

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**OPTIMIZACIJA MATERIALNEGA TOKA V
PROIZVODNEM PROGRAMU MEHATRONIKA V
PODJETJU ISKRA AVTOELEKTRIKA**

DIPLOMSKO DELO

Boštjan Žnidarčič

Mentor: pred. Valter Rejec, univ. dipl. inž. stroj.

Nova Gorica, 2010

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, pred. Valterju Rejcu, univ. dipl. inž. stroj. za nudenje nasvetov pri izdelavi diplomskega dela. Hvala tudi mentorju iz podjetja Iskra Avtoelektrika, g. Davidu Široku.

NASLOV

Optimizacija materialnega toka v proizvodnem programu Mehatronika v podjetju Iskra Avtoelektrika

IZVLEČEK

V podjetju Iskra Avtoelektrika smo izdelali analizo toka vrednosti za proizvodni proces elektromotorja v SPE Mehatronika. Namen analize je bilo ugotavljanje nepotrebnih izgub v proizvodnem procesu. V SPE Mehatronika so to velike medfazne zaloge pred in po delnem procesu zalivanja ter velike zaloge materialov v skladišču. Vzroki za velike medfazne zaloge so dolga preurejanja strojev, velik delež zastojev, velik delež izmeta ter neuravnoteženost kapacitet proizvodnega procesa.

Nadalje smo izdelali simulacijo, da bi ugotovili, s kakšnimi medfaznimi zalogami bi proizvodni proces obratoval, če bi odpravili preurejanja, zastoje in izmet. Zanimalo nas je tudi, koliko bi se v tem primeru zmanjšal pretočni čas, in povečal delež dodajanja vrednosti.

Z zmanjšanjem medfaznih zalog, oziroma s skrajšanjem pretočnega časa, bi se sprostil prostor v proizvodnem obratu, sprostita bi se denarna sredstva podjetja in zmanjšali bi se stroški financiranja. Pojavili bi se tudi učinki, ki jih je težko izraziti v vrednosti. Ti učinki so: manjša škoda pri rokovanju z materialom, manjši režijski stroški, manjši stroški iskanja blaga, manjša možnost zastoja v proizvodnji, olajšano odkrivanje in odpravljanje napak, manj iskanja delov, povečana sposobnost soočenja in reševanja nevsakdanjih problemov z novimi idejami, manjše izgube denarja in časa kot posledica kakovostnejšega planiranja, hitrejša manipulacija, povečana zavest delavcev itd.

KLJUČNE BESEDE

Analiza toka vrednosti, proizvodni proces, simulacija, izgube, pretočni čas, delež dodajanja vrednosti, zaloge

TITLE

Optimisation of the material flow in the manufacturing program Mechatronics in the company Iskra Avtoelektrika

ABSTRACT

We have made value stream analysis for the manufacturing process of an electromotor in the SBU Mechatronics in the company Iskra Avtoelektrika. The purpose of the mapping was to find where unnecessary losses occur in the manufacturing process. In SBU Mechatronics the unnecessary losses are large semiproduct inventories before and after the partial process of potting and large material inventories in the warehouse. The causes for large semiproduct inventories are the lengthy machine rearranging, a large portion of deadlocks, large scrap rates and the unbalance of the capacities in the production system.

We spent the most time making the simulation with the purpose of finding out what would our semiproduct inventories be, if we would eliminate the rearrangements, deadlocks and scraps. We were also interested how in this case will decrease total product cycle time and how will increase the value added ratio.

With reduced semiproduct inventories and shortening of the total product cycle time more space is available in the manufacturing process; there is a release of financial means of the company and a decrease of financing costs. There would also be effects that are hard to express in any value. These effects are: a lesser damage in handling with the material, lesser direction costs, lesser costs of finding the material, a smaller possibility of deadlocks in the production, easier discovering and recovering of mistakes, less searching for parts, an increased ability to face and solve unusual problems with new ideas, better planning would cause less spending of time and money, faster manipulation, an increase in the awareness of workers and so on.

KEYWORDS

Value stream analysis, production process, simulation, spending, total product cycle time, value added ratio, supplies

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Opis problema.....	1
1.2	Cilji diplomskega dela	1
1.3	Struktura diplomskega dela	1
2	PREDSTAVITEV PODJETJA IN IZDELKA	3
2.1	Predstavitev podjetja Iskra Avtoelektrika.....	3
2.2	Predstavitev SPE Mehatronika	4
2.3	Predstavitev izdelka	6
2.3.1	Pregled razvoja volanskih sistemov	6
2.3.2	EPS volanski sistem	6
2.3.3	Konstrukcija elektromotorja za EPS volanski sistem	6
3	PROIZVODNI PROCES	8
3.1	Proces sestavljanja statorja	8
3.2	Proces montaže	12
4	VITKA PROIZVODNJA	15
4.1	Metoda 5S.....	15
4.1.1	Sortiranje	16
4.1.2	Organizacija	17
4.1.3	Čiščenje	17
4.1.4	Standardizacija	17

4.1.5	Disciplina	17
4.2	5 zakaj.....	18
4.3	Vidna tovarna.....	18
4.4	Timi za stalne izboljšave.....	18
4.5	Q orodja	18
4.6	Poka – Yoke.....	19
4.7	7 W.....	19
4.8	TPM (Total Productive/Preventive Maintenance).....	19
4.9	SMED (Single Minute Exchange of Dies)	20
4.10	Uravnoveženost procesov.....	20
4.11	Proizvodne celice.....	20
4.12	Pretok posameznih obdelovancev	20
4.13	Kanban.....	20
5	PROCES ZAGOTAVLJANJA VITKE PROIZVODNJE.....	21
5.1	Tok vrednosti	22
5.1.1	Dodana in nedodana vrednost	23
5.1.2	Izgube v proizvodnem procesu	23
6	ANALIZA TOKA VREDNOSTI.....	29
6.1	Koraki analize toka vrednosti	29
6.2	Simboli.....	31
7	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA V SPE MEHATRONIKA	32

7.1	Izbira izdelka.....	32
7.2	Opredelitev povpraševanja s strani kupca	32
7.3	Popis proizvodnega procesa.....	34
7.4	Opredelitev materialnega toka	38
7.4.1	Opredelitev velikosti medfaznih zalog.....	38
7.4.2	Določitev časov trajanja medfaznih zalog in časov procesiranja.....	39
7.4.3	Določitev mest kopičenja materialov in medfaznih zalog	41
7.4.4	Beleženje zalog materialov v skladišču in določitev pogostosti dobav .	42
7.5	Opredelitev informacijskega toka.....	43
7.6	Izračun pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti	44
7.6.1	Izračun pretočnega časa	44
7.6.2	Izračun deleža dodajanja vrednosti	44
8	SIMULACIJA.....	47
8.1	Priprava delovnega lista in podatkov za simulacijo.....	47
8.1.1	Priprava delovnega lista	47
8.1.2	Priprava podatkov	47
8.2	Simulacija na delnih procesih <i>navijanje</i> in <i>aranžiranje</i>	50
8.3	Simulacija na delnih procesih <i>aranžiranje</i> in <i>zalivanje</i>	53
8.4	Simulacija na delnih procesih <i>zalivanje</i> in <i>montaža</i>	55
8.5	Simulacija odvoza izdelkov v odpremno skladišče	57
8.6	Prikaz količine izdelkov v odpremnom skladišču.....	59

9	ANALIZA REZULTATOV	61
9.1	Primerjava obstoječega stanja s stanjem iz simulacije	61
9.1.1	Primerjava velikosti medfaznih zalog	61
9.1.2	Primerjava časov trajanja medfaznih zalog	61
9.1.3	Primerjava pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti	62
10	UČINKI SKRAJŠANJA PRETOČNEGA ČASA	64
10.1	Finančni učinki	64
10.2	Učinki, ki jih ne moremo izraziti v vrednosti	65
11	PREDLOGI ZA OPTIMIZACIJO MATERIALNEGA TOKA	66
11.1	Naročanje materialov na podlagi signalnih zalog	66
11.2	Sprememba tehnološkega postopka <i>zalivanje</i>	68
12	ZAKLJUČEK	69
13	LITERATURA	70
	PRILOGA 1: SIMULACIJA	71

KAZALO SLIK

Slika 1: Elektromotor za EPS volanski sistem	4
Slika 2: Elektromotor za EHPS volanski sistem	4
Slika 3: Predvideni izdelki	5
Slika 4: Konstrukcija elektromotorja za EPS volanski sistem	7
Slika 5: Proces sestavljanja statorja	11
Slika 6: Proces montaže	14
Slika 7: Gradniki vitke proizvodnje	15
Slika 8: Koraki metode 5S	16
Slika 9: Koraki v procesu zagotavljanja vitke proizvodnje	21
Slika 10: Izgube v proizvodnem procesu	23
Slika 11: PDCA krog	30
Slika 12: Standardni simboli analize toka vrednosti	31
Slika 13: Blok povpraševanja kupca	34
Slika 14: Proizvodni proces razdeljen na štiri delne procese	34
Slika 15: Operacije v delnih procesih <i>navijanje, aranžiranje in zalivanje</i>	35
Slika 16: Operacije v delnem procesu <i>montaža</i>	36
Slika 17: Mesta kopičenja materialov in medfaznih zalog	42
Slika 18: Končana analiza toka vrednosti	46
Slika 19: Pripravljen Microsoft Excelov delovni list	50
Slika 20: Simulacija na delnih procesih <i>navijanje in aranžiranje</i>	52

Slika 21: Simulacija na delnih procesih <i>aranžiranje</i> in <i>zalivanje</i>	54
Slika 22: Simulacija na delnih procesih <i>zalivanje</i> in <i>montaža</i>	56
Slika 23: Simulacija odvoza izdelkov v odpremno skladišče	58
Slika 24: Prikaz količine izdelkov v odpremnom skladišču.....	60
Slika 25: Proizvodni proces iz simulacije	63

KAZALO TABEL

Tabela 1: Simboli uporabljeni v sinoptičnem planu	8
Tabela 2: Velikosti medfaznih zalog na dan meritve.....	39
Tabela 3: Čas trajanja medfazne zaloge.....	40
Tabela 4: Čas procesiranja	40
Tabela 5: Zaloge materialov v skladišču in pogostost dobav	43
Tabela 6: Primerjava medfaznih zalog.....	61
Tabela 7: Primerjava časov trajanja medfaznih zalog.....	62
Tabela 8: Primerjava pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti	62

1 UVOD

1.1 Opis problema

Strateška poslovna enota Mehatronika je bila ustanovljena leta 2005 in posluje na meji dobička. Nižanje stroškov je zato nujno. Ena izmed možnosti za zmanjšanje stroškov je odstranitev nepotrebnih izgub iz proizvodnega procesa. Nepotrebne izgube v proizvodnem procesu so vse aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti izdelku. Največja težava je te izgube prepoznati. Najlažje jih prepoznamo iz analize toka vrednosti.

Z odpravo izgub iz proizvodnega procesa znižamo stroške, sprostimo denarna sredstva in prostor ter povečamo konkurenčnost podjetja.

1.2 Cilji diplomskega dela

Cilji diplomskega dela so:

- narediti analizo toka vrednosti za proizvodni proces v SPE Mehatronika,
- izdelati simulacijo. S simulacijo želimo ugotoviti:
 - s kakšnimi medfaznimi zalogami bi obratoval proizvodni proces, če bi odpravili zastoje, preurejanja in izmet,
 - koliko bi se v tem primeru skrajšal pretočni čas, oziroma povečal delež dodajanja vrednosti.
- podati predloge za optimizacijo materialnega toka.

1.3 Struktura diplomskega dela

Na začetku diplomskega dela smo opisali podjetje Iskra Avtoelektrika, izdelek in proizvodni proces. To je nujno za razumevanje diplomskega dela. V četrtem poglavju smo predstavili gradnike vitke proizvodnje. V petem smo opredelili pojma

dodana in nedodana vrednost ter predstavili 7 vrst izgub v proizvodnem procesu. V šestem poglavju smo predstavili analizo toka vrednosti. Sedmo poglavje je namenjeno analizi toka vrednosti v SPE Mehatronika, osmo pa simulaciji. V devetem poglavju smo predstavili rezultate simulacije, v desetem pa učinke skrajšanja pretočnega časa. V enajstem poglavju smo podali predloge za optimizacijo materialnega toka. Sledita še zaključek in pregled uporabljene literature.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA IN IZDELKA

2.1 Predstavitev podjetja Iskra Avtoelektrika

Družba Iskra Avtoelektrika je bila ustanovljena leta 1960. Sledilo je obdobje hitre rasti družbe. Danes v Iskri Avtoelektriki razvijajo, izdelujejo in tržijo proizvode za vozila, plovila in mobilno hidravliko.

Proizvodi Iskre Avtoelektrike so zaganjalniki, alternatorji, enosmerni motorji, pogonski sistemi, stikala, krmilniki, vžigalne tuljave, hladno oblikovani deli, navitja, plastični deli, aluminijasti ulitki iz tlačnega litja, orodja za kovinskopredelovalno industrijo ter proizvodna in kontrolna oprema.

Iskro Avtoelektriko sestavljajo uprava družbe, pet strateških poslovnih enot (SPE), osem direktij in razvojni center. SPE so organizirane tako, da obvladujejo procese pridobivanja naročil, razvoja izdelkov, proizvodnje ter dobave izdelkov kupcem. Družbo sestavljajo SPE:

- Avtoelektrika,
- Pogonski sistemi,
- Mehatronika,
- Sestavni deli,
- Trading.

Direkcije kakovosti, ravnanja z ljudmi, prodaje, nabave, tehnike, financ, ekonomike, organizacije in razvojni center opravljajo poslovne funkcije, ki so skupne za celotno družbo. Podatke o Iskri Avtoelektriki smo pridobili iz Vodnika po Iskri Avtoelektriki (Vodnik po Iskri Avtoelektriki, 2008).

2.2 Predstavitev SPE Mehatronika

SPE Mehatronika je bila ustanovljena 1.1.2005. Ustanovitev je posledica strateške odločitve podjetja Iskra Avtoelektrika, da aktivno vstopi na trg avtomobilske industrije na področju mehatronike. V SPE Mehatronika poteka proizvodnja elektromotorjev za EPS in EHPS volanske sisteme. Elektromotor za EPS volanski sistem prikazuje slika 1, elektromotor za EHPS volanski sistem pa slika 2.



Slika 1: Elektromotor za EPS volanski sistem

(Predstavitev skupine Iskra Avtoelektrika, 2007)



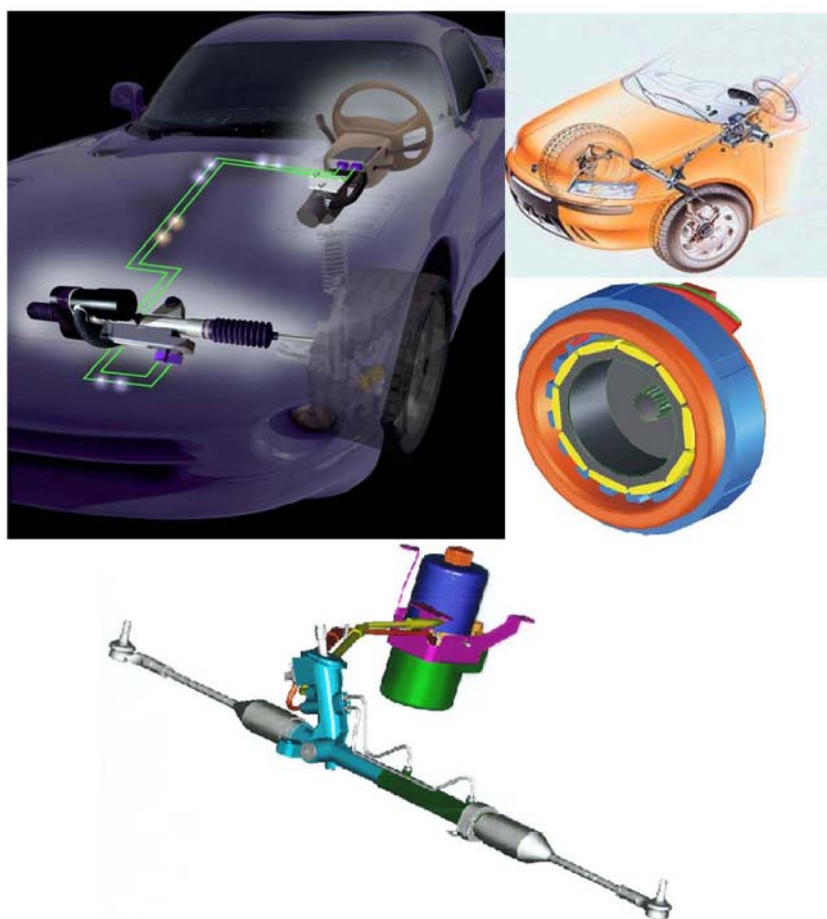
Slika 2: Elektromotor za EHPS volanski sistem

(Predstavitev skupine Iskra Avtoelektrika, 2007)

V SPE Mehatronika je predvidena proizvodnja elektromotorjev in delov za (slika 3):

- pogone klimatskih naprav v vozilih,
- SBW (steer – by – wire) volanske sisteme,
- EMB elektromehanske zavorne sisteme (brake – by – wire).

