

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**POVEČEVANJE UČINKOVITOSTI PROIZVODNJE V PODJETJU  
TIPRO KEYBOARDS S Poudarkom NA UVEDBI CELIČNE  
PROIZVODNJE**

Ljubljana, januar 2012

TOMAŽ KERČMAR



## **IZJAVA**

Študent Tomaž Kerčmar izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal v soglasju s svetovalcem dr. Borutom Rusjanom, in da v skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 23.01.2012

Podpis: \_\_\_\_\_



# KAZALO

<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 PROIZVODNA FUNKCIJA IN ORGANIZACIJA DELOVNIH PROCESOV</b> .....	<b>4</b>
1.1 Proizvodna funkcija kot transformacijski proces .....	4
1.2 Vrste proizvodnje .....	6
1.3 Proizvodne razmestitve .....	9
1.4 Vitka proizvodnja.....	15
1.5 5S .....	16
1.6 Kanban .....	18
1.7 JIT .....	19
<b>2 OPREDELITEV CELIČNE PROIZVODNJE</b> .....	<b>20</b>
2.1 Koncept celične proizvodnje.....	20
2.2 Razvoj celične proizvodnje .....	22
2.3 Razlogi za uvedbo oziroma prednosti .....	24
2.4 Možne ovire in slabosti .....	25
2.5 Načrtovanje in uvedba .....	27
2.5.1 Faza 1: Razumevanje obstoječega sistema in načrtovanje novega .....	27
2.5.2 Faza 2: Preoblikovanje v celično proizvodnjo .....	28
2.5.3 Faza 3: Stalne izboljšave procesa.....	29
<b>3 PREDSTAVITEV PODJETJA TIPRO IN NJIHOVIH IZDELKOV</b> .....	<b>30</b>
3.1 Zgodovina podjetja Tipro.....	30
3.2 Predstavitev proizvodnje podjetja Tipro .....	30
3.3 Predstavitev izdelkov .....	31
3.4 Podrobnejša predstavitev izbranega izdelka iz družine BeFREE .....	35
3.4.1 Prikaz montaže sestava TFT .....	36
3.4.2 Prikaz montaže sestava PC.....	37
3.4.3 Združitev obeh sestavov v končni izdelek .....	38
<b>4 ANALIZA OBSTOJEČE PROIZVODNJE V PODJETJU TIPRO</b> .....	<b>38</b>
4.1 Obstoječ način proizvodnje.....	38
4.2 Obstoječ način priprave materiala.....	41
4.3 Priprava materiala in izdelava serije izdelkov BeFREE na obstoječ način proizvodnje.....	42
4.3.1 Priprava materiala in montaža SESTAVA TFT.....	42
4.3.2 Priprava materiala in montaža SESTAVA PC .....	44
4.3.3 Ovrednotenje stroškov izdelave sestavov na obstoječ način.....	47
4.4 Smiselnost vpeljave celične proizvodnje v podjetje Tipro .....	49
<b>5 CELIČNA PROIZVODNJA NA KONKRETNEM PRIMERU</b> .....	<b>51</b>
5.1 Postavitev celične proizvodnje v podjetju Tipro.....	51

5.2	Priprava materiala in izdelava serije izdelkov iz družine BeFREE na celični način .....	56
5.2.1	Priprava materiala in montaža SESTAVA TFT.....	56
5.2.2	Priprava materiala in montaža SESTAVA PC .....	57
5.3	Ovrednotenje stroškov izdelave sestavov na celični način .....	59
5.4	Smiselnost uporabe celične proizvodnje za izdelavo drugih izdelkov .....	61
	<b>SKLEP.....</b>	<b>63</b>
	<b>LITERATURA IN VIRI.....</b>	<b>65</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Princip U celice.....	2
Slika 2:	Splošen model transformacijskega procesa .....	5
Slika 3:	Razlikovanje vrst proizvodnje .....	7
Slika 4:	Shema linijske razmestitve .....	10
Slika 5:	Shema skupinske razmestitve .....	12
Slika 6:	Shema celične razmestitve.....	14
Slika 7:	Smiselnost razmestitev glede na obseg proizvodnje in variabilnost izdelkov .....	14
Slika 8:	Gradniki vitke proizvodnje .....	15
Slika 9:	Prikaz metode 5S .....	16
Slika 10:	Kanban delovni nalog .....	19
Slika 11:	Princip U celice s tremi delavci .....	22
Slika 12:	Primer izdelka iz družine matričnih tipkovnic.....	31
Slika 13:	Primer izdelka iz družine industrijskih tipkovnic .....	32
Slika 14:	Primer izdelka iz družine MID .....	32
Slika 15:	Primer izdelka iz družine FREE .....	33
Slika 16:	Primer izdelka iz družine FREE+ .....	33
Slika 17:	Primer izdelka iz družine FCX .....	34
Slika 18:	Primer izdelka iz družine BeFREE .....	34
Slika 19:	Primer izdelka iz družine BLUE+ (levo BT, desno CashTray).....	35
Slika 20:	Vertikalna robotizirana skladišča Kardex .....	41
Slika 21:	Prikaz časa montaže sestava PC D2 v primeru enega izvajalca .....	47
Slika 22:	Sistem kanban z dvema embalažnima enotama.....	52
Slika 23:	Postavitev celice za montažo sestava TFT.....	53
Slika 24:	Prva prilagoditev celice za montažo sestava PC.....	54
Slika 25:	Postavitev celice za montažo sestava PC.....	55

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Izmerjeni časi obstoječe montaže TFT sestava .....	43
Tabela 2: Izmerjeni časi obstoječe montaže PC sestava .....	45
Tabela 3: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava TFT .....	48
Tabela 4: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava PC .....	48
Tabela 5: Časi montaže TFT sestava na celični način (serije 5-ih kosov) .....	57
Tabela 6: Izmerjeni časi montaže PC sestava na celični način (serija 3-eh kosov) .....	58
Tabela 7: Izmerjeni časi montaže PC sestava na celični način (serija 5-ih kosov) .....	59
Tabela 8: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava TFT .....	60
Tabela 9: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava PC .....	60
Tabela 10: Primerjava rezultatov za proizvodnjo sestava TFT .....	61
Tabela 11: Primerjava rezultatov za proizvodnjo sestava PC .....	61





## UVOD

Na trgu, kjer je v zadnjih letih prisotne vse več konkurence, konkurenčna prednost ni le tehnološka prednost pred rivali, ampak predvsem stroškovna učinkovitost posameznih podjetij. Globalizacija in predvsem nastop držav iz Daljnega Vzhoda v svetovnem gospodarstvu je zlasti v podjetjih iz razvitejših držav povzročila dodaten pritisk za večjo stroškovno učinkovitost (Cellular manufacturing, 2011). V državah z Daljnega Vzhoda so stroški dela primerjalno nižji kot v razvitejših državah. Povprečni stroški za eno uro dela na zaposlenega v proizvodnem sektorju so namreč v letu 2009 v Nemčiji znašali 46,52 ameriških dolarjev, na Kitajskem pa le 1,36 ameriškega dolarja (Bureau of labor statistic, 2011). Ne glede na nivo življenjskega standarda v razvitejših državah relativna cena dela pada, kar nemalokrat povzroča izkoriščanje delavcev in poistovetenje le-teh s stroji. K optimizaciji delovnih procesov in nižanju stroškov pa težijo tudi vedno zahtevnejši kupci, ki si želijo kakovostne izdelke po nizki ceni in s kratkimi dobavnimi roki.

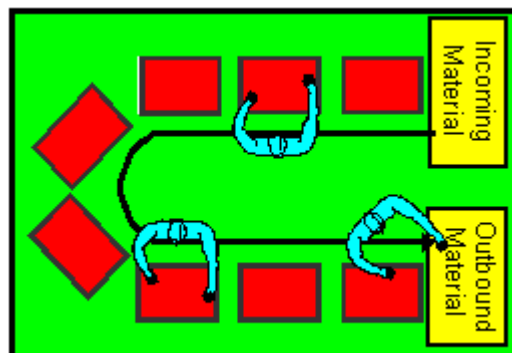
Stroškovno učinkovitost podjetja večajo tudi z minimiziranjem zalog materiala, zato je bil skladno s tem v sedemdesetih letih preteklega stoletja na Japonskem razvit sistem ravno ob pravem času (angl. *Just In Time – JIT*), ki proizvodnji zagotavlja dobavo materialov v ustrezni količini, ustrezne kakovosti, na ustrezno mesto, v trenutku, ko so tam potrebni. Japonska podjetja so v določenih panogah začela prevzemati vodilno vlogo in hkrati začela načela JIT uveljavljati tudi znotraj proizvodenj. S tem začnemo govoriti o vitki proizvodnji, ki danes predstavlja koncept poslovanja podjetja brez zalog, hkrati pa zagotavlja neprekinjeno izboljševanje poslovanja (Rusjan, 2009, str. 535).

Na podlagi lastnosti vitke proizvodnje je bila nadalje razvita celična proizvodnja, ki združuje dobre lastnosti vitke proizvodnje, hkrati pa zagotavlja neprekinjen proces izdelave izdelkov in za delovanje zahteva malo proizvodnega prostora (Viser, 2010). Metoda celične proizvodnje je tudi ena izmed humanejših metod, ki jo nekatera podjetja koristijo za doseganje nižjih in predvsem bolj konkurenčnih stroškov. S fizično razporeditvijo strojne opreme, specializiranimi delovnimi mesti in večimi delavci dosegajo krajše proizvodne čase za izdelavo izdelkov, hkrati pa so delavci z razporeditvijo dela in porazdelitvijo odgovornosti do posameznih procesov posredno motivirani. Omenjena metoda je v podjetjih koristna tudi zato, ker se pri takem načinu izdelek proizvaja neprekinjeno, kar pomeni, da v takih primerih zaloge nedokončanih proizvodov praktično ni (Kavčič, 2000, str. 120).

V primeru celične proizvodnje se posamezni stroji ali specializirana delovna mesta (v nadaljevanju bom za obe postavki uporabljal izraz delovna operacija) postavijo tesno skupaj in sicer v zaporedju, kot si sledijo operacije za izdelavo določenega izdelka. S tako postavitvijo se zagotovi nemoten in enakomeren pretok materialov skozi procese, hkrati pa se zaradi skupaj postavljenih delovnih operacij zagotovi, da je transportni čas izdelka med njimi zanemarljiv v primerjavi s časom, ki se ga porabi za montažo izdelka pri posameznih

delovnih procesih. Cilj celične proizvodnje je izločitev vseh operacij, ki končnemu izdelku ne dodajajo vrednosti. Oblika postavitve delovnih procesov je lahko različna, vendar pa se zaradi praktičnosti izvajanja posameznih procesov največkrat uporablja tako imenovana U oziroma C postavitve proizvodnih celic (princip U celice je prikazan na Sliki 1), v katerih so delovne operacije postavljene v obliki črtke U oziroma C. Ker se pri omenjenem načinu proizvodnje delavec v celici premika med zaporedno razporejenimi delovnimi operacijami, je praviloma pomembno, da sta začetna in končna delovna operacija v celici čim bolj skupaj, s čimer zagotovimo minimalen čas premikanja delavca od končne delovne operacije do začetne. Iz tega sledi, da je U oziroma C postavitve celice najbolj smiselna (Hunter, 2008, str. 629).

*Slika 1: Princip U celice*



*Vir: Strategos, 2011.*

Teorija govori, da z uvedbo celične proizvodnje dosežemo krajše proizvodne čase<sup>1</sup>, izboljšamo oziroma stabiliziramo kakovost proizvodov, zmanjšamo zaloge nedokončane proizvodnje in zmanjšamo čas nastavitve strojev (Alvarez, 1997, str. 29).

K večji učinkovitosti celice vsekakor pripomore tudi urejenost le-te, zato se je z namenom sistematične urejenosti delovnih mest razvila metoda 5S. Gre za stalen proces čiščenja, urejanja in vzdrževanja delovnih mest, s čimer se zagotavlja večjo preglednost delovnih mest in lažjo dosegljivost materiala in potrebnega orodja. Kot v svojem članku navaja Dolcemascolo (2011), pa posledično z uporabo metode 5S v delovnem okolju zagotavljamo tudi višji nivo kakovosti izdelkov, nižje stroške izdelave, zanesljivejše odpreme izdelkov, večjo varnost za zaposlene in drugo.

Namen magistrske naloge je preučiti smiselnost uvedbe celične proizvodnje za izdelavo standardnih izdelkov v podjetje Tipro keyboards d.o.o. (v nadaljevanju podjetje Tipro), ki se ukvarja s proizvodnjo namenskih vhodno-izhodnih perifernih enot. Omenjen način proizvodnje želim preizkusiti na izbrani družini izdelkov in s primerjavo rezultatov obstoječe in celične proizvodnje ugotoviti ustreznost uvedbe. Učinkovitost bom poizkusil povečati tudi z uporabo metode 5S, načel vitke proizvodnje in z ustreznim načinom

<sup>1</sup> Proizvodni čas je čas izdelave izdelkov v proizvodnji.

preskrbe celice z materialom za izdelavo izdelkov. Pred in med uvedbo celične proizvodnje v podjetju Tipro želim spoznati problematiko uvedbe in uporabe celične proizvodnje v celoti. Prav tako želim spoznati tako pozitivne kot negativne učinke celične proizvodnje na sistem planiranja v proizvodnji, zaloge materiala, dobavne roke ipd.

Z magistrskim delom nameravam predvsem raziskati metodo celične proizvodnje in vplive le-te na ostale procese v podjetju. Temelječ na teoretičnem spoznanju o prednostih in slabostih omenjene metode in hkrati s spoznanjem o potrebnih parametrih za stroškovno učinkovitejšo proizvodnjo želim ugotoviti najustreznejši način postavitve celične proizvodnje v podjetju Tipro. Z uvedbo ustreznih povezanih sistemov (JIT, 5S, Kanban, ipd.) pa želim narediti celično proizvodnjo še preglednejšo in učinkovitejšo. Na podlagi teoretičnih podatkov, predvsem pa z analizo rezultatov in s praktičnimi spoznanji pri izdelavi izbrane družine izdelkov v celičnem načinu proizvodnje želim ugotoviti smiselnost uporabe le-te tudi pri izdelavi drugih izdelkih. Prav tako me zanima problematika uvajanja in uporabe celične proizvodnje v celoti.

Cilj magistrskega dela je ugotoviti, ali je za podjetje Tipro metoda celične proizvodnje stroškovno učinkovitejša od obstoječe. V kolikor je, bom na podlagi rezultatov skušal prepričati vodstvo podjetja, da podjetje Tipro umesti celični način proizvodnje tudi za izdelavo drugih polizdelkov ali izdelkov. V vsakem primeru pa bom skušal tudi odstotkovno določiti znižanje ali zvišanje stroškov proizvodnje in povezanih stroškov v primeru prehoda na celično proizvodnjo v podjetju Tipro.

V prvem delu bo magistrska naloga temeljila predvsem na teoretično-analitičnem pregledu strokovne literature in razpoložljivih člankov o obravnavani temi. S prvim delom želim pripraviti le teoretično predznanje s področja celične proizvodnje in povezanih sistemov za nadaljnji praktični del.

V omenjenem praktičnem delu bom s planiranjem in dejansko postavitvijo na podlagi teoretičnih spoznanj postavil najustreznejšo postavitev celične proizvodnje za izbrano družino izdelkov v podjetju Tipro. Na proizvodni seriji bom izvajal časovne meritve izdelave posameznih postopkov oziroma izdelka in te primerjal s časom, ki ga bom izmeril pri izdelavi enakih izdelkov v trenutni skupinski razmestitvi proizvodnje. V tem delu bom s pomočjo primerjalne analize ugotavljal smiselnost vpeljave celične proizvodnje za izbrano družino polizdelkov. Rezultate bom skušal s pomočjo prej navedenih povezanih sistemov optimizirati.

Na podlagi praktičnih spoznanj bom skušal oceniti, ali je celični način proizvodnje v podjetju Tipro smiseln, ali je smiseln le za izdelavo posameznih izdelkov podjetja Tipro ali le za določene družine izdelkov.

