o uspješnoj implementaciji predloženih alata vitke proizvodnje.

2.4.3. Korištenje principa vitke proizvodnje za poboljšanje izvedbe lanca opskrbe industrije kožne obuće

Kožna industrija u Indiji je među top 10 industrija po vrijednosti izvoza i izvoz kožne obuće čini 44% ukupnog izvoza kože i kožnih proizvoda. Potražnja za kožnom obućom je visoko podložna efektu biča (ekstremna promjena u količini zaliha od kraja prema početku opskrbnog lanca koja je izazvana malom promjenom u potražnji u opskrbnom lancu [18]) stoga se razmatra upotreba vitkih metoda u lancu opskrbe. Svrha ovog istraživanja je upravo identifikacija seta principa vitke proizvodnje primjenjivih u obućarskoj industriji i njihov utjecaj na upravljanje lancem opskrbe (eng. *Supply Chain Management – SCM*). Korištenjem metode *Fuzzy QFD* (eng. *Fuzzy Quality Function Deployment*) omogućuje se prikazivanje nejasnih podataka. Na sljedećoj tablici [Tablica 2.] prikazani su rezultati provedenog istraživanja kao glas kupca (eng. *Voice Of Customer – VOC*), u ovom slučaju stručnjaka koji su radili na projektu.

Tablica 2. Glas kupca i ponderi SCOP atributa (VOC) [17]

SCOP atributi	Ponderi
Vodeće vrijeme	0.09
Konzistentnost kvalitete	0.09
Fleksibilnost	0.09
Trošak operacija u lancu opskrbe	0.10
Brzina dostave	0.09
Pouzdanost dostave	0.09
Odgovor kupca	0.09
Točnost informacija	0.08
iskoristivost kapaciteta	0.10
Upravljanje zalihama	0.10
Tehnološka prilagodba	0.08

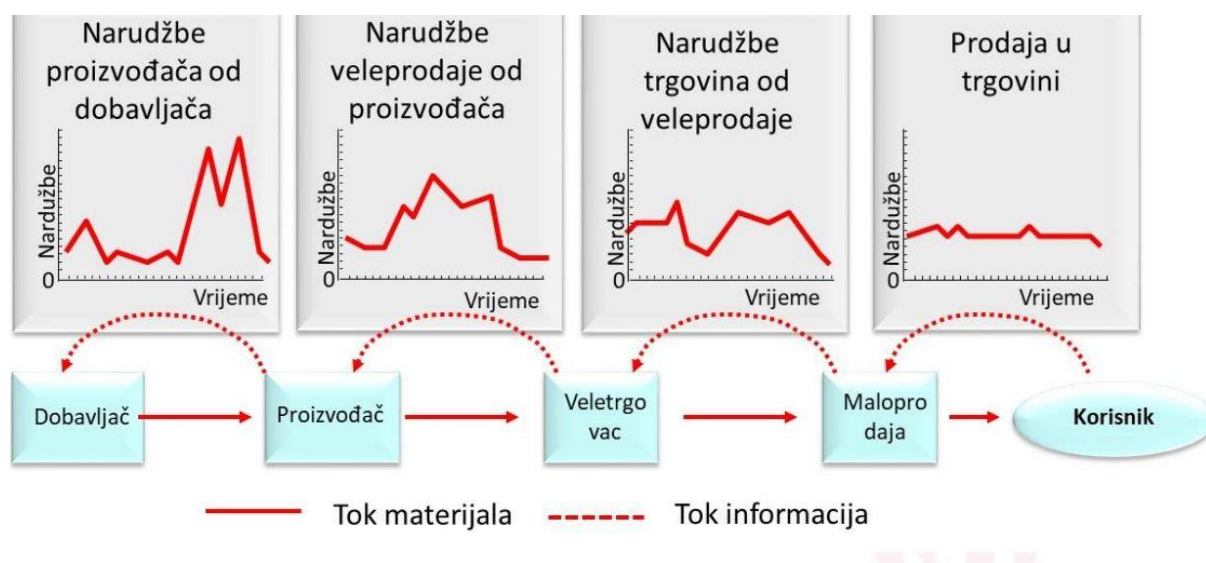
Zaključno, identificirano je 11 atributa SCOP-a kroz znanstveno dizajniranu metodologiju. S tim razvijenim modelom, obučarska poduzeća mogu odabrati LMP alate koji su prikladni za njihove organizacije kako bi maksimizirali izlaz iz proizvodnje uz minimalne ulaze kroz lanac opskrbe.

Nakon primjene principa vitke proizvodnje, prve dvije faze, odjel za rezanje i dodatnu obradu rade s manjim serijama. Kao rezultat toga, WIP još uvijek postoji, iako se smanjio s 400 na 20 do 25 cipela. Kada dođe do odjela za strojno šivanje, nakon čega slijedi šivanje i odjel montaže serije su zamijenjene jednokomadnim tokom (eng. *one piece flow*) i FIFO (eng. *First in, First Out*), što dovodi do maksimalno dva para između stanica dvaju susjednih operacija. Proizvodni proces se planira dići na novu razinu uvođenjem kvalitetnog informacijskog sustava, boljom komunikacijom i suradnjom poduzeća s dobavljačima i trgovcima – tj. boljim dijeljenjem podataka u lancu vrijednosti koristeći tehnologiju poput EDI (eng. *Electronic Data Interchange*) i RFID (eng. *Radio Frequency Identification*).

3. TOTALNO PRODUKTIVNO ODRŽAVANJE

Povezivanje proizvodnih s aktivnostima održavanja daje potpuno novu perspektivu na proizvodnju u cjelini. Ta dva odjela su najbliža proizvodnom procesu i moraju raditi zajedno kako bi osigurala najbolju moguću ukupnu učinkovitost poduzeća. Uključivanjem vitkog načina razmišljanja u taj proces, nastaju nove vrste pristupa održavanju. U svakom procesu postoje određeni resursi koji predstavljaju uska grla (eng. *Bottleneck*). Usko grlo procesa je faza rada koja dobiva više radnih zahtjeva nego što može obraditi maksimalnim kapacitetom. To uzrokuje prekid tijeka rada i kašnjenja u procesu proizvodnje [20]. U industriji proizvodnje obuće, često su takva mjesta veliki strojevi o kojima ovisi produktivnost cijelog procesa. Zbog toga se nastoje primijeniti metode vitkog menadžmenta poput totalnog produktivnog održavanja kako bi se povećala produktivnost takvih strojeva.

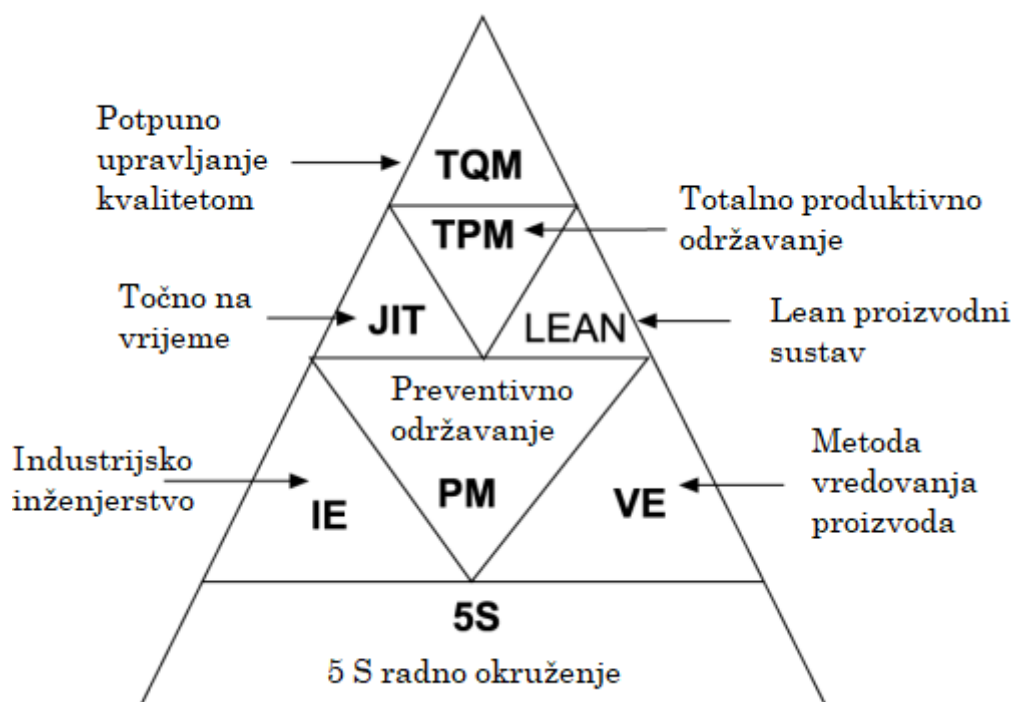
Totalno produktivno održavanje (eng. *Total Productive Maintenance - TPM*) predstavlja novi pogled na održavanje. U TPM-u operater, odnosno, rukovatelj strojem obavlja većinu, a ponekad i sve rutinske zadatke održavanja. Takav način održavanja osigurava prikladne i učinkovite aktivnosti, poput popravka ili zamjene strojnog dijela, u pravo vrijeme pošto je odgovornost za stroj u rukama operatera ili tima koji radi na tom stroju. Ako je operativno vrijeme stroja nepredvidivo, odnosno, ako je sposobnost procesa nepoznata, poduzeće je primorano na stvaranje dodatnih zaliha, što zauzima dodatno mjesto u skladištu te gomila troškove, kako bi se pokrila ta nesigurnost i zadržao potreban izlaz proizvoda iz poduzeća. Zalihe su ublaživači između tokova ulaza i izlaza materijalnih dobara. One su potrebne kada se razlikuju vremenska i količinska struktura inputa i outputa tokova materijalnih dobara [21].



Slika 10. Efekt biča kod držanja zaliha [21]

Poput primjera prikazanog na slici [Slika 10.] u kojem narudžbe nekog proizvoda poslane proizvođaču ili dobavljaču stvaraju veća odstupanja nego odstupanja u samoj prodaji krajnjem kupcu, vrlo slična situacija događa se i u proizvodnji. Ako se ne zna sposobnost procesa proizvodnje ili ako je operativno vrijeme stroja nepredvidivo, javlja se potreba za stvaranjem sigurnosnih zaliha kako bi se osigurao neprekidan tok proizvodnje što dovodi do već prije spomenutih troškova.

Smjer u kojem TPM vodi jest sprječavanje pogoršavanja, tj. propadanja strojnih dijelova i sveukupno smanjenje potrebe za održavanjem. TPM je ključan dodatak vitkoj proizvodnji što prikazuje sljedeća slika [Slika 11.]. Iz slike se jasno vidi da je ova metoda ključna za većinu *lean* proizvodnih filozofija i da može učinkovito doprinijeti uspješnom implementiranju vitkih principa.



Slika 11. Odnos između TPM-a i vitke proizvodnje [22]

TPM naglašava proaktivno i preventivno održavanje kako bi se povećala operativna učinkovitost opreme. To zamagljuje razliku između uloge proizvodnje i održavanja stavljanjem snažnog naglaska na osnaživanje operatera kako bi se održala njihova oprema [23]. Proaktivno održavanje je strategija održavanja koja radi na ispravljanju uzroka kvara i izbjegavanju kvarova uzrokovanih stanjem opreme. Svrha proaktivnog održavanja je vidjeti kvarove na stroju kao nešto što se može predvidjeti i ukloniti prije nego što se razviju. S druge strane preventivno održavanje podrazumijeva brigu i servisiranje sustava kako bi ostao u zadovoljavajućim radnim karakteristikama, koristeći sustavni nadzor, detekciju i ispravak potencijalnog kvara prije nego dođe do njega. Provedba TPM programa stvara zajedničku odgovornost za opremu koja potiče veću uključenost radnika u pogonu. U pravom okruženju to može biti vrlo učinkovito u poboljšanju produktivnosti (povećanje vremena, smanjenje vremena ciklusa i uklanjanje nedostataka).

Gledajući s financijske strane, održavanje može predstavljati 20% do 40% dodane vrijednosti proizvodu prilikom njegovog prolaska kroz proizvodne faze. Nadalje, anketa provedena među proizvodnim poduzećima pokazala je, da je postotak održavatelja od ukupnog broja zaposlenika iznosio prosječno 15.7%, dok su u rafinerijama odjeli za održavanje najčešće

najveći i iznose 30-ak% od ukupnog broja zaposlenika. Imajući na umu da se troškovi održavanja nalaze u rasponu od 12% do 23% ukupnih operativnih troškova proizvodnih poduzeća, jasno je da organizacija održavanja postaje strateški faktor u kreiranju uspješnih kompanija [22].

3.1. Nastanak TPM-a

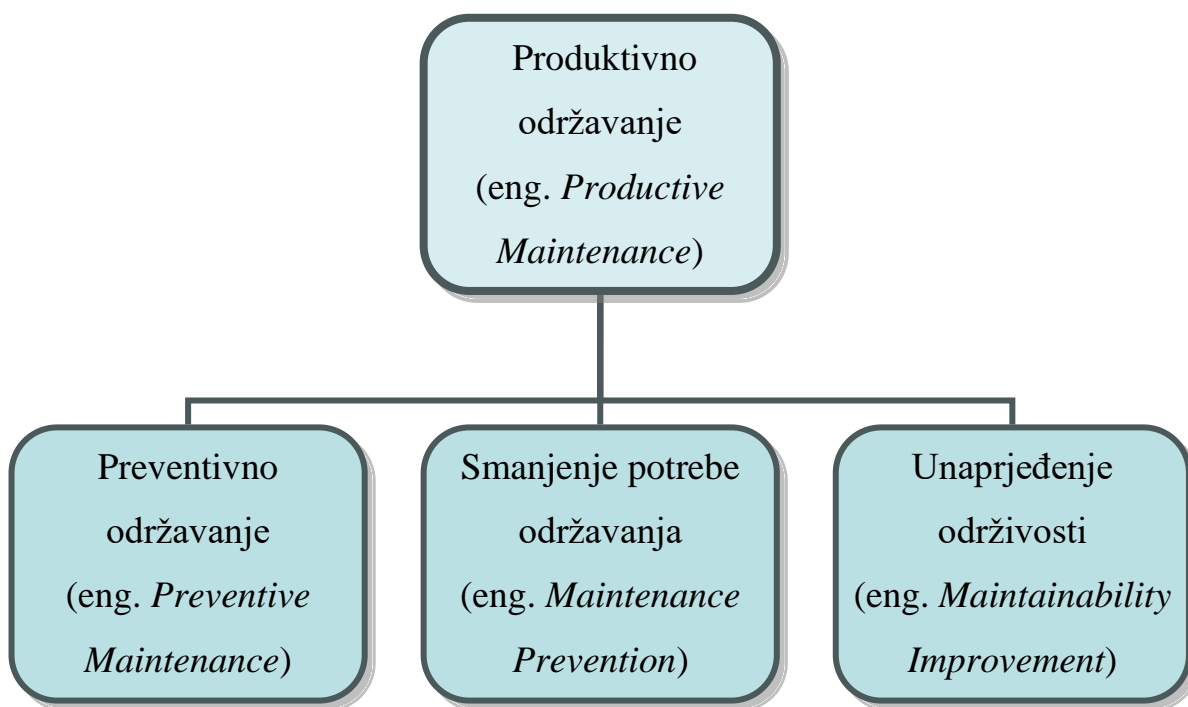
TPM je ideja koja, poput većine vezanih uz *lean* metodologiju, dolazi iz Japana i svoje korijene vuče iz 1951. godine kada se japanska proizvodnja po prvi puta susrela s principima preventivnog održavanja pristiglih iz SAD-a. Ukratko, preventivno održavanje služilo se načelom promjene kritičnih dijelova po unaprijed određenim vremenskim intervalima, što je generiralo gubitke zbog preuranjenog mijenjanja još iskoristivih komponenti sustava, no bilo je znatno unaprjeđenje od postojećeg načina korektivnog održavanja.