Steer – by – wire in *brake – by – wire* sta volanski in zavorni sistem, pri katerem namesto hidravličnih valjev uporabimo elektromotor, namesto mehanske povezave med sklopi pa električno omrežje.



Slika 3: Predvideni izdelki

(Predstavitev skupine Iskra Avtoelektrika, 2007)

2.3 Predstavitev izdelka

2.3.1 Pregled razvoja volanskih sistemov

Prva izboljšava mehanskega volanskega sistema je bila uporaba hidravlične črpalke, ki uporabniku pomaga premagovati sile pri obračanju volana. Nato se je razvil EHPS volanski sistem. V tem sistemu imamo elektromotor, ki žene hidravlično črpalko po potrebi. Za srednja in majhna vozila je danes v rabi EPS volanski sistem, kjer hidravlične črpalke ni več.

Glavno zaslugo za uveljavitev EPS volanskih sistemov ima razvoj elektronike, ključna pa je uporaba magnetov iz redkih zemelj. Ti magneti imajo desetkrat večjo magnetno gostoto kot feritni magneti. Magneti so del rotorja.

2.3.2 EPS volanski sistem

EPS volanski sistem je sestavljen iz naslednjih komponent: volan, zobata letev, prenosna gred in elektromotor z elektroniko in senzoriko.

Delovanje EPS volanskega sistema je optimirano tako, da se servoučinek elektromotorja uporablja samo takrat, ko elektronika zazna potrebo po njem.

Med vožnjo senzori zaznavajo vrtilni moment, ki ga povzroči voznik z obračanjem volana in ga posredujejo elektronski krmilni enoti. Ta na podlagi podatkov o hitrosti, pospešku vozila in kotu volana določijo, kako naj elektromotor reagira.

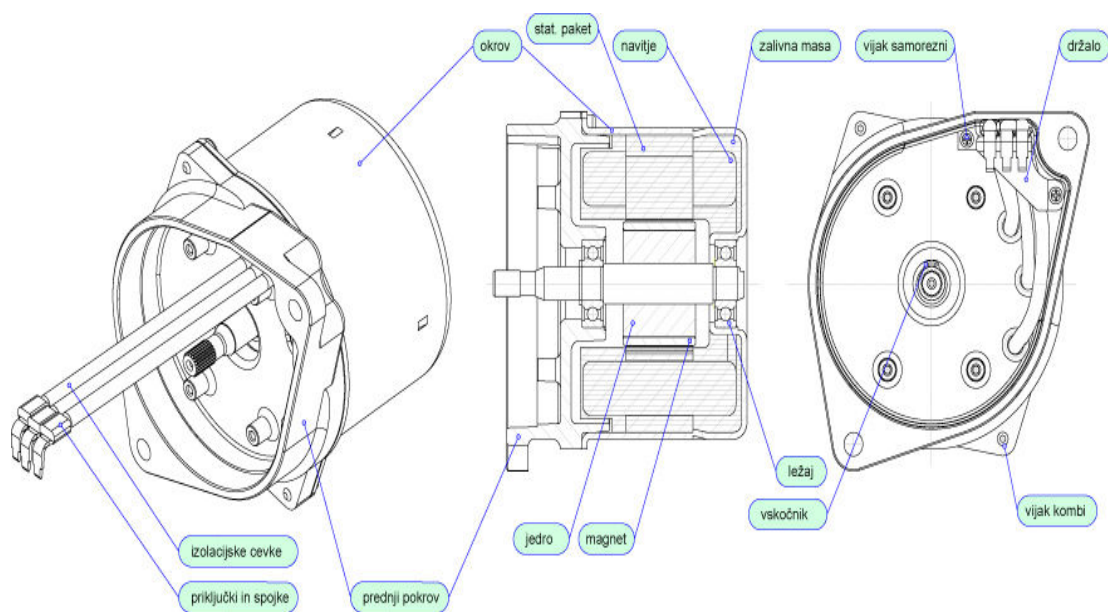
2.3.3 Konstrukcija elektromotorja za EPS volanski sistem

Potrebno je poudariti, da je Iskra Avtoelektrika dobavitelj zgolj elektromotorja. Elektronsko vezje in ostale komponente volanskega sistema se vgrajujejo pri kupcu.

Konstrukcijo elektromotorja za EPS volanski sistem prikazuje slika 4. Konstrukcija je klasična; imamo stator, rotor in prednji pokrov.

Rotor je sestavljen iz gredi, na katero je natisnjeno jedro z magneti. Stator je sestavljen iz navitja, ki je vtisnjeno v okrov in zalito z maso. Žično navitje je

sestavljeno iz statorskega paketa, utorovne izolacije in bakrene žice treh različnih barv za ločevanje faz in komponent, ki so potrebne za kompletiranje. To so spojka, žep, priključki, izolacijske cevke in vrvica. V prednji pokrov in okrov sta vtisnjena ležaja. Ležaja sta zakovana, zato da se prepreči njuno izpadanje. Prednji pokrov in stator sta vijačena preko dveh vijakov. Rotor je fiksiran s pomočjo vskočnika in valovite podložke ter ležaja v prednjem pokrovu.



Slika 4: Konstrukcija elektromotorja za EPS volanski sistem

(Interno gradivo Iskra Avtoelektrika, 2005)










3 PROIZVODNI PROCES

Proizvodni proces elektromotorja je sestavljen iz:

- procesa sestavljanja statorja,
- procesa montaže. Na montažno linijo vstopa stator, ki ga izdelujemo na liniji statorja in nabavljeni materiali.

Proces sestavljanja statorja in proces montaže sta v nadaljevanju predstavljena s sinoptičnim planom. Simbole uporabljene v sinoptičnem planu prikazuje tabela 1.

Tabela 1: Simboli uporabljeni v sinoptičnem planu

SIMBOL	ŠIFRA	VRSTA AKTIVNOSTI
	OP	OPERACIJA
	ODL	OPERACIJA NA DRUGI LOKACIJI
	OK	OPERACIJA IN KONTROLA
	OOK	OPERACIJA Z OBHODNO KONTROLO
	K	KONTROLA
	PK	PREVZEMNA KONTROLA
	ZP	ZAKLJUČEK PROCESA
	P	PREKINITEV
	MP	MATERIAL

3.1 Proces sestavljanja statorja

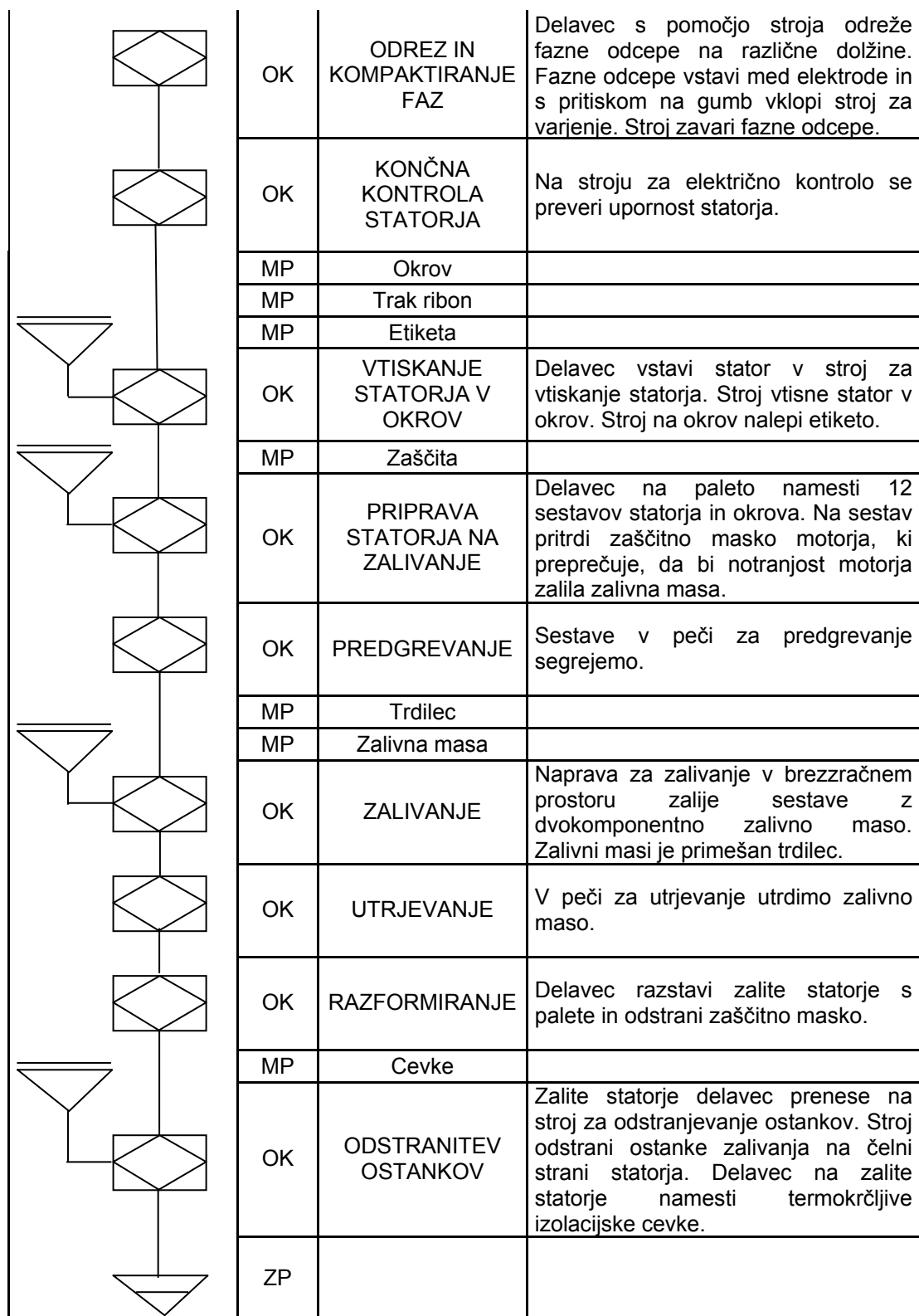
Proces sestavljanja statorja je sestavljen iz operacij:

- izoliranje statorskega paketa,
- navijanje in vstavljanje,
- vmesno oblikovanje,
- navijanje in vstavljanje,

- vmesno oblikovanje,
- navijanje in vstavljanje,
- vmesno oblikovanje,
- pozicioniranje odcepov,
- odrez in kompaktiranje zvezdišč,
- izoliranje zvezdišč,
- povezovanje,
- končno oblikovanje,
- odrez in kompaktiranje faz,
- končna kontrola statorjev,
- vtiskanje statorja v okrov,
- priprava statorja na zalivanje,
- predgrevanje,
- zalivanje,
- utrjevanje,
- razformiranje,
- odstranitev ostankov.

Proces sestavljanja statorja je predstavljen na sliki 5. Slika je zaradi velikosti na dveh straneh. Simbole uporabljene na sliki prikazuje tabela 1.

NAČRT	ŠIFRA	NAZIV	OPIS OPERACIJE
	MP	Statorski paket	
	MP	Izolacija	
	OK	IZOLIRANJE STATORSKEGA PAKETA	Delavec položi statorski paket na napravo za izoliranje, ki izolira utore statorskega paketa z izolacijsko folijo.
	MP	Žica	
	MP	Žica	
	MP	Žica	
	MP	Trak lepilni	
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	Delavec položi statorski paket na stroj za navijanje. Stroj navije žico prve faze ter jo vstavi v statorski paket.
	OK	VMESNO OBLIKOVANJE	Delavec položi statorski paket z vstavljenimi žicami v oblikovalni stroj. Stroj oblikuje navitje prve faze, ki štrli iz statorskega paketa.
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	Delavec položi statorski paket na stroj za navijanje. Stroj navije žico druge faze ter jo vstavi v statorski paket.
	OK	VMESNO OBLIKOVANJE	Delavec položi statorski paket z vstavljenimi žicami v oblikovalni stroj. Stroj oblikuje navitje druge faze, ki štrli iz statorskega paketa.
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	Delavec položi statorski paket na stroj za navijanje. Stroj navije žico tretje faze ter jo vstavi v statorski paket.
	OK	VMESNO OBLIKOVANJE	Delavec položi statorski paket z vstavljenimi žicami v oblikovalni stroj. Stroj oblikuje navitje tretje faze, ki štrli iz statorskega paketa.
	OK	POZICIONIRANJE ODCEPOV	Delavec položi pozicionirni lonček na statorski paket ter razporedi odcepe faz v utore na lončku.
	MP	Spojka	
	OK	ODREZ IN KOMPACTIRANJE ZVEZDIŠČ	Stroj odreže zvezdišča na ustrezno dolžino. Delavec zvezdišča vstavi med elektrode in s pritiskom na gumb vklopi stroj za varjenje. Stroj zavari zvezdišče.
	MP	Žep	
	OK	IZOLIRANJE ZVEZDIŠČ	Delavec na zvezdišče vstavi žep.
	MP	Vrvica	
	OK	POVEZOVANJE	Delavec vstavi stator v stroj za šivanje. Stroj z vrvico zašije zgornji del navitja. Delavec poveže konca vrvic.
	OK	KONČNO OBLIKOVANJE	Delavec na statorski paket vstavi obroč. Statorski paket zatem vstavi v stroj. Stroj z zgornje strani stisne obroč na statorski paket. Istočasno čeljusti stroja s strani stisnejo navitje in ga oblikujejo.



Slika 5: Proces sestavljanja statorja

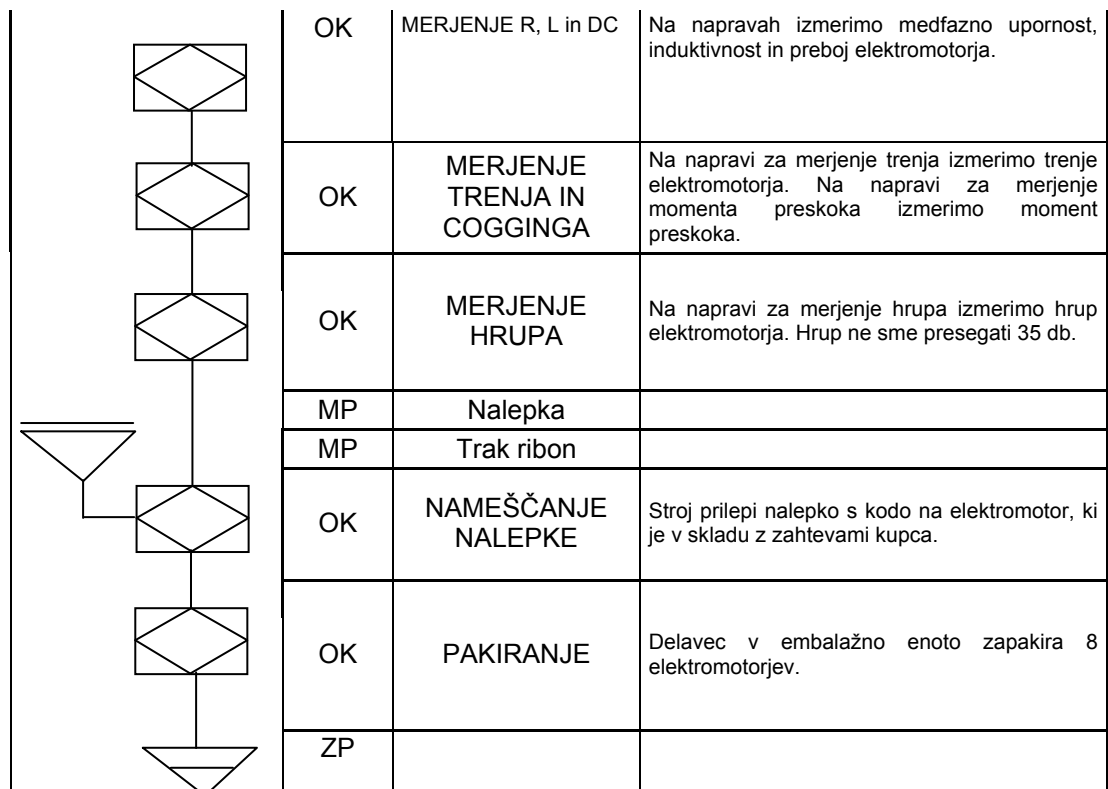
3.2 Proces montaže

Proces montaže je sestavljen iz operacij:

- vtiskanje ležaja v PLP in zakovanje,
- magnetenje,
- sestavljanje PLP – ja in rotorja,
- kontrola vskočnika,
- vtiskanje ležaja v sestav statorja in okrova,
- združevanje dveh sestavov,
- privijanje vijaka,
- urejanje faz in privijanje držala,
- nameščanje priključka,
- varjenje priključka,
- merjenje R, L in DC,
- merjenje trenja in *cogginga*,
- merjenje hrupa,
- nameščanje nalepke,
- pakiranje.