Magistrsko delo je poleg uvodnega poglavja in zaključnega sklepa razdeljeno na pet poglavij. V prvem poglavju so podrobneje razčlenjene vrste proizvodenj in najbolj pogoste

proizvodne razmestitve. V istem poglavju sem preveril tudi možne koncepte, ki bi kasneje lahko pozitivno vplivali na delovanje oziroma urejenost proizvodne celice.

V drugem poglavju je podrobneje opisana celična proizvodnja, s katero želim v prihodnje doseči večjo učinkovitost procesa v proizvodnji podjetja Tipro. Predstavljen je zgodovinski razvoj koncepta in njegove značilnosti. V poglavju so navedeni tudi razlogi za uvedbo oziroma pozitivne lastnosti celične proizvodnje, hkrati pa tudi možne slabosti te iste proizvodne razmestitve. V nadaljevanju je razložena tudi vsebina uvedbe celične proizvodnje po posameznih fazah uvajanja.

V tretjem poglavju je predstavljena zgodovina podjetja Tipro, kjer sem z uvedbo celične proizvodnje skušal povečati učinkovitost procesa za izdelavo izbranih izdelkov. Predstavljene so standardne družine izdelkov podjetja, podrobneje pa so tudi opisane delovne operacije za izdelavo izbranih izdelkov.

Četrto poglavje obsega razlago obstoječega načina priprave materialov za izvedbo montaže in razčlenitev obstoječega načina proizvodnje. Oboje navedeno je še podrobneje razčlenjeno za proizvodnjo izbrane družine izdelkov, kjer sem njihovo izdelavo na podlagi časovnih meritev tudi stroškovno ovrednotil.

V petem poglavju opisujem postopek uvedbe celične proizvodnje v podjetju Tipro in sistem oskrbe proizvodne celice z materiali in orodjem. V tem poglavju sem podobno kot v prejšnjem ovrednotil stroške izdelave na podlagi novo izmerjenih časov proizvodnje izbranih izdelkov. Na podlagi primerjave stroškov prej obstoječega načina proizvodnje in stroškov po uvedeni celični proizvodnji, sem preveril smiselnost uvedbe celične proizvodnje v proizvodnjo podjetja Tipro.

Sledi poglavje s sklepom, kjer sem povzel učinkovitost uvedbe celične proizvodnje v podjetju Tipro, hkrati pa so podane tudi skupne ugotovitve ob uvedbi omenjene proizvodne razmestitve. V sklepu sem preveril tudi možne izboljšave uvedene celične proizvodnje v prihodnje.

## **1 PROIZVODNA FUNKCIJA IN ORGANIZACIJA DELOVNIH PROCESOV**

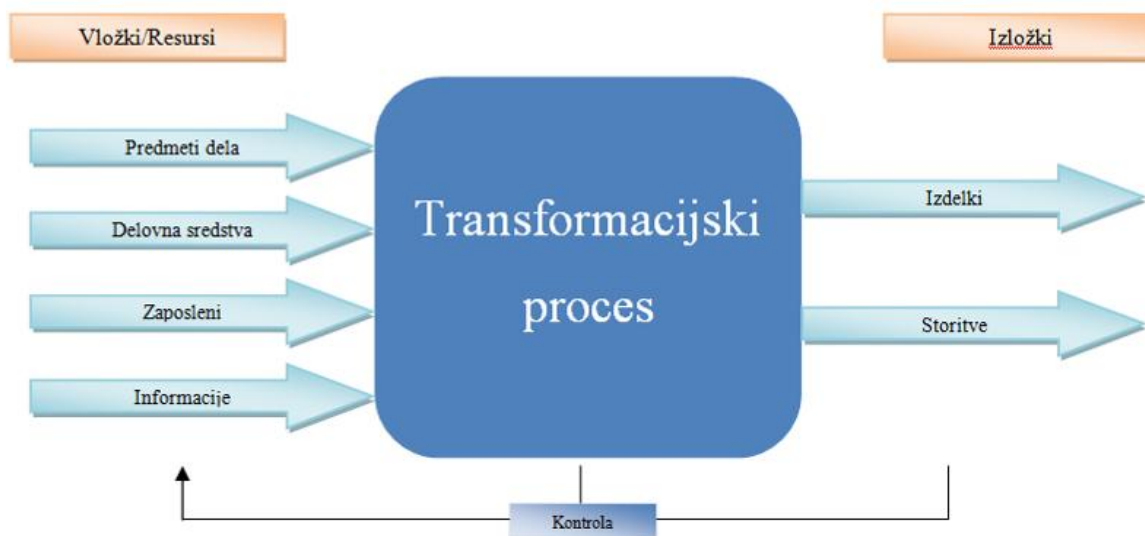
### **1.1 Proizvodna funkcija kot transformacijski proces**

Proizvodna funkcija v proizvodnih podjetjih predstavlja osrednji proces, kjer se preko transformacijskega procesa vložki in resursi pretvorijo v končne izdelke ali storitve oziroma izločke. Kot navaja Rusjan (2009, str. 8), vložki predstavljajo vire izdelka ali storitve, ki pri transformacijskem procesu sodelujejo le enkrat (na primer materiali, surovine, energetski viri, ipd.), resursi pa pri transformacijskem procesu sodelujejo

večkrat (na primer prostor, stroji, orodja, delavci, ipd.). Splošen model transformacijskega procesa je prikazan na Sliki 2.

Cilj vsakega transformacijskega procesa je izloček, ki v proizvodnem podjetju predstavlja končni izdelek, v storitvenem podjetju pa storitev. Bistvo transformacijskega procesa je dodajanje vrednosti končnemu izločku, zato lahko proizvodno funkcijo imenujemo tudi funkcija dodajanja vrednosti.

Slika 2: Splošen model transformacijskega procesa



Vir: B. Rusjan, *Management proizvodnih in storitvenih procesov*, 2009, str. 9.

Osrednji transformacijski proces v splošnem modelu transformacijskega procesa predstavlja zaporedje oziroma sekvenco med seboj povezanih opravil ali delovnih operacij. Slednje se vršijo na delovnih mestih, ki predstavljajo funkcionalno povezavo delavcev in ostalih resursov, potrebnih za izdelavo izdelka (Ljubič, 2000, str. 3).

Ker vsak transformacijski proces deluje v svojem okolju, je s povratno oziroma s kontrolno zanko smiselno prilagajati posamezne parametre procesa in s tem zagotavljati bolj optimalno delovanje ter posledično nižje stroške delovanja procesa. Za učinkovito delovanje kontrolne zanke je potrebno neprekinjeno spremljati dogajanje tako v okolju kot znotraj procesa in s stalnim prilagajanjem parametrov optimizirati posamezen proces (Panneerselvam, 2006, str. 5).

Mihelčič (2000, str. 70) proizvodno funkcijo podjetja predstavlja tudi v širšem smislu. Ta namreč poleg že predstavljenega ožjega smisla zajema še projektiranje tehnoloških procesov, raziskavo in razvoj izdelkov, vzdrževanje delovnih sredstev, energetiko proizvodnih obratov, tehnološko pripravo proizvodnje, operativno in izvedbeno pripravo proizvodnje, orodjarno s skladiščenjem orodja, povezovanje s kooperanti, kontrolo opravljanja proizvodnih delovnih nalog, pripravo materiala, notranji transport, kontrolo ali celo zagotavljanje kakovosti izdelkov in stroškovno računovodstvo.

Kljub temu da za prikaz delovanja vseh proizvodnih funkcij lahko uporabimo enak transformacijski model, so si transformacijski procesi znotraj slednjega med seboj lahko zelo različni. Zaradi raznolikosti potreb trga in različnih strategij podjetja se s prilagajanjem transformacijskega procesa ti različno formirajo. Slack, Chambers in Johnston (2010, str. 20) transformacijske procese razlikujejo po spodaj navedenih dimenzijah:

- **Dimenzija obsega.** Obseg proizvodnje ima pomembno vlogo pri oblikovanju transformacijskega procesa. V primeru velikoserijske proizvodnje se s sistematizacijo delovnih nalog, večjo delitvijo dela in specializacijo delovnih mest delavci bolj specializirajo za opravljanje posameznih operacij kot v primeru maloserijske proizvodnje. Velikoserijska proizvodnja dopušča višje investicijske stroške za specializacijo posameznih delovnih mest, zaradi česar so stroški proizvodnje izdelka praviloma nižji kot pri maloserijski proizvodnji.
- **Dimenzija raznolikosti.** Večja raznolikost izdelkov zahteva večjo fleksibilnost transformacijskega procesa, kar posledično povzroča višje stroške. Večja raznolikost izdelkov pomeni večje stroške na enoto proizvoda, saj v primeru standardiziranih izdelkov prihaja do podobnih učinkov kot pri velikoserijski proizvodnji.
- **Dimenzija variabilnosti.** Zahteve trga se lahko s časom spreminjajo (npr. sezonski vplivi). V primeru spreminjanja zahtev kupcev je potrebna velika prilagodljivost transformacijskega procesa, kar posledično povzroča tudi višje stroške. Ti so v primeru nizke stopnje spremenljivosti oziroma stabilnih zahtev nižji kot v primeru visoke stopnje spremenljivosti zahtev trga.
- **Dimenzija stika s kupcem.** Dimenzija stika s kupcem predstavlja stopnjo vpletenosti kupca v transformacijski proces. Tako transformacijski procesi z večjo stopnjo vpletenosti kupcev (npr. izdelava po naročilu kupca) povzročajo večje stroške kot transformacijski procesi z nizko stopnjo vpletenosti kupcev (npr. izdelava standardnih izdelkov).

## 1.2 Vrste proizvodnje

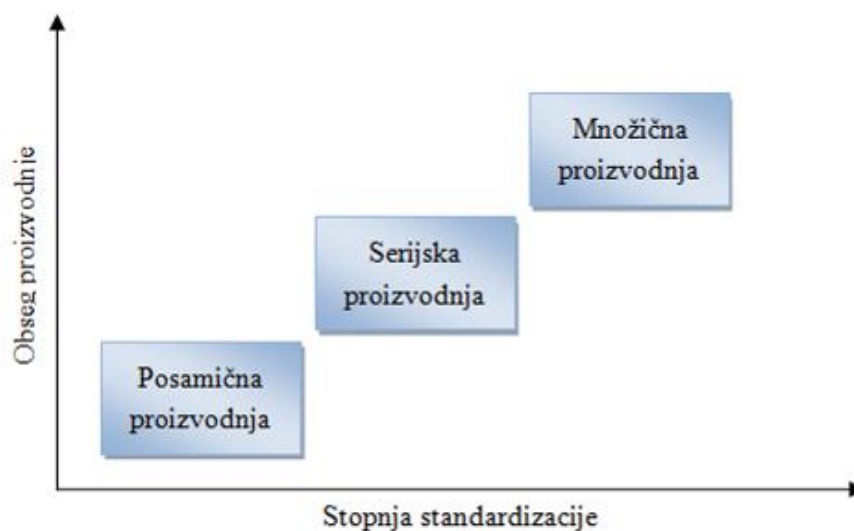
Novonastala proizvodna podjetja ali obstoječa proizvodna podjetja se ob lansiranju novih izdelkov na podlagi tržnih raziskav in načrtanih strateških usmeritev odločajo o vrsti proizvodnje novih izdelkov, s katero želijo v izbranem tržnem segmentu dosegati optimalne rezultate. Vrste proizvodnje se med seboj razlikujejo predvsem po prej naštetih dimenzijah oziroma po:

- velikosti proizvodnih serij oziroma količine izdelkov, ki jih podjetje namerava proizvajati v določenem obdobju,
- pestrosti ponujenih izdelkov (stopnja standardizacije),
- stopnji tveganja zaradi sprememb v zahtevah trga,
- stopnji vpletenosti kupcev v proces.

Rusjan (2009, str. 25) loči proizvodnje na pet različnih vrst, od katerih sta prvi dve (projektna in procesna proizvodnja) neločljivo povezani s samimi značilnostmi proizvodov, ostale tri (posamična, množična in serijska) pa predstavljajo spektre na intervalu med proizvodnjo specifičnih, enkratnih proizvodov in kontinuiranim ponavljanjem proizvodnje enega samega proizvoda.

Razlikovanje posamične, serijske in množične proizvodnje lahko prikažemo tudi v grafikonu na Sliki 3, v katerem posamezne proizvodnje ločimo po obsegu proizvodnje in stopnji standardizacije izdelkov.

*Slika 3: Razlikovanje vrst proizvodnje*



*Vir: H. R. Hayes in C. S. Wheelwright, Restoring our competitive edge – Competing through manufacturing, 1984, str. 209.*

**Projektna proizvodnja** predstavlja enkratno proizvodnjo unikatnega in kompleksnega izdelka (npr. gradnja cest, gradnja mostov, ipd.). Projektna proizvodnja praviloma poteka za v naprej znanega naročnika, ki tudi določi osnovne značilnosti proizvoda. Proces izdelave v projektni vrsti proizvodnje je v osnovi prekinjen, saj se praviloma proizvaja le po en proizvod. Slednje posledično povzroči visoke stroške na enoto, saj se vsi stroški priprave proizvodnje delijo samo na en izdelek (Rozman & Rusjan, 1996, str. 125).

Podjetja s projektnimi vrstami proizvodnje so visoko tehnološko usposobljena, saj so s svojim znanjem in izkušnjami sposobna zadovoljiti specifične kupčeve zahteve. Ker je pri projektni proizvodnji asortiment izdelkov zelo velik, proizvodne količine izdelkov pa so nizke (največkrat se proizvaja po en proizvod), se pri tej vrsti proizvodnje uporablja večinoma visoko fleksibilne stroje in orodja, hkrati pa so zaposleni visoko usposobljeni za izvajanje najrazličnejših procesov.

V **procesni proizvodnji** osnovni material prehaja skozi posamezne avtomatizirane faze procesa in se s tem preoblikuje v enega ali več proizvodov (na primer naftna industrija,

kemična industrija, ipd.). Procesna proizvodnja je pogosto povezana z visokimi kapitalskimi vložki za visoko specializirano proizvodno opremo, ki je povsem nefleksibilna in namenjena le predvidenemu procesu.

Obseg proizvodnje je pri procesni proizvodnji izredno velik, saj proizvodnja poteka zvezno in brez večjih prekinitev, standardizacija proizvajanih izdelkov (največkrat surovin) pa je izredno visoka.

Za **posamično proizvodnjo** je značilna izdelava specifičnih izdelkov, ki so največkrat izdelani po naročilih kupcev in pri katerih se večina aktivnosti izvaja ročno. Proizvodnja takega izdelka se izvede samo enkrat, brez nadaljnjih ponovitev. Začetek in konec proizvodnje sta v primeru posamične proizvodnje v naprej jasno določena. Taka proizvodnja je značilna v obrtnih dejavnostih in pri velikih posamičnih naročilih (na primer dela v obrtnih dejavnostih).

Podobno kot pri projektni proizvodnji morajo biti zaposleni zaradi velikega števila različnih izdelkov visoko usposobljeni in večji za izvajanje najrazličnejših operacij. Serije izdelkov so majhne zaradi specifičnih zahtev kupcev, v posamični proizvodnji se največkrat izdeluje le po en izdelek.

**Množična proizvodnja** je proizvodnja visoko standardiziranih izdelkov, ki se izdelujejo v tako velikih količinah, da zadostujejo za kontinuirano proizvodnjo. Pri množični proizvodnji se izdeluje le en do največ nekaj podobnih si izdelkov, zato so procesi smiselno velikokrat mehanizirani oziroma avtomatizirani. Značilnost take proizvodnje je, da količina proizvajanega izdelka ni v naprej določena. Tak način proizvodnje je prisoten v primerih, ko je na trgu zahteva po določenem izdelku velika (na primer šivanje oblačil, izdelava gospodinjskih aparatov, izdelava avtomobilov, ipd.).