Prva kompanija koja je u potpunosti prihvatila principe preventivnog održavanja bila je dio Toyota grupe, točnije poduzeće Nippon Denso Co. Ltd. 1960. godine [23].

U početku su radne aktivnosti između zaposlenika bile podijeljene u dvije grupe:

- Zaposlenici (operateri) zaduženi za proizvodnju na strojevima
- Održavatelji zaduženi za održavanje tih strojeva.

No kako se poduzeće širilo i proizvodnja se podigla na višu razinu automatizacije, javila se jasna potreba za više zaposlenika u odjelu održavanja. Tom problemu je vodstvo poduzeća doskočilo na način da su sve rutinske poslove održavanja strojeva prebacili na operatere, čime je nastala jedna od karakteristika TPM-a, autonomno održavanje. Time je ostvaren višak vremena za ekipu održavatelja koji su se fokusirali na unaprjeđenje postojeće opreme kako bi se osigurala veća pouzdanost opreme u proizvodnim uvjetima. Te preinake su zatim bile ukomponirane u novu opremu s ciljem stvaranja promjena koje će voditi manjoj potrebi održavanja. Tako nastali koncept spajanjem preventivnog održavanja, smanjene potrebe za održavanjem i unaprjeđenjem održivosti naziva se produktivno održavanje i prikazan je na sljedećoj slici [Slika 12.].



Slika 12. Produktivno održavanje

Svrha produktivnog održavanja je bila maksimiziranje učinkovitosti postrojenja kako bi se postigao optimalan životni ciklus proizvodne opreme. Zbog već postojećeg načina uključivanja zaposlenika u svakodnevne promjene, svi zaposlenici Nippon Densa su bili uključeni u implementiranje produktivnog održavanja [23].

Zbog osmišljavanja i implementacije TPM-a, kompanija je 1971. primila prestižnu nagradu od strane Japanskog instituta proizvodnih inženjera, te samim time postala prva kompanija s TPM certifikatom.

3.2. Ciljevi TPM-a

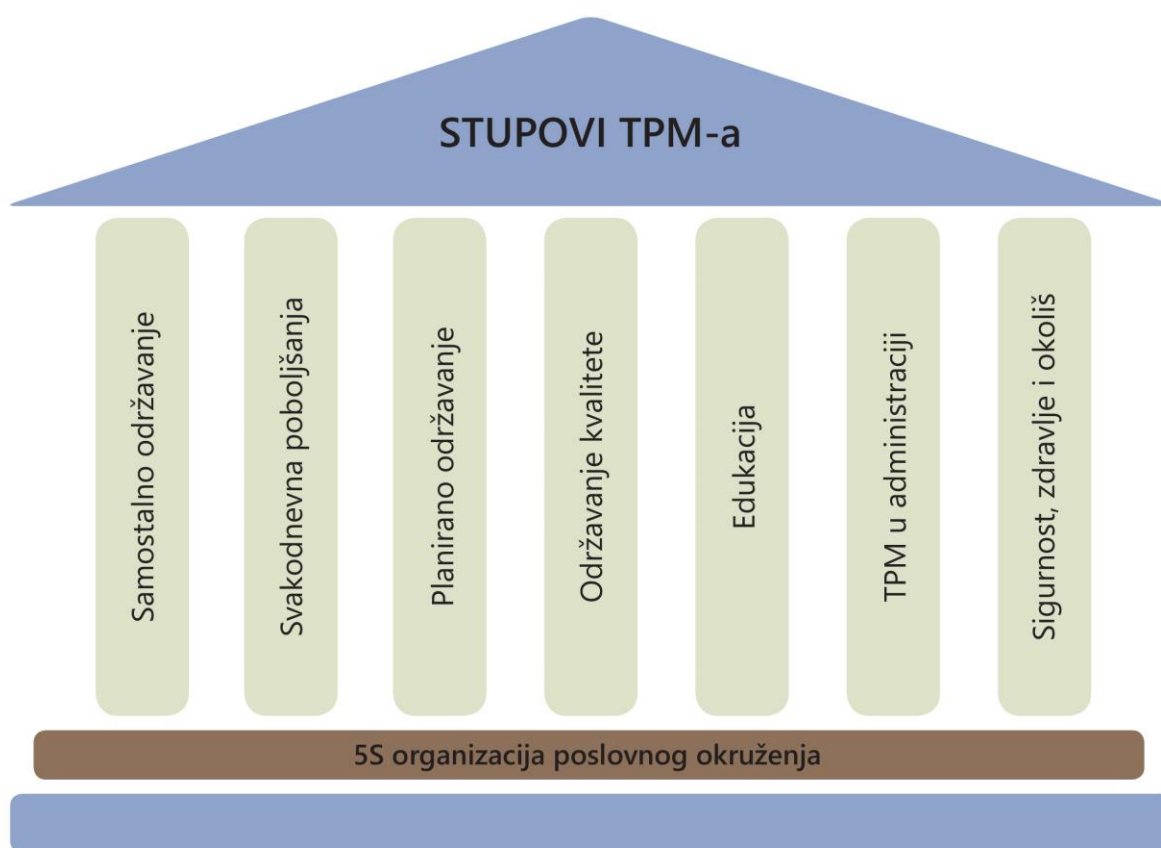
Totalno produktivno održavanje služi kako bi se povećala ukupna proizvodnja uz istodobno povećanje morala zaposlenika i sveukupnog zadovoljstva obavljenim poslom. Stoga se ističe kao nezaobilazan i važan dio poslovanja svakog ozbiljnog proizvodnog poduzeća. Takav nov način pristupanja održavanju više ne smatra neprofitnom aktivnošću već se vrijeme održavanja planski uračunava u dio radnog dana. U svrhu postizanja minimalnog korektivnog i nepredviđenog održavanja, TPM pred poduzeće postavlja sljedeće ciljeve:

- Maksimizaciju učinkovitosti opreme
- Uspostavu djelotvornog programa preventivnog održavanja
- Implementiranje TPM principa u sve odjele koji se bave planiranjem, konstruiranjem, eksploatacijom ili održavanjem opreme
- Aktivno uključivanje svih zaposlenika u implementaciju
- Promoviranje i predstavljanje TPM principa s ciljem motiviranja ljudskih resursa

Učinkovitost opreme može se podići na način da se identificiraju najznačajniji problemi, odnosno pogreške koje se javljaju prilikom proizvodnje uporabom nekih od poznatih principa poput pareto analize (80% posljedica nastaje zbog 20% uzroka), nakon čega se pristupa eliminaciji korijena uzroka razvojem odgovarajućih metoda poput osnivanja odjela za održavanje, prilagođenog plana održavanja, dodatnom edukacijom operatera i održavatelja, standardizacijom procesa upravljanja strojevima. Jedan od ranije spomenutih principa provođenja TPM-a jest autonomno ili samostalno održavanje. Operateri strojeva se obvezuju na izvršavanje svakodnevnih aktivnosti održavanja poput čišćenja i podmazivanja strojeva na kojima rade i na taj način stvaraju osjećaj vlasništva nad upravljanim opremom te se time ostvaruje pažljiviji i kvalitetniji pristup radu. Nadalje, svakodnevnim provođenjem ovog principa, operateri vrlo lako uočavaju promjene i nedostatke na opremi poput pojačanih vibracija, neobičnih zvukova ili povišene temperature radnih dijelova (npr. ležajeva) što stvara mogućnost pravovremenog kontaktiranja službe za održavanje. Ključno je uključivanje svih zaposlenika poduzeća u implementaciju TPM principa, jer u suštini taj *lean* alat predstavlja filozofiju poduzeća i potrebno je kolektivno promijeniti mentalitet svih zaposlenih kako bi ti principi zaista zaživjeli i kako bi se zadržali u poduzeću.

3.3. Stupovi TPM-a

Totalno produktivno održavanje tradicionalno se oslanja na osam stupova, odnosno principa provođenja čijom se implementacijom nastoji postići stanje proizvodnje bez pogrešaka, nesreća i gubitaka. Stupovi TPM-a uglavnom su usmjereni na proaktivne i preventivne tehnike za poboljšanje pouzdanosti opreme. Temeljna metoda na koju se oslanjaju ovi principi jest 5S [24].



Slika 13. Stupovi TPM-a [25]

3.3.1. 5S metoda

Naziv metode 5S nastao je kao skraćunica za 5 japanskih riječi koje počinju na slovo S (Seiri – sortirati, Seiton – organizirati, Seiso – čistiti, Seiketsu – standardizirati, Shitsuke – samodisciplina). Princip metode je zapravo filozofija organiziranja i upravljanja na način da se smanji ili u potpunosti ukloni gubitak proizašao iz neurednog i nečistog radnog mjesta. Osnovni cilj metode je stvaranje više razine kulture i efikasnosti kod zaposlenika poduzeća.

Stvaranjem takvog okruženja, vrlo je lako uočiti novonastale probleme poput curenja tekućine, krhotina od neočekivanog trošenja strojnih dijelova, a također i lakše pronalaženje potrebnih alata. Kako bi se omogućilo stvaranje takvih radnih uvjeta, koriste se sljedeći elementi [26]:

➤ Sortiranje

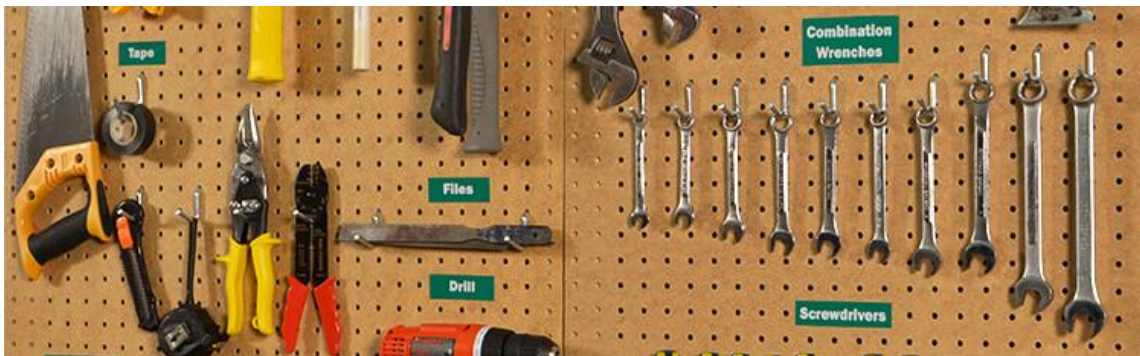
Uklanjanje svega što je zapravo nepotrebno za radno okruženje. Realizacija ovog elementa ostvaruje se podjelom svih predmeta u radnom okruženju prema frekvenciji upotrebe (često, rijetko, nikad). Prilikom sortiranja bitno je imati na umu upotrebljivost, a ne cijenu predmeta. Kao rezultat primjene smanjuje se vrijeme traženja potrebnih predmeta.

Tablica 3. Princip provedbe sortiranja u 5S metodi [25]

Prioritet	Frekvencija upotrebe	Aktivnost
Nizak	Manje od jednom u godini, jednom u godini	Ukloniti iz radnog okruženja
Srednji	Jednom mjesečno, jednom tjedno	Spremiti sve predmete zajedno u blizini radnog okruženja
Visok	Jednom na dan	Držati na radnom mjestu

➤ Organizacija

Ovaj princip se drži pravila da svaki predmet ima svoje mjesto, i to samo jedno mjesto. Nakon svake upotrebe, alat je potrebno vratiti na njegovo posebno označeno mjesto (pločice s nazivom alata, obojane konture predmeta). Ukoliko postoji vertikalno orijentirano spremište (regali), teži predmeti stavljaju se na niže police.



Slika 14. Primjer uvođenja reda u radno okruženje [27]

➤ Čišćenje

Odnosi se na čišćenje radnog mjesta, uklanjanje otpada nastalog proizvodnim aktivnostima, masnoće, ulja. Nalaže da iz proizvodne opreme ne smiju viriti žice, niti kapati ulje.



Slika 15. Provođenje redovitog čišćenja radnog mjesta [28]

➤ Standardizacija

Služi za stvaranje standarda za provođenje prvih 3S aktivnosti. Također je potrebno spomenuti da u kreaciji standarda sudjeluju zaposlenici poduzeća.

➤ **Samodisciplina**

Doslovni prijevod japanskog izraza *Shitsuke* jest dosljednost ili trening. Potrebno je svakodnevno održavati sve primijenjene principe kako bi 5S ušao u kulturu poduzeća i podsvijest svih zaposlenika.

3.3.2. Samostalno održavanje

Samostalno održavanje odgovornost za rutinsko održavanje, kao što su čišćenje, podmazivanje, stezanje otpuštenih vijaka i vizualni pregled, smješta u ruke operatera. Time pruža operaterima osjećaj 'vlasništva' nad opremom kojom se služe te povećava njihovo znanje o toj opremi. Nadalje, rezultira čišćom opremom i redovitim podmazivanjem komponenti opreme što pomaže pri identifikaciji neočekivanih, hitnih problema prije nego postanu kvarovi, odnosno prije nego se počnu proizvoditi nesukladni dijelovi. Takvim načinom održavanja opreme, oslobađa se osoblje za održavanje na višim razinama.

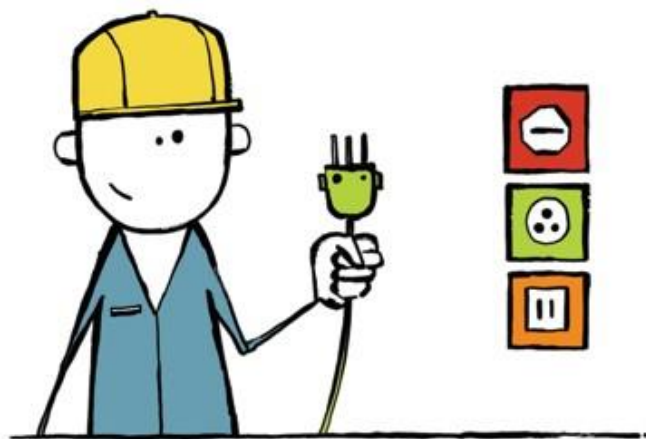
3.3.3. Planirano održavanje

Planiranim održavanjem dodjeljuju se zadaci na temelju predviđenih i/ili izmjerenih stopa nesukladnosti ili defekata. Na taj način značajno se smanjuju slučajevi neplaniranog zaustavljanja, omogućuje se planiranje većine održavanja u vrijeme kada oprema nije predviđena za rad. Naposljetku, kroz bolju kontrolu dijelova sklonijih trošenju i kvarovima, smanjuje se potreba za zalihama tih dijelova.

3.3.4. Održavanje kvalitete

Održavanje kvalitete služi za uočavanje grešaka kod projektiranja (dizajna) i sprečavanja pogrešaka u proizvodnim procesima. Primjenom analize uzroka (Root-Cause Analysis) uklanja se uzrok ponavljajućih nesukladnosti uzrokovanih nedovoljnom kvalitetom. Pritom se posebna pozornost pridaje projektima poboljšanja usmjerenim na uklanjanje izvora grešaka, što rezultira manjim brojem nesukladnosti. Smanjuje troškove zbog ranog hvatanja grešaka, odnosno smanjuje potrebu za skupim i nepouzdanim inspekcijama za pronalaženje defekata. Koristi se i najučinkovitijim TPM alatom „poka-yoke“, koji za svrhu ima eliminaciju gubitaka

i nedostataka kod proizvoda, sprječavajući, ispravljajući ili skrećući pozornost na ljudske pogreške prilikom njihovog nastanka.



Slika 16. Primjer korištenja „poka-yoke“ alata [29]

3.3.5. *Usmjereno poboljšanje*

Usmjereno poboljšanje koristi male skupine zaposlenika koji proaktivno surađuju kako bi se postigla redovita, postupna poboljšanja u radu opreme. Problemi se identificiraju i rješavaju u timovima. Na taj način se kombiniraju kolektivni talenti tvrtke kako bi se stvorio sustav besprekidnog poboljšavanja (Kaizen).