Proces montaže je predstavljen na sliki 6. Slika je zaradi velikosti na dveh straneh. Simbole uporabljene na sliki pojasnjuje tabela 1.

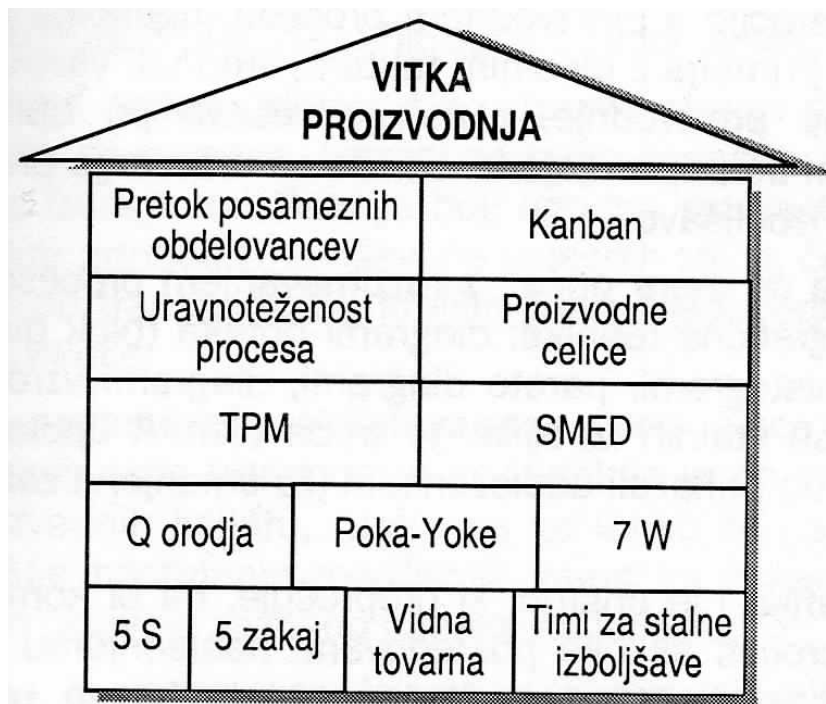
NAČRT	ŠIFRA	NAZIV	OPIS OPERACIJ
	MP	Prednji pokrov PLP	
	MP	Ležaj	
	MP	Tesnilo	
	MP	Mazivo	
	OK	VTISKANJE LEŽAJA V PLP IN ZAKOVANJE	Delavec namaže tesnilo in ga vstavi v prednji pokrov. Na stroj za vtiskanje ležaja vstavi ležaj. Stroj vtisne in zakuje ležaj na prednji pokrov.
	MP	Rotor	
	OK	MAGNETENJE	Rotor namagnetimo na stroju za magnetenje.
	MP	Vskočnik	
	OK	SESTAVLJANJE PLP – ja IN ROTORJA	Delavec vstavi namagneteni rotor na stroj za vtiskanje. Stroj vtisne rotor na prednji pokrov. Delavec namesti vskočnik.
	OK	KONTROLA VSKOČNIKA	S pomočjo video kontrole preverimo prisotnost vskočnika.
	MP	Stator	
	MP	Ležaj	
	OK	VTISKANJE LEŽAJA V SESTAV STATORJA IN OKROVA	Delavec vstavi sestavo statorja in okrova ter ležaja v stroj za vtiskanje. Stroj vtisne in zakuje ležaj v sestavi.
	MP	Podložka	
	OK	ZDRUŽEVANJE DVEH SESTAVOV	Stroj vtisne sestavo prednjega pokrova in rotorja na sestavo statorja in okrova.
	MP	Vijak kombi	
	OK	PRIVIJANJE VIJAKA	Sestava stroj privije z dvema vijakoma.
	MP	Držalo	
	MP	Vijak samorezni	
	OK	UREJANJE FAZ IN PRIVIJANJE DRŽALA	Delavec na odcepe faz nastavi držalo. Elektromotor postavi na stroj za privijanje vijaka. Stroj privije vijaka in držalo fiksira na prednji pokrov.
MP	Priključek		
OK	NAMEŠČANJE PRIKLJUČKA	Delavec namesti priključke v elektrodo stroja za varjenje. V priključke vstavi odcepe faz.	
OK	VARJENJE PRIKLJUČKA	Delavec pritisne na gumb in tako vklopi stroj za varjenje. Stroj zavari priključke na odcepe faz.	



Slika 6: Proces montaže

4 VITKA PROIZVODNJA

Vitka proizvodnja je skupek gradnikov za dvig kakovosti, produktivnosti in učinkovitosti proizvodnega procesa. Gradnike vitke proizvodnje prikazuje slika 7.



Slika 7: Gradniki vitke proizvodnje

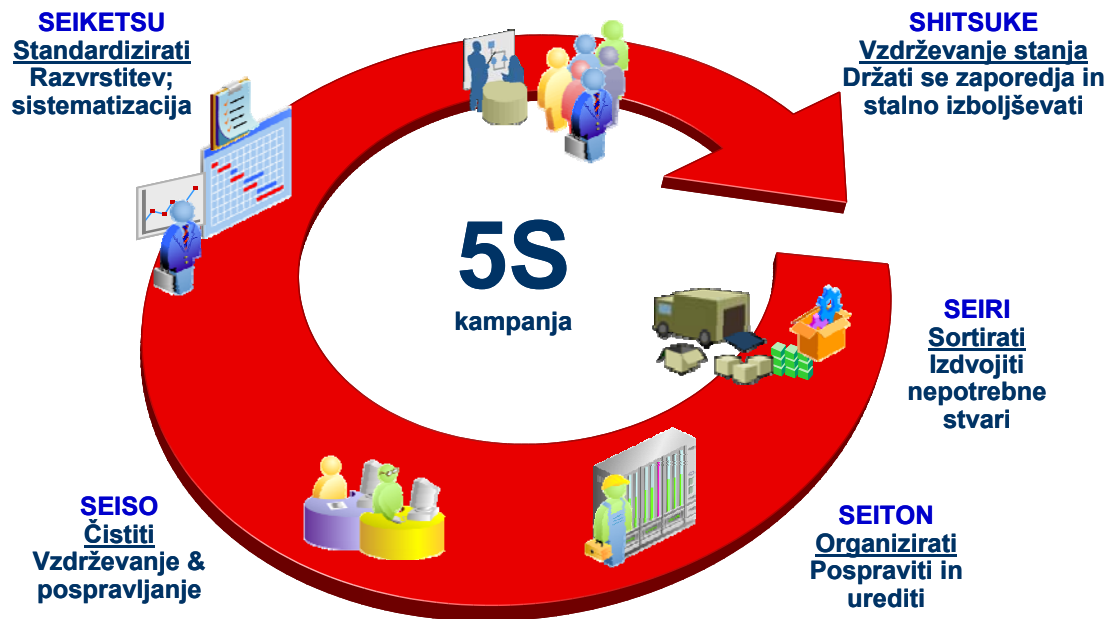
(Ljubič, 2000)

4.1 Metoda 5S

Metoda 5S se je razvila s ciljem nenehnega izboljševanja na delovnih mestih. Imenuje se po petih japonskih besedah, ki se začenjajo na črko S. Upoštevanje metode zmanjša skrite napake, izboljša nivo kakovosti proizvodov, zmanjša stroške, spodbuja timsko delo, poveča varnost pri delu, poveča zadovoljstvo odjemalca in prispeva k dvigu produktivnosti. Slika 8 prikazuje 5 korakov metode 5S. Koraki so:

- sortiranje (Seiri),
- organizacija (Seiton),

- čiščenje (Seiso),
- standardizacija (Seiketsu),
- disciplina (Shitsuke).



Slika 8: Koraki metode 5S

(5S akcija, 2006)

4.1.1 Sortiranje

Prvi korak metode 5S pravi, da je potrebno ločiti uporabne in neuporabne stvari. Odstraniti je potrebno vse nepotrebne materiale, orodja, postopke in dokumente. S kopičenjem zalog, opreme, dokumentov in stvari, za katere se ne ve, ali se jih bo v prihodnje potrebovalo, delovna mesta postajajo vedno bolj neurejena in zanemarjena. Neurejenost pa onemogoča višjo produktivnost. Literaturo o prvem koraku metode 5S smo pridobili iz Internega priročnika za koordinatorje (Interni priročnik za koordinatorje, 2006).

4.1.2 Organizacija

Organizacija po Štrancarju pomeni, da stvari, ki jih potrebujemo, postavimo na hitro dostopna mesta, dokumente pa razvrstimo po pomembnosti oziroma pogostosti uporabe. Potrebno je težiti k temu, da čas, ki se ga izgublja z iskanjem, zmanjšamo v največji možni meri. Zato odlagalna mesta jasno označimo, da bo vsakdo vedel, kje kaj iskati in kam odložiti. (Štrancar, 2006)

4.1.3 Čiščenje

»Bistvo čiščenja ni le izboljšanje splošnega počutja, ampak se s čistim delovnim mestom želimo izogniti predvsem poškodbam in nesrečam, ki so jim vzrok smeti, razlite tekočine, zamazani materiali in orodja. Osnovni namen je urediti delovno mesto tako, da bo svetlo, pregledno in da bodo stvari, ki jih pri delu potrebujemo, vedno pripravljene za uporabo« (Štrancar, 2006, str. 3).

4.1.4 Standardizacija

Četrty korak metode 5S pravi, da moramo pripraviti pravila za vsako delovno mesto. Ta pravila obsegajo navodila za delo, navodila za hrambo delovnih pripomočkov in materialov, pospravljanje, čiščenje in vzdrževanje. Pravila obesimo na vidno mesto.

4.1.5 Disciplina

Pridobitve prvih štirih korakov moramo obdržati. Potrebno se je zavedati, da ni mogoče preprosto predpisati, da morajo vsi zaposleni čutiti potrebo po spoštovanju dogovorjenih standardov ter jih stalno izboljševati. Tu nastopi pojem *stimulacija* za določeno ravnanje ali vedenje. Pomembno je ugotoviti, katera je tista korist, ki posameznika ali skupino stimulira k spoštovanju in vzdrževanju dogovorjenih standardov, saj le ugotovitev posameznika, da določeno vedenje prinaša korist, povzroči spoštovanje predpisov in navodil ter težnjo po izboljšanju le – teh. (Kaj je 5S, 2009).

4.2 5 zakaj

5 zakaj je metoda namenjena iskanju pravega vzroka za napako. Napake ne smemo samo odpraviti, ampak jo moramo tudi analizirati, tako da se z vprašanji poglobimo v vzroke nastanka napake. Pri metodi 5 zakaj se po Ljubiču v vzroke nastanka napake poglobljamo tako, da se petkrat vprašamo zakaj je do napake prišlo (Ljubič, 2000).

4.3 Vidna tovarna

»To je koncept proizvodnje, kjer so informacije za vsakogar lahko razumljive in dostopne, z namenom, da se jih uporabi za hitre in stalne izboljšave. Pomembni elementi vidne tovarne so vidna dokumentacija procesa, vidno vodenje proizvodnje, vidna kontrola kakovosti in vidni indikatorji procesa« (Ljubič, 2000, str. 418).

4.4 Timi za stalne izboljšave

»Timi za stalne izboljšave procesa so usposobljeni in odgovorni predvsem za zaznavanje zastojev v proizvodnji. Vsak tim ima določen cilj in naloge: opazuje operacijo v proizvodnem procesu, ugotavlja čase po delovnih mestih in izvajalcih ter jih primerja z idealnimi, vrednoti vsebino dela, identificira nastanek nedokončane proizvodnje, raziskuje rešitve pri oblikovanju procesa in materialnih tokov. S tem se pripravljajo izhodišča za reševanje problemov ter iščejo možnosti in priložnosti za izboljšave« (Ljubič, 2000, str. 418).

4.5 Q orodja

To so statistične metode, ki omogočajo sistematično in učinkovito analizo proizvodnega procesa. Analiza je osnova za sprejemanje pravočasnih, utemeljenih in pravih odločitev. Te metode so po Ljubiču naslednje: diagrami poteka, procesni diagrami, histogrami, Pareto diagrami, diagrami vzroka in učinka itd (Ljubič, 2000).

4.6 Poka – Yoke

Je sistem preprečevanja napak s pomočjo ustrezno zasnovanih naprav ali pripomočkov. »Sistem preprečuje komponentam neustrezne kakovosti, da bi vstopile v proces ali bile posredovane naslednjemu procesu« (Ljubič, 2000, str. 418).

4.7 7 W

W – ji so izgube v proizvodnem procesu. Za izgube smatramo vse aktivnosti, ki povzročajo le stroške in ne ustvarjajo dodane vrednosti. V proizvodnem procesu je treba te izgube poiskati in odstraniti. Literaturo o izgubah smo pridobili v priročniku Proces uvajanja (Proces uvajanja, 2008). Vrste izgub so:

- waste of overproduction – odvečna, prevelika proizvodnja,
- waste of inventory – odvečne zaloge na vseh ravneh,
- waste of waiting – odvečno čakanje,
- waste of motion – odvečni gibi, slab način dela,
- waste of transportation – odvečni transport,
- waste of making defective parts – odvečni izmet in napake,
- waste of processing – odvečne obdelave, neracionalni proizvodni postopki.

4.8 TPM (Total Productive/Preventive Maintenance)

»Celovito produktivno oziroma preventivno vzdrževanje zahteva, da se kakovost vzdrževanja obravnava enako kot kakovost izdelkov. Vsebuje širok program vzdrževanja v celotni življenjski dobi naprav« (Ljubič, 2000, str. 419).

4.9 SMED (Single Minute Exchange of Dies)

Kratice SMED pomeni hitro menjavo in nastavitve orodij. Menjava orodij na stroju mora biti izvedena hitro, saj v času menjave ne ustvarjamo nove vrednosti. S tem po Ljubiču dosežemo prilagodljivost proizvodnje ob hkratnem skrajšanju pretočnega časa (Ljubič, 2000).

4.10 Uravnoveženost procesov

»Zmogljivosti izvajalcev bodo maksimalno izkoriščene, če bo čas trajanja njihovega dela prilagojen taktu delnega procesa« (Ljubič, 2000, str. 419).

4.11 Proizvodne celice

»Delavniški raspored strojev zagotavlja veliko prilagodljivost proizvodnega procesa, vendar za ceno pogostih zastojev v proizvodnem toku in obsežnega transporta. Zato je bolj ugodna razmestitev strojev v proizvodne celice, kar prinaša zmanjševanje medfaznih zalog, časovno uravnovežen proces, manjšo potrebo po transportu in prijaznejše delovno okolje« (Ljubič, 2000, str. 419).

4.12 Pretok posameznih obdelovancev

Pretok posameznih obdelovancev zahteva, da se v okolju proizvodnih celic transportira in obdeluje le en obdelovanec hkrati. »Tak način preprečuje nastajanje medfaznih zalog in zagotavlja takojšen odziv na zaznane napake na obdelovancu« (Ljubič, 2000, str. 419).