Zaradi visoke standardizacije oziroma majhnega števila različnih izdelkov je množična proizvodnja zelo občutljiva na nenadne spremembe trga. Delovne operacije so namreč povsem prilagojene proizvodnji enega ali ozkega portfelja izdelkov in zato nefleksibilne za hitre spremembe. Zaradi visoke specializacije delovnih operacij so posledično investicijski stroški izredno visoki. Velike serije, neprekinjen proces in visoka prilagojenost delovnih operacij za izdelavo enega ali majhnega števila različnih izdelkov pa na drugi strani pomenijo nižje proizvodne stroške na proizvedeno enoto.

**Serijska proizvodnja** je večkratna proizvodnja v naprej znanega (praviloma velikega) števila različnih izdelkov, ki je najpogostejša vrsta proizvodnje. Značilna je predvsem za podjetja s širšim asortimentom izdelkov, za katere na trgu ni tako velikih potreb, da bi zadostovale za kontinuirano proizvodnjo. Procesna mesta morajo biti zaradi proizvajanja različnih izdelkov bistveno bolj prilagodljiva kot pri množični proizvodnji.

Serijska proizvodnja se, kot omenjeno, uporablja v primerih, kadar podjetje proizvaja več različnih izdelkov. Prednost serijske proizvodnje je prilagodljivost, kar velikokrat



onemogoča zveznost procesa, hkrati pa so procesna mesta zaradi želene prilagodljivosti manj specializirana. Po višini proizvodnih stroškov na enoto izdelka pa serijska proizvodnja spada med posamično in množično proizvodnjo.

### **1.3 Proizvodne razmestitve**

Podjetje ob zagonu novega proizvodnega obrata, ob spremembah izdelkov, ob lansiranju novih izdelkov, zaradi neučinkovitosti obstoječega procesa, zaradi možnosti nesreč in nevarnosti pri delu izbira tudi med različnimi načini razmestitve oziroma fizičnimi postavitvami delovnih operacij v proizvodnem prostoru. V istem trenutku se odločajo tudi za njihovo medsebojno povezanost. Z izbiro načina razmestitve se odločajo predvsem o zveznosti proizvodnega procesa, torej med prekinjenim ali neprekinjenim procesom. Izbira je v največji meri odvisna od vrste proizvodnje, saj je temelj za izbiro prekinjenega ali neprekinjenega procesa predvsem nivo pestrosti izdelkov in velikost obsega proizvodnje. Prekinjen proces se izkaže za smiselnejšega v primeru manjšega obsega izdelkov in večje pestrosti ponujenih izdelkov, neprekinjen proces pa bolj ustreza večjim proizvodnim serijam in manjšemu številu različnih izdelkov.

S pravilno izbiro razmestitve proizvodnih delovnih mest podjetje optimizira delovanje proizvodnje glede na potrebe trga in strateške smernice podjetja. Od fizične postavitve proizvodnih procesnih mest in dolžine transportnih poti med posameznimi proizvodnimi procesi je odvisna predvsem učinkovitost proizvodnega procesa, saj se v primeru ustrezne razmestitve in upoštevanju optimalnih transportnih poti zagotovi, da se izdelek v fazi proizvodnje med procesi premika tekoče in hitro (Rastogi, 2010, str. 30).

Razmestitev procesnih mest bistveno vpliva na pretok enot skozi proces kot na ključno značilnost izdelave. Pretok enot pa pomembno vpliva na druge značilnosti izdelavnih procesov, zlasti na obseg raznih vrst zalog in na kompleksnost pri usklajevanju izdelave. S tem pretok vpliva tudi na učinkovitost rezultatov izdelavnega procesa, predvsem na stroške, hitrost dobave in kakovost izdelkov (Rusjan, 2009, str. 99).

Shim (1999, str 206) pri razlagi proizvodnih razmestitev med drugim navaja, da so glavni cilji dobre razmestitve procesnih mest naslednji:

- minimiziranje stroškov pri rokovanju z materialom,
- zmanjšanje ozkih grl v procesu,
- zagotoviti fleksibilnost procesa,
- zagotoviti lažji nadzor nad procesom,
- koristna in učinkovita izraba proizvodnega prostora,
- minimiziranje tveganja poškodb zaposlenih in
- zagotavljanje ergonomije, primerne koordinacije in boljše komunikacije, kjer je to potrebno.

Kot je bilo omenjeno, z razmestitvijo proizvodnih procesnih mest zagotovimo zveznost celotnega procesa v proizvodnji. Tako je pri linijski razmestitvi proces neprekinjen, pri skupinski in projektni razmestitvi pa prekinjen. Poleg omenjenih razmestitev obstajajo tudi izpeljanke prej omenjenih razmestitev. Ena izmed takih je celična razmestitev procesnih mest, ki je kombinacija linijske in skupinske razmestitve. Najpogostejše razmestitve so predstavljene v nadaljevanju.

Pri **linijski proizvodnji** je značilno, da vsi izdelki potujejo po isti poti skozi celoten proizvodni proces. To pomeni, da si delovne operacije sledijo v takem vrstnem redu, kot si v zaporedju sledijo operacije za izdelavo izdelka (Rusjan, 2009, str. 102). Shema linijske razmestitve je prikazana na Sliki 4.

*Slika 4: Shema linijske razmestitve*



Linijska razmestitev je uporabna pri velikih serijah enakih ali zelo podobnih izdelkov, kar je skladno z množično vrsto proizvodnje, v nekaterih primerih pa je smiselna tudi pri serijski proizvodnji. Izdelek oziroma predmet dela se po navadi med delovnimi procesi premika po tekočem traku ali liniji, od koder izvira tudi ime za linijsko razmestitev proizvodnje. Tak način proizvodne razmestitve je zaradi velike tehnične delitve dela<sup>2</sup> in specializacije ter avtomatizacije posameznih procesov bistveno učinkovitejši kot ostali načini razmestitve proizvodnje (Kavčič, 2000, str. 115).

V primeru linijske proizvodnje gre dejansko za en delovni proces, ki se pri proizvodnji vsakega izdelka ponavlja. Najučinkoviteje je, da se celoten proizvodni proces razčleni na posamezne procese (visoka tehnična delitev dela), ki jih je za proizvodnjo določenega izdelka potrebno opraviti. V kolikor je pri operaciji potrebno tudi ročno delo ali človeški nadzor, je praviloma pri vsaki delovni operaciji prisoten najmanj en delavec oziroma operater (Kavčič, 2000, str. 115). Omenjeno povzroča visoko specializiranost delavcev le za posamezne delovne operacije, slabše pa je poznavanje ostalih delovnih operacij. Zato se v praksi predvsem v slabše organiziranih podjetjih večkrat pojavlja problem, da posamezen delavec posveča manj pozornosti podrobnostim, ki so potrebne za kakovostno sestavo izdelka v celoti. V sodobnem času podjetja to pomanjkljivost odpravljajo z avtomatizacijo delovnih procesov, zaradi česar posamezni delavci večkrat predstavljajo tehnološke viške. Stalna prisotnost delavca pri samo enem delovnem procesu pa predstavlja tudi velik socialen problem, saj je delo zaradi hitrega ponavljanja operacij dolgočasno, ponavljajoči se gibi delavca pa večkrat povzročajo tako lažje kot tudi hujše zdravstvene poškodbe. Z

---

<sup>2</sup> Tehnična delitev dela pomeni, da delovno nalogo podjetja razčlenimo na manjše delovne naloge, ki jih lahko opravljajo različne osebe v različnem času (Rozman, 2009, str. 8).

istega stališča je problematično tudi dejstvo, da delavci pri opravljanju svojega dela 8 ur in več stojijo na istem mestu in v neprijetnem okolju, kjer delovni stroji pogosto povzročajo hrup in vibracije.

Stroški postavitve proizvodnje z linijsko razmestitvijo so zaradi velike tehnične delitve dela in specializiranih delovnih sredstev izredno visoki, vendar se ti zaradi velikega števila izdelkov porazdelijo, kar posledično povzroča izredno nizke proizvodne stroške na enoto. Iz navedenega sledi, da je tak način izredno tog za spremembe in občutljiv na zastoje zaradi napak v izdelavi, okvar delovnih sredstev, odsotnosti posameznih delavcev ipd. Zaradi velike tehnične delitve dela, specializacije posameznih operacij in standardiziranih poti izdelka skozi proces je preglednost posameznih operacij zelo dobra, posledično pa je kontrola procesov relativno lahka (Shim, 1999, str. 208).

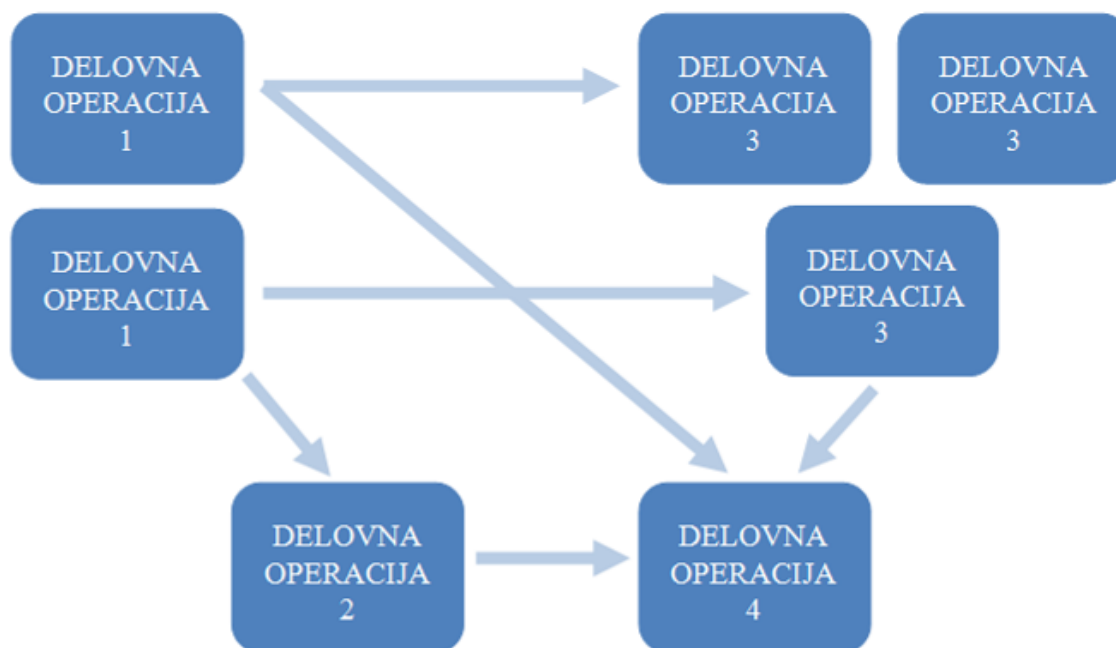
**Skupinska razmestitev** proizvodnje je sistem razmestitve, kjer so v proizvodnem prostoru enake ali podobne delovne operacije postavljene skupaj oziroma so razmeščene po skupinah, kot tudi že nakazuje poimenovanje obravnavane razmestitve (Armstrong, 2006, str. 186). Proces je v okviru skupinske razmestitve prekinjen in najbolj ustrezen za posamično in serijsko proizvodnjo z manjšimi proizvodnimi serijami. Skupinska razmestitev je s strani različnih avtorjev tudi različno poimenovana, tako za isto razmestitev nekateri avtorji uporabljajo različna imena, kot so:

- oddelčna razmestitev,
- funkcijska razmestitev,
- procesna razmestitev ter
- delavniška razmestitev.

Kadar gre za veliko različnih izdelkov, ki se proizvajajo v manjših količinah, in kadar gre za proizvodnjo za posameznega naročnika ali za posamezne izdelke, ima stopnja fleksibilnosti procesa zelo pomembno vlogo. Gospodarneje je organizirati proizvodnjo tako, da so stroji in oprema, s katerimi v podjetju opravljajo podobne delovne naloge, združeni v oddelke ali delovne centre proizvodnje. Izdelek v procesu izdelave pa potuje od enega do drugega delovnega centra (proizvodnega oddelka), največkrat s pomočjo transportnih vozičkov (Kavčič, 2000, str. 118).

Rusjan (2009, str. 110) navaja, da je ključna značilnost funkcijske proizvodnje v tem, da se poti različnih izdelkov skozi proces razlikujejo – vsaka enota potuje skozi oddelke v skladu s svojimi specifičnimi potrebami. Izdelki torej zahtevajo pretežno enake proizvodne naprave, vendar je zadrževanje izdelkov na njih različno dolgo in tudi poti, po katerih se gibljejo posamezni izdelki, se razlikujejo zaradi različnih potrebnih operacij in vrstnega reda njihovega izvajanja. Shema skupinske razmestitve je prikazana na Sliki 5.

Slika 5: Shema skupinske razmestitve



Dolge in nestandardizirane transportne poti med procesi so vsekakor slabost skupinske razmestitve. Zaradi te slabosti so procesi znotraj take proizvodnje tudi težko nadzorovani, predvsem pa časovno potratni, fleksibilnost celotnega procesa pa je bistveno večja, kot pri ostalih proizvodnih razmestitvah (REFA<sup>3</sup>, 2000, str. 99). Delež stroškov, ki ga v celotnih stroških povzroča transport pri izdelavi določenega izdelka, je v takem primeru bistveno višji, proizvodni časi za izdelavo izdelka so praviloma daljši, učinkovitost procesa pa nižja kot pri linijski razmestitvi proizvodnje. Kot večjo slabost obravnavane razmestitve pa je vredno omeniti tudi dejstvo, da je skupinska razmestitev prostorsko bistveno potratnejša kot alternativne razmestitve proizvodnje.

Prednost takega način razmestitve pa je večja prilagodljivost (fleksibilnost) in večja naklonjenost spremembam, zastojem ali odpravi nepravilnosti kot pri linijski razmestitvi. Značilna je tudi prednost, ki jo navaja Rusjan (2009, str. 111), in sicer, da so investicije v stroje običajno nižje kot pri linijskih razmestitvah, saj ne prihaja do podvajanja opreme. Univerzalni stroji pa so praviloma tudi cenejši od specializiranih, ki se uporabljajo pri linijskih razmestitvah.

Delavci pri taki razmestitvi so zaradi opravljanja več procesov visoko kvalificirani, delo je bolj dinamično in bolj zanimivo, hkrati pa to v primerjavi z linijsko razmestitvijo ni enolično. Navedene delovne lastnosti so vsekakor dobri razlogi za večjo motivacijo delavcev pri opravljanju vsakdanjega dela.

<sup>3</sup> REFA je vodilna nemška organizacija za oblikovanje dela, organizacijo podjetja in razvoj podjetja.

**Projektna razmestitev** proizvodnje je manjkrat uporabljana v klasičnih proizvodnjah, zato bom le kratko povzel glavne značilnosti take razmestitve. Način delovanja take razmestitve zahteva, da je izdelek med izdelavo stacionaren, sredstva potrebna za izdelavo izdelka (stroji, orodje, material, ipd.) pa se prinašajo oziroma premikajo do izdelka. Razlogi za uporabo projektne razmestitev so lahko (Rusjan, 2009, str. 112):

- izdelki so preveliki in/ali pretežki za premikanje med proizvodnimi procesi (npr. v ladijski ali letalski industriji),
- dejstvo, da po dokončani izdelavi izdelka ni moč prenašati (na primer izgradnja stanovanjskega bloka), in
- narava dejavnosti, kjer se projekt izvaja (vrtine pri iskanju naftnih črpališč).

Glavna prednost projektne razmestitve je velika fleksibilnost, saj je organizacija ter postavitev delovnih sredstev oziroma strojev popolnoma prilagodljiva glede na potrebe. Kot večjo slabost take razmestitve pa lahko izpostavimo izredno velike proizvodne stroške na enoto izdelka. Prav tako je načrtovanje izdelave izdelka kompleksen in dolgotrajen proces. Za zagotavljanje pravočasne izdelave načrtovanje procesa zahteva časovno sinhronizacijo vseh potrebnih operacij za izdelavo izdelka v predvidenem zaporedju. V pravilnem časovnem zaporedju je potrebna tudi organizacija vseh sredstev, potrebnih za opravljanje teh procesov. Poleg skrbnega načrtovanja je potrebno izvajati strogo kontrolo med posameznimi procesi, da se izdelek izdelava v predvidenem času in se zagotovi določen nivo končne kakovosti izdelka (Barnes, 2009, str. 193).