3.3.6. *Rano upravljanje opremom*

Usmjerava praktična znanja i razumijevanje proizvodne opreme stečene kroz TPM prema poboljšanju dizajna nove opreme. Time nova oprema dostiže brže planirane razine performansi zbog manjeg broja „dječjih bolesti“, odnosno kvarova i zastoja koji se događaju na početku eksploatacije nove opreme. Samo održavanje time postaje jednostavnije zbog praktičnog pregleda i uključivanja zaposlenika prije instalacije opreme.

3.3.7. *Obuka i edukacija*

Za implementaciju i standardizaciju bilo kojeg rješenja potrebno je obučiti i educirati zaposlenike kako bi popunili praznine u znanju potrebne za postizanje TPM ciljeva. Obuka i

edukacija se odnose na operatere, osoblje za održavanje i upravitelje. Operateri razvijaju vještine za rutinsko održavanje opreme i prepoznavanje novonastalih problema. Osoblje održavanja uči tehnike za proaktivno i preventivno održavanje dok se menadžeri obučavaju o TPM principima, kao i o usmjeravanju, motivaciji i razvoju zaposlenika.

3.3.8. Sigurnost, zdravlje, radna okolina

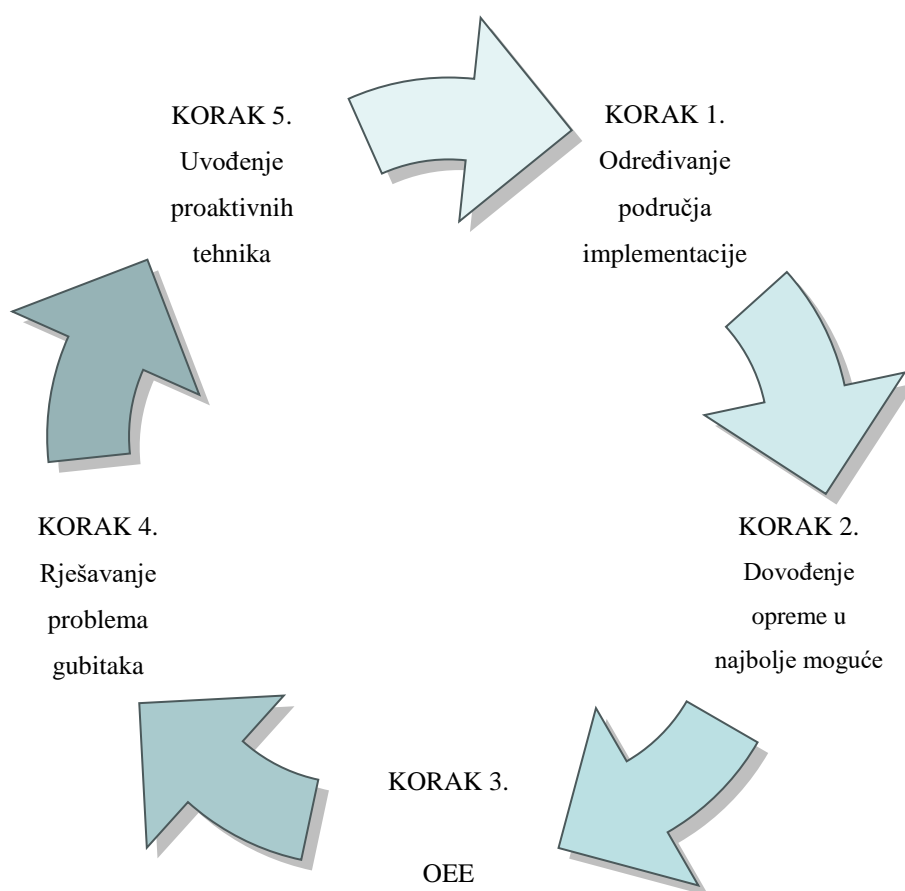
Cilj ovog stupa TPM-a jest uklanjanje potencijalnih zdravstvenih i sigurnosnih rizika, što rezultira sigurnijim radnim mjestom. Poseban naglasak stavlja se na radno mjesto bez nesreća.

3.3.9. TPM u administraciji

Za uspješnu implementaciju TPM-a, ključna je primjena tih principa na administrativnim funkcijama. Kao i kod većine *lean* alata, potrebno je primjerom prenijeti i prikazati pridržavanje vitkih načela slijedeći hijerarhijsku strukturu od vrha prema niže. Time se podržava proizvodnja putem poboljšanih administrativnih operacija poput obrade narudžbi, logistike, računovodstva.

3.4. Implementacija TPM-a

Jednostavan prikaz upoznavanja poduzeća s prednostima TPM i koraci implementacije prikazani su na slici u nastavku [Slika 17.].



Slika 17. Koraci implementacije TPM-a [30]

3.4.1. Korak 1 – Određivanje područja implementacije

U ovom koraku odabire se oprema nad kojom se planira provesti TPM. Postoje tri načina za pristup rješavanju ovog koraka [30].

- Najlakše za unaprijediti – najbolja prilika za ostvarivanje „brze pobjede“, no manji su očekivani dobici u dugoročnom smislu od pristupa poboljšanja dosadašnjih ograničenja opreme
- Lociranje uskog grla – identifikacija uskog grla utječe na trenutno povećanje ukupnog izlaza te osigurava najbrži način za povrat uloženog, no može rezultirati duljim periodima ne upotrebljavanja opreme zbog primjene i testiranja poboljšanja

-
- Najproblematičnija oprema – unaprjeđenje ove vrste opreme će biti vrlo dobro prihvaćeno od strane operatera i rezultirati većim angažmanom istih u implementaciji TPM-a, no neriješeni problemi su često s razlogom neriješeni pa može biti izazovno dobiti dobre rezultate

Za tvrtku s ograničenim TPM iskustvom i / ili podrškom (bilo putem internog osoblja ili vanjskih konzultanata) najbolji izbor je obično najlakše poboljšanje opreme. Za tvrtku s umjerenim ili jakim TPM iskustvom najbolji izbor je gotovo uvijek lociranje uskog grla. Ključno je minimizirati potencijalni rizik izgradnjom privremenih zaliha te osigurati da se neočekivano vrijeme zaustavljanja može tolerirati. Timovi često odabiru opreme s najvećim problemom. To je, međutim, rijetko najbolji izbor (osim ako se ne dogodi da je to ujedno i usko grlo).

3.4.2. Korak 2 – Dovođenje opreme u najbolje moguće stanje

U ovom koraku oprema će se očistiti i na drugi način pripremiti za bolji rad. Uvest će se dva ključna TPM koncepta: 5S i samostalno održavanje.

Prije inicijalizacije 5S operacija preporuča se fotografiranje početnog stanja kako bi se nakon provedbe sortiranja, organiziranja, čišćenja i ponovnog fotografiranja rezultata dobila jasna razlika i time pojačao motiv kod zaposlenika za implementaciju TPM-a. Nakon standardiziranja radnih aktivnosti za provedbu 5S metode, potrebno je taj dokument uz fotografije postaviti na vidljivo mjesto. Preporuča se provođenje tjednih kontrola kako bi potvrdilo da se zaposlenici drže standardiziranih aktivnosti [30].

Zatim treba pokrenuti program samostalnog održavanja. Pritom se nastoji izgraditi konsenzus između operatera i osoblja za održavanje kako bi operateri mogli produktivno obavljati zadatke koji se ponavljaju. U mnogim slučajevima, potrebna je lagana obuka kako bi se podigla razina vještina operatera.

3.4.3. Korak 3 – OEE

U ovom koraku postavlja se sustav za praćenje OEE za ciljanu opremu. Ovaj sustav može biti ručni ili automatiziran, ali sustav mora uključivati praćenje razloga neplaniranog vremena zaustavljanja. Za većinu opreme najveći gubici rezultat su neplaniranog vremena zaustavljanja. Stoga se preporuča kategorizirati svaki neplanirani događaj zaustavljanja kako bi se dobila jasna slika o tome gdje se gubi produktivno vrijeme. Također se preporučuje

uključiti kategoriju za "nedodijeljeno" vrijeme zaustavljanja (tj. vrijeme zaustavljanja u kojem je uzrok nepoznat). Osiguravanje kategorije za ne dodijeljeno vrijeme zaustavljanja posebno je važno kod ručno praćenog OEE. Poboljšava točnost pružanjem sigurne opcije operaterima kada razlog za zaustavljanje nije jasan. Treba prikupiti podatke za najmanje dva tjedna kako bi se utvrdili ponavljajući razlozi za neplanirano vrijeme zaustavljanja opreme i identificirali utjecaj malih zaustavljanja i sporog ciklusa [30].

3.4.4. Korak 4 – Rješavanje problema gubitaka

U ovom koraku obrađuju se najznačajniji izvori izgubljenog produktivnog vremena. Uvodi se TPM koncept fokusiranog poboljšanja (također poznatog kao Kaizen). Na temelju OEE-a i podataka o vremenu zaustavljanja, odabire se jedan veliki gubitak. U većini slučajeva najveći gubitak koji je odabran trebao bi biti najveći izvor neplaniranog vremena zaustavljanja. Zatim se stvara tim koji će se baviti problemom. Tim bi trebao uključivati četiri do šest zaposlenika (operateri, osoblje za održavanje i nadzornici) s najboljim znanjem i iskustvom u opremi. Slijedi faza prikupljanja detaljnih informacija o simptomima problema, uključujući opažanja, materijalne dokaze i fotografske dokaze. Organizacija sastanaka za strukturirano rješavanje problema pomaže pri identifikaciji vjerojatnih uzroka problema, pri čemu se razmatraju vjerojatni uzroci prema rezultatima prikupljenih informacija i identificiraju najučinkovitiji popravci. Nadalje, potrebno je planirati vrijeme zaustavljanja za provedbu predloženih popravaka. Naposljetku, ponovno se pokreće proizvodnja i utvrđuje se učinkovitost popravaka tijekom odgovarajućeg vremenskog razdoblja. Ako su dovoljno učinkovite, slijedi dokumentiranje svih promjena postupaka i prelazi se na sljedeći veći gubitak [30].

3.4.5. Korak 5 - Uvođenje proaktivnih tehnika održavanja

3.4.6. U ovom koraku, proaktivne tehnike održavanja integrirane su u program održavanja. Potrebno je identificirati i dokumentirati sve strojne dijelove koji su podvrgnuti trošenju (oni su trebali biti utvrđeni kao kontrolne točke u drugom koraku). Zatim slijedi identifikacija i dokumentacija svih komponenti za koje se zna da redovito zakazuju. Također se preporuča korištenje termografije ili analize vibracija kako bi se pružili dodatni uvidi u stanje kritičnih mjesta na opremi. Nakon određivanja svih komponenti za provođenje proaktivnog održavanja, određuju se vremenski intervali za zamjenu dijelova bazirani na količini trošenja strojnih dijelova i predviđenim radnim vijekom komponenti. Zatim se svi intervali upisuju u dnevnik komponenti kako bi se lakše kontroliralo stanje opreme. Također se u dnevnik

upisuju i svi slučajevi zamjene, zajedno s informacijama o stanju komponente u vrijeme zamjene, odnosno, je li komponenta istrošena, zakazala ili je bez vidljivih problema. Uvijek kada postoji nepredviđena zamjena dijelova, potrebno je razmisliti o prilagodbi intervala održavanja. Ako komponenta nije na rasporedu planiranog održavanja, treba donijeti odluku o dodavanju te komponente u plan redovitog održavanja [30].

Jedan od najvećih izazova u svakom poduzeću je kako postići održivo poboljšanje. To uključuje postizanje kratkoročnog uspjeha i održavanje dugoročnog uspjeha. Angažiranje zaposlenika važno je za kratkoročni i dugoročni uspjeh inicijativa. Uspješan način za angažiranje zaposlenika stvara zajedničku viziju budućeg “poboljšanog” stanja tvrtke i jasno naglašava kako će to koristiti zaposlenicima. To će stvoriti nužnu motivaciju za uspjeh. Još jedna moćna tehnika je prepoznavanje i nagrađivanje željenog ponašanja. U kontekstu TPM-a to može uključivati mjesečni bonus za najveće poboljšanje na području Kaizena. Rani uspjeh pri implementaciji TMP-a pomaže osigurati dugoročni uspjeh izgradnjom korporacijske kulture. Nasuprot tome, ako se smatra da je inicijativa isprobana i propala, bit će mnogo teže uspješno provesti tu inicijativu u budućnosti. Pružanje aktivnog vodstva jedna je od primarnih odgovornosti višeg rukovodstva (uključujući upravitelja postrojenja). To znači redovito demonstrirati važnost TPM aktivnosti kroz riječi i akcije. Aktivno vodstvo bori se protiv prirodne sklonosti zaposlenika da se vrate u stare obrasce ponašanja i stare načine rada. Ona neprestano uvodi novu energiju u inicijativu, koju zaposlenici s vremenom apsorbiraju u obliku novih ukorijenjenih pravila ponašanja. Prilagođavanje inicijative primjenjuje tehnike kontinuiranog poboljšanja kako bi se osiguralo da ne postane zastarjela i da zaposlenici ne postanu zasićeni. Cilj je održati inicijativu svježom i zanimljivom. Prilagođavanje i razvijanje inicijative također pomaže da se osigura dugoročan uspjeh, stalno je prilagođavajući promjenjivom okruženju.

4. UKUPNA UČINKOVITOST OPREME

Dobro poznat način mjerenja učinkovitosti je indeks ukupne učinkovitosti opreme (eng. *OEE* – *Overall Equipment Effectiveness*). Najprije ga je razvio Japanski institut za održavanje postrojenja (JIPM) i naširoko se koristi u mnogim industrijama [31]. Štoviše, to je okosnica metodologija za poboljšanje kvalitete proizvodnje poput TPM-a i vitke proizvodnje. Prednosti praćenja indeksa OEE je u povećanju transparentnosti gubitaka i naglašavanju područja poboljšanja. OEE je mjerni podatak koji identificira postotak planiranog vremena proizvodnje koje je doista produktivno. Razvijen je kako bi podržao TPM inicijative preciznim praćenjem napretka u postizanju „savršene proizvodnje“.

OEE se sastoji od tri temeljne komponente:

- Dostupnosti (eng. *Availability*)
- Učinkovitosti (eng. *Performance*)
- Kvalitete (eng. *Quality*)

od kojih se svaka preslikava na jedan od TPM ciljeva (bez kvarova, bez zaustavljanja, bez defekata), a svaki od njih uzima u obzir različite vrste gubitka produktivnosti [30].

4.1.1. Dostupnost

Dostupnost uključuje sve događaje koji zaustavljaju planiranu proizvodnju za znatan vremenski period (obično nekoliko minuta ili duže). Neki od primjera uključuju:

- Neplanirano zaustavljanje (kvarovi, nedostaci materijala i slično)
- Planirano zaustavljanje (izmjena alata, čišćenje)

4.1.2. Učinkovitost

Učinkovitost uzima u obzir gubitak performansi, koji uključuje sve čimbenike koji uzrokuju da proizvodnja radi na manje od maksimalne moguće brzine. Primjeri uključuju i spore cikluse i mala zaustavljanja.

4.1.3. Kvaliteta

Kvaliteta uzima u obzir gubitak kvalitete, fokusirajući se na proizvedene dijelove koji ne zadovoljavaju standardima kvalitete, uključujući dijelove koji zahtijevaju preradu. Primjeri uključuju defektne proizvode i smanjeni prinos pri pokretanju proizvodnje (eng. *warm-up time*).

OEE je čvrsto povezan s TPM ciljevima bez kvarova (mjereno dostupnošću), bez malih zaustavljanja ili usporenog rada (mjereno učinkovitošću) i bez nedostataka (mjereno kvalitetom). Iznimno je važno izmjeriti OEE kako bi se otkrili i kvantificirali gubici u produktivnosti, te kako bi se izmjerila i pratila poboljšanja koja proizlaze iz TPM inicijativa.