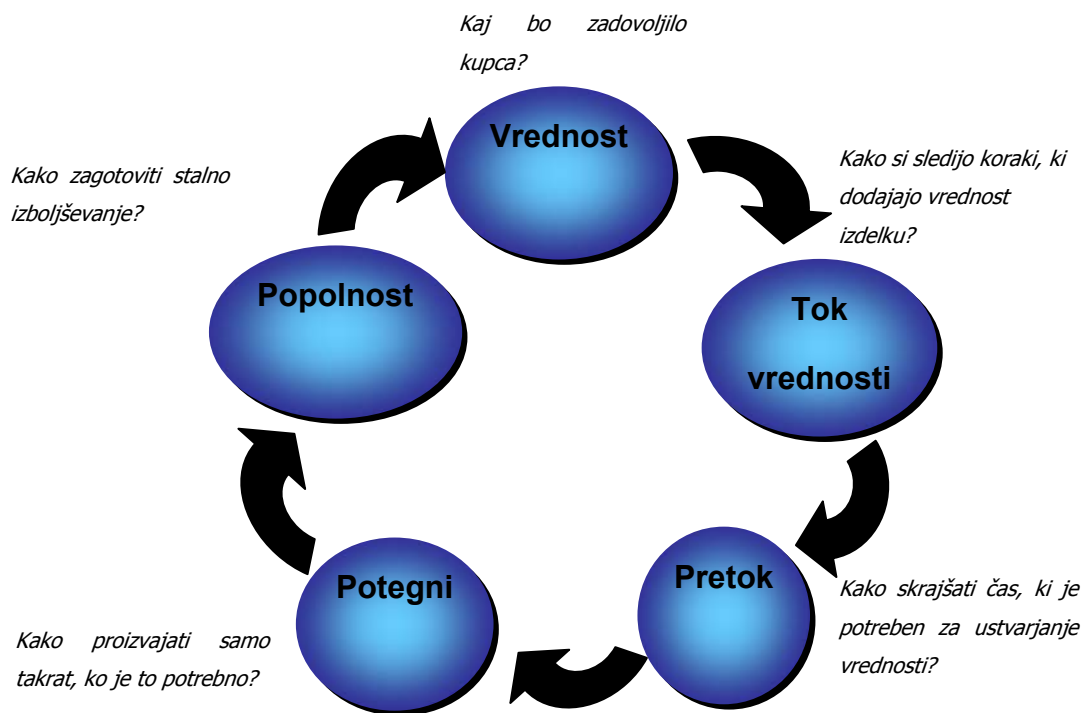
4.13 Kanban

Je sistem oskrbe delovnih mest z materialom in obdelovanci, ki zahteva proizvodnjo potrebnih delov le v potrebnih količinah in ob potrebnem času. Aplikacija načel vitke proizvodnje po Ljubiču daje najbolj spektakularne rezultate pri obvladovanju materialnih tokov, zlasti skladiščenja in transporta (Ljubič, 2000).

5 PROCES ZAGOTAVLJANJA VITKE PROIZVODNJE

V procesu zagotavljanja vitke proizvodnje se moramo držati petih korakov. Korake prikazuje slika 9. Koraki so:

- natančno opredeliti vrednost posameznega proizvoda z vidika odjemalca,
- prepoznati vrednostni tok za posamezen proizvod,
- izgladiti materialne tokove in tokove informacij tako, da ne prihaja do prekinitev,
- zagotoviti oskrbo na osnovi *pull* načela odjemalca,
- stremeti k popolnosti.



Slika 9: Koraki v procesu zagotavljanja vitke proizvodnje

(Gider, 2007)

Opredelitev vrednosti

Natančna opredelitev vrednosti proizvoda je prvi korak v procesu zagotavljanja vitke proizvodnje. Ponujanje napačnih proizvodov na pravi način pomeni izgubo. Vrednost proizvoda se definira na podlagi dialoga s kupci.

Prepoznavanje vrednostnega toka

Prepoznavanje vrednostnega toka za vsak proizvod ali družino proizvodov je naslednji korak. Ta korak skoraj vedno razkrije osupljive izgube. V tem koraku je predvidena tudi odprava nepotrebnih aktivnosti.

Tokovi

Naslednji korak je oblikovanje aktivnosti, ki dodajajo vrednost izdelku v nepretrgane tokove.

Načelo *pull*

Vzpostavitev načela *pull* je četrti korak. Vzpostavitev načela *pull* pomeni omogočiti kupcu, da zahteva proizvod po svojih potrebah. Pri izdelovanju tistega, kar kupec naroči, ne ustvarjamo stroškov skladiščenja in proizvodnje ter ne vežemo denarnih sredstev v zalogo.

Popolnost

Ko omogočimo kupcu, da zahteva proizvod po svojih potrebah, se izkaže, da se proces zagotavljanja vitke proizvodnje nikoli ne zaključi. To pomeni, da moramo prve štiri korake neprestano ponavljati.

5.1 Tok vrednosti

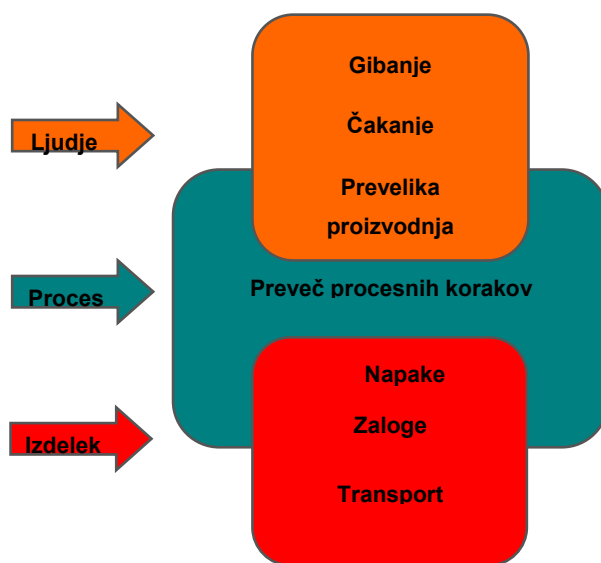
Tok vrednosti je zbirka vseh aktivnosti, ki so potrebne za izdelavo izdelka. Tok vrednosti upošteva aktivnosti, ki izdelku dodajajo vrednost in aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti.

5.1.1 Dodana in nedodana vrednost

Dodana vrednost je lahko sprememba stopnje sestavljenosti ali sprememba geometrijskih, kemičnih, ali mehanskih lastnosti izdelka. Ko proces stoji, nimamo ne pretoka materiala ne pretoka dela in izdelku ne dodajamo vrednosti. Iz tega sledi, da samo operacije v proizvodnem procesu dodajajo vrednost izdelku. Literaturo o dodani in nedodani vrednosti smo pridobili iz priročnika Analiza toka vrednosti (Analiza toka vrednosti, 2008).

5.1.2 Izgube v proizvodnem procesu

Vitka proizvodnja temelji na prepoznavanju in odpravljanju 7 vrst izgub v proizvodnem procesu. Izgube prikazuje slika 10.



Slika 10: Izgube v proizvodnem procesu

(Analiza toka vrednosti, 2008)

Gibanje

Vrste izgub so:

- slaba ergonomija delovnih mest,
- neučinkoviti tlorisi pisarn in proizvodnih hal,

- razdalje med stroji,
- oddaljenost orodij,
- oddaljenost ali pomanjkanje drugih proizvodnih virov.

Vzroki so:

- neučinkoviti tlorisi,
- premajhno število opravljenih kontrol,
- slaba dokumentacija procesov,
- slaba organizacija delovnih mest (Analiza toka vrednosti, 2008).

Čakanje

Te izgube se kažejo kot:

- čakanje delavca na izdelek,
- čakanje delavca na proste stroje,
- čakanje na proste usposobljene ljudi,
- čakanje delavca na material ali obdelovanec,
- zastoj stroja,
- dolgi časi preurejanja strojev.

Vzroki za to so:

- pomanjkanje materiala in opreme,
- predolgi časi preurejanja strojev,
- slab izkoristek strojev,
- slabo vzdrževanje strojev,

- specializirani ljudje, ki edini znajo popraviti in nastaviti določen stroj. Večkrat jih je v proizvodnji zelo malo in to povzroča zastoje (Analiza toka vrednosti, 2008).

Prevelika proizvodnja

Te izgube so:

- proizvodnja na zalogo,
- planiranje do polne zasedenosti strojev,
- zunanja skladišča,
- prezgodnja proizvodnja zaradi pomanjkanja kapacitet (Analiza toka vrednosti, 2008).

Posledice so:

- stroški proizvodnje,
- stroški skladiščenja,
- vezava denarja v zalogah,
- večja možnost nastanka izdelkov neustrezne kakovosti (Proces uvajanja, 2008).

Vzroki za preveliko proizvodnjo so:

- premajhne kapacitete,
- pomanjkanje komunikacije,
- predlogi časi preurejanja strojev,
- slab izkoristek strojev,
- slabo planiranje (Analiza toka vrednosti, 2008).

Preveč procesnih korakov

Te izgube se kažejo kot:

- neoptimalni tehnološki parametri obdelave izdelka,
- odvečna preverjanja kakovosti,
- dodajanje rešitev na izdelek,
- nezadostna usposobljenost delavcev.

Vzroki za to so:

- odločanje na nepravem nivoju,
- premalo informacij o zahtevah kupcev,
- slabi standardi kakovosti (Analiza toka vrednosti, 2008).

Napake

Napake v proizvodnem procesu se kažejo kot:

- izmet,
- popravki,
- prebiranja.

Posledice so:

- dodatni pregledi,
- velik delež reklamacij,
- velik delež izmeta,
- nedoseganje plana.

Vzroki za napake so:

- prevelika variabilnost procesa,
- neustrezna orodja ali stroji,

- neusposobljeni delavci,
- odsotnost sistemov poka – yoke za preprečevanje napak (Analiza toka vrednosti, 2008).

Zaloge

Kažejo se kot:

- velike proizvodne serije,
- velike zaloge materiala,
- dobavljanje velikih količin materiala,
- dodelave končnih izdelkov.

Posledice prevelikih zalog:

- podaljševanje časa izdelave,
- zaseden proizvodni prostor,
- ovirano zaznavanje problemov,
- ovirana komunikacija.

Vzroki za zaloge so:

- slabe napovedi prodajne službe,
- slabi dobavitelji,
- dolga preurejanja strojev,
- neuravnotežene kapacitete po liniji,
- slabo planiranje (Analiza toka vrednosti, 2008).

Transport

Izgube so:

- veliko število skladišč,
- velike razdalje med obrati ali linijami,
- poškodbe materiala med transportom,
- nerazpoložljivost transportnih sredstev,
- pomanjkanje odlagalnih mest.

Vzroki so:

- neustrezni tlorisi,
- velike serije,
- slabo planiranje,
- slaba organiziranost delovnih mest (Analiza toka vrednosti, 2008).

6 ANALIZA TOKA VREDNOSTI

Analiza toka vrednosti prikaže dejansko stanje proizvodnega procesa ter mesta, kjer nastajajo izgube. Obravnava tudi podatke povezane s kupci in dobavitelji. Vpogled nad celotnim procesom omogoča preišljene odločitve za izboljšanje toka vrednosti.

Značilnosti analize toka vrednosti so:

- opredeli kaj je aktivnost z dodano vrednostjo,
- osredotoči se na pretočne čase in dobavne roke,
- usmerja pogled na stranko,
- nauči nas gledati pretok in ne posameznih korakov procesa,
- odpre nam oči za izgube in njihov izvor,
- sproža diskusijo med člani tima različnih profilov,
- opozori na povezavo med pretokom informacij in materiala ter pretokom ljudi.

6.1 Koraki analize toka vrednosti

Analiza toka vrednosti skladno s PDCA krogom pozna tri osnovne korake:

- analiza obstoječega stanja: pred izboljšanjem proizvodnega procesa je potrebno razumeti, kako proizvodni proces poteka. Analiza zahteva opazovanje dogajanja tam, kjer se proces odvija.
- oblikovanje bodočega stanja je osnova za kasnejšo izdelavo načrta uvedbe izboljšave. Bodoče stanje mora vsebovati manj izgub kot obstoječe. Težiti je potrebno k odpravi izgub in skrajšanju pretočnega časa. Oblikovanje bodočega stanja je lahko usmerjeno v kratkoročne ali dolgoročne ukrepe. Kratkoročni so tisti, ki ne zahtevajo nobenih investicij in jih lahko izvedemo takoj. Dolgoročne ukrepe lahko postavimo tako, da zahtevajo investicije, spremenjene pogoje dobav

in odprem, izboljšanje zanesljivosti opreme in podobno. Dolgoročni ukrepi praviloma prinašajo večje prihranke.

- načrt uvedbe: šele z načrtom uvedbe in z realizacijo tistega, kar je v njem zapisano, lahko pridemo do konkretnih prihrankov (Proces uvajanja, 2008).

PDCA krog je zaporedje korakov za stalne izboljšave. V krogu si sledijo štiri koraki: *plan*, *do*, *check* in *act*. PDCA krog prikazuje slika 11.



Slika 11: PDCA krog

(Proces uvajanja, 2008)

Plan (planiraj)

V tem koraku se analizira obstoječe stanje, določi cilje in izdelava načrt za spremembe.

Do (naredi)

Planirane spremembe izvedemo.

Check (preveri)

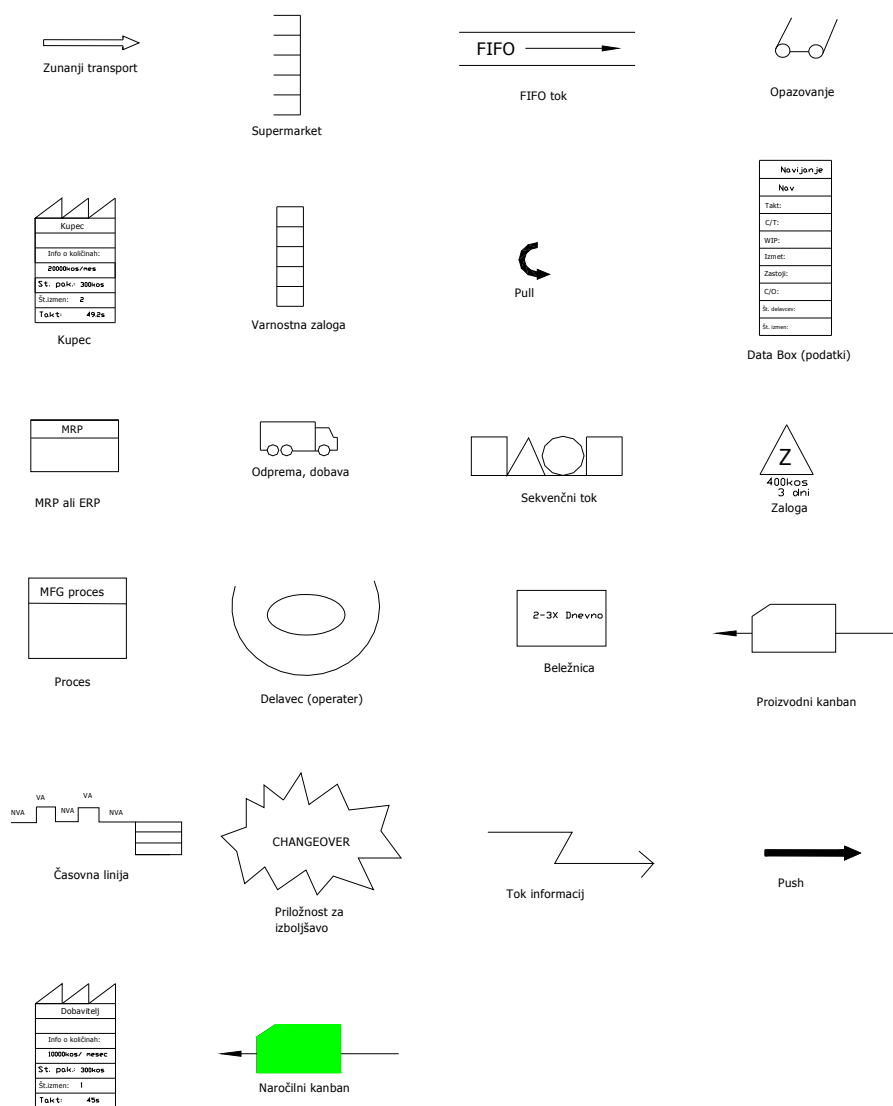
Ta korak predstavlja preučevanje rezultatov, s čimer ugotavljamo učinkovitost sprememb. Učinkovitost sprememb spremljamo z analizami, testiranjem in zbiranjem podatkov.

Act (ukrepaj)

Po preverjanju učinkovitosti sprememb, odpravimo pomanjkljivosti, ki smo jih zaznali med preverjanjem.

6.2 Simboli

Analizo toka vrednosti naredimo tako, da s standardnimi simboli narišemo obstoječe stanje proizvodnega procesa. Simbole prikazuje slika 12. Rišemo lahko ročno. Na voljo je tudi ustrezna programska oprema.



Slika 12: Standardni simboli analize toka vrednosti

(Delphi manufacturing system, 2001, str. 51)

7 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA V SPE MEHATRONIKA

7.1 Izbira izdelka

Prvi korak analize obstoječega stanja je izbira izdelka ali družine izdelkov, za katero bomo naredili analizo toka vrednosti. Potrebno je določiti tudi začetek in konec analize.

Družino izdelkov tvorijo izdelki, ki gredo skozi proizvodnjo po isti tehnološki poti. Družino definiramo tako, da se postavimo na konec proizvodnega procesa in pogledamo, kateri izdelki, ki jih proizvajamo, imajo isto tehnološko pot. Za družino izdelkov zapišemo vse izdelke, ki v njo spadajo. Izbira družine je dobrodošla, ker omogoči boljše osredotočenje na dejanske izgube. Izbrati moramo tako družino, da bodo izboljšave privedle do kar največjega učinka.