Pri **celični razmestitvi** gre za kombinacijo skupinske in linijske razmestitve, do katere pridemo z uporabo koncepta skupinske tehnologije<sup>4</sup>. Navedeno tehnologijo lahko opredelimo kot filozofijo izkoriščanja podobnosti in doseganja učinkovitosti z grupiranjem podobnih problemov. S skupinsko tehnologijo identificiramo in združujemo podobne komponente in izdelke v družine, da bi s tem povečali učinkovitost oblikovanja proizvodov in same proizvodnje (Rusjan, 2009, str. 114).

Tudi Dorf in Kusiak (1994, str. 510) celično razmestitev razložita kot razmestitev, ki temelji na pozitivnih lastnostih tako skupinske (fleksibilnost) kot tudi linijske razmestitve (učinkovitost). Shema celične proizvodnje je prikazana na Sliki 6.

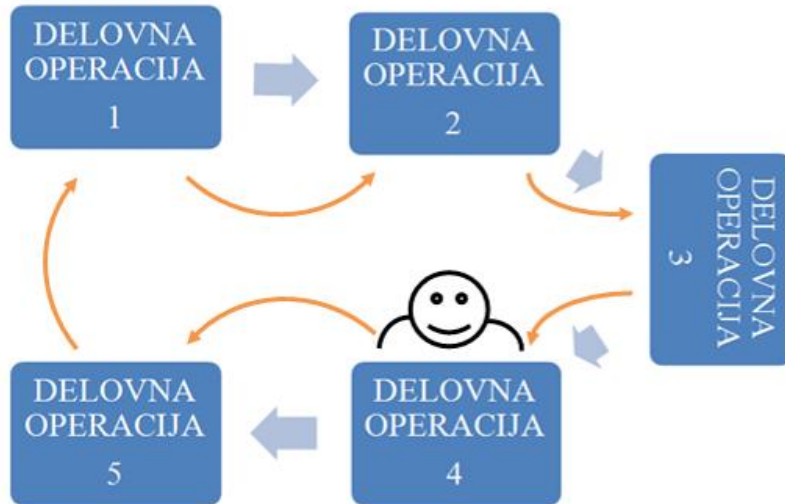
S celično razmestitvijo namreč tvorimo proizvodne celice, kjer so delovne operacije razporejene na način, da se minimizira rokovanje z materialom, predvsem pa se skrajša proizvodna transportna pot izdelka v izdelavi. V proizvodnih celicah so delovne operacije postavljene tesno skupaj v zaporedju, kot si sledijo operacije za izdelavo izdelkov. Delovne operacije so praviloma visoko specializirane, zaradi česar je vsak posamezen proces opravljen hitro in kakovostno. S tem je zagotovljena minimizacija stroškov, povezanih s transportom med posameznimi delovnimi operacijami, hkrati pa je tudi zagotovljen

---

<sup>4</sup> Skupinska tehnologija je filozofija proizvodnje, kjer so podobni izdelki izdelujejo skupaj (Group technology, b.l.)

neprekinjen potek izdelave izdelka, kar med drugim povečuje kakovost in zmanjšuje medfazne zaloge (The productivity development team, b.l., str. 2).

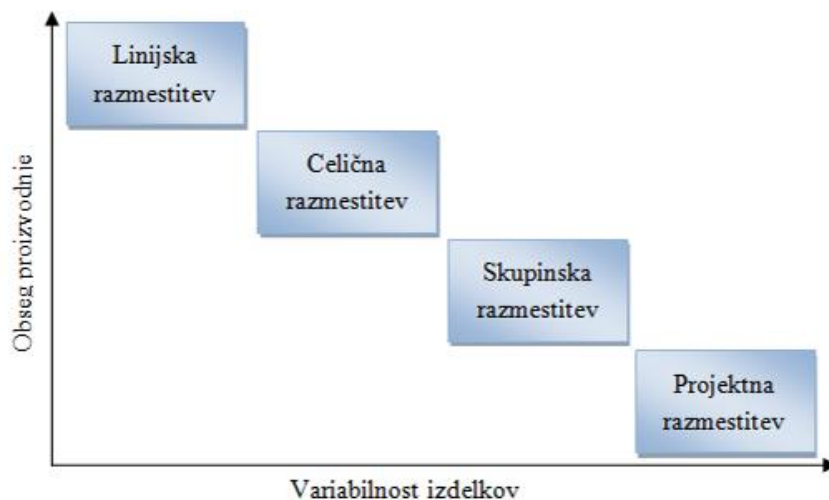
Slika 6: Shema celične razmestitve



The productivity development (b.l., str. 2) prav tako omenja, da je celična proizvodnja tudi pomemben element vitke proizvodnje. Slednja je pristop k optimizaciji procesov znotraj celotnega podjetja za doseganje večje dobičkonosnosti. Vitka proizvodnja je tudi dober vzvod za večjo konkurenčnost, predvsem zaradi nižanja stroškov na račun zmanjšanja izgub na vseh proizvodnih področjih, razvoju izdelkov, odnosih z dobavitelji in odnosih s kupci. Izgube v navedenem smislu pomenijo vsak del proizvodnega procesa, ki povečuje stroške, ne da bi končnemu izdelku dodajal vrednost.

Smiselnost celične razmestitve v primerjavi z ostalimi najpogostejšimi razmestitvami glede na obseg proizvodnje in variabilnost izdelkov je prikazana na Sliki 7.

Slika 7: Smiselnost razmestitev glede na obseg proizvodnje in variabilnost izdelkov



Vir: N. Slack, S. Chambers in R. Johnston, *Operations management*, 2010, str. 187.

Kot navajata Hartl in Preusser (2009, str. 8) je linijska razmestitev proizvodnih delovnih operacij smiselna v primeru velikega obsega proizvodnje oziroma v primeru velikih proizvodnih serij in velike standardizacije izdelkov. Skupinska razmestitev je primernejša za proizvodnje z velikim številom različnih izdelkov in manjšimi obsegi proizvodnje. Celična proizvodnja pa po obsegu proizvodnje in stopnji variabilnosti izdelkov sodi v področje med linijsko in skupinsko razmestitev, torej za srednje velike obsege proizvodnje in srednje veliko variabilnost izdelkov.

V primerjavi s skupinsko in linijsko razmestitvijo proizvodnje so delovne operacije ali v tem primeru predvsem delovni stroji pri posameznih operacijah manj izkoriščeni, saj niso ves čas v uporabi. Celična razmestitev proizvodnje oziroma celična proizvodnja je podrobneje predstavljena v naslednjem poglavju.

## 1.4 Vitka proizvodnja

Pojem vitka proizvodnja v razpoložljivi literaturi nima enotno definiranega pomena kot nekateri drugi koncepti. Ljubič (2000, str. 417) vitko proizvodnjo opredeljuje kot skupek metod in tehnik, ki jih pogosto označimo kot koncept ravno ob pravem času (JIT) in zahteva neprekinjeno delovanje vseh udeležencev delovnega procesa v smeri stalnih izboljšav. Osnovne gradnike vitke proizvodnje avtor ponazarja na način, kot je prikazano na Sliki 8. Vseh gradnikov v magistrski nalogi ne bom obravnaval, bralec si kratko razlago vsakega izmed njih lahko prebere v navedeni literaturi.

Slika 8: Gradniki vitke proizvodnje



Vir: T. Ljubič, *Planiranje in vodenje proizvodnje*, 2000, str. 417.

Rusjan (2009, str. 535) pa poudarja, da je koncept vitke proizvodnje širši pojem koncepta ravno ob pravem času. Avtor izrazi tudi dvom v preprostost osnovne ideje vitke proizvodnje, ki je ta, da podjetje proizvaja samo to, kar potrebuje in ko to potrebuje. V resnici pa njeno doseganje zahteva zagotavljanje delovanja brez kakršnihkoli napak v procesu. Uspešnost vitke proizvodnje je namreč pogojena z vzpostavitev vrste medsebojno povezanih elementov:

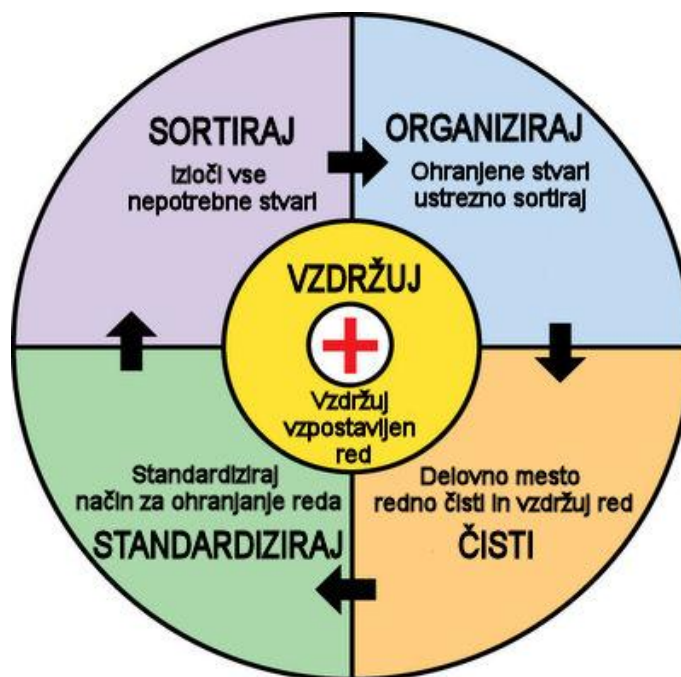
- stabilna in enakomerna proizvodnja,
- fleksibilnost resursov,
- izjemno visoka raven kakovosti,
- zanesljiva oprema,
- zanesljivi dobavitelji,
- hitra menjava orodij in
- veliko discipline za vzdrževanje vseh zgoraj navedenih elementov.

Vitko proizvodnjo lahko povzamemo kot orodje za izločanje vseh nepotrebnih stroškov, ki končnemu izdelku ne dodajajo vrednosti, medtem ko mora kakovost ostati na visokem nivoju. Uporabimo jo lahko za optimizacijo procesov oziroma nižanje stroškov v celotni verigi procesov v podjetju in sicer od razvoja izdelkov ali storitev do prodaje le teh kupcem. Cilj koncepta vitke proizvodnje je torej narediti celoten proces učinkovitejši in hkrati fleksibilen glede na različne in spreminjajoče se potrebe kupcev (Lean production – introduction, 2011).

## 1.5 5S

Metoda 5S, ki so jo razvili na Japonskem, govori o urejenosti delovnih mest, čistem delovnem okolju, organizaciji dela in standardizaciji postopkov. 5S je namreč trajna aktivnost, s katero se zagotavlja varnejša, učinkovitejša in produktivnejša delovna mesta, posledično pa se izboljšuje tudi počutje zaposlenih. Metoda 5S je na Sliki 9 prikazana kot stalni, neprekinjen proces.

Slika 9: Prikaz metode 5S



Vir: WordPress – Beyond Lean, 2011.



Moulding (2010, str. 12) kot prednosti uvedbe metode 5S navaja tudi zmanjšanje števila neskladnih izdelkov, zmanjšanje možnosti zastojev v proizvodnji, pripomoček za lažje zavedanje zaposlenih po stalnih izboljšavah, poglobitev timskega duha med zaposlenimi, posledično pa povečano zaupanje in zvestobo strank oziroma kupcev. Zaradi univerzalnosti metode je ta uporabna v vseh vrstah podjetij (proizvodna podjetja, storitvena podjetja, gostinstvo, bolnišnice, trgovine ipd.). Ime metode 5S izvira iz prvih črk petih japonskih poimenovanj aktivnosti ali korakov, potrebnih za zagotavljanje navedenega (Bičič, 2008, str. 30 – 34):

- **Seiri (sortirati).** V prvem koraku je potrebno najprej določiti, kaj je na delovnem mestu uporabno in kaj ni. Potrebno je umakniti vse nepotrebne materiale ter orodja in nepotrebno dokumentacijo. S kopičenjem navedenega nepotrebne oziroma stvari, za katere se točno ne ve, ali se jih bo pri procesu kdaj uporabljalo ali ne, delovna mesta postajajo vedno bolj neurejena in zanemarjena. Omenjeno pa predstavlja oviro pri delu, ustvarjanju prijetnega okolja in posledično omogočanju večje produktivnosti. S prvim korakom k metodi 5S zagotovimo, da so na delovnem mestu le stvari, ki jih pri dotični operaciji potrebujemo. Cilj izločanja in sortiranja pa je zmanjšanje težav pri delu, izboljšanje kakovosti, povečanje produktivnosti in izboljšanje stikov med zaposlenimi.
- **Seiton (organizirati).** Drugi korak je smiselno nadaljevanje prvega koraka, ki je hkrati pogoj za začetek organizacije delovnega mesta. Vse nujne stvari za opravljanje operacij na določenem delovnem mestu, ki jih v prvem koraku nismo izločili, je potrebno razmestiti in urediti na primeren način, da se v največji možni meri izloči ves nepotreben čas, ki bi se porabil za iskanje določenih stvari. Tako orodja in materiale postavimo na hitro dostopna mesta, potrebno dokumentacijo pa razvrstimo po pomembnosti oziroma pogostosti uporabe. Smiselna pa je tudi označitev mest za hranjenje posameznih stvari (orodja, materiala, dokumentov ipd.), potrebnih za uporabo pri izvajanju delovnih operacij.
- **Seiso (čistiti).** Na prej urejenih delovnih mestih je potrebno vzdrževati red in čistočo. Urejeno in čisto delovno mesto pripomore k zmanjšanju možnosti za poškodbe, hkrati pa zagotavlja lažje odkrivanje morebitnih napak in vzrokov zanje. Cilj čiščenja je svetlo, urejeno in pregledno delovno mesto, stvari in delovni stroji ali pripomočki pa so vedno pripravljene za uporabo.
- **Seiketsu (standardizirati).** Pogoj za ta korak je dosledna uporaba prvih treh, ki so za delo ključni. Za zagotovitev trajnosti prvih treh korakov moramo standardizirati in poenotiti postopke, ki smo jih z njimi zagotovili. Pripravi je potrebno navodila oziroma standarde za uporabo posameznih orodij ali strojev, hrambo orodij in materialov, pospravljanje in čiščenje ipd. Pripravljena navodila je potrebno postaviti na vidna mesta. Na ta način zagotovimo, da je delavec ustrezno seznanjen z zahtevami in pogoji, ki so potrebni za uspešno opravljeno delovno operacijo.
- **Shitsuke (vzdrževanje stanja).** Z izborom potrebnih stvari, smiselno razporeditvijo teh, čiščenjem in pripravo navodil smo pridobili urejeno delovno mesto, s petim korakom pa je potrebno zagotoviti, da to delovno mesto tako lastnost ohranja tudi v

prihodnje. Ta korak je bistveno težji kot predhodni štirje, saj je nemogoče vsakemu zaposlenemu predpisati, naj se drži prvih štirih korakov ali pravil. V tem primeru se stimulacija in nagrajevanje posameznikov za določeno početje in obnašanje izkaže za najučinkovitejši vzvod za doseganje cilja zadnjega koraka metode 5S. Ko se posameznik zaveda, da mu določeno ravnanje in obnašanje prinaša korist, se dogovorov in predpisov tudi drži, hkrati pa nekateri posamezniki tudi pripomorejo k iskanju novih idej, ki so potrebne za stalne izboljšave delovnih mest. Doseči je torej potrebno notranjo željo zaposlenih po urejenosti in izboljšavah posameznih delovnih mest, zato bi bilo zaposlene nesmiselno nadzirati in jih kaznovati, če se prvih štirih korakov ne držijo. Na tak način bi dosegli le zmanjšanje nivoja motivacije, v nekaterih primerih pa celo odpor in nasprotovanje pri doseganju zastavljenih ciljev.