4.1.4. Izračun OEE

Ispravan izračun OEE-a pruža informacije o tri faktora vezana uz gubitak: dostupnost, učinkovitost i kvalitetu [33].

- Dostupnost

$$\text{Dostupnost} = \text{Operativno vrijeme} / \text{Planirano vrijeme proizvodnje}$$

gdje se operativno vrijeme računa na način da se od planiranog vremena proizvodnje (trajanje smjene umanjeno za vrijeme trajanja pauzi) oduzme vrijeme stajanja.

$$\text{Operativno vrijeme} = \text{Planirano vrijeme proizvodnje} - \text{Vrijeme stajanja}$$

- Učinkovitost

$$\text{Učinkovitost} = (\text{Ukupni broj proizvedenih komada} / \text{Operativno vrijeme}) / \text{Idealno vrijeme proizvodnje}$$

gdje idealno vrijeme proizvodnje označava broj proizvedenih komada u jedinici vremena (najčešće u minuti – eng. *PPM – Pieces Per Minute*)

- Kvaliteta

$$\text{Kvaliteta} = \text{Dobri proizvodi} / \text{Ukupan broj proizvoda}$$

- OEE

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} \times \text{Učinkovitost} \times \text{Kvaliteta}$$

4.1.5. Primjer izračuna OEE

Podaci potrebni za izračun OEE prikazani su u sljedećoj tablici [Tablica 4.].

Tablica 4. Podaci za izračun OEE [33]

Stavka	Podaci
Duljina smjene	8 sati (480 minuta)
Pauza	(2) 15 minuta i (1) 30 minuta
Zastoj	47 minuta
Idealno vrijeme ciklusa	1.0 sekunda
Ukupan broj	19,271 komada
Broj defekata	423 komada

- **Dostupnost**

$$\begin{aligned} \text{Operativno vrijeme} &= \text{Planirano vrijeme proizvodnje} - \text{Vrijeme stajanja} \\ &= (480 \text{ minuta} - 60 \text{ minuta}) - 47 \text{ minuta} \\ &= 420 \text{ minuta} - 47 \text{ minuta} \\ &= 373 \text{ minute} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dostupnost} &= \text{Operativno vrijeme} / \text{Planirano vrijeme proizvodnje} \\ &= 373 \text{ minute} / 420 \text{ minuta} \\ &= 0,8881 \\ &= 88,81 \% \end{aligned}$$

- **Učinkovitost**

$$\begin{aligned} \text{Učinkovitost} &= (\text{Ukupan broj proizvedenih komada} / \text{Operativno vrijeme}) \\ &/ \text{Idealno vrijeme proizvodnje} \\ &= (19271 \text{ komada} / 373 \text{ minute}) / 60 \text{ komada u minuti} \end{aligned}$$

$$= 0,8611$$

$$= 86,11 \%$$

- **Kvaliteta**

$$\begin{aligned} \text{Kvaliteta} &= \text{Dobro proizvodi} / \text{Ukupan broj proizvoda} \\ &= (19271 - 423) / 19271 \\ &= 18848 / 19271 \\ &= 0,9780 \\ &= 97,80 \% \end{aligned}$$

- **OEE**

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= \text{Dostupnost} \times \text{Učinkovitost} \times \text{Kvaliteta} \\ &= 0,8881 \times 0,8611 \times 0,9780 \\ &= 0,7479 \\ &= 74,79 \% \end{aligned}$$

Ovisno o kojoj industrijskoj grani proizvodnje se radi, moguće je za potrebe usporedbe vlastitog poduzeća sa svjetskim standardima, pronaći podatke o prosječnim vrijednostima OEE parametra. Opće vrijednosti OEE parametra prikazane su na sljedećoj slici [Slika 17.].



Slika 18. Usporedba vrijednosti indeksa OEE u svijetu [32]

S obzirom na opće vrijednosti OEE parametra [**Slika 18.**], poduzeće iz primjera se nalazi između prosječnog i poduzeća na svjetskoj razini. Kako bi se ustvrdilo je li trend uzlazni ili silazni, potrebno je u određenim vremenskim razmacima ponoviti mjerenje vrijednosti ukupne učinkovitosti opreme kako bi se sa sigurnošću znao smjer u kojem se poduzeće kreće.

4.1.6. Šest velikih gubitaka

Gubici su aktivnosti koje troše resurse bez stvaranja vrijednosti. Gubici se mogu podijeliti po učestalosti pojave, njihovom uzroku i različitim vrstama. S obzirom na različite vrste gubitaka, razvijen je pojam šest velikih gubitaka (eng. *Six Big Losses*). Učestalost gubitka u kombinaciji s težinom gubitka daje mjeru potrošenih resursa i korisna je za utvrđivanje redoslijeda u kojem se gubici moraju ukloniti [31]. Ova klasifikacija omogućuje rangiranje gubitaka i njihovo uklanjanje na temelju njihove ozbiljnosti ili utjecaja na organizaciju. Što se tiče podjela gubitaka po njihovim uzrocima, mogu se definirati tri skupine: neispravnost stroja, nedovoljno dobri procesi i vanjski uzroci na koje tim za održavanje ili operateri ne mogu utjecati. Vanjski uzroci kao što su nedostatak sirovina, nedostatak osoblja ili ograničena potražnja ne utječu na učinkovitost opreme. Oni su od velike važnosti za top menadžment i trebali bi ih se pažljivo ispitati jer njihovo smanjenje može izravno povećati prihode i dobit. Međutim, tim za proizvodnju ili održavanje nema utjecaja na taj aspekt proizvodnje i stoga se ti gubici ne uzimaju u obzir kroz OEE metriku. Šest velikih gubitaka mogu se podijeliti u tri kategorije kao što je prikazano u tablici [**Tablica 5.**].

Tablica 5. Šest velikih gubitaka [30]

Kategorija	Veliki gubici	Primjer
Zastoj	<ul style="list-style-type: none"> Kvarovi 	Kvar dijela stroja ili radne opreme tijekom rada – kvar radne stanice, potrgani alat, kvar na ekstruderu
	<ul style="list-style-type: none"> Postavljanje i podešavanje opreme 	Zamjena alata, zamjena radne opreme, nedostatak materijala, testovi i probe
Brzina	<ul style="list-style-type: none"> Kraći zastoji 	Kraća pauza za čišćenje, dogovor, zaglavljani materijal, podešavanje parametara proizvodnje
	<ul style="list-style-type: none"> Rad pri smanjenoj brzini 	Manji broj zaposlenika, edukacija – neiskustvo, usko grlo, visoka stopa defekata
Kvaliteta	<ul style="list-style-type: none"> Proizvodnja nedovoljno kvalitetnih proizvoda 	Loša kontrola kvalitete, nepažnja zaposlenika, nestandardizirani proces
	<ul style="list-style-type: none"> Smanjeni prinos 	Započinjanje proizvodnje (eng. <i>warm up time</i>), rad s krivo podešenim parametrima stroja

- Gubici zbog zastoja: javljaju se kada je planirano da stroj radi, no zbog kvarova, neplaniranih aktivnosti održavanja, postavljanja nove ili dodatne opreme stoji. Kako bi se ti gubici smanjili, potrebno je pratiti raspored održavanja stroja i opreme od strane nadležnog odjela. Nadalje, potrebno je obučavati operatore linija da znaju obavljati zadatke drugih operatora u slučaju bilo kakve neizbježne situacije. Što se tiče

pripreme i podešavanja opreme, to su neizbježne situacije tijekom rada jer su one dio procesa, no ono na što se može utjecati jest svođenje vremena promjene i vrijeme prilagodbe na najmanju moguću mjeru nakon povećanja radne učinkovitosti operatera.

- Gubici brzine: oprema je pokrenuta, ali ne radi pri maksimalnoj predviđenoj brzini. Najčešći gubici brzine događaju se kada se takt proizvodnje poveća, odnosno proizvodnje smanji ali nije nula. Može ovisiti o neispravnosti, malim tehničkim nedostacima, poput zaglavljenog strojnog dijela ili pokretanja opreme koja se odnosi na zadatak održavanja, postavljanje ili zaustavljanje zbog organizacijskih razloga. Jedan od načina nošenja s tim gubicima je povremena edukacija operatera kako bi na pravilan, a često i na brži način, obavili svoj zadatak.
- Gubici kvalitete: oprema u vremenu između pokretanja i potpuno stabilne propusnosti (razina operativnosti stroja pri kojoj se ne događaju nesukladnosti zbog npr. nedovoljno zagrijane PU mase) proizvodi proizvode koji ne zadovoljavaju u potpunosti navedene zahtjeve kvalitete. Događaju se čak i zbog nepravilnog rada stroja ili zbog toga što procesni parametri nisu podešeni na odgovarajući način. Potrebno je standardizirati proces i potaknuti zaposlenike da rade prema tim standardima, jer samo standardizirani procesi se mogu poboljšati.

Na slici u nastavku [Slika 19.], ukupno vrijeme razloženo je na manje vremenske jedinice na način da su prikazani razlozi koji skraćuju produktivno vrijeme proizvodnje.

UKUPNO VRIJEME		
RADNO VRIJEME		Planirani zastoji
OPERATIVNO VRIJEME		Kvarovi Postavljanje i podešavanje opreme
NETO OPERATIVNO VRIJEME	Kraći zastoji Rad pri smanjenoj brzini	
KORISNO OPERATIVNO VRIJEME	Gubitak kvalitete Smanjeni prinos	

Slika 19. Vremenski prikaz proizvodnog procesa [31]

Pomoću ovakvih prikaza, vrlo je lako shvatiti da direktnim suočavanjem i rješavanjem šest velikih gubitaka u proizvodnji, omogućuje se izravno utjecanje na povećani izlaz koji u konačnici rezultira većim prihodima, rastu i razvoju kulture poduzeća i zadovoljstvom zaposlenika i kupaca.

5. PODUZEĆE HAIX OBUĆA

Kako bi se ispitala mogućnost povećanja produktivnosti na velikim strojevima, a samim time i produktivnost samog procesa proizvodnje obuće primjenom metoda i alata vitke proizvodnje, odabrano je poduzeće HAIX Obuća d.o.o..

Poduzeće HAIX osnovano je 1948. godine u Mainburgu, u njemačkoj pokrajini Bavarska i svoje poslovanje fokusira na proizvodnji funkcionalne obuće. U Hrvatskoj djeluje od 1999. godine u suradnji s poduzećem Jelen, dok 2005. otvara svoju podružnicu u Hrvatskoj, HAIX Obuća.

HAIX Obuća nalazi se u široj okolici Čakovca, točnije u Maloj Subotici. Praktična istraživanja i kreativni razvoj novih proizvoda zaštitni su znakovi poduzeća. Poslovna strategija tvrtke HAIX razvijena je u sjedištu Bavarske. Logo kompanije prikazan je na slici [Slika 20].

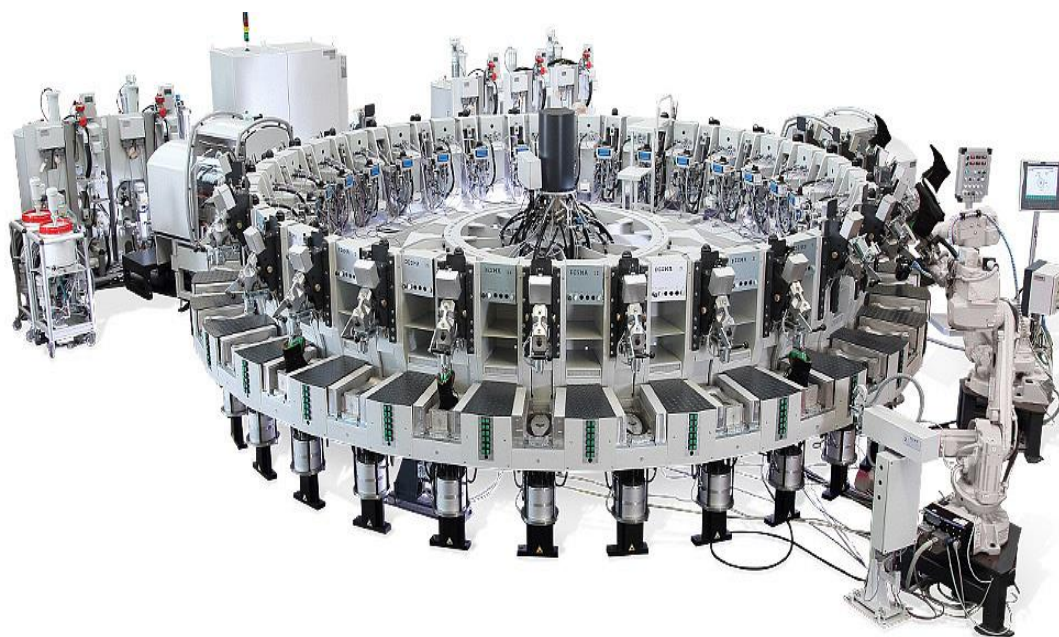


Slika 20. HAIX logo [34]

Uz moto „*proizvedeno u Europi*“, HAIX je postavio temelje za jedan od najsuvremenijih svjetskih postrojenja za proizvodnju obuće u Hrvatskoj gdje više od 1.000 zaposlenika izrađuje funkcionalnu obuću. Američka grana HAIX u Lexingtonu, Kentucky, unapređuje širenje na američkom tržištu od 2003. HAIX zapošljava više od 1300 ljudi širom svijeta i proizvodi više od 1,2 milijuna pari cipela godišnje s tendencijom porasta tog broja.