V SPE Mehatronika smo za analizo toka vrednosti izbrali izdelek s kodo 11213105568. Ta izdelek je elektromotor za EPS volanski sistem; različica Base. Različica Base se izdeluje v največjem deležu in predstavlja 95 odstotkov letne proizvodnje elektromotorjev. Ostali različici elektromotorja sta Heavy in School drive. Analizirali smo celoten proizvodni proces od dobaviteljev do kupcev.

7.2 Opredelitev povpraševanja s strani kupca

Analizo toka vrednosti smo pričeli tako, da smo najprej definirali povpraševanje s strani kupca. Če povpraševanja kupca po dinamiki ne poznamo, lahko to povzroča težave v celotni preskrbovalni verigi. Ustrezna pretvorba naročil v proizvodnjo je ključnega pomena. Govorimo o taktu kupca.

Takt kupca je čas, ki predstavlja povprečno periodo v kateri kupec povprašuje po izdelku (Proces uvajanja, 2008). Takt kupca izračunamo po enačbi (1):

$$\text{Takt kupca} = \frac{\text{število izmen} \cdot \text{efektivni čas dela na izmeno (sek)}}{\text{dnevna potreba kupca (kos/dan)}} \quad (1)$$

Za izračun takta kupca potrebujemo podatke o povpraševanju kupca. Te podatke lahko razberemo iz zgodovinskih podatkov o prodaji, iz podatkov o tekočih naročilih ali iz napovedi (Proces uvajanja, 2008). Potrebujemo tudi podatek o efektivnem času dela na izmeno in podatek o dnevni potrebi kupca. Efektivni čas dela na izmeno smo izračunali po enačbi (2):

$$\text{Efektivni čas dela na izmeno} = \text{razpoložljiv čas dela} - \text{časovne izgube} - \text{zastoji} \quad (2)$$

Kjer je:

Razpoložljiv čas dela ... razpoložljiv čas dela na izmeno,

Časovne izgube ... osebne časovne izgube na izmeno,

Zastoji ... načrtovani zastoji na izmeno.

V izračunu efektivnega časa dela na izmeno za kupca smo predpostavili, da znašajo osebne časovne izgube na izmeno 50 minut in načrtovani zastoji na izmeno 20 minut.

Izračun je:

$$\text{Efektivni čas dela na izmeno} = 480 \text{ min} - 50 \text{ min} - 20 \text{ min} = 410 \text{ min} \cdot 60 \text{ sek} = 24600 \text{ sek}$$

Dnevne potrebe kupca smo izračunali po enačbi (3):

$$\text{Dnevna potreba kupca} = \frac{\text{mesečna potreba kupca}}{\text{število delovnih dni}} \quad (3)$$

Izračun je:

$$\text{Dnevna potreba kupca} = \frac{30720}{20} = 1536 \text{ kos}$$

V izračunu smo predpostavili, da kupec obratuje 20 dni v mesecu. Mesečne potrebe kupca smo razbrali iz zgodovinskih podatkov o prodaji.

Iz teh podatkov smo definirali takt kupca. Izračun je :

$$\text{Takt kupca} = \frac{2 \text{ izmeni/dan} \cdot 24600 \text{ sek}}{1536 \text{ kos/dan}} = 32,03 \text{ sek/kos}$$

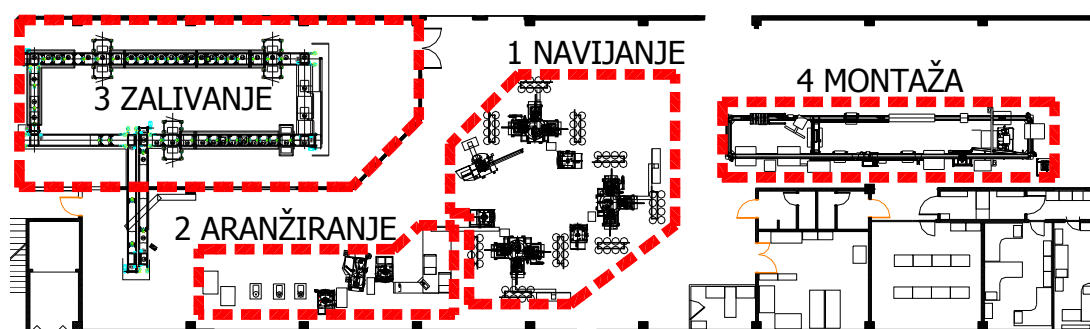
Ta podatek smo vpisali v blok povpraševanja kupca. V analizi toka vrednosti se ta blok nahaja na desni strani. Blok povpraševanja kupca prikazuje slika 13.

Kupec
Info o količinah
30720 kos/mes
St. pak.
Št.izmen 2
Takt kupca 32 sek

Slika 13: Blok povpraševanja kupca

7.3 Popis proizvodnega procesa

Naslednji korak analize toka vrednosti je popis proizvodnega procesa. Za potrebe popisa smo proizvodni proces v SPE Mehatronika razdelili na štiri delne procese: *navijanje*, *aranžiranje*, *zalivanje* in *montaža*. Proizvodni proces razdeljen na štiri delne procese prikazuje slika 14.



Slika 14: Proizvodni proces razdeljen na štiri delne procese

Vsak delni proces je sestavljen iz operacij. Operacije v delnih procesih prikazujeta sliki 15 in 16. Slika 15 prikazuje operacije v delnih procesih *navijanje*, *aranžiranje* in *zalivanje*. Slika 16 pa operacije v delnem procesu *montaža*.

NAČRT	ŠIFRA	NAZIV	DELNI PROCES
	MP	Statorski paket	1 NAVIJANJE
	MP	Izolacija	
	OK	IZOLIRANJE STATORSKEGA PAKETA	
	MP	Izolacija	
	MP	Žica	
	MP	Žica	
	MP	Žica	
	MP	Trak lepilni	
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	
	OK	VMESNO KALIBRIRANJE	
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	
	OK	VMESNO KALIBRIRANJE	
	OK	NAVIJANJE IN VSTAVLJANJE	
	OK	VMESNO KALIBRIRANJE	
	OK	POZICIONIRANJE ODCEPOV	2 ARANŽIRANJE
	MP	Spojka	
	OK	AVTOMATSKO ZAVIJANJE ODCEPOV	
	OK	ODREZ IN KOMPAKTIRANJE ZVEZDIŠČ	
	MP	Žep	
	OK	IZOLIRANJE ZVEZDIŠČ	
	OK	VMESNO KALIBRIRANJE	
	MP	Vrvica	
	OK	POVEZOVANJE	
	OK	KONČNO KALIBRIRANJE	
	OK	ODREZ IN KOMPAKTIRANJE FAZ	
	OK	KONČNA KONTROLA STATORJEV	
	MP	Okrov	
	MP	Trak ribon	
	MP	Etiketa	
	OK	VTISKANJE STATORJA V OKROV	
	MP	Zaščita	
	OK	PRIPRAVA STATORJA NA ZALIVANJE	3 ZALIVANJE
	OK	PREDGREVANJE	
MP	Trdilec		
MP	Zalivna masa		
OK	ZALIVANJE		
OK	UTRJEVANJE		
OK	RAZFORMIRANJE		
OK	ODSTRANITEV OSTANKOV		
ZP			

Slika 15: Operacije v delnih procesih *navijanje, aranžiranje in zalivanje*

NACRT	ŠIFRA	NAZIV	DELNI PROCES
	MP	Prednji pokrov - PLP	4 MONTAŽA
	MP	Ležaj	
	MP	Tesnilo	
	MP	Mazivo	
	OK	VTISNITI LEŽAJ V PLP IN ZAKOVATI	
	MP	Rotor	
	OK	MAGNETITI	
	MP	Vskočnik	
	OK	SESTAVITI PLP IN ROTOR	
	OK	KONTROLA VSKOČNIKA	
	MP	Stator	
	MP	Ležaj	
	OK	VTISNITI LEŽAJ V OKROV IN ZAKOVATI	
	MP	Podložka	
	OK	SESTAVITI PLP Z ROTORJEM	
	MP	Vijak kombi	
	OK	PRIVITI VIJAK	
	MP	Držalo	
	MP	Vijak samorezni	
	OK	UREDITI FAZE IN PRIVITI DRŽALO	
	MP	Priključek	
	OK	VARITI PRIKLJUČKE	
	OK	NAMESTITI PRIKLJUČKE	
	OK	PRIVITI VIJAKA	
	OK	KONTROLA PRISOTNOSTI VIJAKOV	
	OK	MERITI R, L, DC	
	OK	MERITI TRENJE IN COGGING	
	OK	MERITI HRUP	
	MP	Nalepka	
	MP	Trak ribon	
	OK	NAMESTITI NALEPKO	
	OK	REPARATURA	
OK	EPC - po potrebi		
OK	PAKIRATI		
OK	KAKOVOSTNI PREGLED		
ZP			

Slika 16: Operacije v delnem procesu *montaža*

Za štiri delne procese smo zabeležili:

- takt kupca,
- takt delnega procesa,
- zalogo obdelovancev na operacijah delnega procesa,
- delež izmeta,
- čas zastojev delnega procesa na mesec,
- čas preurejanja strojev na delnem procesu,
- število delavcev na delnem procesu na izmeno,
- število izmen.

Za delni proces *navijanje* smo zabeležili takt 21 sekund, čas preurejanja strojev 35 minut, 7 obdelovancev na operacijah delnega procesa, 38096 obdelovancev z napako na milijon izdelkov in 2521 minut zastojev na mesec. Delni proces obratuje v dveh izmenah, v izmeni delajo 4 delavci.

Za delni proces *aranžiranje* smo zabeležili takt 16,5 sekund, 15 obdelovancev na operacijah delnega procesa, 38096 obdelovancev z napako na milijon izdelkov in 2416 minut zastojev na mesec. Preurejanja strojev na tem delnem procesu ni. Delni proces obratuje v dveh izmenah, v izmeni dela 14 delavcev.

Tretji delni proces je *zalivanje* ali, s tujko, *potting*. Za ta delni proces smo zabeležili takt 35 sekund, 420 obdelovancev na operacijah delnega procesa, 35243 obdelovancev z napako na milijon izdelkov in 1110 minut zastojev na mesec. Preurejanja strojev na tem delnem procesu ni. Delni proces obratuje v treh izmenah, v izmeni dela 7 delavcev.

Zadnji delni proces je *montaža*. Zabeležili smo takt 21 sekund, čas preurejanja strojev 20 minut, 15 obdelovancev na operacijah delnega procesa, 166072 obdelovancev z napako na milijon izdelkov in 1350 minut zastojev na mesec. Delni proces obratuje v dveh izmenah, v izmeni dela 10 delavcev.

Razlaga pojmov:

- takt kupca je povprečna perioda v kateri kupec povprašuje po izdelku.
- takt delnega procesa je čas med enim in drugim izhodom izdelka iz delnega procesa.
- zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa je zaloga obdelovancev, ki jo najdemo, če se postavimo na neko mesto in opazujemo operacije v delnem procesu. Gre za zalogo, ki je nismo popisali kot medfazne zaloge.
- s pojmom izmet označujemo obdelovance z napakami, oziroma izdelke, ki niso v skladu s pričakovano kakovostjo. Izmet na delnem procesu izrazimo kot število obdelovancev neustrezne kakovosti na milijon izdelkov.
- zastoji so skupni čas, ko delni proces stoji zaradi pomanjkanja materiala, spremembe plana, okvare, poškodbe stroja ali nekvalitetnega materiala. Podatek izrazimo kot čas zastojev v minutah v obdobju enega meseca.
- čas preurejanja strojev je čas, ki je potreben za nastavitve na strojih. Šteje se čas od zadnjega dobrega izdelka ene serije do prvega dobrega izdelka naslednje serije.

7.4 Opredelitev materialnega toka

Po popisu delnih procesov smo prešteli medfazne zaloge, določili čase trajanja medfaznih zalog in čase procesiranja. Določili smo tudi način pretoka obdelovancev med delnimi procesi, mesta kopičenja materialov in medfaznih zalog ter pogostost dobav. Prešteli smo še zaloge materialov v skladišču ter označili, kateri materiali vstopajo v posamezni delni proces.

7.4.1 Opredelitev velikosti medfaznih zalog

V proizvodnem procesu elektromotorja nastajajo tri medfazne zaloge med delnimi procesi ter zalogi na koncih proizvodnega procesa. Na vhodu v proizvodni proces nastaja zaloga statorskih paketov, na izhodu iz proizvodnega procesa pa zaloga

končanih izdelkov. Medfazne zaloge smo fizično prešteli med obratovanjem proizvodnega procesa. Velikosti medfaznih zalog na dan meritve prikazuje tabela 2, kjer je:

Z_1 ... zaloga statorskih paketov na vhodu v proizvodni proces,

Z_2 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *navijanje* in *aranžiranje*,

Z_3 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *aranžiranje* in *zalivanje*,

Z_4 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *zalivanje* in *montaža*,

Z_5 ... zaloga končanih izdelkov.

Tabela 2: Velikosti medfaznih zalog na dan meritve

Zaloga	Kos
Z_1	400
Z_2	270
Z_3	3300
Z_4	1890
Z_5	192

Obdelovanci se med delnimi procesi premikajo po načelu potiskanja. To pomeni, da vsak delni proces izvede zahtevane operacije na obdelovancih in jih nato potisne na naslednji delni proces, ne glede na to, ali je ta delni proces prost ali ne. Tako nastajajo medfazne zaloge.

7.4.2 Določitev časov trajanja medfaznih zalog in časov procesiranja

Čas trajanja medfazne zaloge nam pove, koliko časa bi trajala medfazna zaloga, če bi jo naslednji delni proces rabil s taktom kupca. Čas trajanja medfazne zaloge izračunamo po enačbi (4):

$$\text{Čas trajanja medfazne zaloge} = \frac{\text{medfazna zaloga}}{\text{dnevna potreba kupca}} \quad (4)$$

Čase trajanja medfaznih zalog prikazuje tabela 3.

Tabela 3: Čas trajanja medfazne zaloge

Zaloga	Čas
Z_1	0,26 dni
Z_2	0,18 dni
Z_3	2,15 dni
Z_4	1,23 dni
Z_5	0,125 dni

Čas procesiranja nam pove koliko časa bi trajala zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa, če bi jo naslednji delni proces rabil s taktom kupca. Čas procesiranja izračunamo po enačbi (5):

$$\text{Čas procesiranja} = \frac{WIP}{\text{dnevna potreba kupca}} \quad (5)$$

Kjer je:

WIP ... zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa.

Čase procesiranja prikazuje tabela 4 kjer je:

$WIP_{d.pr.1}$... zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa *navijanje*,

$WIP_{d.pr.2}$... zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa *aranžiranje*,

$WIP_{d.pr.3}$... zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa *zalivanje*,

$WIP_{d.pr.4}$... zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa *montaža*.

Tabela 4: Čas procesiranja

Zaloga	Čas
$WIP_{d.pr.1}$	0,109 h
$WIP_{d.pr.2}$	0,234 h
$WIP_{d.pr.3}$	6,560 h
$WIP_{d.pr.4}$	0,234 h

7.4.3 Določitev mest kopičenja materialov in medfaznih zalog

Na tlorisu proizvodnega obrata smo označili mesta kopičenja materialov in medfaznih zalog. To prikazuje slika 17, kjer je:

Z ... zaloga žice,

Z_1 ... zaloga statorskih paketov na vhodu v proizvodni proces,

Z_2 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *navijanje* in *aranžiranje*,

Z_3 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *aranžiranje* in *zalivanje*,

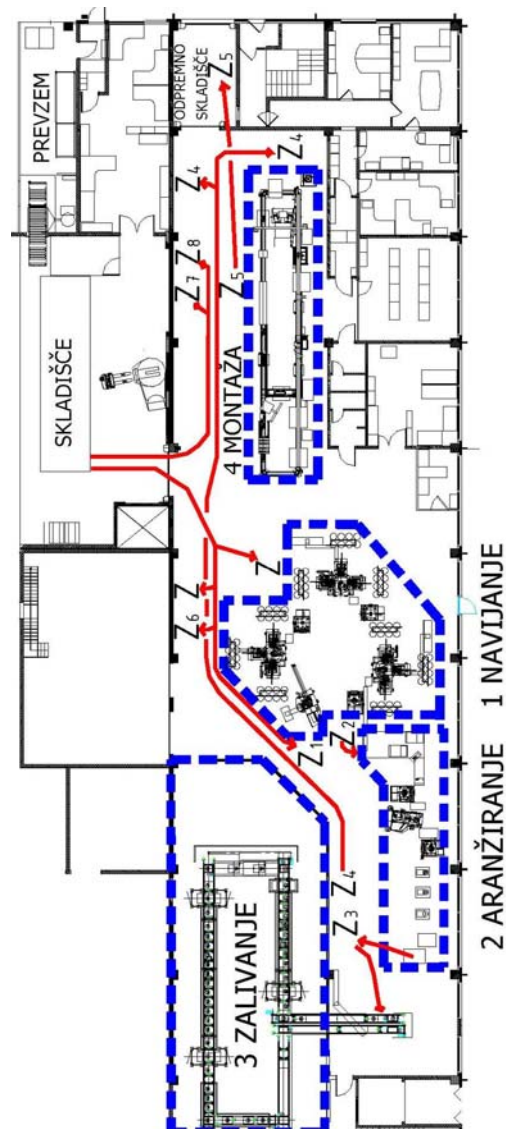
Z_4 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *zalivanje* in *montaža*,

Z_5 ... zaloga končanih izdelkov,

Z_6 ... zaloga rotorjev,

Z_7 ... zaloga prednjih pokrovov,

Z_8 ... zaloga ostalih materialov.