## 1.6 Kanban

Kanban je v bistvu le sistem dispečiranja in oskrbe delovnih mest z materialom in obdelovanci, čeprav posredno posega tudi v področje kratkoročnega operativnega planiranja. Razvit je bil v tovarni Toyota in temelji na ideji, da materialni tok v proizvodnji krmilimo po samopostrežnem načelu »ravno ob pravem času« ob uporabi načela vlečenja (angl. *pull*). Ker za nemoteno delovanje proizvodnje potrebujemo vmesne (medfazne) zaloge, ki pokrivajo porabo v času cikla nove proizvodnje, so vsi za izdelavo določene količine nekega izdelka potrebni materiali in sestavni deli odloženi na primernih odlagalnih mestih (vmesnih skladiščih) v primernih transportnih enotah (paletah, posodah, zabojih). Količinske in časovne potrebe po materialih in sestavnih delih (končnega) izdelka točno pozna le končna montaža izdelka, zato jih tudi zahteva (povleče) od predhodnih delnih procesov v potrebnih količinah ob zahtevanih rokih. Delni proces porabnik (ponor) vzame iz odlagalnega mesta le toliko blaga, kolikor ga potrebuje v danem trenutku, delni proces proizvajalec (izvor) pa manjkajočo količino zopet dopolni z novo proizvodnjo. Tako dobimo več samostojnih zaporedno nanizanih regulacijskih zank; v eno zanko sta vključeni sosednji dve delovni mesti (ali delovni enoti – glede na proizvodnji postopek) – ponor, ki potrebuje obdelovance, ter izvor, ki jih proizvaja, kakor tudi ustrezno vmesno skladišče. To se potem nadaljuje v celotni proizvodni verigi, lahko pa tudi navzven do kooperantov in dobaviteljev materiala (Ljubič, 2000, str. 427).

Sam izraz »kanban« pomeni dobesedno listek, dokument, običajno kartico v primernem ovitku, čeprav je mnogokrat tudi sinonim za transportno enoto, prav tako za način delovanja. Običajno se uporabljata dve vrsti takih kartic: kanban zahtevnica (angl. *Withdrawal Kanban*) in kanban delovni nalog (angl. *Production-order Kanban*), katerega primer je razviden na Sliki 10. Kadar se sistem razširi tudi navzven do dobaviteljev, nastopa še tretja vrsta kartic – kanban naročilnica (angl. *Supplier Kanban*), nekateri sistemi pa delujejo tudi z eno samo vrsto kartice. Kanban zahtevnica opredeljuje količino, ki jo naslednja delovna operacija zahteva od predhodnega, kanban delovni nalog pa določa obseg proizvodnje zadevanega delnega procesa. Te kartice krožijo znotraj proizvodnih obratov (običajno dnevno), med obrati ter med njimi in kooperanti oziroma dobavitelji in

določajo vse količine, ki se izdelujejo in premikajo v celotnem širšem procesu, kakor tudi ustrezne roke (Ljubič, 2000, str. 427).

*Slika 10: Kanban delovni nalog*

<p><b>P</b></p> <p>Delovno mesto izvajalec: <b>XXXXX</b>          Ident izdelka: <b>XXXXX</b>          Naziv izdelka: <b>XXXXX</b>          Količina v embalažni enoti: <b>XXXXX</b>          Odložiti na odlagalno mesto: <b>XXXXX</b></p>	<p><b>Potrebni materiali in sestavni deli</b></p> <p>Ident postavke: <b>XXXXX</b>          Naziv postavke: <b>XXXXX</b>          Z odlaganjem mesta: <b>XXXXX</b></p> <p>Ident postavke: <b>XXXXX</b>          Naziv postavke: <b>XXXXX</b>          Z odlaganjem mesta: <b>XXXXX</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Vir: T. Ljubič, Planiranje in vodenje proizvodnje, 2000, str. 417.*

## 1.7 JIT

Koncept JIT ali po slovensko koncept ravno ob pravem času je razvil v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja Taichi Ohno na Japonskem. Zaradi izvora v podjetju Toyota, kjer je bil takrat Taichi Ohno zaposlen, je koncept JIT s strani avtorjev različnih publikacij večkrat poimenovan kar kot The Toyota production system. V osemdesetih letih istega stoletja je koncept doživel razmah v svetovnem merilu, saj so ga zaradi uspešnosti v podjetju Toyota začela uporabljati številna podjetja po svetu (Tomažič, 2003, str. 3).

Rusjan (2009, str. 535) koncept JIT predstavlja kot del koncepta vitka proizvodnja, in sicer koncept, ki v proizvodno montažnem procesu zagotovi stroškovno učinkovito proizvodnjo z dostavo sestavnih delov ustrezne kakovosti, v ustrezni količini, na ustrezno mesto v trenutku, ko so tam potrebni. Poudarek JIT je torej na minimiziranju zaloge in čim bolj tekočem pretoku materialov.

Koncept JIT je varljivo enostaven. Ob predpostavki, da proizvedeš točno načrtovano količino v točno načrtovanem času, je možnost napake zelo majhna. Vsebina koncepta je kljub vsemu bolj kompleksna, pogojev za uspešno delovanje koncepta pa je kar nekaj (Brateš, 2009, str. 13):

- stabilna proizvodnja,
- prilagodljiva delovna sila,
- visoka kakovost,
- dobra vzdržljivost proizvodne opreme,
- hitra menjava orodij in
- zanesljivi dobavitelji.

Vidimo, da je večina zgoraj navedenih elementov podobna ali celo enaka večini pogojev za uspešno delovanje koncepta vitka proizvodnja (navedeni so v enem izmed predhodnih

poglavij), ki slednji koncept tudi opredeljuje. Omenjeno potrjuje dejstvo, da je koncept JIT podoben konceptu vitke proizvodnje.

Ideja koncepta je torej preprosta – zagotoviti delovanje proizvodnje brez zalog. Bolj kompleksen pa je odgovor na vprašanje, kako to zagotoviti. Pogojev za zagotovitev ideje koncepta JIT v celoti je mnogo, veliko izmed njih pa ni enostavnih za izvedbo in nadaljnje vzdrževanje.

## **2 OPREDELITEV CELIČNE PROIZVODNJE**

### **2.1 Koncept celične proizvodnje**

Kot sem že uvodoma omenil, je veliko podjetij zaradi izrazitega konkurenčnega okolja v globalnem merilu prisiljenih razmišljati o nižanju oziroma o minimizaciji stroškov. V vseh procesih podjetij nastajajo stroški, ki so za ponudbo izdelkov ali storitev neizogibni, hkrati pa tudi stroški, ki končnemu izdelku ali storitvi ne dodajo vrednosti. Podjetja se pri nižanju stroškov ukvarjajo predvsem s slednjimi. Če za primer proizvodnih podjetij v ospredje postavim le proizvodnjo brez povezanih oddelkov in služb, lahko hitro ugotovimo, da dolge transportne poti, odvečni gibi delavcev pri izdelavi izdelkov ipd. niso nujno potrebni in jih je mogoče z optimizacijo posameznih postopkov zmanjšati ali minimizirati. Eden izmed mnogih načinov za optimizacijo stroškov in doseganje večje fleksibilnosti proizvodnje je reorganizacija delovnih procesov v celično proizvodnjo.

V razpoložljivi literaturi vsak element, ki med procesom viša stroške in končnemu izdelku ne dodaja vrednosti, imenujejo izgube (angl. *waste*). Tako The productivity development team (b.l., str. 2) take elemente razčlenjuje na naslednji način:

- **Napake:**
  - izmet,
  - ponovna obdelava ali predelava za doseganje zelenega nivoja kakovosti,
  - nadomestna proizvodnja,
  - kontrola kakovosti.
- **Čakanje:**
  - priprava materiala in orodij,
  - zaostanki v izvedbi serij,
  - okvara strojev ali orodij,
  - ozka grla zaradi premalo delovnih kapacitet,
  - ozka grla zaradi neenakomerne razporeditve dela.
- **Neustrezna izvedba:**
  - nepotrebna ali neustrezna izvedba.
- **Prevelika proizvodnja:**
  - proizvodnja izdelkov, za katere še ni naročila,
  - prevelika proizvodnja polizdelkov za potrebe naslednjih procesov.

- **Gibanje in napor:**
  - nepotrebni človeški gibi,
  - naporni gibi izvajalca.
- **Zaloga:**
  - prevelika zaloga materiala,
  - zaloge nedokončane proizvodnje,
  - zaloge končnih izdelkov.
- **Transport:**
  - transport nedokončanih izdelkov med posameznimi operacijami,
  - večkratno prelaganje izdelkov,
  - neučinkovit transport.
- **Neizkoriščena kreativnost delavcev:**
  - neizkoriščen čas delavcev,
  - neupoštevanje idej delavcev,
  - neizkoriščenost veščin delavcev.

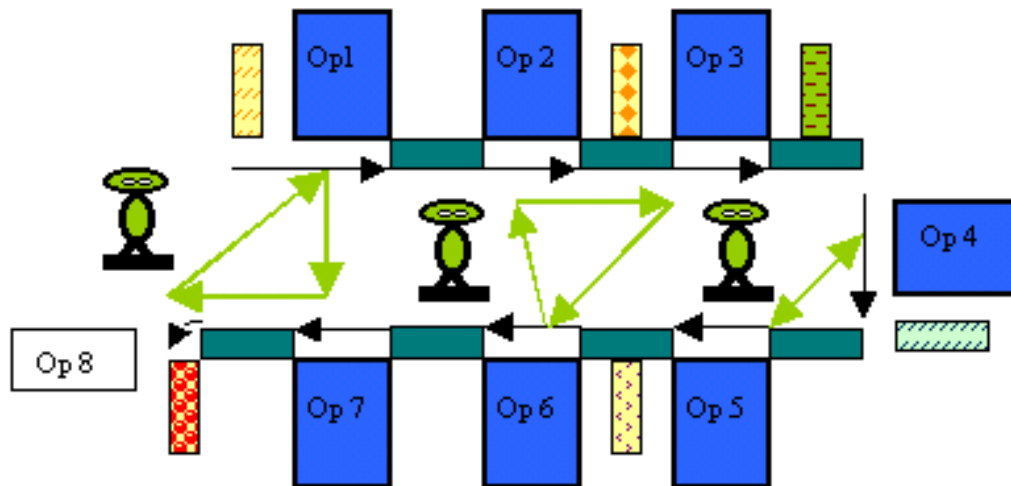
Cilj celične proizvodnje je izločitev vseh zgoraj naštetih izgub, torej izločitev vseh operacij ali gibov, ki končnemu izdelku ne dodajo vrednosti. Če je možno omenjeni cilj v celoti zagotoviti, se izdelek giblje le med operacijami, ki izdelku dodajajo vrednost. Nepretrgan potek med operacijami je izredno pomemben člen pri optimizaciji stroškov v proizvodnji (Bosch Rexroth Corporation, 2004, str. 5). Delovna mesta v poteku celične razmestitve so praviloma visoko specializirana, da je vsaka posamezna operacija, potrebna za montažo končnega izdelka, hitro in kvalitetno opravljena. V izogib zapletom je nujno, da je na mizi le obvezno orodje za opravilo potrebne operacije in da je to smiselno razporejeno na način, da je hitro dosegljivo in na dosegu roke, s katero je predvidena uporaba določenega orodja.

Večina podjetij v sodobnem času delovna mesta v celici največkrat razporedi v obliki črke U ali C, in sicer zaradi številnih prednosti, kot jih navaja tudi avtor na spletni strani MultiMania (U-Cell, 2011):

- začetek in konec procesa sta si tesno blizu, kar omogoča lažjo vizualno kontrolo procesa glede na takt proizvodnje,
- posamezen delavec se zaradi kratke razdalje lahko premika med začetkom in koncem procesa brez večjih časovnih izgub,
- posamezna delovna mesta so si tesno skupaj, kar omogoča lažjo in manj zamudno rotacijo delovnih mest,
- taka postavitev omogoča primeren temelj za enokosovni pretok,
- komunikacija med delavci v celici oziroma timom je lažja,
- dela se izvajajo znotraj oblike U, oskrba materiala pa se vrši z zunanje strani celice brez motnje procesa montaže,
- velikokrat so posamezna delovna mesta ali mize na kolesih za lažjo rekonfiguracijo delovnih mest v primeru montaže drugih izdelkov in

- celica v obliki črke U zasede bistveno manj prostora kot linijska razporeditev, hkrati pa proces poteka znotraj oblike U, ki predstavlja oviro neželenim oviram.

Slika 11: Princip U celice s tremi delavci



Vir: xBarry – U shape lean cells, 2011.

Kot omenjeno, transport med operacijami pri izdelavi izdelkov v primeru celične proizvodnje ne predstavlja velikega odstotka porabe časa. Največkrat se izdelek v izdelavi med delovnimi mesti v celici giblje po tekočem traku, velikokrat pa se izdelek med delovnimi mesti prenaša kar s pomočjo rok. Način gibanja izdelka skozi delovne procese v celici je odvisen predvsem od fizičnih lastnosti izdelka (velikost, teža itd.). Pravilo principa celične proizvodnje narekuje, da je pri vsakemu delavcu v celici le po en obdelovanec ali izdelek, ki je v trenutnem ciklu v izdelavi.

Kljub na videz enostavnemu sistemu se je celična proizvodnja razvila v kompleksen proizvodni sistem. Delovne operacije v proizvodni celici je mogoče razdeliti med več delavcev. Slednje je potrebno med seboj sinhronizirati, saj le na tak način dosežemo nemoten potek dela v proizvodni celici. Princip delovanja proizvodne celice s tremi delavci je prikazan na Sliki 11.

## 2.2 Razvoj celične proizvodnje

Za zgodovinski prikaz razvoja celične proizvodnje se je potrebno opreti na razvoj povezanih načinov proizvodnje oziroma sistemov, na katerih celična proizvodnja temelji. Teorija celične proizvodnje temelji na načelih vitke proizvodnje, zato je zgodovinski razvoj obravnavane metode smiselno predstaviti širše.

Bistvo celične proizvodnje je enokosovni pretok izdelka med delovnimi procesi, ki sta ga že leta 1910 za proizvodnjo avtomobila Ford Model T razvila Henry Ford in njegova desna roka Charles E. Sorensen (Strategos, 2011). Kot opisuje Sekine (1992, str. 3), je Henry

Ford pri snovanju proizvodnje za Ford Model T razmišljal o dveh možnih konceptih montaže:

- Avtomobil je med montažo stacioniran, medtem ko se delavci premikajo med operacijami, ki jih izvajajo.
- Delavci, ki izvajajo procese montaže, so stacionirani, medtem ko se avtomobil premika med procesi v montaži.

S spoznanjem, kako nepraktični in težki so avtomobili za premikanje teh med procesi, je bila sprva logična izbira prvega navedenega koncepta. Po začetnih izkušnjah in temeljitim razmišljanju o časovnih izgubah, ki jih je imel zaradi izbire prvega koncepta, se je kasneje raje odločil za koncept s stacioniranimi delavci in premikajočim se avtomobilom. Časovne izgube med procesom montaže so namreč povzročali:

- neorganizirani premiki delavcev med opravljanjem procesov,
- iskanje in primerjanje objektov montaže (material, orodje, ipd.),
- transport objektov montaže.

Izbira drugega koncepta je Fordu povzročila problem in posledično razmišljanje o tem, na kakšen način bo med procesi premikal težke avtomobile in kako naj doseže, da pri premikih ne bo porabil preveč časa. Končno si je domislil, da bi avtomobile enega za drugim navezal na dolgo vrv. To bi na koncu procesa navijal z vitlom, s čimer bi povzročil premike vseh navezanih avtomobilov od opravljene delovne operacije do naslednje delovne operacije, ki je potrebna za nadaljnjo montažo avtomobila. Koncept se je izkazal za uspešnega, saj se je proces montaže avtomobilov skrajšal iz prejšnjih 13 ur na le 5 ur in 50 minut. Zaradi kasnejše optimizacije vsakega procesa in boljšega obvladovanja dela delavcev zaradi ponovljivih gibov pri posameznih procesih pa se je čas montaže avtomobila skrajšal celo na 2 uri in 38 minut. Torej je bila sprememba med prvim in drugim konceptom več kot očitna, saj so za montažo avtomobila Ford Model T na novo izbrani način porabili skoraj 80 odstotkov manj časa.