5.1. Primjena TPM-a i OEE-a na promatrani slučaj

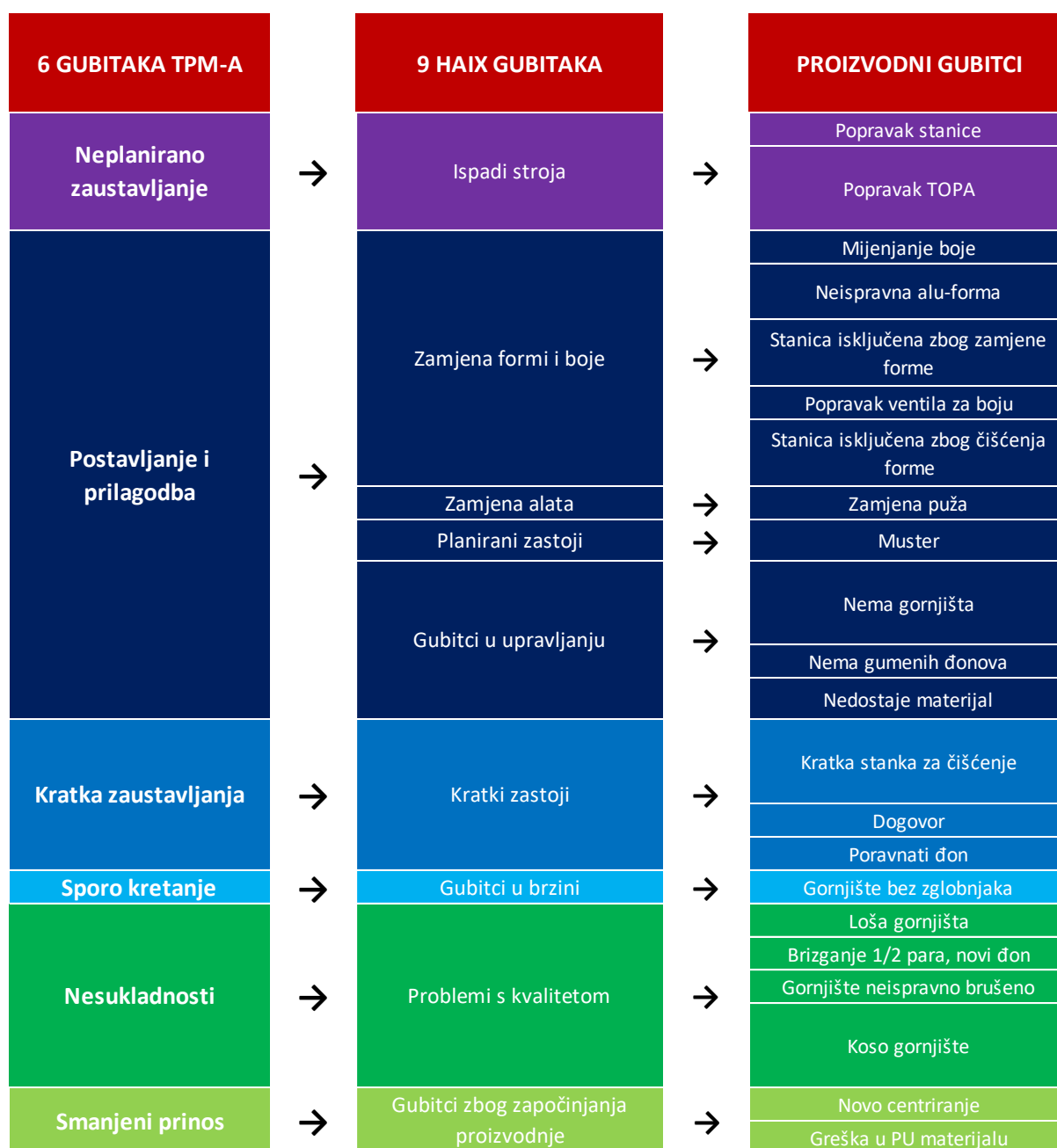
Ispitivanje mogućnosti podizanja produktivnosti korištenjem metoda vitkog menadžmenta provodit će se najprije prikupljanjem podataka o postojećim gubicima u procesu i njihovom analizom. Zatim će se uz detaljni uvid u pojedine razloge gubitaka strukturirati tablica prema TPM metodologiji šest velikih gubitaka. Za postavljanje početnog stanja koristit će se OEE parametar koji će se izračunati prema predlošku izrađenom u *Microsoft Excelu*. Proizvođač stroja, nad kojim se provode promatranja i analize s ciljem povećanja produktivnosti, je njemačko poduzeće *DESMA*. Promatrani stroj sastoji se od 30 kružno raspoređenih stanica za brizganje. Ovisno o postavljenom vremenskom taktu stroja, stroj se nakon isteka takta zarotira za 12° na način da sljedeća stanica dolazi na top za brizganje mase koji u ovom slučaju dodaje vrijednost proizvodu. Istovremeno, na preostalim stanicama nakon topa, masa se hladi unutar forme, dok se na stanicama neposredno prije topa odrađuju potrebne faze pripreme za brizganje mase u cipelu.



Slika 21. DESMA stroj za brizganje [35]

U idealnim uvjetima rada, stroj bi se tijekom radnog dana neprestano okretao i spajao đonove s gornjištima čime bi se postigla učinkovitost od 100%. No, u realnim uvjetima rada dolazi do stajanja stroja, prolaska praznih stanica, nedostatka materijala i kvarova. Iz tog razloga, za

stvaranje početne slike stanja procesa potrebno je sastaviti popis svih mogućih razloga prekida takta, odnosno čimbenika koji smanjuju učinkovitost stroja. Kako bi se to napravilo, koristi se TPM princip *šest velikih gubitaka*. Taj princip objedinjuje razloge smanjenja ukupnog produktivnog vremena u tri kategorije različite po vrsti gubitka. Jedan od glavnih ciljeva programa implementacije TPM i OEE alata je smanjiti ili eliminirati najčešće uzroke gubitka produktivnosti zbog opreme. Radi se o gubicima zastoja, brzine i kvalitete. Zbog boljeg razumijevanja samog procesa i mogućnosti praćenja uzroka tih gubitaka prema izvoru nastajanja, kreiran je prikaz raspodjele gubitaka [Slika 22.] koji se pojavljuju u konkretnom proizvodnom procesu brizganja PU mase. Tablica se sastoji od tri stupca, hijerarhijski postavljena da prikazuju razloge gubitka od općenitih (sažetih prema konceptu šest velikih gubitaka) do konkretnih, pojedinačnih razloga. U prvoj koloni nalaze se već spomenuti veliki gubici, u drugoj dodatno proširena područja pojave gubitaka iz konkretnog promatranog sustava proizvodnje obuće, dok se u trećoj koloni nalaze svakodnevni gubici koji se pojavljuju u procesu brizganja. Ovakvom raspodjelom nakon izvršenih analiza lako je uočljivo što su i zbog čega se pojavljuju najveći gubici koji utječu na smanjenje produktivnosti stroja. Pa tako pod neplanirano zaustavljanje spadaju gubici poput popravka stanica ili topa za brizganje. Pod postavljanje i prilagodbu spada zamjena boje i formi, te gubici u planiranju poput nedostajanja materijala. Pod gubitke u brzini spadaju kratke stanke za čišćenje, dogovor između majstora i operatora stroja i nedovoljno iskustvo zaposlenika. U posljednjoj kategoriji gubitaka, kvaliteti, nalaze se gubici poput loših gornjišta iz prijašnjih operacija, nesukladnosti koje dovode do rezanja đona i potrebe za novim centriranjem. Raspodjela promatranih faktora gubitka učinkovitosti za DESMA stroj, posebno napravljena za ovaj promatrani slučaj, vizualno je prikazana na sljedećoj slici [Slika 22.].

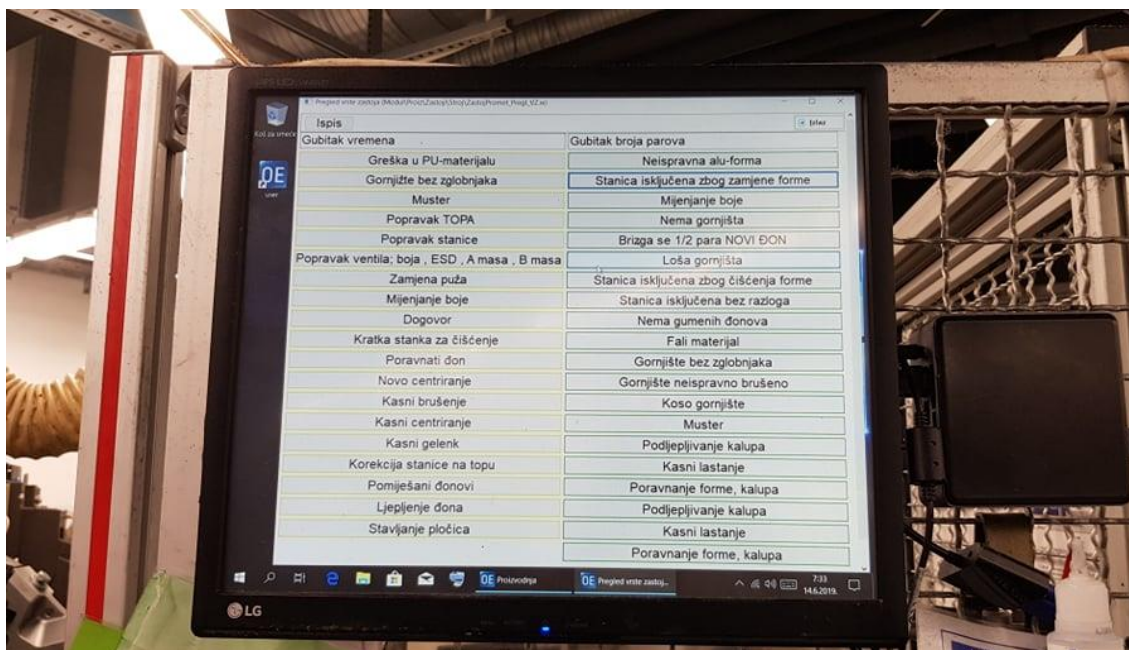


Slika 22. Strukturirani gubici prema načelu šest velikih gubitaka TPM-a

Srednja kolona u tablici, 9 HAIX gubitaka, dodana je kako bi se kroz bolju strukturiranost i objašnjeno područje gubitaka koji se pojavljuju direktno u proizvodnji, dodatno olakšalo praćenje istih i kasnije upravljanje promjenama. U praktičnoj primjeni, ta kolona služi kao poveznica između općenito prepoznatih gubitaka u proizvodnji i stvarnih, svakodnevnih gubitaka koji se pojavljuju tijekom procesa brizganja PU mase u obuču. Tih 9 HAIX gubitaka dobiveno je prilikom formiranja plana provedbe projekta primjenjujući ovaj TPM alat na

konkretni primjer DESMA stroja. Upotrebom različitih boja, ostvaruje se lakše vizualno praćenje vrste gubitaka pri provedbi analize što će kasnije biti prikazano u tablicama.

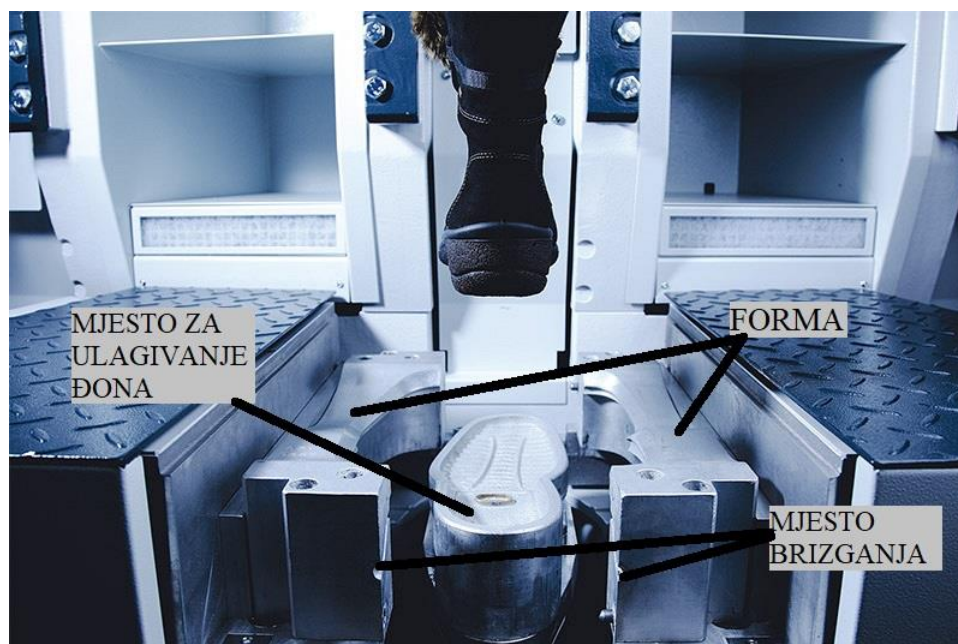
Jedan od načina prikupljanja podataka vezanih uz gubitke jest sustav *BDE* (njem. *Betriebsdatenerfassung* – prikupljanje operativnih podataka) koji je razvijen unutar poduzeća posebno za slučaj stroja za brizganje. Na slici [Slika 23.] je prikazano grafičko sučelje BDE sustava.



Slika 23. Sučelje BDE sustava za prikupljanje podataka

BDE sustav prikuplja podatke na način da vođi stroja (zaposleniku koji se nalazi kraj topa za brizganje i upravlja parametrima PU mase) nudi prozor s popisanim razlozima gubitaka. Gubici su strukturirani u dvije skupine:

- Gubici zbog prekida takta, stajanja stroja
- Gubici zbog nepopunjenih stanica



Slika 24. Prikaz jedne stanice na DESMA stroju [35]

Gubici zbog zastoja nalaze se s lijeve strane sučelja i odnose se na sve razloge koji dovode do gašenja rotacije stroja, odnosno do stajanja svih 30 stanica, dok se gubici zbog praznih stanica nalaze s desne strane prozora. Zaposlenik unosi podatke u sustav preko dodirnog zaslona.

Međutim, ovaj sustav nije povezan direktno sa samim strojem pa vjerodostojnost podataka ovisi u pažljivosti i predanosti zaposlenika pri unosu.

Prednost ovakvog sustava jest što se na ovakav način prikupljanja podataka vrlo lako, kroz primjenu odgovarajuće analize, može doći do ključnih razloga gubitaka učinkovitosti u procesu.

Jedan od koraka implementacije totalnog produktivnog održavanja je izračun ukupne učinkovitosti opreme. OEE parametar ovisi o dostupnosti, učinkovitosti i kvaliteti proizvodnog procesa i opreme čime daje dobar uvid u trenutno stanje opreme u odnosu na konkurentske kompanije unutar iste branše. Za izračun tog parametra potrebno je posjedovati informacije o planiranom radnom vremenu, gubicima koji se prikupljaju prije navedenim načinom te podaci o kvaliteti proizvoda. Posljednji na tom popisu, podaci o kvaliteti proizvoda, prikupljeni su od strane odjela za kontrolu kvalitete.

Za lakši izračun OEE, izrađen je predložak u *Microsoft Excelu* koji je prikazan na sljedećoj slici [Slika 25.].

Plant operating time / Operativno vrijeme postrojenja	Value / Iznos	
Number of shifts / Broj smjena		
Duration of shift (min) / Trajanje smjene (min)		
Measure / Mjera	Total minutes / Ukupno minuta	Comments / Komentar
Plant operating time / Operativno vrijeme postrojenja	0	Time in which plant can operate (normally number of shifts time duration of a shift in minutes) / Vrijeme u kojem je postrojenje dostupno za rad (broj smjena pomnožen s trajanjem smjene u minutama)
Planned Shut Down / Planirano vrijeme mirovanja	0	Planned shut down time which includes all events that should be excluded from efficiency analysis because there was no intention of running production (e.g. breaks, lunch, scheduled maintenance, or periods where there is nothing to produce) / Planirano vrijeme mirovanja je vrijeme koje bi trebalo biti isključeno iz analize učinkovitosti jer u to vrijeme nije bilo namjere da se odvija proizvodnja (npr. pauze, ručak, planirano održavanje, periodi za koje se planira da neće biti proizvodnje)
Planned production time / Planirano vrijeme proizvodnje	0	The remaining available time when Planned Shut Down time is subtracted from Plant operating time is Planned Production Time / Planirano vrijeme proizvodnje se dobije na način da se od Operativnog vremena postrojenja oduzme Planirano vrijeme mirovanja
Downtime losses / Gubici zbog zastoja u radu		
Operating time / Vrijeme rada	0	Availability = Operating time / Planned production time
Availability / Raspoloživost (A)	0%	
Speed losses / Gubici na brzini		
Ideal run rate (Pairs/min) / Idealna brzina izrade (Par / min)	0	Cycle time per Pair / Vrijeme ciklusa po paru u sekundama
Cycle time / Vrijeme ciklusa (sec)		
Total pieces (output) / Ukupno proizvedeno pari		Performance = (Total pieces / Operating time) / Ideal run rate
Net operating time / Neto vrijeme rada	0	
Performance / Efikasnost (P)	0%	
Quality losses / Gubici na kvaliteti		
Good pieces (Pairs) / Dobri proizvodi (Pari)	0	Quality = Good pieces / Total pieces
Total pieces (Pairs) / Ukupno proizvoda (Pari)	0	
Fully Productive time / Vrijeme potpune produktivnosti	0	
Quality / Kvaliteta (Q)	0%	
OEE (A*P*Q)	0%	

Downtime losses / Gubici zbog zastoja u radu	Example / Primjer	Minutes / Minute
Loss / Gubitak		
Breakdowns / Kvarovi	Tooling Failures / Kvarovi alata Unplanned maintenance / Neplanirano održavanje General breakdowns / Općenti kvarovi Equipment Failure / Kvarovi opreme	
Setup and adjustment / Priprema / podešavanje	Setup/Changeover / Priprema stroja Form changeover / Promjena forme Material Shortages / Nedostatak materijala Operator Shortages / Nedostupnost operatera Ilg adjustments / Velika podešavanja DESMA Warm-up time / Vrijeme zagrijavanja DESMA	
Speed losses / Gubici na brzini		
Loss / Gubitak		
Small stops and idle time / Mali zastoji i prazni hod stroja	Obstructed Product Flow / Onemogućeni tok proizvoda Component jams / Zaglavljene komponente Misfeeds / Krivo opsluživanje stroja Sensor blocked / Blokirani senzori Delivery Blocked / Blokirana dostava materijala Cleaning, Checking / Čišćenje, provjera Empty forms on DESMA / Prazne forme na DESMA	
Reduced Speed / Smanjena brzina	Rough Running / Grubo vođenje stroja Under design capacity / Kapacitet ispod nominalnog Equipment wear / Istrošenost opreme Operator inefficiency / Neiskusno operatera	
Quality losses / Gubici na kvaliteti		
Loss / Gubitak		
Startup Rejects / Odbacivanje pri pokretanju	Defects / Škart Rework / Ponovna obrada In process damage / Šteta tijekom procesa Incorrect Assembly / Pogrešna montaža	Number of rejects / Broj loših proizvoda
Production Rejects / Škart u proizvodnji	Defects / Škart Rework / Ponovna obrada In process damage / Šteta tijekom procesa Incorrect Assembly / Pogrešna montaža	
Planned Shut Down (Downtime) / Planirano mirovanje		
Loss / Gubitak		
Capacity / Kapacitet	Excess capacity / Višak kapaciteta	
Breaks / Paze	Planned breaks / Planirano pauze	
Maintenance / Održavanje	Planned Maintenance / Planirano održavanje	
Management / Upravljanje	Communications briefs, team meetings / Komunikacija i sastanci timova	

Slika 25. Predložak za izračun OEE parametra [36]

U sljedećoj točki ovog poglavlja postaviti će se trenutno stanje promatranog proizvodnog procesa.