Slika 17: Mesta kopičenja materialov in medfaznih zalog

7.4.4 Beleženje zalog materialov v skladišču in določitev pogostosti dobav

V tej fazi analize smo zabeležili zaloge materialov v skladišču ter pogostost dobav. Zaloge materialov v skladišču na dan popisa in pogostost dobav prikazuje tabela 5. Opredelili smo tudi, kateri materiali vstopajo v delne procese.

Tabela 5: Zaloge materialov v skladišču in pogostost dobav

Material	Zaloga materiala v skladišču	Pogostost dobav
Statorski paket	7008 kos	1 X v tednu
Izolacija	143 kg	1 X v mesecu
Žica	4367 kg	2 X v tednu
Spojka	92400 kos	1 X v mesecu
Tesnilo	21000 kos	1 X v tednu
Vrvica	381500 m	4 X v letu
Okrov	16362 kos	1 X v mesecu
Podložka	100000 kos	4 X v letu
Cevke	10000 kos	1 X v mesecu
Prednji pokrov – PLP	4080 kos	1 X v tednu
Rotor	14400 kos	2 X v tednu
Vskočnik	41000 kos	4 X v letu
Ležaj	43200 kos	3 X v mesecu
Vijak kombi	78000 kos	1 X v mesecu
Držalo	17500 kos	2 X v mesecu
Priključki	11420 kos	1 X v mesecu
Zaščita	16500 kos	2 X v mesecu
Zalivna masa	540 kg	2 X v mesecu
Trdilec	400 kg	2 X v mesecu
Žep	100000 kos	1 X v mesecu
Mazivo	36 kg	2 X v letu
Vijak samorezni	140000 kos	6 X v letu
Trak ribon	12627 m	2 X v mesecu

7.5 Opredelitev informacijskega toka

V naslednjem koraku smo v analizo vrisali tok informacij. Tok informacij obravnava področja planiranja materialov, definicije proizvodnega plana ter komunikacije med kupcem, podjetjem in dobaviteljem. Pretoku informacij velja posvetiti veliko pozornost, saj je to lahko eden od vzrokov za izgube, ki se pojavljajo v proizvodnem procesu. Literaturo o opredelitvi informacijskega toka smo pridobili v priročniku Proces uvajanja (Proces uvajanja, 2008).

Tok informacij v procesu izdelave elektromotorja se začne, ko kupec pošlje naročilo. Naročila kupca so znana za 3 mesece vnaprej, vendar se lahko korigirajo za en teden vnaprej. Na podlagi naročila kupca MRP planer izdelava proizvodni plan. Sledi izračun materialnih potreb. Pri izračunu se upošteva proizvodni plan, kosovnico proizvoda in

stanje zalog. Zatem planer pošlje naročila dobaviteljem materialov. MRP planer pošlje izračun materialnih potreb v proizvodnjo.

7.6 Izračun pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti

7.6.1 Izračun pretočnega časa

Pretočni čas je čas, ki je potreben, da količina naročenih izdelkov pride skozi proizvodni proces. Pretočni čas dobimo tako, da seštejemo čase procesiranja in čase trajanja medfaznih zalog.

Čase trajanja medfaznih zalog prikazuje tabela 3. Čase trajanja medfaznih zalog seštejemo in dobimo skupni čas trajanja medfaznih zalog. Skupni čas trajanja medfaznih zalog je:

$$0,26 \text{ dni} + 0,18 \text{ dni} + 2,15 \text{ dni} + 1,23 \text{ dni} + 0,125 \text{ dni} = 3,945 \text{ dni}$$

Čase procesiranja prikazuje tabela 4. Skupni čas procesiranja je:

$$0,109 \text{ h} + 0,234 \text{ h} + 6,560 \text{ h} + 0,234 \text{ h} = 7,137 \text{ h} = 0,297 \text{ dni}$$

Pretočni čas je:

$$TPc / t = 3,945 \text{ dni} + 0,297 \text{ dni} = 4,242 \text{ dni} \cdot 2 \text{ izmeni/dan} \cdot 410 \text{ min/izmeno} \cdot 60 \text{ sek/min} = 208710 \text{ sek}$$

7.6.2 Izračun deleža dodajanja vrednosti

Delež dodajanja vrednosti izračunamo po enačbi (6):

$$VAR = \frac{VA}{TPc / t} \cdot 100 \quad (6)$$

Kjer je:

VAR ... delež dodajanja vrednosti,

VA ... čas dodajanja vrednosti,

TPc/t ... pretočni čas.

Čas dodajanja vrednosti je čas, ko izdelku spreminjamo mehanske, oblikovne ali kemične lastnosti. Pri analizi toka vrednosti dobimo najbližji približek za čas dodajanja vrednosti tako, da vzamemo izmerjen takt delnega procesa za čas dodajanja vrednosti.

Čas dodajanja vrednosti je:

$$VA = 21 \text{ sek} + 16,5 \text{ sek} + 35 \text{ sek} + 21 \text{ sek} = 93,5 \text{ sek}$$

Delež dodajanja vrednosti je:

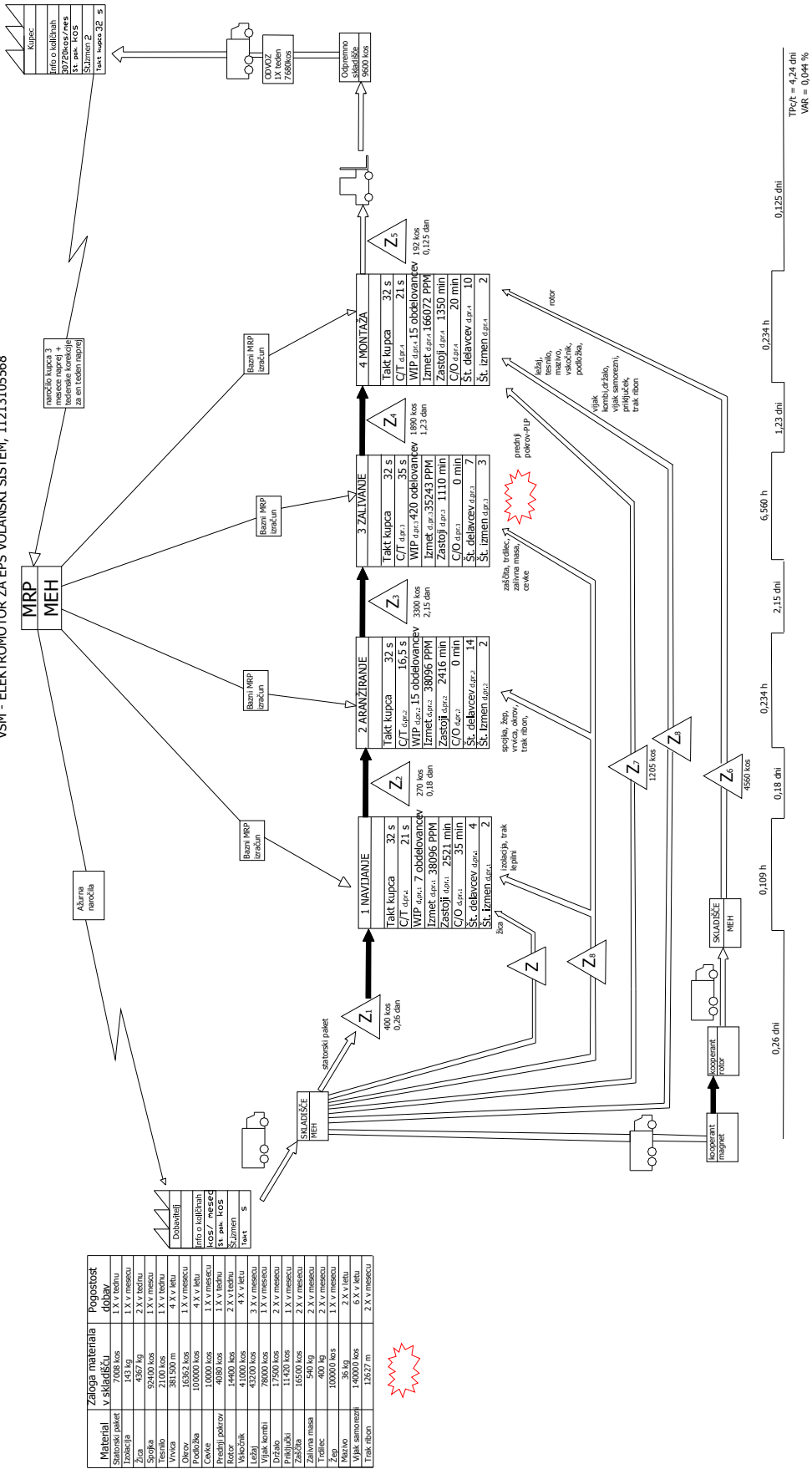
$$VAR = \frac{93,5 \text{ sek}}{208710 \text{ sek}} \cdot 100 = 0,044 \%$$

Dobili smo rezultat, da znaša delež dodajanja vrednosti 0,044 %. To ni slabo, saj je v Iskri Avtoelektriki 0,1 % že zelo dober rezultat. Le redka podjetja na svetu pa dosejajo 1 %.

Analiza toka vrednosti prikaže izgube v proizvodnem procesu. Izgube v proizvodnem procesu v SPE Mehatronike so velike medfazne zaloge pred in po delnem procesu *zalivanje* in velike zaloge materialov v skladišču.

Vzroki za velike medfazne zaloge so dolga preurejanja strojev, velik delež zastojev, velik delež izmeta ter neuravnotežene kapacitete proizvodnega procesa. Mesta, kjer v proizvodnem procesu nastajajo izgube, smo označili z rdečo zvezdico. Slika 19 prikazuje končano analizo toka vrednosti.

VSM - ELEKTROMOTOR ZA EPS VOLANSKI SISTEM, 1121.3105568



Slika 18: Končana analiza toka vrednosti

8 SIMULACIJA

Nadalje smo izdelali simulacijo, da bi ugotovili, s kakšnimi medfaznimi zalogami bi obratoval proizvodni proces, če bi odpravili zastoje, preurejanja in izmet. Zanimalo nas je tudi, koliko bi v tem primeru znašal pretočni čas in delež dodajanja vrednosti. Simulacijo smo izdelali v programskem paketu Microsoft Office Excel 2003.

8.1 Priprava delovnega lista in podatkov za simulacijo

8.1.1 Priprava delovnega lista

Najprej smo pripravili Microsoft Excelov delovni list. V prvi stolpec na levi strani smo v vrstice vpisali ure. Naslednjih deset stolpcev smo pripravili za simuliranje tako, da smo za vsak stolpec označili, kaj predstavlja.

Prvi stolpec predstavlja delni proces *navijanje*, tretji *aranžiranje*, peti *zalivanje* in sedmi *montaža*. V simulacijo smo vključili še delni proces *odvoz izdelkov v odpremno skladišče*. Ta delni proces predstavlja deveti stolpec. Vmes je pet stolpcev, ki predstavljajo skladišča medfaznih zalog. Drugi stolpec predstavlja skladišče medfazne zaloge med delnima procesoma *zalivanje* in *aranžiranje*, četrti stolpec skladišče medfazne zaloge med delnima procesoma *aranžiranje* in *zalivanje*, šesti stolpec pa skladišče medfazne zaloge med delnima procesoma *zalivanje* in *montaža*. Osmi stolpec predstavlja skladišče izdelkov na koncu montažne linije, deseti odpremno skladišče.

8.1.2 Priprava podatkov

Delnim procesom *navijanje*, *aranžiranje*, *zalivanje* in *montaža* smo dodali podatke, ki delne procese opisujejo. Ti podatki so:

- takt kupca,
- takt delnega procesa,
- število izmen,

- zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa,
- pretok delnega procesa,
- pretočni čas zaloge obdelovancev.

Delni proces *odvoz izdelkov v odpremno skladišče* opisuje količina izdelkov, ki jo naenkrat prepeljemo.

Pojmi takt kupca, takt delnega procesa, število izmen in zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa so v diplomskem delu obrazloženi na strani 38. Potrebno je razložiti še dva pojma:

- pretok delnega procesa, ki nam pove, koliko obdelovancev delni proces obdela v eni uri.
- pretočni čas zaloge obdelovancev, kar je čas, ki je potreben, da zaloga obdelovancev na operacijah delnega procesa pride skozi delni proces.

Podatke, ki opisujejo delne procese smo pridobili na dva načina. Podatke o taktu kupca, taktu delnega procesa, zalogah obdelovancev na operacijah delnih procesov in številu izmen, smo prevzeli iz analize toka vrednosti. To pomeni, da so bili ti podatki izmerjeni med obratovanjem proizvodnega procesa. Pretočne čase zalog obdelovancev in pretoke delnih procesov smo preračunali iz izmerjenih podatkov. Pretočne čase zalog obdelovancev smo preračunali po enačbi (7):

$$\text{Pretočni čas zaloge obdelovancev} = \frac{C/T \cdot WIP}{3600} \quad (7)$$

Kjer je:

C/T ... takt delnega procesa.

Za delne procese *navijanje*, *aranžiranje*, *zalivanje* in *montaža* smo dobili rezultate: 0,04083 h, 0,06875 h, 4,083 h in 0,0875 h.

Pretoke delnih procesov smo preračunali po enačbi (8):

$$\text{Pretok delnega procesa} = \frac{3600}{C/T} \quad (8)$$

Za delne procese *navijanje*, *aranžiranje*, *zalivanje* in *montaža* smo dobili pretoke 171, 218, 103 in 171 obdelovancev na uro.

Delni proces *navijanje* opisuje takt kupca 32 sekund, takt delnega procesa 21 sekund in pretočni čas zaloge obdelovancev 0,04083 ure. Pretok delnega procesa je 171 obdelovancev na uro. Na operacijah delnega procesa je na zalogi 7 obdelovancev. Delni proces obratuje v dveh izmenah.

Delni proces *aranžiranje* opisuje takt kupca 32 sekund, takt delnega procesa 16,5 sekund in pretočni čas zaloge obdelovancev 0,06875 ure. Pretok delnega procesa je 218 obdelovancev na uro. Na operacijah delnega procesa je na zalogi 15 obdelovancev. Delni proces obratuje v dveh izmenah.

Delni proces *zalivanje* opisuje takt kupca 32 sekund, takt delnega procesa 35 sekund in pretočni čas zaloge obdelovancev 4,083 ure. Pretok delnega procesa je 103 obdelovancev na uro. Na operacijah delnega procesa je na zalogi 420 obdelovancev. Delni proces obratuje v treh izmenah.

Delni proces *montaža* opisuje takt kupca 32 sekund, takt delnega procesa 21 sekund in pretočni čas zaloge obdelovancev 0,0875 ure. Pretok delnega procesa je 171 obdelovancev na uro. Na operacijah delnega procesa je na zalogi 15 obdelovancev. Delni proces obratuje v dveh izmenah.

Zadnji delni proces v simulaciji je *odvoz izdelkov v odpremno skladišče*. Opisuje ga količina izdelkov, ki jo lahko naenkrat prepeljemo. Ta količina je 480 izdelkov.

Slika 19 prikazuje pripravljen Microsoft Excelov delovni list.