Celična proizvodnja temelji tudi na načelih širšega koncepta skupinske tehnologije, ki govori o tem, da se podobni izdelki združujejo v družine in se izdelujejo skupaj. Idejo o skupinski tehnologiji je že leta 1925, kot odgovor na slabosti že znane skupinske razmestitve proizvodnje, predstavil Ralph Edward Flanders. To idejo je prvič v Rusiji leta 1933 v knjigi obdelal Mitrofanov, dosti kasneje, leta 1978 pa jo je v Veliki Britaniji predstavil profesor Jack Burbidge, ki je v nadaljnje tudi ugotovil, da prednosti celične proizvodnje niso omejene le na proizvodni proces, temveč se koncept lahko uporabi za optimizacijo stroškov in poenostavitev procesov posrednih aktivnosti, kot so kontrola proizvodnje, planiranje proizvodnje, računovodstvo ipd. (Suresh & Kay, 1998, str. 1).

Kot navaja Parashar (2009, str. 6), ideja o skupinski proizvodnji v svetovni industriji ni bila sprejeta vse do sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ko so bili razviti dostopnejši računalniški sistemi in s tem fleksibilnejši proizvodni sistemi. Za tem je bil celični način proizvodnje globalno sprejet kot odziv na slabosti funkcijske razmestitve proizvodnje.

Moderna proizvodna celica, kot jo poznamo danes, se je v nadaljnje razvijala v okviru tako imenovanega TPS Toyotinega proizvodnega sistema (angl. *Toyota Production System*), ki so ga v obdobju od leta 1948 pa vse do leta 1975 v Toyoti razvijali ustanovitelj Toyote Sekichi Toyoda, njegov sin Kiichiro Toyoda in Toyotin inženir Taiichi Ohno. Ob načrtovanju so jim bili v veliko pomoč tudi zapiski Henry Forda, ki je s svojim načinom proizvodnje dosegel revolucionarne dosežke pri proizvodnji njihovega avtomobila Ford Model T. Proizvodne celice so osnovni element v omenjenem sistemu, ki je bil ustvarjen za doseganje konkurenčne prednosti pred rivali v svetovnem merilu (Hunter, 2008, str. 629).

### 2.3 Razlogi za uvedbo oziroma prednosti

Celična proizvodnja prinaša podjetjem številne prednosti. Naraščajoč trend produktivnosti in krajši izdelavni časi so vzpodbudili zanimanje za celično proizvodnjo mnogih v podjetjih z najrazličnejšimi dejavnostmi. Tudi večja fleksibilnost v nekaterih primerih predstavlja hitrejšo odzivnost na zahteve s strani kupcev, predvsem na račun povečanega obsega proizvodnje in raznolikosti izdelkov. Taka stopnja fleksibilnosti namreč podjetjem omogoča dobavo pravih izdelkov in sicer ravno ob pravem času in z ustrezno raznolikostjo (El-Haik & Al-Aomar, 2006, str. 50).

Kot omenjeno, celična proizvodnja prinaša še mnogo drugih prednosti, ki pa so od primera do primera različne. Mungwattana (2000, str. 5) v svoji doktorski disertaciji kot splošne prednosti celične proizvodnje v primerjavi z ostalimi razmestitvami proizvođenj izpostavlja predvsem naslednje:

- **Krajši čas priprave.** Celična proizvodnja je namenjena izdelavi podobnih izdelkov s podobno obliko, velikostjo in podobnimi lastnostmi. Iz tega razloga je veliko sestavnih delov družine izdelkov, ki se izdelujejo v proizvodni celici, enaka. Prav tako lahko za proizvodnjo celotne družine izdelkov uporabimo ista orodja, ki jih v najslabšem primeru pred izdelavo minimalno prilagodimo za izdelavo določenih izdelkov. S tem je zagotovljeno, da je čas priprave delovnih mest bistveno manjši kot pri alternativnih proizvodnih razmestitvah.
- **Manjše proizvodne serije.** Ker je čas priprave delovnih mest v proizvodni celici kratek, so posledično manjše proizvodne serije prav tako ekonomične za izdelavo. Z manjšimi serijami omogočimo lažji nadzor procesa, hkrati pa tudi zagotovimo manjši delež nedokončane proizvodnje.
- **Manjši delež nedokončane proizvodnje.** Kot omenjeno, z manjšimi proizvodnimi serijami zagotovimo manjši delež nedokončane proizvodnje. K slednjemu pripomore



tudi dejstvo, da se v proizvodni celici izdeluje le po en izdelek naenkrat, neprekinjeno od začetka do konca. Torej se med delovnimi mesti premika le po en izdelek, kar posledično pomeni nižji delež nedokončane proizvodnje.

- **Nižji stroški rokovanja z materiali in izdelki.** Vsak izdelek je v proizvodni celici narejen v celoti neprekinjeno, od začetka do konca. Ta se premika med delovnimi mesti, ki so tesno eden zraven drugega, da se med njimi zagotovi nemoten potek. Omenjeno in pripravljen material na ustreznih mestih, kjer se ta potrebuje za montažo, povzroča manj stroškov rokovanja z materialom in izdelkom v izdelavi.
- **Krajši proizvodni časi.** Neprekinjen potek izdelave izdelkov na delovnih mestih, ki so postavljeni tesno skupaj, povzroča krajše proizvodne čase. Čas, ki je pri nekaterih alternativnih proizvodnih razmestitvah potreben za transport, je pri celični proizvodnji namreč zmanjšan na minimum.
- **Manjše število različnih orodij.** Podobni izdelki, ki se izdelujejo v proizvodni celici, so si med seboj podobni in vsebujejo veliko istih elementov oziroma materialov, kar posledično zahteva manj različnega orodja, potrebnega za montažo končnih izdelkov.
- **Manj potrebnega prostora.** Proizvodne celice zaradi manjšega deleža nedokončane proizvodnje ter končnih izdelkov, predvsem pa zaradi dejstva, da so v njej delovna mesta postavljena tesno skupaj, zahteva veliko manj prostora za delovanje kot alternativne razmestitve proizvodenj.
- **Krajše transportne poti.** Ker so delovna mesta postavljena tesno skupaj v zaporedju, kot si sledijo operacije za izdelavo predvidene družine izdelkov, so transportne poti med posameznimi operacijami krajše.
- **Višja kakovost izdelkov.** Vsak izdelek je izdelan v celoti, neprekinjeno. Vsa delovna mesta v celotnem procesu za izdelavo so postavljena tesno skupaj, zato je informiranje v primeru neskladnosti hitro. To je pomembno za hitro ustavitev procesa in takojšnje ukrepanje za preprečitev neskladnosti na prihodnjih izdelkih v izdelavi.

Med drugim pa je vredno omeniti tudi socialni vpliv celične proizvodnje na delavce. V proizvodni celici je smiselno celoten proces izdelave razdeliti med manj delavcev, v določenih primerih pa tudi samo po en delavec prevzame vlogo izvajalca celotnega procesa izdelave. Večja odgovornost delavcev in poznavanje več operacij v celotnem procesu naredi delo bolj dinamično in posledično bolj zanimivo za delavce. Delovno okolje naredimo še bolj simpatično za delavce s tem, ko jih vključimo v time za reševanje problemov ali optimizacij procesa, kar pa je vodilo za vsako uspešno proizvodno celico (Hyer & Wemmerlöv, 2002, str. 51).

## 2.4 Možne ovire in slabosti

Verjetno na svetu ni stvari, ki ne bi imela tudi negativne plati. Podobno je pri vseh proizvodnih konceptih in sistemih, tako da lahko pri uvedbi celične proizvodnje in kasnejšem delovanju le te, poleg vseh naštetih pozitivnih učinkov pričakujemo tudi zaplete in negativne učinke. Pri prehodu iz proizvodnje s skupinsko razmestitvijo na celični način proizvodnje je vsekakor zmanjšanje fleksibilnosti najbolj izrazita negativna plat prehoda.

Irani (1999, str 10) pa skupaj z zgoraj omenjeno slabostjo pri prehodu iz skupinske na celično proizvodnjo kot splošne slabosti prehoda ali kasnejšega delovanja celične proizvodnje navaja spodnje negativne učinke:

- **Povišanje investicij.** Implementacija proizvodnih celic je pogosto povezana s povišanjem investicij zaradi nakupa specifične proizvodne opreme. V velikih primerih je zaradi uporabe določene proizvodne opreme v proizvodni celici, ki je namenjena le za proizvodnjo določene družine izdelkov, potrebno kupiti dodatno opremo z isto ali podobno funkcijo za opravljanje določenih operacij pri proizvodnji preostalih izdelkov, ki se ne proizvajajo v isti proizvodni celici. Na srečo so delovna mesta v proizvodni celici dovolj fleksibilna, saj se na njih opravljajo operacije za proizvodnjo več različnih izdelkov. Za taka delovna mesta se namreč ne uporablja specialnih strojev, katerih cene so izredno visoke. Za opremljanje delovnih mest v proizvodni delovni celici se praviloma uporablja univerzalnejšo opremo, ki pa je tudi cenejša.
- **Zmanjšanje fleksibilnosti (v določenih primerih).** Zaradi specializacije delovnih mest in omejenega nabora teh v celici je celični način proizvodnje manj odziven na morebitne spremembe izdelkov bodisi zaradi sprememb izdelka zaradi spremenjenih želja kupcev bodisi zaradi strateško načrtovanih sprememb izdelkov z namenom nižanja stroškov podjetja ali doseganje večje konkurenčne prednosti novega izdelka (povečanje obsega funkcionalnosti izdelka, izboljšanje kakovosti izdelka ipd.). Kot omenjeno, je nivo fleksibilnosti zmanjšan pri prehodu na celično proizvodnjo, vendar le iz določenih razmestitev proizvodnje. Tudi pri teh pa se da spremembe izdelkov največkrat v naprej načrtovati, tako da se podjetja lahko ustrezno pripravijo na spremembe.
- **Manjša izkoriščenost delovnih mest (predvsem strojev).** Zaradi proizvodnje enega izdelka v neprekinjenem procesu montaže, so posamezna delovna mesta pri celični proizvodnji manj izkoriščena kot pri alternativnih načinih proizvodnje. Delavec se pomika v zaporedju delovnih operacij in ker je zmožen opravljati le po eno operacijo naenkrat, vse operacije na predhodnih in nadaljnjih delovnih mestih takrat največkrat končnemu izdelku ne dodajajo vrednosti. Izkoriščenost delovnih mest lahko povečamo z delovanjem več delavcev v proizvodni celici ali z avtomatizacijo posameznih delovnih mest na način, da delavec izdelek v izdelavi le pripravi in zažene delovno operacijo. Medtem ko avtomatizirano delovno mesto izvaja delovno operacijo, se delavec že lahko premakne k opravljanju operacij na nadaljnjih delovnih mestih, ki sledijo v proizvodni celici. Pri izdelovanju naslednjega izdelka iz avtomatiziranega delovnega mesta odstrani izdelek, na katerem je bila izvedena avtomatska operacija. Za tem pripravi nov izdelek, zažene operacijo, na predhodnem izdelku pa nadaljuje z nadaljnjimi operacijami za dokončanje montaže izdelka.
- **Potencialni zastoji zaradi okvar strojev ali odsotnosti delavcev.** Proizvodna celica je prilagojena za izdelavo omejenega števila različnih izdelkov ali bolje rečeno določene družine podobnih izdelkov. Proces izdelave je optimiziran in specializiran le za izdelavo izdelkov iz izbrane družine. V primeru okvare enega od strojev v

proizvodni celici je podobno kot pri proizvodnji z linijsko razmeščeno opremo ustavljen celoten proces izdelave. Podobno je z odsotnostjo delavcev v proizvodni celici. Ti delavci so tehnološko specializirani za izvajanje celotnega procesa, zato jih je velikokrat nemogoče takoj nadomestiti. V takih primerih odsotnosti se prav lahko zgodi, da se celoten proces izdelave določene družine izdelkov ustavi. Podjetja praviloma računajo na možne izostanke delavcev, zato po navadi tudi predvidijo zamenjave, kar pomeni, da morajo za opravljanje istih procesov izučiti vsaj dva delavca ali več. Kompleksni stroji so zaradi univerzalnosti opravljanja določenih operacij v proizvodnih celicah praviloma redkost, zato okvare strojev v večini primerov ne povzročajo večjih zastojev.

## **2.5 Načrtovanje in uvedba**

Namen tega poglavja je bralcu predstaviti proces načrtovanja in kasnejše uvedbe celične proizvodnje v proizvodnem oddelku. Namenoma sem uporabil izraz proces, saj gre pri načrtovanju celične proizvodnje za niz organiziranih aktivnosti, s katerimi dosežemo želene učinke oziroma v tem primeru ustrezno učinkovito kompozicijo delovnih mest v celični proizvodnji.

The productivity development team (b.l., str. 24) proces načrtovanja in uvedbe celične proizvodnje deli na tri faze. Vsaka od faz ima velik vpliv na končni rezultat in učinkovitost uvedene celične proizvodnje, zato je pomembno, da jih izvedemo vestno in preudarno. Prva faza je dobro razumevanje trenutnih razmer in delovanja proizvodnega sistema, kar je vsekakor temelj dobrega načrtovanja in kasnejše uvedbe zelenega koncepta v proizvodni sistem. V drugi fazi izvedemo dejansko preoblikovanje proizvodne opreme v celično razmestitev in oblikovanje procesa izdelave družine izdelkov. S tem pa proces uvedbe celične proizvodnje še ni zaključen. Faza 3 zahteva tudi proces stalnega izboljševanja procesa, kar pomeni, da je ta stalen.

Uspešnost uvedbe celične proizvodnje je odvisna od vseh treh naštetih faz, še posebej pa od učinkovitosti načrtovanja le-te, predanosti in prizadevanja vseh sodelujočih zaposlenih in seveda tudi od nivoja navdušenja vodstva podjetja nad uvajanimi spremembami v proizvodnem oddelku.

### **2.5.1 Faza 1: Razumevanje obstoječega sistema in načrtovanje novega**

Dobro razumevanje obstoječega sistema proizvodnje, procesa izdelave izdelkov in nadaljnje natančno načrtovanje celične proizvodnje sta temelj za uspešno delovanje novo uvedenega procesa na podlagi koncepta celične proizvodnje.

Kot navaja Bhat (2008, str. 175), je uvajanje celične proizvodnje v povsem nov obrat bistveno lažje kot sprememba proizvodnje, ki že dalj časa deluje po principu alternativnih razmestitev in sistemov proizvodnje. Uvajanje celične proizvodnje je v slednjem primeru bistveno zahtevnejše, saj zahteva spremembe v že utečenem procesu.

Pri načrtovanju moramo najprej ugotoviti, ali je družina izdelkov, ki jo želimo izdelovati v celični proizvodnji, sploh ustrezna za tak način proizvodnje. Povpraševanje kupcev mora biti ravno prav obsežno, predvsem pa konstantno. Kot omenjeno, je tudi dobro razumevanje obstoječega sistema ključno za uspešnost uvedbe in kasnejšega delovanja celične proizvodnje, zato je potrebno zbrati čim več podatkov o uspešnosti obstoječega sistema (npr. proizvodni časi, stroški izdelave, nivo kakovosti ipd.).

Na podlagi primerjave zbranih podatkov in podatkov, pridobljenih iz analiz in predvidevanj pozitivnih in negativnih učinkov uvedbe celične proizvodnje, vidimo, ali je uvedba celične proizvodnje smiselna za uvedbo v obstoječo proizvodnjo. V kolikor so rezultati analiz in predvidevanj v prid uvedbi celične proizvodnje, je izredno pomembno, da vodstvo podjetja z oprijemljivimi rezultati prepričamo v to, da uvedba celične proizvodnje prinaša pozitivne učinke tako za samo proizvodnjo kot tudi za celotno podjetje. Vodstvo podjetja namreč odloča o nadaljnjih investicijah, potrebnih za uvedbo celične proizvodnje, hkrati pa vpletenim zaposlenim omogoča dovolj časa za premišljeno uvedbo in kasnejše izboljšave uvedenega sistema.

### **2.5.2 Faza 2: Preoblikovanje v celično proizvodnjo**

Po tem, ko dobimo zeleno luč vodstva za uvedbo celične proizvodnje in s tem podporo in razumevanje nadaljnjih investicij in upravičenosti porabljenega časa za uvedbo, lahko pričnemo s preoblikovanjem proizvodne opreme v celično razmestitev.