5.2. Trenutno stanje procesa

Prema riječima P. Druckera, svaki korak u procesu koji se može izmjeriti, može se i unaprijediti [37]. Podaci prikupljeni u svrhu analize i postavljanja početnog stanja prikupljeni su u periodu od 5 tjedana, odnosno 18. ožujka do 23. travnja 2019.

5.2.1. Takt

Pošto se proizvodi proces odvija na stroju za brizganje koji se u teoriji u jednakim vremenskim intervalima okreće i mijenja poziciju stanicama, važno je napomenuti što je to takt procesa. Takt procesa je prosječno vrijeme između početka proizvodnje jedne jedinice i početka proizvodnje sljedeće jedinice, kada su ti proizvodni počeci postavljeni tako da odgovaraju stopi potražnje kupaca. Takt se smatra pulsom svake proizvodne linije i računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$T = \frac{T_a}{D}$$

Gdje je:

- T = vrijeme takta [vrijeme između dvije uzastopne jedinice]
- Ta = Vrijeme raspoloživo za rad [radno vrijeme, smjena]
- D = potražnja (potražnja kupca) [jedinice proizvedene u smjeni]

U ovom konkretnom slučaju razlikuju se tri takta procesa koji su prikazani u sljedećoj tablici [Tablica 6.].

Tablica 6. Tri vrste taktnog vremena

		Teoretski takt stroja	Planirani takt stroja	Stvarni takt procesa
		-	-	-
Vrijeme	[s]	11	13.58	19.87
Broj jedinica	[pari]	2455	1989	1359
Gubitak prethodnog iznosa	[%]		19.0%	31.7%

Prilikom kupovine stroja, prema riječima proizvođača, najkraći takt stroja pri kojem su osigurani optimalni uvjeti rada i proizvodnja sukladnih proizvoda iznosio je 11 sekundi. Taj takt nazvan je teoretskim taktom stroja. U idealnim uvjetima na taj način dnevno je moguće proizvesti 2455 pari obuće na promatranom stroju.

Na temelju prikupljenih podataka u promatranom periodu, prosječno vrijeme takta iznosilo je 13.58 sekundi i u daljnjem kontekstu će se spominjati kao planirani takt stroja iz razloga što na taj takt stroja utječe broj operatera stroja i odluka majstora i vođe stroja o planiranom vremenu takta. U idealnim uvjetima na taj način dnevno je moguće proizvesti 1989 pari obuće što je u postocima 19 % manje u odnosu na teoretski takt stroja.

Do stvarnog takta procesa dolazi se na način da se dostupno vrijeme za proizvodnju podijeli s prosječnim dnevnim brojem stvarno proizvedenih pari obuće čime se dolazi do stvarnog takta procesa od 19.87 sekundi. Stvarni takt procesa veći je od planiranog za 6.29 sekundi. Na dnevnoj razini to znači da je u prosjeku proizvedeno 630 pari manje od planiranog, odnosno da je proizvedeno 68.3% od planiranog iznosa. Razlozi produljenja takta od 6.29 sekundi u prosjeku pronalaze se u praznim stanicama, neplaniranim zastojevima stroja, tehničkim problemima stroja i ostalim aktivnostima koje ne donose vrijednost proizvodu (NVAT, WT).

5.2.2. Prazne stanice

Gubitak praznih stanica odnosi se na situaciju kada stanica dođe do topa za brizganje bez gornjišta i umetnutog đona. Do toga može doći zbog propusta u planiranju (nedostatak materijala) ili zbog nedovoljnog iskustva zaposlenika pri čemu dolazi do vraćanja proizvoda na prethodne operacije. Tablica s prikazanim gubicima nalazi se u nastavku.

Tablica 7. Gubici zbog praznih stanica

Opis gubitka	Suma	Postotak	Kumulativno	Vrijeme	
	pari	%	%	min/dan	min/god
Loše gornjište	1046	18.09	18.09	268.01	62178.98
Stanica isključena zbog zamjene forme	1010	17.46	35.55	258.79	60038.97
Neispravna alu-forma	840	14.53	50.08	215.23	49933.40
Novo centriranje	839	14.51	64.59	214.97	49873.96
Nedostaje gornjište	464	8.02	72.61	118.89	27582.26
Popravak 1/2 para, novi đon	418	7.23	79.84	107.10	24847.81
Popravak stanice	354	6.12	85.96	90.70	21043.36
Nedostatak gumenih đonova	329	5.69	91.65	84.30	19557.25
Muster	146	2.52	94.17	37.41	8678.90
Stanica isključena zbog čišćenja forme	136	2.35	96.52	34.85	8084.46
Greška u PU masi	80	1.38	97.91	20.50	4755.56
Zamjena boje	35	0.61	98.51	8.97	2080.56
Ostalo	26	0.45	98.96	6.66	1545.56
Popravak forme	26	0.45	99.41	6.66	1545.56
Nedostatak materijala	23	0.40	99.81	5.89	1367.22
Krivo gornjište na stanici	8	0.14	99.95	2.05	475.56
Čekanje na odluku	3	0.05	100.00	0.77	178.33
Suma	5783			1481.76	336574.92

U promatranom periodu od 28 radnih dana, dobiveni su podaci prikazani u tablici [Tablica 7.]. Razlozi gubitaka obojani su prema kategorijama šest velikih gubitaka [Slika 22.]. U tablici je prikazana ukupna suma izgubljenih pari obuće, njihov postotak, te dnevni i godišnji procijenjeni gubitak u vremenu. Vrijeme koje se izgubi dnevno dobiveno je na osnovi broja izgubljenih pari obuće i broju promatranih dana. Izvor podataka je BDE sustav. Za potrebe analize svaka stanica promatra se kao individualni dio procesa, koji se istovremeno izvršava 30 puta. U analizi procesa promatra se kapacitet stroja, a ne realno vrijeme zbog čega ispada da je ukupno izgubljeno dnevno vrijeme (1481 minuta) veće od vremena raspoloživog za proizvodnju (900 minuta).

Neki od razloga gubitaka su neizbježni, no moguće je težiti njihovom minimiziranju. Primjenom paretovog principa, korištenjem kumulativnih vrijednosti postotaka gubitka, rozom bojom istaknuto je 20% razloga gubitaka koji uzrokuju 80% gubitka. U sljedećoj tablici [Tablica 8.] poblize su objašnjeni najčešći gubici.

Tablica 8. Najčešći uzroci praznih stanica

Gubitak	Objašnjenje gubitka
Loše gornjište	Uzrok lošem gornjištu pronalazi se u operacijama šivanja i cvikanja (navlačenje gornjišta na kalup) što ovisi o vještini zaposlenika
Stanica isključena zbog zamjene forme	Zatvaranjem postojećeg radnog naloga, javlja se potreba za zamjenom forme, nadalje, ovaj gubitak vezan je uz gubitak popravka ½ para gdje je potrebno novo brizganje đona pa se zbog trenutnog nedostatka tog đona forma mijenja i kreće izvršenje novog naloga, bez zatvaranja prethodnog što vodi do nove, neplanirane zamjene forme
Neispravna alu-forma	Do gubitka neispravne alu-forme dolazi prilikom poravnanja forme zbog nedovoljno dobrog zatvaranja forme što obično primjećuje zaposlenik na centriranju. U rjeđim slučajevima javlja se i oštećenje forme.
Novo centriranje	Operacija centriranja obavlja se na način da se cipela stavi na stanicu i spusti u formu koja je prethodno namazana po gornjim rubovima kako bi prilikom zatvaranja ostavila trag na cipeli koji služi brusačima kao granica do koje bruse cipelu. Pravilno centriranje ponajviše ovisi o iskustvu i vještini zaposlenika, no velik utjecaj ima i pravilno lastanje obuće (stavljanje plastičnog kalupa unutar gornjišta kako bi se dobio odgovarajući oblik za daljnje operacije) i pravilno podešavanje stanice (što ovisi o vještini zaposlenika koji mijenja formu)
Nedostaje gornjište	Nedostatak gornjišta ovisi o planiranju proizvodnje i operacijama koje prethode samom procesu na DESMA stroju. Razlozi mogu biti zbog iskustvo djelatnika (kasne s izvršenjem operacije) na operacijama stavljanja kalupa na gornjište, brušenja, skidanja kalupa s gornjišta i centriranja

Gubitak	Objašnjenje gubitka
Popravak ½ para, novi đon	Ovaj gubitak znači da je nakon brizganja nastao nepopravljiv nedostatak te je potrebno ručno rezanje đona. Predstavlja gubitak jer se proizvod vraća natrag na stroj pri čemu opet zauzima kapacitet stroja, i povlači za sobom već spomenutu zamjenu forme.

Kao najčešći razlog praznih stanica pojavljuje se loše gornjište. Loše gornjište prema slici [Slika 22.] spada pod nesukladnosti, odnosno u probleme s kvalitetom i u prosjeku dnevno potroši kapacitet stroja 268 minuta. Drugi na popisu najčešćih razloga je zamjena forme koja je neizbježna zbog različitog asortimana proizvoda i dnevno u prosjeku potroši desetak minuta manje od loših gornjišta, 258 minuta. Otprilike podjednake rezultate polučili su gubici neispravne alu-forme i novo centriranje – 215 minuta dnevno. Ostatak do 80% ukupnih gubitaka čine gubici zbog nedostajanja gornjišta i ponovnog brizganja ½ para obuće.

5.2.3. Zastoj

Gubici uzrokovani zastojem stroja odnose se na stajanje svih 30 stanica. Stroj se može zaustaviti na dva načina, ručno ili automatski. Češća opcija zaustavljanja je ručno okretanjem sklopke i za to je odgovoran vođa stroja, odnosno operater koji radi kod topa za brizganje PU mase. Operater zaustavlja stroj prilikom pojave gubitaka prikazanih u sljedećoj tablici [Tablica 9.]. Nešto rjeđi slučaj zaustavljanja je automatski i događa se prilikom pojave nepravilnosti u radu stroja. Naime, prilikom otvaranja forme ne dolazi do trenutnog odvajanja mase od forme, što uzrokuje naginjanje dijela stanice na kojem je prikačena cipela zajedno s kalupom. Sve dok se taj dio, nazvan „noga“, ne vrati na mjesto, stroj će biti zaustavljen. Rezultati analize provedene nad podacima prikupljenim BDE sustavom prikazani su na sljedećoj tablici [Tablica 9.].

Tablica 9. Gubici zbog zastoja

Opis gubitka	Suma	Dnevni gubitak	Postotak	Kumulativno	Godišnji gubitak
	min	min/dan	%	%	min
Zamjena puža	273.08	15.17	38.69	38.69	3519.74
Muster	117.58	6.53	16.66	55.34	1515.52
Kratka pauza za čišćenje	82.12	4.56	11.63	66.98	1058.39
Nedostatak gornjišta	68.90	3.83	9.76	76.74	888.04
Dogovor	29.68	1.65	4.21	80.94	382.59
Popravak topa	27.98	1.55	3.96	84.91	360.67
Novo centriranje	20.75	1.15	2.94	87.85	267.44
Loše gornjište	20.63	1.15	2.92	90.77	265.94
Neispravna alu-forma	19.93	1.11	2.82	93.59	256.92
Stanica isključena zbog zamjene forme	16.60	0.92	2.35	95.94	213.96
Nedostatak gumenih đonova	10.57	0.59	1.50	97.44	136.19
Popravak ventila	6.38	0.35	0.90	98.34	82.27
Zamjena boje	3.58	0.20	0.51	98.85	46.19
Stanica isključena zbog čišćenja forme	2.10	0.12	0.30	99.15	27.07
Nedostatak materijala	1.58	0.09	0.22	99.37	20.41
Popravak 1/2 para, novi đon	1.50	0.08	0.21	99.59	19.33
Popravak stanice	1.20	0.07	0.17	99.76	15.47
Nepravilno brušenje	0.52	0.03	0.07	99.83	6.66
Poravnanje đona	0.47	0.03	0.07	99.90	6.01
Stanica isključena bez razloga	0.42	0.02	0.06	99.96	5.37
Gornjište bez zglobnjaka	0.27	0.01	0.04	99.99	3.44
Nakošeno gornjište	0.03	0.00	0.00	100.00	0.43
Popravak ESD ventila	0.02	0.00	0.00	100.00	0.21
Suma	705.90	39.22			9098.27

Kao i u prethodnoj tablici, razlozi gubitaka obojani su prema prethodno postavljenoj slici [Slika 22.]. Tablica prikazuje ukupnu sumu izgubljenog vremena u minutama za promatrani period, dnevni gubitak vremena, postotak i kumulativnu vrijednost postotka te godišnje gubitke u vremenu. Nadalje, korištenjem paretovog principa izlučeno je 5 razloga koji se odnose na 80 % gubitaka zbog zastoja. U sljedećoj tablici [Tablica 10.] objašnjeni su ti gubici.

Tablica 10. Najčešći uzroci zastoja

Gubitak	Objašnjenje gubitka
Zamjena puža	DESMA stroj koristi puž kao sredstvo brizganja mase. Svojom rotacijom kroz kanale pritišće masu u zatvorenu formu i time spaja gornjište s donom. Zamjena puža prema proizvođaču potrebna je svakih 60 minuta, no zbog stava poduzeća glede kvalitete, postavljena je izmjena na svakih 30 minuta. Prijedlog je preispitivanje odluke o zamjeni svakih 30 minuta.
Muster	Muster, odnosno uzorak, jest planirano testiranje novih proizvoda koji nisu u radnom nalogu, no zauzimaju kapacitet stroja. Ponekad se javi veći broj mustera od planiranog.
Kratka pauza za čišćenje	Uključuje čišćenje komore za miješanje, micanje ostatka PU – mase i čišćenje forme ukoliko ima potrebe za tim (ostaci PU – mase u utorima forme)
Nedostatak gornjišta	Nedostatak gornjišta ovisi o planiranju proizvodnje i operacijama koje prethode samom procesu na DESMA stroju. Razlozi mogu biti zbog iskustvo djelatnika (kasne s izvršenjem operacije) na operacijama stavljanja kalupa na gornjište, brušenja, skidanja kalupa s gornjišta i centriranja. Javlja se prilikom odluke vođe stroja da pričeka operaciju koja kasni.
Dogovor	Javlja se prilikom kraćih sastanaka s nadređenima, kratkim uputama za rad, čekanju odluke o nastavku proizvodnje određenog artikla (zbog pojave nesukladnosti)

Prema raspodjeli u kategorije šest velikih gubitaka, 80 % gubitaka spada u dvije skupine, postavljanje i prilagodba te kratka zaustavljanja. Najviše vremena stajanja događa se zbog zamjene puža i isprobavanja uzoraka (muster). Zajedno ta dva razloga, prema podacima iz BDE sustava, odnose 55 % ukupnog vremena stajanja. Kratka pauza za čišćenje, nedostatak gornjišta i dogovor slijede nakon njih i prosječno dnevno stroj stoji 10 minuta zbog tih razloga.