	1 NAVIJANJE		2 ARANŽIRANJE		3 ZALIVANJE		4 MONTAŽA		5 ODVOZ IZDELKOV V SKLADIŠČE	
	Takt kupca 32 s		Takt kupca 32 s		Takt kupca 32 s		Takt kupca 32 s			
	C/T _{d.pr.1} 21 s		C/T _{d.pr.2} 16,5 s		C/T _{d.pr.3} 35 s		C/T _{d.pr.4} 21 s			
	WIP _{d.pr.1} 7 obdelovancev		WIP _{d.pr.2} 15 obdelovancev		WIP _{d.pr.3} 420 obdelovancev		WIP _{d.pr.4} 15 obdelovancev			
	Št. Izmen _{d.pr.1} 2		Št. Izmen _{d.pr.2} 2		Št. Izmen _{d.pr.3} 3		Št. Izmen _{d.pr.4} 2		Št. Izmen _{d.pr.5} 2	
	Pretok _{d.pr.1} 171 obdelovancev/h		Pretok _{d.pr.2} 218 obdelovancev/h		Pretok _{d.pr.3} 103 obdelovancev/h		Pretok _{d.pr.4} 171 obdelovancev/h			
URA	Pretočni čas _{d.pr.1} 0,04083 h	Z ₂	Pretočni čas _{d.pr.2} 0,06875 h	Z ₃	Pretočni čas _{d.pr.3} 4,083 h	Z ₄	Pretočni čas _{d.pr.4} 0,0875 h	Z ₅		Odpremno skladišče
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Slika 19: Pripravljen Microsoft Excelov delovni list

8.2 Simulacija na delnih procesih *navijanje* in *aranžiranje*

S simulacijo smo pričeli na delnih procesih *navijanje* in *aranžiranje*. Zanimala nas je najvišja vrednost medfazne zaloge med delnima procesoma.

V prvi uri simulacije delni proces *navijanje* obdela 171 obdelovancev. Delni proces *aranžiranje* začne obratovati v drugi uri simulacije. Ob koncu prve ure simulacije se tako nabere medfazna zaloge 171 obdelovancev. Drugo uro simulacije delni proces *navijanje* obdela 171 obdelovancev. V tej uri tudi delni proces *aranžiranje* prične z obdelovanjem in v eni uri obdela 218 obdelovancev. Medfazno zalogo med delnima procesoma za drugo uro simulacije izračunamo tako, da medfazni zalogi iz prve ure

simulacije prištejemo količino obdelovancev, ki jih v drugi uri simulacije obdela delni proces *navijanje* ter odštejemo količino obdelovancev, ki jih v drugi uri simulacije obdela delni proces *aranžiranje*.

Postopek izvajamo tako dolgo, da delni proces *navijanje* obdela toliko obdelovancev, da lahko izpolnimo tedensko naročilo kupca. Tedensko naročilo kupca znaša 7680 izdelkov. Slika 20 prikazuje simulacijo na delnih procesih *navijanje* in *aranžiranje*.

Medfazna zaloga med delnima procesoma doseže najvišjo vrednost 203 obdelovancev.

1 NAVIJANJE		2 ARANŽIRANJE	
Takt kupca 32 s		Takt kupca 32 s	
C/T _{d.pr.1} 21 s		C/T _{d.pr.2} 16,5 s	
WIP _{d.pr.1} 7 obdelovancev		WIP _{d.pr.2} 15 obdelovancev	
Št. Izmen _{d.pr.1} 2		Št. Izmen _{d.pr.2} 2	
Pretok _{d.pr.1} 171 obdelovancev/h		Pretok _{d.pr.2} 218 obdelovancev/h	
URA	Pretočni čas _{d.pr.1} 0,04083 h	Z ₂	Pretočni čas _{d.pr.2} 0,06875 h
1	171	171	0
2	171	125	218
3	171	78	218
4	171	31	218
5	171	203	0
6	171	156	218
7	171	109	218
8	171	62	218
9	171	16	218
10	171	187	0
11	171	140	218
12	171	94	218
13	171	47	218
14	171	0	218
15	171	171	0
16	171	125	218
17	0	125	0
18	0	125	0
19	0	125	0
20	0	125	0
21	0	125	0
22	0	125	0
23	0	125	0
24	0	125	0
25	171	78	218
26	171	31	218
27	171	203	0
28	171	156	218
29	171	109	218
30	171	62	218
31	171	16	218
32	171	187	0
33	171	140	218
34	171	94	218
35	171	47	218
36	171	0	218
37	171	172	0
38	171	125	218
39	171	78	218
40	171	31	218
41	0	31	0
42	0	31	0
43	0	31	0
44	0	31	0
45	0	31	0
46	0	31	0
47	0	31	0
48	0	31	0
49	171	203	0
50	171	156	218
51	171	109	218
52	171	62	218
53	171	16	218
54	171	187	0
55	171	140	218
56	171	94	218
57	171	47	218
58	171	0	218
59	171	172	0
60	171	125	218
61	171	78	218
62	171	31	218
63	171	-15	218
Maks. medfazna zaloga		203	

Slika 20: Simulacija na delnih procesih *navijanje* in *aranžiranje*

8.3 Simulacija na delnih procesih *aranžiranje* in *zalivanje*

Simulacijo smo zaradi boljše preglednosti razdelili na pet delov. Vsak del prikazuje simulacijo na dveh delnih procesih. Celotno simulacijo prikazuje priloga 1.

Simulacijo nadaljujemo na drugem in tretjem delnem procesu. To sta delna procesa *aranžiranje* in *zalivanje*. V tej fazi simulacije je stolpec, ki predstavlja delni proces *aranžiranje* že zapolnjen. Delni proces *zalivanje* začne z obdelovanjem eno uro za delnim procesom *aranžiranje*.

Medfazno zalogo med delnima procesoma za vsako uro simulacije izračunamo tako, da medfazni zalogi iz prejšnje ure simulacije prištejemo količino obdelovancev, ki jih v naslednji uri simulacije obdela delni proces *aranžiranje* in nato odštejmo količino obdelovancev, ki jih v isti uri simulacije obdela delni proces *zalivanje*.

Simulacijo na delnih procesih *aranžiranje* in *zalivanje* prikazuje slika 21. Medfazna zaloga med delnima procesoma doseže najvišjo vrednost 1798 obdelovancev.

URA	Pretočni čas $d_{pr.2}$ 0,06875 h	Z ₃	Pretočni čas $d_{pr.3}$ 4,0833 h
1	0	0	0
2	218	218	0
3	218	334	103
4	218	449	103
5	0	346	103
6	218	461	103
7	218	577	103
8	218	692	103
9	218	807	103
10	0	704	103
11	218	820	103
12	218	935	103
13	218	1050	103
14	218	1166	103
15	0	1063	103
16	218	1178	103
17	0	1075	103
18	0	972	103
19	0	870	103
20	0	767	103
21	0	664	103
22	0	561	103
23	0	458	103
24	0	355	103
25	218	471	103
26	218	586	103
27	0	483	103
28	218	598	103
29	218	714	103
30	218	829	103
31	218	944	103
32	0	842	103
33	218	957	103
34	218	1072	103
35	218	1188	103
36	218	1303	103
37	0	1200	103
38	218	1315	103
39	218	1431	103
40	218	1546	103
41	0	1443	103
42	0	1340	103
43	0	1237	103
44	0	1135	103
45	0	1032	103
46	0	929	103
47	0	826	103
48	0	723	103
49	0	620	103
50	218	736	103
51	218	851	103
52	218	966	103
53	218	1082	103
54	0	979	103
55	218	1094	103
56	218	1209	103
57	218	1325	103
58	218	1440	103
59	0	1337	103
60	218	1452	103
61	218	1568	103
62	218	1683	103
63	218	1798	103
64		1696	103
65		1593	103
66		1490	103
	Maks. medfazna zaloga	1798	

Slika 21: Simulacija na delnih procesih *aranžiranje* in *zalivanje*

8.4 Simulacija na delnih procesih *zalivanje* in *montaža*

Sledi simulacija na delnih procesih *zalivanje* in *montaža*. Delni proces *montaža* začne obdelovati obdelovance šest ur za delnim procesom *zalivanje*. Toliko časa mora obdelovanec mirovati pred meritvami na delnem procesu *montaža*.

Medfazno zalogo med delnima procesoma za vsako uro simulacije izračunamo tako, da medfazni zalogi iz prejšnje ure simulacije prištejemo količino obdelovancev, ki jih v naslednji uri simulacije obdela delni proces *zalivanje* in nato odštejemo količino obdelovancev, ki jih v isti uri simulacije obdela delni proces *montaža*.

Simulacijo na delnih procesih *zalivanje* in *montaža* prikazuje slika 22. Medfazna zaloga med delnima procesoma doseže najvišjo vrednost 1063 obdelovancev.

3 ZALIVANJE		4 MONTAŽA	
Takt kupca 32 s		Takt kupca 32 s	
C/T _{d.pr.3} 35 s		C/T _{d.pr.4} 21 s	
WIP _{d.pr.3} 420 obdelovancev		WIP _{d.pr.4} 15 obdelovancev	
Št. Izmen _{d.pr.3} 3		Št. Izmen _{d.pr.4} 2	
Pretok _{d.pr.3} 103 obdelovancev/h		Pretok _{d.pr.4} 171 obdelovancev/h	
URA	Pretočni čas _{d.pr.3} 4,08333 h	Z ₄	Pretočni čas _{d.pr.4} 0,0875 h
1	0	0	0
2	0	0	0
3	103	103	0
4	103	206	0
5	103	309	0
6	103	411	0
7	103	514	0
8	103	617	0
9	103	720	0
10	103	651	171
11	103	583	171
12	103	514	171
13	103	446	171
14	103	377	171
15	103	309	171
16	103	240	171
17	103	343	0
18	103	446	0
19	103	549	0
20	103	651	0
21	103	754	0
22	103	857	0
23	103	960	0
24	103	1063	0
25	103	994	171
26	103	926	171
27	103	857	171
28	103	789	171
29	103	720	171
30	103	651	171
31	103	583	171
32	103	514	171
33	103	446	171
34	103	377	171
35	103	309	171
36	103	240	171
37	103	171	171
38	103	103	171
39	103	34	171
40	103	137	0
41	103	240	0
42	103	343	0
43	103	446	0
44	103	549	0
45	103	651	0
46	103	754	0
47	103	857	0
48	103	960	0
49	103	891	171
50	103	823	171
51	103	754	171
52	103	686	171
53	103	617	171
54	103	549	171
55	103	480	171
56	103	411	171
57	103	343	171
58	103	274	171
59	103	206	171
60	103	137	171
61	103	69	171
62	103	0	171
63	103	103	0
64	103	34	171
65	103	137	0
66	103	240	0
67	103	343	0
68	103	446	0
69	103	549	0
70	103	651	0
71	103	754	0
72	103	857	0
73	103	789	171
74	103	720	171
75	103	651	171
76	103	583	171
77	103	514	171
78	103	446	171
79	103	377	171
80	103	309	171
81	0	137	171
82	0	-34	171
Maks. medfazna zaloga		1063	

Slika 22: Simulacija na delnih procesih zalivanje in montaža

8.5 Simulacija odvoza izdelkov v odpremno skladišče

V simulacijo smo dodali še delni proces *odvoz izdelkov v odpremno skladišče*. Tako ugotovimo kakšno najvišjo vrednost doseže zaloga izdelkov na izhodu iz proizvodnega procesa.

Delni proces *montaža* začne z obdelovanjem v deseti uri simulacije. Na uro obdela 171 obdelovancev. Tako se na izhodu proizvodnega procesa nabira zaloga izdelkov. Ko se nabere 480 izdelkov, se izdelke prepelje v odpremno skladišče.

Slika 23 prikazuje simulacijo odvoza izdelkov v odpremno skladišče. Medfazna zaloga med delnima procesoma doseže najvišjo vrednost 446 izdelkov.

4 MONTAŽA		5 ODVOZ IZDELKOV V ODPREMNO SKLADIŠČE	
Takt kupca 32 s			
C/T _{d.pr.4} 21 s			
WIP _{d.pr.4} 15 obdelovancev			
Št. Izmen _{d.pr.4} 2		Št. Izmen _{d.pr.5} 2	
Pretok _{d.pr.4} 171 obdelovancev/h			
URA	Pretočni čas _{d.pr.4} 0,08750 h	Z ₅	
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	171	171	0
11	171	343	0
12	171	34	480
13	171	206	0
14	171	377	0
15	171	69	480
16	171	240	0
17	0	240	0
18	0	240	0
19	0	240	0
20	0	240	0
21	0	240	0
22	0	240	0
23	0	240	0
24	0	240	0
25	171	411	0
26	171	103	480
27	171	274	0
28	171	446	0
29	171	137	480
30	171	309	0
31	171	0	480
32	171	171	0
33	171	343	0
34	171	34	480
35	171	206	0
36	171	377	0
37	171	69	480
38	171	240	0
39	171	411	0
40	0	411	0
41	0	411	0
42	0	411	0
43	0	411	0
44	0	411	0
45	0	411	0
46	0	411	0
47	0	411	0
48	0	411	0
49	171	103	480
50	171	274	0
51	171	446	0
52	171	137	480
53	171	309	0
54	171	0	480
55	171	171	0
56	171	343	0
57	171	34	480
58	171	206	0
59	171	377	0
60	171	69	480
61	171	240	0
62	171	411	0
63	0	411	0
64	171	103	480
65	0	103	0
66	0	103	0
67	0	103	0
68	0	103	0
69	0	103	0
70	0	103	0
71	0	103	0
72	0	103	0
73	171	274	0
74	171	446	0
75	171	137	480
76	171	309	0
77	171	0	480
78	171	171	0
79	171	343	0
80	171	34	480
81	171	206	0
82	171	377	0
Maks. zaloga		446	0

Slika 23: Simulacija odvoza izdelkov v odpremno skladišče

8.6 Prikaz količine izdelkov v odpremnem skladišču

V zadnjem stolpcu simulacije lahko razberemo količino izdelkov, ki se v določenem trenutku nahaja v odpremnem skladišču. To prikazuje slika 24.

URA	Z _s	5 ODVOZ IZDELKOV V ODPREMNO SKLADIŠČE	Odpremno skladišče
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	171	0	0
11	343	0	0
12	34	480	480
13	206	0	480
14	377	0	480
15	69	480	960
16	240	0	960
17	240	0	960
18	240	0	960
19	240	0	960
20	240	0	960
21	240	0	960
22	240	0	960
23	240	0	960
24	240	0	960
25	411	0	960
26	103	480	1440
27	274	0	1440
28	446	0	1440
29	137	480	1920
30	309	0	1920
31	0	480	2400
32	171	0	2400
33	343	0	2400
34	34	480	2880
35	206	0	2880
36	377	0	2880
37	69	480	3360
38	240	0	3360
39	411	0	3360
40	103	480	3840
41	103	0	3840
42	103	0	3840
43	103	0	3840
44	103	0	3840
45	103	0	3840
46	103	0	3840
47	103	0	3840
48	103	0	3840
49	274	0	3840
50	446	0	3840
51	137	480	4320
52	309	0	4320
53	0	480	4800
54	171	0	4800
55	343	0	4800
56	34	480	5280
57	206	0	5280
58	377	0	5280
59	69	480	5760
60	240	0	5760
61	411	0	5760
62	103	480	6240
63	274	0	6240
64	446	0	6240
65	446	0	6240
66	446	0	6240
67	446	0	6240
68	446	0	6240
69	446	0	6240
70	446	0	6240
71	446	0	6240
72	446	0	6240
73	617	0	6240
74	789	0	6240
75	480	480	6720
76	651	0	6720
77	823	0	6720
78	514	480	7200
79	686	0	7200
80	857	0	7200
81	549	480	7680
82	720	0	7680
		Maks količina	7680

Slika 24: Prikaz količine izdelkov v odpremnem skladišču

9 ANALIZA REZULTATOV

9.1 Primerjava obstoječega stanja s stanjem iz simulacije

Učinke, ki bi jih dosegli, če bi odpravili zastoje, preurejanja in izmet smo prikazali s primerjavo velikosti medfaznih zalog, primerjavo časov trajanja medfaznih zalog, pretočnih časov in deležev dodajanja vrednosti. Primerjali smo vrednosti obstoječega stanja z vrednostmi iz simulacije

9.1.1 Primerjava velikosti medfaznih zalog

Tabela 6 prikazuje primerjavo velikosti medfaznih zalog. Primerjali smo velikosti medfaznih zalog pri obstoječem stanju z velikostmi medfaznih zalog iz simulacije. Če bi odpravili zastoje, preurejanja in izmet, bi proizvodni proces obratoval z manjšimi medfaznimi zalogami.

Tabela 6: Primerjava medfaznih zalog

Medfazna zaloga	Medfazna zaloga – obstoječe stanje	Medfazna zaloga – stanje iz simulacije	Rezultat
Z_2	270 kos	203 kos	Zmanjšanje za 24,8 %
Z_3	3300 kos	1798 kos	Zmanjšanje za 45,5 %
Z_4	1890 kos	1063 kos	Zmanjšanje za 43,7 %
Z_5	192 kos	446 kos	Povečanje za 132 %

9.1.2 Primerjava časov trajanja medfaznih zalog

Tabela 7 prikazuje primerjavo časov trajanja medfaznih zalog. Primerjali smo čase trajanja medfaznih zalog pri obstoječem stanju s časi trajanja medfaznih zalog iz simulacije. Časi trajanja medfaznih zalog bi se zmanjšali.