Pred fizično implementacijo celične proizvodnje je o nameri, delovanju in prednostih uvajane celične proizvodnje potrebno seznaniti vse zaposlene in v teh vzbuditi pozitivno mišljenje o novo uvedeni razmestitvi proizvodnje. V naslednjem koraku izberemo zaposlene, ki bodo sodelovali pri implementaciji celične proizvodnje in kasnejšem delovanju le-te. Na podlagi predhodne seznanitve in odobravanja zaposlenih pri uvedbi celične proizvodnje lahko od njih pričakujemo aktivno sodelovanje in iskanje rešitev za posamezne probleme in ovire, tako pri uvedbi kot delovanju. Isto lahko pričakujemo tudi pri nadaljnji optimizaciji že uvedene celične proizvodnje. Smiselno je namreč, da tako pri reševanju problematike uvajanja in delovanja kot tudi pri nadaljnji optimizaciji delovanja sodelujejo prav zaposleni, ki so bili vpleteni v procesu obstoječega načina proizvodnje in bodo kasneje delovali v celični proizvodnji. Ti namreč najboljše poznajo tako proces izdelave izbrane družine izdelkov kot tudi delovanje proizvodne opreme, ki se uporablja pri izdelavi omenjene družine izdelkov (Alvarez, 1997, str. 58).

Izbrani tim za uvedbo celične proizvodnje določi optimalno postavitev proizvodne opreme in orodja v proizvodnem prostoru. Pri tem je potrebno upoštevati načela delovanja celične proizvodnje, ki so pomembna pri fizičnem oblikovanju proizvodne celice, in sicer (The productivity development team, b.l., str. 36):

- Proizvodna oprema in orodje si sledijo v zaporedju, kot si sledijo operacije pri izdelavi izdelkov.

- Proizvodna oprema je postavljena tesno skupaj, tako da prostor med njo omogoča zadrževanje le minimalnemu številu izdelkov v izdelavi (nedokončana proizvodnja), praviloma le enemu.
- Zagotoviti čim krajšo pot med začetno in končno operacijo v procesu, da s tem minimiziramo časovne izgube pri premiku delavcev od končne k začetni operaciji. Pri tem je optimalna razmestitev opreme v obliki črke U ali C.
- V kolikor je le mogoče, je potrebno zagotoviti potek procesa v smeri urinega kazalca. Ker večina delavcev pri izvajanju posameznih operacij uporablja desno roko kot primarno, je smiselno, da z levo roko pomikajo izdelek med posameznimi operacijami, z desno pa tako lahko hitreje sežejo po orodju in izvedejo delovno operacijo. Če je večina delavcev levičarjev pa je smiselno zagotoviti potek procesa v nasprotni smeri urinega kazalca.

Na podlagi določitve optimalne postavitve proizvodne opreme, tim izvede fizično prestavitev proizvodne opreme v obliko celične proizvodnje.

### **2.5.3 Faza 3: Stalne izboljšave procesa**

Fizična reorganizacija proizvodne opreme ni zaključna operacija v celotnem procesu uvedbe celične proizvodnje. Po izvedeni drugi fazi je potrebno zagnati proces in s spremljanjem tega pridobiti realne podatke o uspešnosti nove razmestitve proizvodnje oziroma v tem primeru celične proizvodnje. Takoj je potrebno preveriti in odpraviti vzroke za večja odstopanja realnih rezultatov od prej predvidenih, predvsem za tiste, ki so bistveno slabši od predvidenih. Ne smemo pozabiti tudi na pregled vzrokov za manjša odstopanja, saj nam ta lahko ovirajo učinke ukrepov nadaljnjih izboljšav. Z nadaljnjim spremljanjem procesa v uvedeni celični proizvodnji je potrebno zagotoviti stalne izboljšave procesa, zato je potrebno na podlagi pridobljenih izkušenj z izboljšavami stremeti k še hitrejšim in še bolj kakovostno opravljenim procesom.

Zgornje trditve stopnjuje The productivity development team (b.l., str. 38), ki trdi, da je zaključek fizične reorganizacije šele začetek procesa stalnih izboljšav. Četudi z reorganizacijo dosežemo bistveno krajše proizvodne čase, to še ne pomeni, da smo dosegli optimalne rezultate. Vedno obstajajo različne možnosti, da proces še izboljšamo, zato se nikoli ne smemo zadovoljiti z rezultatom, temveč moramo uspešnost tega stalno spremljati in iskati možnosti, kako ga še izboljšati. Pri izboljšavi procesa poleg hitrejših proizvodnih časov iščemo tudi možne izboljšave za zagotovitev manjšega deleža neskladnih izdelkov, krajši čas priprave proizvodne celice, zmanjšanje možnosti okvar proizvodne opreme v proizvodni celici in druge izboljšave.

### **3 PREDSTAVITEV PODJETJA TIPRO IN NJIHOVIH IZDELKOV**

#### **3.1 Zgodovina podjetja Tipro**

Podjetje Tipro je leta 1985 ustanovila skupina zaposlenih na inštitutu za elektrotehniko v Ljubljani. V najetih prostorih dijaškega doma Vič v Ljubljani so začeli s proizvodnjo mehanskih tipk za tipkovnice, leta 1986 pa so razvili že prvo svojo tipkovnico, ki se je izkazala kot izredno praktičen pripomoček za takrat aktualni osebni računalnik ZX Spectrum. Z intenzivno razvojno ekipo so že dve leti kasneje razvili programibilno tipkovnico, na kateri je do razvoja zaslonskih modulov temeljil večinski del njihovih nadaljnjih izdelkov. Tako so leta 1991 razvili tipkovnico za ljudi s posebnimi potrebami, leta 1993 pa so na trgu ponudili prve industrijske tipkovnice, ki so odporne proti nečistoči in proti vdoru različnih tekočin v primeru politja. S hitrim razvojem, predvsem pa s prodiranjem na svetovni trg je podjetje leta 1996 svojo konkurenčno prednost poglobilo še

s pridobitvijo certifikata ISO 9001. Leto kasneje so trgu predstavili družino modularnih tipkovnic, imenovano MID (angl. *Modular Interface Device*), s katero je podjetje pridobilo ugled na svetovnem trgu POS sistemov. Povpraševanje kupcev je naraščalo bliskovito, zato se je podjetje odločilo zgraditi svojo poslovno stavbo v Grosuplju in se je leta 2000 tja v celoti tudi preselilo. Že leto kasneje so predstavili novi družini izdelkov – družino FREE, ki je bila dizajnersko in tehnološko dovršena naslednica družine MID, in družino FREE+, ki je z zasloni na dotik, slušalkami in drugimi interaktivnimi moduli dopolnjevala družino FREE. Leta 2006 pa je podjetje predstavilo še novo družino BeFREE, ki je z dodatnim računalniškim modulom, družino FREE+, dopolnila v tako imenovane »all-in one« sisteme. Na temeljih omenjene družine in z razvojem nekaterih dodatnih modulov je podjetje nastopilo tudi v segmentu dispečerskih centrov, kjer konfiguracije modulov služijo za dispečerstvo železniškega prometa, elektrike ipd. V letu 2010 pa je trgu predstavilo samostojne module oziroma družino izdelkov BLUE+, namenjeno predvsem za POS uporabo (Tipro, 2011).

#### **3.2 Predstavitev proizvodnje podjetja Tipro**

Tipro je podjetje, ki z intenzivnim razvojem vhodno-izhodnih računalniških enot v svetovnem merilu konkurira v segmentu POS (angl. *Point Of Sale*) sistemov, v zadnjem času pa je prodrlo tudi v segment distribucijskih centrov (distribucija električne energije, železniškega transporta itd.) (Tipro, 2011).

Zaradi široke ponudbe standardnih izdelkov, predvsem pa zaradi izdelkov, razvitih in proizvedenih po željah kupca (»custom« izdelki), je število različnih izdelkov v ponudbi podjetja izredno veliko. Zaradi specifičnosti njihove uporabe so proizvodne serije naročenih izdelkov posledično praviloma majhne. Trenutna proizvodnja temelji na metodi skupinske razmestitve, kar posledično povzroča relativno visok delež nedokončanih proizvodov v proizvodnji ter velike zaloge materiala. Podjetje Tipro s svojim načinom proizvodnje dosega, da večjih strojev in naprav ne potrebuje, saj večino polizdelkov

proizvedejo pogodbeni kooperanti. V proizvodnji večinoma le sestavljajo od kooperantov dobavljene polizdelke v celotne produkte, za kar večinoma uporabljajo le preprosta orodja, kot so električni izvijači, spajkalne postaje ipd. Kljub omenjenemu podjetje v procesu izdelave izdelkov uporablja dva stroja za tamponski tisk, dve pnevmatski preši za vtiskovanje vijakov in matic v kovinske nosilce in dva CNC stroja za obdelavo plastičnih ohišij. V podjetju imajo tudi manjšo SMT (angl. *Surface Mount Technology*) linijo, ki temelji na polavtomatskem delu (ročno nanašanje spajkalne paste, ročna postavitve elektronskih elementov ipd.) – ta se izjemoma uporablja za prototipe in prve, vzorčne serije polizdelkov oziroma izdelkov.

Podjetje Tipro za proizvodnjo svojih izdelkov koristi skupinsko razmestitev proizvodnje, ki je s stališča fleksibilnosti in zagotavljanja izdelave tako velikega števila različnih izdelkov in izvedenk le-teh najustreznejša. Fleksibilnost je pri izdelavi izdelkov po želji kupca vsekakor zelo pomembna lastnost, pri izdelavi standardnih izdelkov pa se postavlja vprašanje stroškovne učinkovitosti obstoječe, funkcijske razmestitve proizvodnje. Veliko število različnih izdelkov, predvsem zaradi prilagojenih izdelkov za posamezne kupce, je vzpodbudilo podjetje k ideji, da jedra izdelkov (polizdelki) ohrani standardizirana, v kolikor je to zaradi potreb in želja kupcev le mogoče. Za doseganje večje stroškovne učinkovitosti izdelave standardnih izdelkov mora podjetje razmisliti tudi o drugih alternativnih načinih proizvodnje.

### 3.3 Predstavitev izdelkov

V nadaljevanju bom na kratko predstavil le standardne družine izdelkov iz ponudbe podjetja Tipro. Izdelki narejeni po želji kupca so največkrat izpeljanke standardnih družin, zato jih posebej ne bom predstavljal.

**Matrične tipkovnice** predstavljajo najpreprostejše izdelke, ki jih podjetje Tipro proizvaja. Te tipkovnice so le matrika tipk, brez elektronike oziroma krmilnika, ki služi kot vmesnik med tipkovnico in računalnikom. Matrične tipkovnice kupci vgradijo v svoje sisteme (blagajne, tehtnice, stroje ipd.) in jih priklopijo na svojo elektroniko, ki pretvarja signale pritisnjenih tipk v računalniku razumljivo vsebino. Primer matrične tipkovnice je prikazan na sliki 12.

*Slika 12: Primer izdelka iz družine matričnih tipkovnic*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 65.*

Družina **industrijskih tipkovnic** (primer na Sliki 13) predstavlja tipkovnice, ki se uporabljajo, kot nakazuje ime, v industrijske namene, največkrat za krmiljenje in programiranje industrijskih strojev. Temu primerno so tipkovnice zaradi vgradnje posebne folije in tesnil odporne proti nečistočam in politju tekočin. V segmentu industrijskih tipkovnic podjetje Tipro ponuja namizne tipkovnice v ohišju in panelne izvedbe tipkovnic, ki jih v svoje sisteme vgradijo kupci.

*Slika 13: Primer izdelka iz družine industrijskih tipkovnic*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 58.*

Številni moduli, predvsem za uporabo v POS sistemih, predstavljajo **družino MID**. Tako v omenjeno družino sodijo različni tipkovnični moduli (primer na Sliki 14), čitalniki kartic z magnetnim zapisom, čitalniki kartic s črtnim zapisom, touchpad-i (miška z občutljivo podlago na dotik) in različni identifikacijski moduli (ključavnice, iButton ipd.). Prednost družine MID je modularnost posameznih modulov, zato jih kupci lahko sestavijo v konfiguracijo, ki najbolj ustreza njihovim potrebam. Z uporabo programske opreme ChangeMe pa lahko sami določijo funkcije posameznih tipk na tipkovnici in ostalih programabilnih funkcij ostalih modulov (na primer funkcija posameznih pozicij ključavnice ipd.)

*Slika 14: Primer izdelka iz družine MID*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 46.*



**Družina FREE** je dizajnersko in funkcionalno izboljšana družina MID, ki z novo razvitimi moduli (RFID, čitalniki prstnih odtisov, sledilno kroglico ipd.) dopolnjuje že prej uspešen nabor izdelkov in ga s tem z možnostjo dodatnih konfiguracij še bolj približa kupcem. Dizajn družine je stilsko dovršen in hkrati skladen z moduli iz družin FREE+ in BeFREE, s katerimi lahko kupci kombinirajo želene konfiguracije. Ena od sestavljenih konfiguracij je vidna na Sliki 15.

*Slika 15: Primer izdelka iz družine FREE*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 13.*

**Družino FREE+** predstavljajo dodatni interaktivni moduli, ki dopolnjujejo družino FREE. Osrednji modul predstavlja zaslon na dotik, katerim je možnost dodati tudi druge module iz družine, kot so slušalke, modul za komuniciranje (Speakerbox), mikrofona, zaslone za informiranje strank, interaktivna tipkovnica (Chameleon) ipd. Konfiguracija modulov družine FREE+ je prikazana na Sliki 16.

*Slika 16: Primer izdelka iz družine FREE+*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 26.*

Moduli iz **družine FCX** predstavljajo kompaktno verzijo tipkovnic, ki niso modularne. Končni izdelek se na željo kupca v celoti sestavi v podjetju Tipro, kar pomeni, da na željo kupca tipkovnični modul lahko dopolnijo z različnimi identifikacijskimi moduli, segmentnimi zasloni (primer na Sliki 17), hkrati pa že pri osnovni verziji tipkovnice obstaja možnost vgradnje čitalnika magnetnih kartic.

*Slika 17: Primer izdelka iz družine FCX*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 36.*

Z nadgradnjo zaslona iz družine FREE+ in dodatnim računalniškim vložkom podjetje Tipro predstavlja **družino BeFREE** (primer na Sliki 18), ki je zaradi dizajna združljiva tudi z moduli iz družine FREE in FREE+. Tako je iz razpoložljivih modulov mogoče sestaviti kompleksne sisteme, ki se lahko uporabljajo za POS sisteme ali za sisteme v dispečerskih centrih. Družino dopolnjujejo tudi manjši grafični zasloni, ki služijo za informiranje strank.

*Slika 18: Primer izdelka iz družine BeFREE*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 31.*

V družino BLUE+ sodijo kompaktni zaslonski moduli (BT) in so predvsem namenjeni samostojni uporabi, brez dodatnih modulov. Zanimiva je rešitev zaslona v pladnju za izmenjavo kovancev (CashTray) in je razvita za uporabo na prodajnih mestih, kjer prodajalci na zaslonu stranke prepričujejo z različnimi oglasnimi sporočili, hkrati pa jo koristijo za izmenjavo kovancev oziroma denarja. Dva primera modulov iz družine BLUE+ sta prikazana na Sliki 19.