Međutim, promatranjem proizvodnog procesa, odlaskom u Gembu, primijećeno je da se izmjena boje događa češće nego je to zabilježeno BDE sustavom. Kao što je prije napomenuto, unos podataka u BDE sustav ovisi o pažnji i koncentraciji zaposlenika te su greške kod unosa izgledne i realne za očekivati. Daljnjom kontrolom i usporedbom podataka koje bilježi sam stroj sa svojim sustavom, primijećeno je da se događa više zamjena puža nego je bilježeno BDE-om, no dolazi se i do otkrića problema čestog gašenja stroja na kratke intervale od 5 do 7 sekundi. Detaljnije o utjecaju ovih dodatnih gubitaka zaustavljanja stroja bit će objašnjeno u sljedećoj točki.

5.2.4. Objašnjenje gubitaka

Analizom prikupljenih podataka locirani su ključni gubici učinkovitosti DESMA stroja za brizganje mase. Dobivenim rezultatima napravljena je mapa gubitaka koja je prikazana u tablici [Tablica 11.].

Tablica 11. Mapa gubitaka

Mapa gubitaka	
Takt stroja	13.58
Proizvedeni pari obuće	1359
Teoretski moguć broj pari obuće	1989
Učinkovitost	68.33%
Prazne stanice (BDE)	11.01%
Zastoj (BDE)	4.37%
Čišćenje glave za brizganje (između smjena)	0.89%
RGE glava (gašenje stroja)	1.40%
Nezabilježena zamjena puža	1.92%
Nezabilježeni zastoj	3.20%
Zamjena boje	8.55%
Suma	99.7%

Podaci o postocima izračunatim za pojedine razloge dobiveni su iz sljedeće tablice [Tablica 12.].

Tablica 12. Dodatni podaci za analizu mape gubitaka

	Broj izgubljenih pari	Izvor podataka	Prosječno vrijeme
Vrijeme jednog okreta stroja		Odjel planiranja	6.79 min
Prazne stanice	219	BDE	
Zastoj	87	BDE	
Čišćenje na kraju smjene	18	Gemba	8 min
Gašenje RGE glave	28	Desma	4 sec
Nebilježenje zamjene puža	38	Desma	45 sec
Nebilježenje zastoja	64	Desma	8 sec
Nebilježenje zamjene boje	170	Formular	14 sec

Prema podacima iz odjela planiranja dnevno je prosječno proizvedeno 1359 pari što čini učinkovitost stroja od 68.33%. Ostatak vremena raspoloživog za proizvodnju potrebno je objasniti. Podaci prikupljeni BDE sustavom (prazne stanice i zastoji) objašnjavaju dodatnih 15.38% što ostavlja 16.29% vremena neobjašnjenim. Nakon odrađenog promatranja i prikupljanja podataka iz različitih izvora (odjel za kontrolu kvalitete, DESMA sustav, formulari, mjerenje vremena prilikom promatranja procesa) izdvojeni su dodatni razlozi za gubitak vremena i oni su prikazani u [Tablica 11.]. Prvi od njih je vrijeme koje se koristi za čišćenje RGE glave stroja za brizganje između smjena. Dnevno to vrijeme iznosi u prosjeku 8 minuta i u dosadašnjim analizama nije uzeto u obzir. Nadalje, primijećen je tehnički problem gašenja RGE glave stroja što bilježi sam sustav stroja. Dnevni broj gašenja stroja u prosjeku iznosi 192, odnosno 1.4% dnevno raspoloživog vremena. Direktnom usporedbom podataka prikupljenih iz BDE i DESMA sustava dolazi do razilaženja podataka kod zamjene puža i općenitog bilježenja zaustavljanja stroja. Naime, u prosjeku se dnevno zamjena puža dogodi 37 puta, a BDE sustavom zabilježeno je samo 14 izmjena. Također, ukupan broj kratkih zaustavljanja stroja okretanjem sklopke prema DESMA sustavu iznosi 408 puta, dok je BDE sustavom bilježeno prosječno 192 zastoja. Zajedno razlika u prikupljenim podacima odnosi 5.12% dnevno raspoloživog vremena za proizvodnju. Na kraju, najveći nebilježeni postotak zastoja od 8.55% odnosi se na zamjenu boje PU-mase. Maksimalan broj različitih boja spojenih na top za brizganje kod ovog DESMA stroja iznosi 4 što daje mogućnost mijenjanja boje PU mase, odnosno boje dijela obuće koji spaja gornjište s donom. Najčešće boje su crna, plava, smeđa i siva. Prilikom mijenjanja boje s crne na bilo koju drugu dolazi do ekstrudiranja mase u prazno dva do tri puta kako bi se pročitio top – da bi se dobila jednolična boja mase. Prilikom prelaska bilo koje boje na crnu nema dodatnog ekstrudiranja mase. Taj proces traje u prosjeku 15-ak sekundi i dnevno se dogodi otprilike 330 puta. Taj broj može biti veći i manji,

ovisno o broju artikala s različitim bojom i planu proizvodnje (postavljanju formi na stanice). Time je objašnjeno gotovo svih 100% vremena dostupnog za proizvodnju.

5.2.5. OEE

OEE rezultat pruža vrlo vrijedan uvid o tome koliko učinkovito se odvija promatrani proizvodni proces. Korištenjem tog parametra olakšava se praćenje poboljšanja u procesu tijekom vremena. iako se OEE koristi za usporedbu s kompanijama u istim industrijama, ne pruža uvid u uzroke gubitaka produktivnosti. Iz tog razloga promatraju se iznosi dostupnosti, izvedbe i kvalitete. Uz svakodnevnu primjenu ove metode dobiva se broj koji pokazuje koliko dobro proces funkcionira i dodatna tri broja koji upućuju na vrstu gubitaka. U tablici [Tablica 13.] su prikazani rezultati izračunatog parametra za promatrani proces.

Tablica 13. Izračun OEE za promatrani slučaj

Gubici zbog zastoja u radu	
Vrijeme rada (min)	746.79
Planirano vrijeme proizvodnje (min)	900
Dostupnost / (A) <i>Availability</i>	0.8298
Gubici na brzini	
Idealna brzina izrade (Pari / min)	2.73
Vrijeme ciklusa (sec)	22
Ukupno proizvedeno pari	1359
Neto vrijeme rada	604.93
Efikasnost / (P) <i>Performance</i>	0.6673
Gubici na kvaliteti	
Dobri proizvodi (Pari)	1355
Ukupno proizvoda (Pari)	1359
Vrijeme potpune produktivnosti	496.83
Kvaliteta / (Q) <i>Quality</i>	0.9971
OEE (A*P*Q)	0.5520

- Gubici zbog zastoja u radu / dostupnost
 - Odnose se na kvarove alata, neplanirano održavanje, kvarove opreme, pripremu stroja, zamjenu formi, nedostatak materijala, nedostupnost operatera
 - Dobiveni rezultat dostupnosti iznosi 82.98%

- Gubici na brzini / efikasnost
 - Odnosi se na prazne forme, čišćenje, provjeru, zaglavljene komponente, krivo opsluživanje stroja, neiskustvo operatera, istrošenost opreme
 - Dobiveni rezultat efikasnosti iznosi 66.73%

- Gubici na kvaliteti / kvaliteta
 - Odnosi se na broj nesukladnih proizvoda, škart, ponovnu obradu (broj cipela na kojima je potrebno rezanje đona i ponovno brizganje)
 - Dobiveni rezultat kvalitete iznosi 99.71%

- Ukupna učinkovitost opreme / OEE
 - Dobiveni rezultat iznosi 55.20%
 - U odnosu na svjetske standarde [Slika 18.], proces brizganja PU mase u poduzeću HAIX Obuća, ostvaruje prosječan uspjeh. Uz svakodnevna poboljšanja koja se primjenjuju i uz pomoć alata vitke proizvodnje, tendencija porasta OEE parametra je izvjesna

5.3. Prijedlog poboljšanja

Nakon provedenog vremena u poduzeću i promatranja procesa, primijećena su određena područja poboljšanja.

Tablica 14. Područja poboljšanja

Područje poboljšanja	Komentar
BDE sustav	Izrada <i>user friendly</i> sustava – isticanje najčešćih razloga zastoja i gubitka pari (obojani drugom bojom, veće „kućice“ za pritisnuti, slika gubitka), omogućavanje poništavanja unosa, bolja komunikacija između korisnika i kreatora sustava o potrebnim opcijama

Područje poboljšanja	Komentar
Razvrstavanje đonova	<p>Zadatak vođe stroja između ostalog je i ulaganje đonova unutar forme. Obzirom na broj stanica, đonovi su razvrstani u sanduke. No, često se događa da ti đonovi unutar sanduka nisu točno razvrstani, odnosno, u istom sanduku se nalaze različite veličine, pomiješani mat i sjajni đonovi. Prilikom slaganja đonova u sanduke u skladištu je potrebna veća koncentracija zaposlenika čime se direktno utječe na kraće vrijeme zastoja jer vođa stroja ne treba tražiti određenu veličinu i boju đona. Predlaže se uvođenje POKA YOKE sustava kod slaganja đonova i vizualni menadžment na samom DESMA stroju.</p>
Edukacija	<p>Prijedlog je bolja edukacija novih zaposlenika (i trenutnih) o samom procesu, razlozima pojedinih aktivnosti, razlozima grešaka u proizvodnji, mogućnostima stroja i slično, kako bi sam zaposlenik znao zbog kojih razloga nešto radi i na koji način bi mogao sam poboljšati proces proizvodnje dajući vlastite prijedloge poboljšanja. Uz nedostatak znanja i vješte radne snage, svaki odlazak zaposlenika se osjeti. Predlaže se uvođenje pozicije pripravnika na značajnijim radnim mjestima unutar procesa kako bi se kroz edukaciju i stjecanje iskustva, eventualan odlazak kvalitetne radne snage brzo nadoknadio.</p>
Brizganje krive boje	<p>Tijekom jedne rotacije moguće su i 4 izmjene boje. S obzirom na velik broj različitih modela i nedovoljne pažnje ili iskustva operatera dolazi do brizganja krive boje što uzrokuje škart, koji je potrebno rezati i ponovno brizgati za što je potreban novi đon, što pak za sobom vuče nepotrebnu zamjenu formi. Ovih nekoliko gubitaka međusobno je isprepletano i prijedlog poboljšanja je vizualizacija modela (slika u boji i naziv modela) kako bi operater u svakom trenutku mogao vidjeti koju boju je potrebno brizgati za koji model.</p>

Područje poboljšanja	Komentar
Zamjena boje i formi	<p>Potrebno uzimanje šireg sustava u obzir (ne samo lansiranje i DESMU) od početka pripreme gornjišta i donova do samog lansiranja. Razrada plana vrši se dan ili dva unaprijed, s materijalom koji dođe do mjesta lansiranja, što zbog nedovoljnog vremena i nepoznavanja dolazećeg materijala onemogućuje izradu optimalnog plana proizvodnje. Rezultat su češće potrebe za zamjenom boje i formi. Prijedlog je bolja i pravovremena komunikacija između različitih odjela u lancu opskrbe (od dobavljača, skladišta, do lansiranja i stroja, te dugoročno izrada modela linearnog programiranja s ciljem minimalizacije izmjene boja i formi. Uz to predlaže se uvođenje informacijskog sustava koji će na dnevnoj bazi ažurirati plan postavljanja formi ovisno o potrebama proizvodnje. Pri tome je vrlo bitno postojanje povratne veze kako bi sustav davao odgovarajuće rezultate.</p>
Odnos prema radu	<p>Postoji razlika u odnosu prema radu između mlađih i starijih zaposlenika. Prijedlog je razgovor sa zaposlenicima s ciljem motivacije, izrada transparentnog sustava za praćenje zaposlenika i izrada matrice vještina s ciljem napredovanja zaposlenika, a samim time i napretkom poduzeća i proizvodnih procesa.</p>
Modeli obuće	<p>Problemi predebelog dijela gornjišta na Desmi uzrokuje nejednako raspršivanje mase prilikom brizganja (npr. preklapanje srednjeg i stražnjeg dijela cipele ili loga). Rezultat je drugačija boja i potreba dodatne obrade prskanjem na finišu. Prijedlog je bolja komunikacija između odjela za modeliranje i majstora na DESMA strojevima.</p>

Područje poboljšanja	Komentar
Hijerarhija	Zbog vrlo brzog rasta broja zaposlenika postoje rupe u hijerarhijskoj ljestvici poduzeća. Ponekad je nejasan lanac odgovornosti. Teško se prihvaćaju promjene u procesu, te se nakon što se prihvate, u slučaju pojave problema nevezanog za tu promjenu, vrlo brzo stanje procesa vraća staro. Potrebno je postavljanje jasne organizacijske strukture postavljene na način da postoje osobe koje su zadužene za tok vrijednosti, a ne za određeni odjel.
Odlazak u Gembu	Prijedlog da zaposleni u rukovodstvu češće odlaze u proizvodnju, kako bi bolje upoznali sam proces i probleme koji se pojavljuju s ciljem brže i lakše implementacije poboljšanja, ujedno i da se zaposlenici u proizvodnji naviknu na promatranje njihovog rada i na svakodnevnu suradnju s njima. Međutim, ukoliko odlazak u Gembu nije strukturiran, a rukovodeći kadar pravilno educiran, ova aktivnost može postati kontraproduktivna.
Tehnički problem	Gašenje RGE glave oduzima 1.4% dnevno raspoloživog vremena za proizvodnju stoga se svakako predlaže kontaktiranje proizvođača i otklanjanje ovog problema.

5.4. Kvantifikacija mogućih unaprjeđenja, plan implementacije, informacijski sustav

Nakon provede analize, uočeni su glavni razlozi gubitka učinkovitosti DESMA stroja za brizganje PU mase. Ti razlozi uz troškove u vremenu i novcu prikazani su sljedećom tablicom [Tablica 15.].

Tablica 15. Kvantifikacija gubitaka

Razlozi gubitka	Broj izgubljenih pari	Vrijeme	
		Dnevno	Godišnje
		min	min
Prazne stanice	219	1487	344986
Zastoj	87	591	137049
Čišćenje na kraju smjene	18	122	28355
Gašenja RGE glave	28	189	43834
Nezabilježena zamjena puža	38	259	60030
Nezabilježeni zastoj	64	432	100224
Nezabilježena zamjene boje	170	1155	267960
Suma	624	4234.65	982439

Dnevni gubitak broja pari obuče iznosi 624. S obzirom da se na stroju istovremeno vrti 30 stanica i svaka se razmatra zasebno, dnevno je na raspolaganju 13 505 minuta, pri čemu je za dobivanje jednog para potrebno 6.79 minuta. Pretvoreno u troškove vremena, dnevno se gubi 4234.65 minuta. S obzirom na 232 radna dana u godini, ukupni trošak neiskorištenog kapaciteta stroja iznosi 982 439 minuta.