Tabela 7: Primerjava časov trajanja medfaznih zalog

Medfazna zaloga	Čas trajanja medfazne zaloge – obstoječe stanje	Čas trajanja medfazne zaloge – stanje iz simulacije	Rezultat
Z_2	0,18 dni	0,132 dni	Zmanjšanje za 24,8 %
Z_3	2,15 dni	1,17 dni	Zmanjšanje za 45,5 %
Z_4	1,23 dni	0,69 dni	Zmanjšanje za 43,7 %
Z_5	0,125 dni	0,29 dni	Povečanje za 132 %

Razlaga oznak iz tabel 6 in 7:

Z_2 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *navijanje* in *aranžiranje*,

Z_3 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *aranžiranje* in *zalivanje*,

Z_4 ... medfazna zaloga med delnima procesoma *zalivanje* in *montaža*,

Z_5 ... zaloga končanih izdelkov.

9.1.3 Primerjava pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti

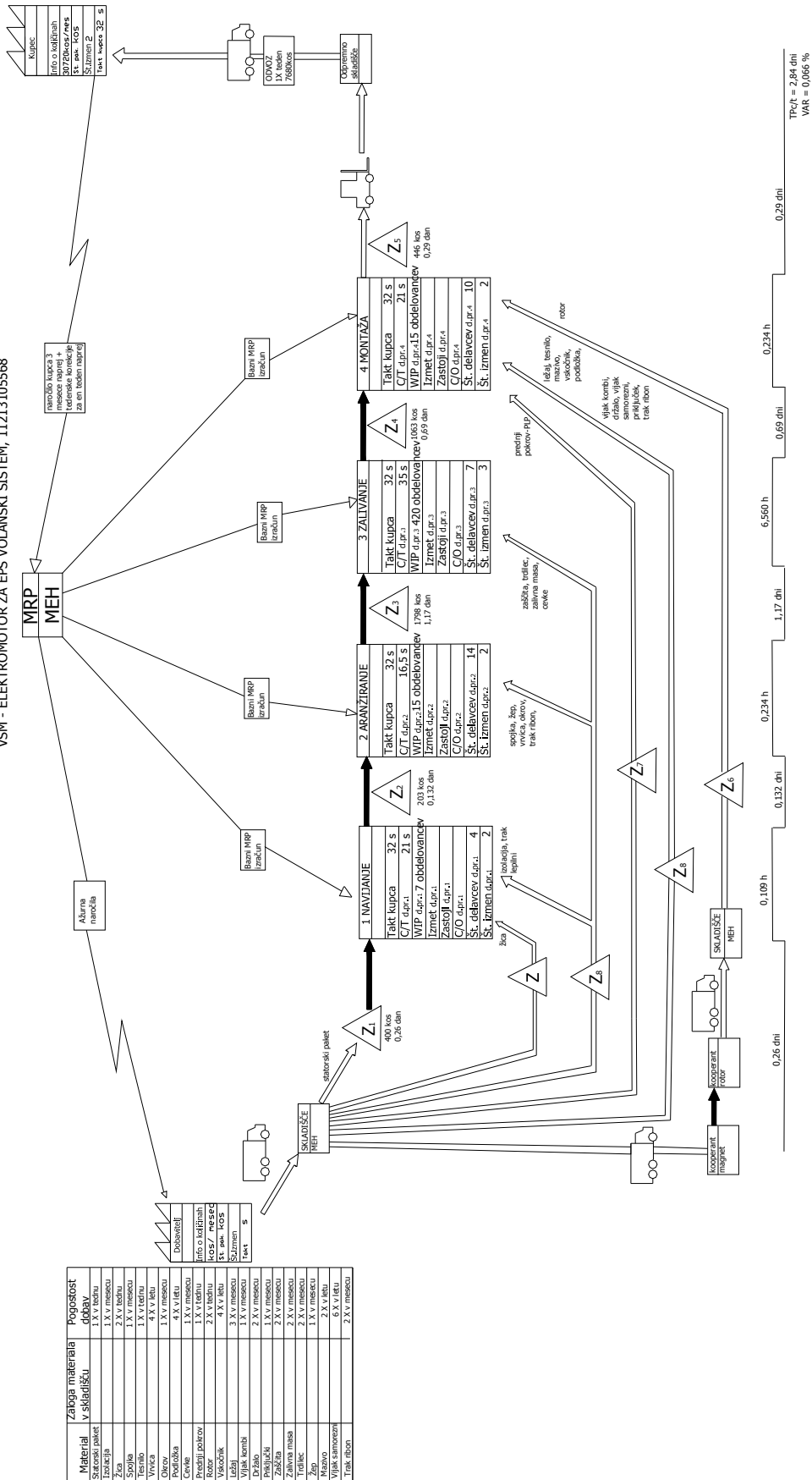
Tabela 8 prikazuje primerjavo pretočnih časov in deležev dodajanja vrednosti. Pretočni čas bi se s 4,24 dni skrajšal na 2,84 dni. Delež dodajanja vrednosti bi se z 0,044 % povečal na 0,066 %.

Tabela 8: Primerjava pretočnega časa in deleža dodajanja vrednosti

	Obstoječe stanje	Stanje iz simulacije
Pretočni čas	4,24 dni	2,84 dni
Delež dodajanja vrednosti	0,044 %	0,066 %

Slika 25 prikazuje proizvodni proces iz simulacije.

VSM - ELEKTROMOTOR ZA EPS VOLANSKI SISTEM, 11213105568



Slika 25: Proizvodni proces iz simulacije

10 UČINKI SKRAJŠANJA PRETOČNEGA ČASA

10.1 Finančni učinki

Če bi izkoristili zmogljivosti proizvodnega procesa, bi proizvodni proces obratoval z manjšimi medfaznimi zalogami. Posledično bi se:

- sprostil prostor v proizvodnem obratu

Obdelovanci se med delnimi procesi premikajo po načelu potiskanja. Vsak delni proces izvede zahtevane operacije na obdelovancih in jih nato potisne na naslednji delni proces. Če bi izkoristili zmogljivosti delnih procesov, bi se obdelovanci hitreje premikali skozi delne procese. To pomeni, da bi nastajale manjše medfazne zaloge.

Simulacija je pokazala, da bi proizvodni proces lahko obratoval s 3910 obdelovanci na zalogi. Pri obstoječem stanju je ta vrednost 6052 obdelovancev. Tako bi se sprostil prostor, ki ga zaseda 2142 obdelovancev. Ti obdelovanci se nahajajo na vozičkih. Na voziček gre 300 obdelovancev. Izračunali smo, koliko vozičkov se sprostijo. Izračun je:

$$\frac{2142}{300} = 7,14$$

Rezultat zaokrožimo na 7. Površina enega vozička je:

$$0,6 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^2$$

Izračunali smo, koliko prostora bi se sprostilo v proizvodnem obratu. Izračun je:

$$0,6 \text{ m}^2 \cdot 7 \text{ vozičkov} = 4,2 \text{ m}^2$$

- sprostila denarna sredstva podjetja.

Proizvodni proces bi obratoval z manjšimi zalogami obdelovancev. Vsak obdelovanec ima vrednost. Ta vrednost je vrednost materialov, ki so potrebni za izdelavo izdelka. Cena materialov za elektromotor je 15,82 EUR. Izračunali smo, koliko sredstev bi se sprostilo. Izračun je:

$2142 \text{ obdelovancev} \cdot 15,82 \text{ EUR} = 33.886,45 \text{ EUR}$

Sprostilo bi se 33.886,45 EUR.

- zmanjšali stroški financiranja materiala

Ker bi sprostili denarna sredstva podjetja, bi se zmanjšali skupni stroški podjetja. V izračunu smo upoštevali 7,75 % – no letno obrestno mero. Izračun je:

$33.886,45 \text{ EUR} \cdot 7,75 \% = 2.626,19 \text{ EUR}$

10.2 Učinki, ki jih ne moremo izraziti v vrednosti

Pojavili bi se tudi učinki, ki jih je težko izraziti v vrednosti. Ti učinki so:

- manjša škoda pri rokovanju z materialom,
- manjši režijski stroški,
- manjši stroški iskanja blaga,
- manjša možnost zastoja v proizvodnji. V SPE Mehatronika ena ura zastoja predstavlja strošek 190 EUR,
- olajšano odkrivanje in odpravljanje napak,
- zmanjšano iskanje delov zaradi manipuliranja z manjšimi količinami,
- povečana sposobnost soočenja in reševanja nevsakdanjih problemov z novimi idejami,
- manjše izgube denarja in časa zaradi kakovostnejšega planiranja,
- hitrejša manipulacija,
- povečana urejenost proizvodnih procesov; to vpliva na delavce, ki se bolje počutijo v čistem delovnem okolju,
- povečana zavest delavcev, saj delavci želijo in nameravajo izboljšati svoje delo.

11 PREDLOGI ZA OPTIMIZACIJO MATERIALNEGA TOKA

Iz simulacije smo ugotovili, da bi proizvodni proces obratoval z manjšimi medfaznimi zalogami. Pretočni čas bi se skrajšal, delež dodajanja vrednosti pa povečal. Vendar bi pred in po delnem procesu *zalivanje* še vedno nastajale odvečne medfazne zaloge. Vzrok je neuravnoteženost kapacitet proizvodnega procesa.

Iz tega smo zaključili, da za odpravo zalog in za doseg vitke proizvodnje ni dovolj zgolj uporaba metod za preprečevanje izmeta in zastojev ter metod za hitro preurejanje strojev. Zato priporočamo še:

- spremembo tehnološkega postopka *zalivanje*,
- spremembo sistema naročanja materialov. Predlagamo naročanje materialov na podlagi signalnih zalog.

11.1 Naročanje materialov na podlagi signalnih zalog

Prvo priporočilo je sprememba sistema naročanja materialov. Predlagamo naročanje vseh materialov na podlagi signalnih zalog. Pri tem sistemu naročanja materialov naročamo materiale samo takrat, ko imamo na zalogi količino materiala, ki ga bomo porabili do prispetja novega materiala.

Poleg zaloge, ki jo bomo porabili do prispetja naročenega materiala, signalna zaloga vsebuje še varnostno zalogo. Varnostna zaloga je rezerva, ki se jo sme porabiti le v primerih, ko pride do nezaloženosti.

Do nezaloženosti pride, ko je zaloga izčrpana, preden je obnovljena oziroma dopolnjena, ker dobavni čas ni konstanten ali pa je poraba materiala med dobavnim časom spremenljiva.

Pri tem sistemu naročanja materialov količino naročanja določimo tako, da najprej izračunamo varnostno zalogo za izbrani material. Varnostno zalogo izračunamo po enačbi (9):

$$Z_v = z \cdot \sqrt{L S_d} \quad (9)$$

Kjer je:

Z_v ... varnostna zaloga,

z ... faktor nivoja postrežbe,

L ... čas dobave v dnevih,

S_d ... standardna deviacija med dobavnim časom.

Želimo imeti 95 % nivo postrežbe. Iz tabele faktorjev nivoja postrežbe razberemo, da 95 % nivoju postrežbe ustreza faktor 1,65.

Izračun varnostne zaloge za samorezni vijak je:

$$Z_v = 1,65 \cdot \sqrt{1} \cdot 460 \text{ kos} = 759 \text{ kos}$$

Nadalje izračunamo signalno zalogo po enačbi (10):

$$Z_s = Z_v + r \tag{10}$$

Kjer je:

Z_s ... signalna zaloga,

Z_v ... varnostna zaloga,

r ... povpraševanje med časom dobave.

V en elektromotor se vgradi dva vijaka.

Signalna zaloga za samorezni vijak je:

$$Z_s = 759 \text{ kos} + (1536 \text{ kos} \cdot 2 \cdot 1) = 3831 \text{ kos}$$

Nazadnje določimo še optimalno količino naročanja po enačbi (11):

$$Q_{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot S}{H}} \tag{11}$$

Kjer je:

Q_{EOQ} ekonomska količina naročanja,

R ... letno povpraševanje,

S ... stroški naročanja za posamezno naročilo,

H ... celoten strošek zaloge na enoto blaga na leto.

Celoten strošek zaloge na enoto blaga na leto izračunamo po enačbi (12):

$$H = i \cdot C + h \quad (12)$$

Kjer je

C ... cena enote blaga,

i ... strošek financiranja v % na leto,

h ... strošek fizičnega skladiščenja na enoto blaga na leto.

Optimalna količina naročanja je:

$$Q_{EOQ} = \sqrt{\frac{2 \cdot 737280 \text{ kos} \cdot 0,5 \text{ EUR}}{0,00675 \text{ EUR} \cdot 0,0775}} = 37542 \text{ kos}$$

V prihodnosti bi podjetje lahko prešlo na sistem nabave ob pravem času. Pri tem sistemu dobavitelji dobavljajo materiale večkrat in v manjših količinah neposredno v proizvodnjo.

11.2 Sprememba tehnološkega postopka zalivanje

Priporočamo tudi spremembo tehnološkega postopka *zalivanje*. Tehnološki postopek *zalivanje* predstavlja ozko grlo. Takt delnega procesa je 35 sekund. Takt bi morali zmanjšati vsaj za 10 sekund, da bi se približali taktom ostalih delnih procesov. To je možno s spremembo tehnologije zalivanja. Za izvedbo tega je potrebno investiranje.

12 ZAKLJUČEK

Proizvodne procese moramo spremljati in jih spreminjati. Proizvodne procese spreminjamo z namenom zmanjšanja stroškov podjetja. Če želimo stroške podjetja zmanjšati, moramo iz proizvodnega procesa odpraviti izgube.

Izgube moramo najprej identificirati. V SPE Mehatronika smo izgube identificirali z analizo toka vrednosti. Identificirali smo velike medfazne zaloge pred in po delnem procesu *zalivanje* ter velike zaloge materialov v skladišču.

Vzroki za velike medfazne zaloge so dolga preurejanja strojev, velik delež zastojev, velik delež izmeta ter neuravnoteženost kapacitet proizvodnega procesa.

Nadalje smo naredili simulacijo, da bi ugotovili, s kakšnimi medfaznimi zalogami bi obratoval proizvodni proces, če bi odpravili zastoje, preurejanja in izmet v proizvodnem procesu. Zanimalo nas je tudi, koliko bi se v tem primeru zmanjšal pretočni čas, oziroma koliko bi se povečal delež dodajanja vrednosti.

Ugotovili smo, da bi proizvodni proces obratoval s 45 odstotkov manjšimi medfaznimi zalogami pred in po delnem procesu *navijanje*. Pretočni čas bi se s 4,24 zmanjšal na 2,84 dni, delež dodajanja vrednosti pa bi se z 0,044 odstotka povečal na 0,066 odstotka. V Iskri Avtoelektriki je delež dodajanja vrednosti 0,1 odstotka že zelo dober rezultat. Sprostilo bi se tudi 4,2 m² prostora v proizvodnem obratu in 33.886,45 EUR denarnih sredstev podjetja. Letni stroški financiranja materialov bi se zmanjšali za 2.626,19 EUR.

Vendar bi pred in po delnem procesu še vedno nastajale prevelike medfazne zaloge. Če želimo doseči vitko proizvodnjo, moramo zaloge zmanjšati oziroma odpraviti. Zato je v SPE Mehatronika potrebno spremeniti tehnologijo zalivanja in sistem naročanja materialov.

13 LITERATURA

Analiza toka vrednosti (2008). Interno gradivo. (Iskra Avtoelektrika)

Delphi manufacturing system (2001). Implementation guide. Delphi corporation.

Gider, F. (2007). Organizacija logistike po principih vitke proizvodnje. Pridobljeno 23.5.2009 s svetovnega spleta: <http://www.planetgv.si/upload/htmlarea/files/PoslovnaLogistika2007/Gider.ppt>

Interno gradivo Iskra Avtoelektrika (2005). (Iskra Avtoelektrika)

Kaj je 5S? Pridobljeno 25.11.2009 s svetovnega spleta: <http://www.graphicproducts.com/tutorials/five-s/index.php>

Ljubič, T. (2000). Planiranje in vodenje proizvodnje. Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru.

Predstavitev skupine Iskra Avtoelektrika (2007). Interno gradivo. (Iskra Avtoelektrika)

Proces uvajanja (2008). Interno gradivo. (Iskra Avtoelektrika)

Štrancar, D. (2006). Interno gradivo. (Iskra Avtoelektrika)

Vodnik po Iskri Avtoelektriki (2008). Interno gradivo. (Iskra Avtoelektrika)

5S akcija (2006). Interni priročnik za koordinatorje. Črnomelj: Danfoss compressors.

PRILOGA 1: SIMULACIJA