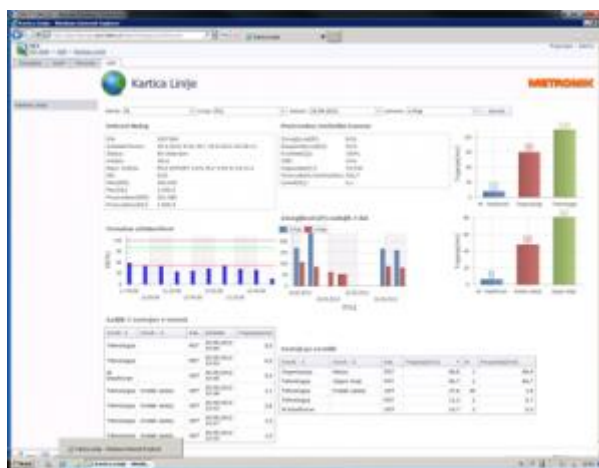
Ako se implementacijom predloženih alata vitke proizvodnje i promjenama u dosadašnjem upravljanju procesom, gubici zastoja, praznih stanica i zamjene boje smanje 10 -12% i ako se tehnički problemi stroja otklone, očekuje se godišnja ušteda u visini od više tisuća eura.

Implementacija promjena provodi se po planu opisanom u prvom koraku spomenute implementacije [Slika 17.]. Prilikom upoznavanja zaposlenika s TPM načelima, predlaže se suočavanje s problemima čije je rješavanje najlakše. Time se ostvaruje „brza pobjeda“ i privlači se pažnja zaposlenika. Područja koja će donijeti trenutno povećanje izlaza iz proizvodnje, ukoliko se riješe na odgovarajući način, zovu se uska grla. To su mjesta unutar procesa zbog kojih ostali procesi čekaju i gomilaju međuzalihe. U ovom slučaju, ostvaruju najviše gubitaka poput reparacije donova i loših gornjišta (zbog cvikanja ili šivaone). Najveća podrška za implementaciju TPM-a među zaposlenicima dobit će se ukoliko se riješe najproblematičniji događaji unutar procesa. U ovom slučaju to je planiranje proizvodnje čime će se smanjiti ukupan broj zamjene boje i formi. Tablica s prikazanim prednostima, nedostacima i primjerima implementacije prikazana je u nastavku [Tablica 16.].

Tablica 16. Tijek implementacije i način rješavanja problema

Rješavanje gubitaka	Prednosti	Mane	Primjer
Najlakše poboljšanje	Prilika za brzo unaprjeđenje	Manje povrata uloženog u odnosu na elemente koji su uska grla procesa	Sortiranje donova, podešavanje BDE sustava, vizualni sadržaj, kraća vremena zamjene puža
	Preporučljivo prilikom početne implementacije TPM-a	Ne koristi benefite TPM-a kao druge opcije	
Usko grlo	Trenutno povećava <i>output</i>	Rad na ključnom problemu kao probnom projektu	Loša gornjišta, reparacija donova, podljepljivanje kalupa
	Najbrži povrat uloženog	Može rezultirati većim vremenom zastoja zbog implementacije poboljšanja	
Najproblematičnije	Poboljšanje će imati veliku podršku operatera	Manje povrata uloženog u odnosu na elemente koji su uska grla procesa	Zamjena boje i formi
	Rješavanje takvih problema će osnažiti prihvatanje i implementaciju TPM-a	Najproblematičniji problemi s razlogom dobivaju taj epitet, veliki izazov pri rješavanju	

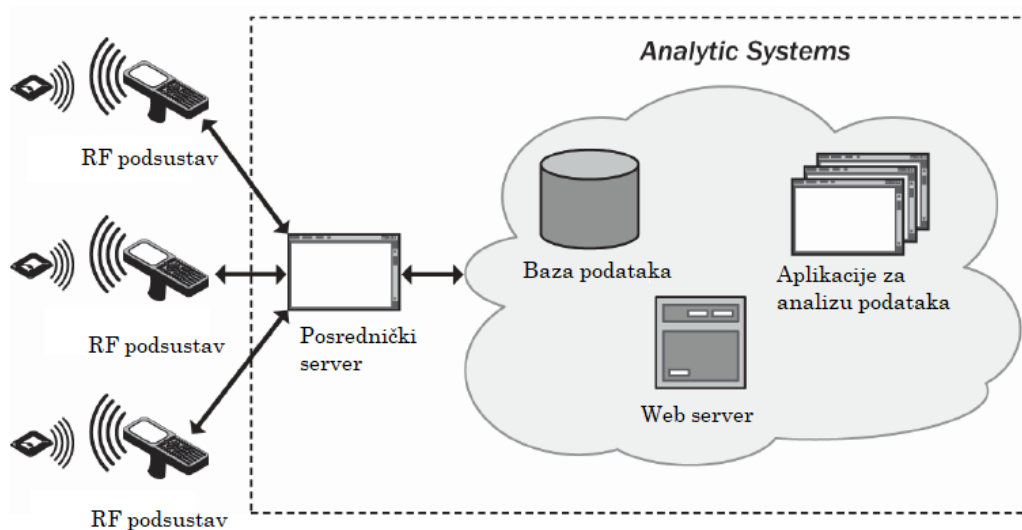
S obzirom da industrija 4.0 već kuca na vrata proizvodnih organizacija, u nastavku će biti dan prijedlog uvođenja informacijskog sustava za praćenje proizvodnih procesa. Za potrebe poduzeća HAIX Obuća, odabran je informacijski sustav regionalne tvrtke Metronik po nazivu MePIS.

**Slika 26. Prikaz MePIS grafičkog sučelja [38]**

Taj informacijski sustav pokriva funkcije poput operativnog planiranja i razvrstavanja, vođenja proizvodnje preko radnih naloga, potpunu sljedivost materijala, upravljanje kvalitetom i proizvodnom učinkovitošću te posjeduje mogućnost analiziranja i generiranja izvještaja. Ono što ga čini pogodnim za HAIX-ov proizvodni sustav su moduli za praćenje proizvodnog materijalnog toka (pristigli sirovi materijali, gotovi donovi, sljedivost

poluproizvoda po operacijama od rezanja i šivanja do sastavljanja i briganja PU mase, zaprimanje i izdavanje radnih naloga), skladišnog poslovanja (međuskladišni promet – spremanje gornjišta za kasniju preradu, inventure, te preuzimanje i otprema robe), planiranja i mikrorazvrstavanja (mjesečni-tjedni-dnevni plan proizvodnje), i među ostalim automatsko praćenje učinkovitosti proizvodnog procesa pomoću OEE parametra. OEE parametar izračunava se na temelju automatski prikupljenih podataka o zastojsima i količinama, omogućuje „real time“ praćenje proizvodnog stanja i izračun ostalih određenih KPI pokazatelja (eng. *Key Performance Indicators*). U poduzeću HAIX time bi se olakšalo praćenje poboljšanja proizvodnog procesa i ostvario prvi korak prema boljoj komunikaciji između odjela i samim time prema vrhu obučarske industrije u Europi.

Također, predlaže se i mogućnost povezivanja RFID načina praćenja obuće kroz proizvodnju od samog početka do kraja proizvodnog sustava s predloženim informacijskim sustavom. Na taj način dobila realna slika stanja proizvodnje.



Slika 27. Način prikupljanja podataka RFID sustavom [39]

Implementacijom takvog informacijskog sustava postigao bi se koncept virtualne cipele, što znači da bi u svakom trenutku u realnom vremenu postojalo znanje o lokaciji, prijeđenim operacijama, operaterima i eventualnim nesukladnostima svake cipele u proizvodnji.

6. ZAKLJUČAK

Kako vrijeme prolazi, tako se i sklonosti potrošača mijenjaju. Zbog toga današnje proizvodne organizacije nailaze sve više na konkurenciju na globalnom tržištu proizvoda i usluga gdje je cilj u što kraćem vremenu proizvesti i dostaviti ono što kupac želi. Kako bi se kompanije istaknule među konkurencijom, gotovo uvijek posežu za rješenjima koje nudi vitka proizvodnja. Na taj način uz istu cijenu proizvoda, smanjenjem nepotrebnih troškova, ostvaruju veće prihode. Iz tog razloga se i promatrano poduzeće HAIX Obuća okrenulo vitkom načinu razmišljanja.

Tema ovog diplomskog rada bila je ispitivanje mogućnosti podizanja produktivnosti procesa u obućarskoj industriji primjenom alata vitke proizvodnje. Pri tome je jedan od zadataka bila procjena trenutnog stanja i prijedlog implementacije metodologija i alata leana u obućarskom proizvodnom sustavu, konkretnije dijelu procesa vezanog uz odjel DESMA stroja za brizganje. Nakon stvaranja teorijske podloge o vitkom menadžmentu, totalnom produktivnom održavanju i ukupnoj učinkovitosti opreme, prikupljeni su podaci o razlozima gubitka vremena u proizvodnom procesu brizganja PU – mase između gornjišta i đona obuće. Provedenom pareto analizom, locirani su glavni razlozi gubitka vremena te su ti razlozi detaljno obrađeni. Daljnjim uvidom u stanje procesa uočeni su dodatni, dosad ne uzimani u obzir razlozi gubitka vremena čime je objašnjeno gotovo cjelokupno radno vrijeme stroja. Time je dokazana važnost šetnje Gembom jer čistim analiziranjem dobivenih podataka u uredu stekli bi se netočni rezultati. Prijedlozi poboljšanja svrstani su u tri kategorije, od brzih i lako rješivih problema, do većih izazova u procesu unaprjeđenja. Nadalje, postojeći gubici u vremenu i broju proizvedenih pari, kvantificirani su i prikazani u obliku dnevnih i godišnjih troškova u minutama i novcima. Na kraju, predložen je informacijski sustav koji bi pomogao poduzeću da krene ukorak s novom industrijskom revolucijom, industrijom 4.0. Zaključno, ukoliko se dijelovi procesa mogu izmjeriti, mogu se i poboljšati. U promatranom poduzeću, vitki način razmišljanja je u punom zamahu i prostora za napredak ima. Uz kvalitetnu radnu snagu i rukovodstvo koje prihvaća promjene koje nosi vitka proizvodnja te uz postavljene KPI-ove, svakodnevno se može pratiti ostvareni napredak procesa. Kvantifikacijom gubitaka prikazano je da i mala poboljšanja u procesu znače ozbiljne financijske uštede.

Prema riječima grčkog filozofa Heraklita, promjena je jedina stvar koja je konstantna. Stoga poduzeća moraju biti dovoljno fleksibilna da se prilagode nadolazećim promjenama i da ih iskoriste za stvaranje vlastite konkurentske prednosti.

LITERATURA

- [1] Prišlič B., Digitalizacijom do održive industrije obuče, HGK, <https://www.hgk.hr/digitalizacijom-do-odrzive-industrije-obuce-najava>, 2019.
- [2] Vidaković T., Recept za eliminiranje suvišnih procesa, troškova i radnji u poslovanju, <https://lider.media/arhiva/76114/>, 2009.
- [3] Štefanić N., Lean proizvodnja, Materijali s predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.
- [4] Štefanić N., Upravljanje znanjem i promjenama, Materijali s predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010.
- [5] Murray M., The Origins and Principles of Lean Manufacturing, <https://www.thebalancesmb.com/origins-and-principles-of-lean-manufacturing-2221395>, 2018.
- [6] Lean Enterprise Institute, Muda, Mura, Muri, <https://www.lean.org/lexicon/muda-mura-muri>. (lipanj 2019.)
- [7] Karaivanov D., Kanbanize, 7 Wastes of Lean: How to Optimize Resources, <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/7-wastes-of-lean/>, 2019.
- [8] Skhmot N., The 8 Wastes of Lean, <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>, 2017.
- [9] Vendramin G., Gemba - a management process for leading the organization, <https://www.carelusa.com/blog/>, 2018.
- [10] Jansson K., "Lean Thinking" and the 5 Principles of Lean Manufacturing, <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/lean-thinking-and-the-5-principles-of-lean-manufacturing>, 2017.
- [11] Jones D. T., Womack J.P., Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, First Free Press Edition, 2003.
- [12] Hegedić M., Model upravljanja proizvodnjom integriranjem vitkoga i zelenoga menadžmenta, Doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [13] Crawford M., 5 Lean Principles Every Engineer Should Know, <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/manufacturing-design/5-lean-principles-every-should-know>, 2016.

- [14] Alvarez K., Aldas D., Reyes J., Towards Lean Manufacturing form Theory of Constraints: A Case Study in Footwear industry, Universad Tecnica de Ambato, Ambato, Ekvador, 2017.
- [15] Vorne, What is the theory of constraints, <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>. (svibanj 2019.)
- [16] Mia A. S., Nur-E-Alam, Ahmad F., Uddin M. K., Implementation of Lean Manufacturing Tools in Footwear industry of Bangladesh, University of Dhaka, Bangladesh, Indija, 2017.
- [17] Theagarajan S. S., Manohar H. L., Lean Management Practices to improve Supply Chain Performance of Leather Footwear industry, CSIR – Central Leather Research Institute, Adyar Chennai, Indija, 2015.
- [18] Cicvarić B., Efekt biča, <https://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=7109>, 2017.
- [19] Liu Q., Yang H., Lean implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study of A Footwear Manufacturer, Transportation Management College, Dalian Maritime University, Dalian, Kina, 2017.
- [20] Karaivanov D., Kanbanize, What is bottleneck and how to deal with it, <https://kanbanize.com/lean-management/pull/what-is-bottleneck/>. (svibanj 2019.)
- [21] ICES. Upravljanje zalihama. Powerpoint prezentacija s predavanja održana na Ekonomskom fakultetu u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera Osijek, 2017.
- [22] Tamer H. Haddad, Ayham A.M., Lean TPM for Healthcare Facilities: An implementation Methodology, Jaaronindustrial Engineering Department, An-Najah National University, Nablus, Palestine, 2012.
- [23] Venkatesh J., An introduction to Total Productive Maintenance (TPM), http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml (travanj 2019.)
- [24] TPM Pillars—Eight Pillars of Total Productive Maintenance, <https://leanfactories.com/tpm-pillars-eight-pillars-of-total-productive-maintenance/> (travanj 2019.)
- [25] Total Productive Maintenance (TPM), <https://vative.com.au/lean-tools/total-productive-maintenance-tpm/> (travanj 2019.)
- [26] Arashdeep S., inderpreet S. A., *Evaluating the impact of 5S methodology on manufacturing performance*, Department of Mechanical Engineering, Punjabi University, 2014.

-
- [27] Tools for 5S Lean Manufacturing, <https://www.graphicproducts.com/articles/tools-for-5s-lean-manufacturing/> (travanj 2019.)
- [28] 5S, <http://leansixsigmadefinition.com/glossary/5s/> (travanj 2019.)
- [29] Poka Yoke, <http://www.lean-fabrika.cz/ca/terminology/poka-yoke-444738> (travanj 2019.)
- [30] TPM (Total Productive Maintenance), <https://www.leanproduction.com/tpm.html> (travanj 2019.)
- [31] Managing OEE to Optimize Factory Performance, <http://www.opentextbooks.org.hk/ditatic/18828> (travanj 2019.)
- [32] OEE (Overall Equipment Effectiveness), <https://www.leanproduction.com/oe.html> (travanj 2019.)
- [33] Calculate OEE, <https://www.oe.com/calculating-oe.html> (travanj 2019.)
- [34] HAIX Group, <https://www.haix.de/> (svibanj 2019.)
- [35] DESMA, <https://www.desma.de/en/> (lipanj 2019.)
- [36] Hegedić M., Predložak za izračun OEE, Zagreb, 2018
- [37] Drucker P., If you can't measure it, you can't improve it, <https://guavabox.com/if-you-cant-measure-it-you-cant-improve-it/> (lipanj 2019.)
- [38] MePIS, Metronik, <http://www.metronik.hr/proizvodi/mepis/> (lipanj 2019.)
- [39] Kulkarni G.A., Sutar R., Mohite S., Shelke R., RFID security issues & challenges, Conference: International Conference on Electronics and Communication Systems, Francuska, 2014.