*Slika 19: Primer izdelka iz družine BLUE+ (levo BT, desno CashTray)*



*Vir: Tipro, Product catalogue, 2010, str. 63.*

### **3.4 Podrobnejša predstavitev izbranega izdelka iz družine BeFREE**

Jedro družine izdelkov BeFREE sta zaslon s panelom, občutljivim na dotik (sestav TFT), in računalniški vložek (sestav PC), ki funkcijsko predstavlja računalnik, vendar je prilagojen zahtevam v tržnem segmentu, ki so mu ti izdelki namenjeni. Z namenom, da se funkcionalnost izdelka kar najbolje približa različnim zahtevam kupcev, podjetje na trgu ponuja različne izvedbe računalniških vložkov, hkrati pa sledi razvoju visoko tehnoloških računalniških komponent, predvsem hitremu razvoju centralno procesorskih enotam (CPE). Zamenjava centralno procesorskih enot posledično zahteva tudi menjavo matičnih plošč, pomnilnikov, trdih diskov ipd. Ob prehodu na nov PC sestav z novimi centralno procesorskimi enotami, ki so v skladu s trendom v globalnem računalniškem svetu, je potrebna menjava večine komponent sestava PC, včasih pa tudi celotne konstrukcije izdelka. Podjetje je tako od predstavitve družine izdelkov BeFREE trgu ponudilo računalniške sisteme (PC sestave) z naslednjimi centralno procesorskimi enotami:

- VIA,
- Intel Celeron,
- Intel Core Duo,
- Intel© Core2Duo, 1.83 GHz, 2MB cache (T5600),
- Intel© Atom D510 Dual Core, 1 MB L2 cache.

Podjetje trgu vedno ponudi različne izvedbe računalniških vložkov z zgoraj naštetimi centralno procesorskimi enotami. Na podlagi preteklih izkušenj in z namenom ne preveč razširiti portfelja različnih sestavov PC, podjetje trenutno kupcem ponuja le naslednje standardne sestave PC z Intel© Atom D510 Dual Core centralno procesorsko enoto:

- **Sestav PC C1.** Standardna izvedba z ventilatorjem in brez audio elektronike. Sestav uporabniku ponuja pester izbor osnovnih priključkov (VGA, 2x LAN, 4x USB 2.0, 2x USB 1.1, COM 1, COM 2, Tipro External Bus, 12V napajalni izhod).
- **Sestav PC C3.** Standardna izvedba z ventilatorjem in audio elektroniko. Sestav uporabniku ponuja pester izbor osnovnih priključkov (VGA, 2x LAN, 4x USB 2.0, 2x USB 1.1, COM 1, COM 2, Tipro External Bus, 12V napajalni izhod) in dodatnih audio priključkov (line-in, line-out, mikrofoni).
- **Sestav PC C4.** Standardna izvedba z ventilatorjem in brez audio elektronike. Sestav uporabniku poleg osnovnega nabora osnovnih priključkov (VGA, 2x LAN, 4x USB 2.0, 2x USB 1.1, COM 1, COM 2, Tipro External Bus, 12V napajalni izhod) ponuja še dodatna priključka (dodaten PS/2 in LPT).
- **Sestav PC D2.** Tiha izvedba PC sestava brez ventilatorja in s SSD trdim diskom. Sestav je brez premikajočih se komponent, zato je med delovanjem praktično neslišen. Različica vsebuje tudi audio elektroniko. Sestav uporabniku poleg osnovnega nabora osnovnih priključkov (VGA, 2x LAN, 4x USB 2.0, 2x USB 1.1, COM 1, COM 2, Tipro External Bus, 12V napajalni izhod) ponuja še dodatne audio priključke (line-in, line-out, mikrofoni).
- **Sestav PC A1.** Sestav je prilagojen potrebam POS segmenta, zato poleg osnovnega nabora priključkov (VGA, 2x LAN, 4x USB 2.0, 2x USB 1.1, COM 1, COM 2, Tipro External Bus, 12V napajalni izhod) uporabniku ponuja še dodatne namenske priključke za uporabo na prodajnih mestih (napajalni in krmilni priključek za denarni predal, napajalni in krmilni priključki za tiskalnike računov in različnih bralnikov kartic, dodatna serijska priključka COM3 in COM4 z možnostjo nastavljanja napajalne napetosti).

Podjetje že razvija nov PC sestav z aktualno trendno Intel i5 (v razvoju) centralno procesorsko enoto, ki omogoča še hitrejše delovanje in majhno porabo energije.

### 3.4.1 Prikaz montaže sestava TFT

Pri montaži TFT sestava je manj delovnih operacij kot pri montaži sestava PC, vendar ena izmed njih zahteva veliko natančnost in predvsem čisto okolje, v katerem se le-ta vrši. To zahtevnejšo in tudi najzamudnejšo operacijo predstavlja lepljenje panela, občutljivega na dotik (angl. *touch panel*), na LCD zaslon. Operacija obsega lepljenje posebnega tesnilnega in zaščitnega lepilnega traku na robove LCD zaslona, na katerega se kasneje natančno namesti panel, ki je občutljiv na dotik. Nato se na stične robove namesti še dodatni tesnilni trak, ki onemogoči kasnejši vdor nečistoče med omenjen panel in zaslon LCD. Čisto okolje

je pri obravnavani operaciji izredno pomembno, saj bi lahko v nasprotnem primeru prah ali drugi delci nečistoče prišli med LCD zaslon in panel, kar bi bilo s stališča končnega uporabnika nesprejemljivo. Tak del nečistoče namreč zakriva delček zaslona, hkrati pa bi prisotnost nečistoče v vidnem zaslonskem polju končnega izdelka v očeh uporabnika predstavljala nezaželeno estetsko napako.

Ostale operacije (namestitve elektronskih komponent, povezave teh s kablji, montaža v ohišje ipd.) so preprostejše in manj zahtevne, vendar so lahko nekatere kljub temu zaradi velikosti posameznih sestavnih delov za ročni način montaže težavnejše. To so predvsem operacije, kjer se nameščajo večji kovinski nosilci, ki so tako s stališča robustnosti izdelka kot tudi s stališča elektromagnetne zaščite in zaščite proti izpraznitvi elektrostatičnega naboja (ESD zaščita) nujno potrebni za zanesljivo in varno uporabo končnega izdelka. Med operacije s podobno problematiko lahko uvrstimo tudi namestitve LCD zaslona in panela, občutljivega na dotik.

Na koncu montaže se sestave TFT funkcijsko testira. Ta operacija se zaradi potrebnih orodij in testnega računalnika vrši na eni izmed pomožnih delovnih miz, zato se ta opravlja šele, ko so sestavljeni vsi sestavi iz enega proizvodnega delovnega naloga. Pri testu se preko v naprej pripravljene testne skripte<sup>5</sup> preveri pravilno delovanje zaslona, komunikacijskih priključkov in signalnih LED diod (signalne lučke).

### **3.4.2 Prikaz montaže sestava PC**

Montaža PC sestava je zaradi velikega števila operacij, predvsem pa zaradi kompleksnosti nekaterih, bistveno zahtevnejša od montaže TFT sestava. Občutljivost vgrajenih računalniških komponent zahteva zbranost in natančnost izvajalca, nekatere komponente pa zahtevajo tudi posebne atmosferske pogoje in posebne načine za rokovanje (na primer antistatična zaščita).

Montaža se začne z montažo kovinskih nosilcev v ogrodje PC sestava, v katero se zaradi omejitve prostora in zahtevnega hladilnega sistema v pravilnem vrstnem redu namešča računalniške komponente. Na te se kasneje namesti hladilni sistem, ki je najkompleksnejši pri različici sestava PC D2. Ta je namreč brez prisilnega hlajenja oziroma ventilatorja, zaradi česar je toploto iz sestava potrebno odvajati preko posebnih namenskih cevi s termično prevodnim plinom na zunanji aluminijski hladilnik, ki ima zaradi reber na zunanji strani večjo površino, preko katere odvečno toploto odvaja v okolico. Vgrajene komponente se med operacijami, predvsem pa na koncu funkcijsko poveže s kablji, ki omogočajo pravilno medsebojno delovanje vgrajenih komponent in brezhibno delovanje končnega izdelka.

---

<sup>5</sup> Testna skripta je v naprej pripravljen program za testiranje določenega izdelka. Obsega zaporedje testnih postopkov, s katerimi se preko programske opreme ChangeMe kontrolirano testira vse funkcije določenega izdelka.

Po opravljeni montaži je potrebno pripravljene sestave PC tudi testirati oziroma preveriti delovanje vseh vgrajenih komponent. Ker gre praktično za računalnik, je pred tem potrebno na vgrajeni trdi disk preko povezanega strežnika naložiti v naprej pripravljeno tako imenovano sliko diska s prej naloženim operacijskim sistemom Windows, vsemi potrebnimi gonilniki za vgrajene komponente in programi za testiranje funkcij sestava PC. Po tej operaciji sledi stodstotni funkcijski test vgrajenih komponent in delovanja razpoložljivih priključkov s pripravljeno testno skripto, ki izvajalca testa organizirano vodi čez vse nastavljene teste posameznih funkcij končnega sestava.

### **3.4.3 Združitev obeh sestavov v končni izdelek**

Po končani montaži in uspešno opravljenih funkcionalnih testih sestava TFT in sestava PC se oba sestava združi v končni izdelek družine BeFREE, ki predstavlja računalniški sistem z zaslonom, občutljivim na dotik, in je prilagojen uporabi v POS segmentu in distribucijskih centrih. Po montaži sledi staranje celotnega izdelka v oddelku za staranje, kjer se na izdelku približno 16 ur poostreno testira interne funkcije v ekstremnih pogojih. Na tak način se preveri in po potrebi odpravi vse zaznane nepravilnosti ter se zagotovi brezhibnost pri nadaljnji uporabi. Po opravljenem staranju se pri izdelku s testom preveri delovanje vseh priključkov in izvede ponovni test vseh pomembnih funkcij izdelka.

## **4 ANALIZA OBSTOJEČE PROIZVODNJE V PODJETJU TIPRO**

### **4.1 Obstoječ način proizvodnje**

Leta 2000, ob selitvi podjetja Tipro v Grosuplje, so snovalci na podlagi preteklih izkušenj kot najustreznejšo za proizvodnjo izdelkov izbrali skupinsko razmestitev proizvodnje. S spoznavanjem popolnoma nove opreme, razvojem kompleksnejših izdelkov in zaradi povečanega obsega proizvodnje se je takratna postavitve s časom izkazala za neoptimalno. Z optimizacijo proizvodnih procesov in fizično prestavitvijo opreme so leta 2006 zagotovili krajše pretočne čase, predvsem zaradi krajših transportnih poti med procesi v proizvodnji. Postavitve je še vedno temeljila na načelih skupinske razmestitve. Podjetje je istega leta pričelo s proizvodnjo kompleksne družine izdelkov BeFREE, ki zajema montažo celotnih računalniških sistemov, zaslonov na dotik in drugih kompleksnih elektronskih modulov. Predvsem zaradi nastopa svetovne gospodarske krize je podjetje leta 2009 pričelo z optimizacijo procesov v celotni verigi delovanja podjetja z namenom zagotoviti nižje stroške delovanja, kar je bilo potrebno tako za obstoj podjetja kot tudi za zagotavljanje cenovne konkurenčnosti podjetja v svetovnem merilu. Za doseganje nižjih stroškov proizvodnje je podjetje povečalo stopnjo standardizacije posameznih sestavov izdelkov in za te tudi optimiziralo količino proizvodnih serij.

Podjetje Tipro ima proizvodno opremo in delovna mesta razmeščena v obliki skupinske razmestitve. Proizvodni segmenti se delijo na naslednje skupine oziroma oddelke:

- tamponski tisk,
- delavnica,
- montaža,
- staranje,
- končna kontrola in test,
- embaliranje.

Večina proizvodnih procesov za izdelavo tipkovničnih modulov se v podjetju prične v oddelku **tamponski tisk**, kjer se v naprej natisnejo znaki na pokrovčke, ki služijo za označitev tipk pri tipkovnicah. Ti so lahko natisnjeni v standardnih izvedbah ali po željah kupcev. V istem oddelku se na ohišja tipkovnic in drugih modulov tiskajo tudi nekateri logotipi kupcev, vendar se tiskanje na ohišja v največji meri prenaša na zunanje izvajalce. Ti na ohišja tiskajo logotipe na podlagi pripravljenih načrtov v Tipru.

V primeru proizvodnje tipkovničnih modulov se vzporedno s procesom tamponskega tiska v **delavnici** v naprej pripravijo tudi kovinski nosilci. V primeru montaže drugih modulov pa je priprava kovinskih nosilcev začetni proces proizvodnje. Priprava nosilcev v delavnici zajema vtiskovanje vijakov in matic, ki so potrebni za nadaljnjo montažo modulov. Ta operacija se izvaja s pomočjo dveh pnevmatskih stiskalnic. V delavnici se prav tako s pomočjo CNC strojev pripravijo oziroma dodelujejo ohišja in drugi gradniki modulov za zagotavljanje različnih izvedenk modulov in upoštevanje najrazličnejših želja kupcev. V istem oddelku se pripravljajo tudi pripomočki in šablone, potrebne za kasnejšo montažo izdelkov v montažnem delu proizvodnje.

V proizvodnem segmentu **montaža** se izvaja večinski del montaže končnih izdelkov. V njem je razporejenih 12 delovnih miz, ki so opremljene na način, da se na katerikoli od njih lahko izvaja montaža kateregakoli izdelka. Z drugimi besedami lahko rečemo, da so te mize univerzalno opremljene, kar posledično pomeni, da razpoložljiva oprema teh včasih ne zadostuje za kvalitetno montažo določenih izdelkov, predvsem kompleksnih, ki zahtevajo specifična orodja za kakovostno izvedbo nekaterih procesov. Praviloma proizvodnja določenega izdelka v seriji poteka samo na eni izmed omenjenih miz (majhna tehnična delitev dela), izjeme so večja naročila, kjer se delo običajno razdeli na več delovnih mest oziroma med več delavk v proizvodnji. Z nastopom kompleksnejših izdelkov se je poleg velikosti izdelkov povečalo tudi število operacij in količina različnega materiala, iz česar sledi, da so delovne mize postale tudi premajhne za izbran način montaže in smiselno razporeditev materiala. Zaradi omejitve prostora se kompleksnejše izdelke sestavlja postopno in sicer na način, da se za določen proizvodni delovni nalog najprej pripravi sklope posameznega izdelka, ki se jih na koncu sestavi v končni izdelek. Neracionalno prestavljanje sklopov izdelka in večkratna priprava materiala na delovnih mizah povzroča nepotrebne stroške, hkrati pa tak način proizvodnje povzroča veliko število nedokončanih izdelkov v proizvodnji (velike medprocesne zaloge). Zaradi takega načina montaže je tudi težje spremljati nivo dokončanosti določenega delovnega naloga. V

proizvodnji ima podjetje še nekaj pomožnih delovnih miz brez ali z nepopolno opremo za priložnostna dela in opravljanje nekaterih nezahtevnih operacij.

V oddelku **staranje** se po končani montaži testira delovanje modulov pri polni obremenitvi in v podobnih pogojih, v kakršnih bodo ti kasneje delovali (večja funkcionalna obremenitev, višja temperatura zaradi delovanja ipd.). Zaradi občutljivosti nekaterih specifičnih materialov se ta proces izvaja le na vseh računalniških modulih in ostalih modulih z zasloni. Večina testov na teh modulih v nadzorovanem zaporedju neprekinjeno poteka več kot 16 ur, po tem pa se na njih opravi še končna kontrola in test vseh pomembnih funkcij, ki jih moduli ponujajo.

**Končna kontrola in test** je segment v proizvodnji, v katerem se izvajata končna kontrola, ki zajema preverjanje skladnosti modulov z zahtevami splošnih standardov in specifičnimi zahtevami kupcev, in test modulov, kjer se preverja delovanje vseh funkcij modulov. Hkrati se pri tem procesu v module programira različne parametre glede na specifične želje kupcev ali glede na zahteve okolja, v katerem se module uporablja. Omenjeni operaciji se v tem segmentu opravljata po opravljenem procesu staranja v primeru proizvodnje računalniških modulov in modulov z zasloni, v primeru proizvodnje ostalih modulov pa takoj po zaključeni montaži. V tem segmentu se odpravlja tudi vse neskladnosti modulov.

**Embaliranje** je končni segment v proizvodnji izdelkov, ki se vrši po uspešno opravljeni končni kontroli in testu izdelkov. Pri tem procesu se izdelki embalirajo v ustrezne embalaže, v katerih se predajo skladišču. Tam jih opremijo z ustreznimi nalepkami, jih ustrezno grupirajo na transportne palete in kasneje odpremijo h kupcem. Gre za pomembno operacijo v celotni verigi proizvodnje, saj mora embalaža zagotoviti varen transport in skladiščenje izdelkov.

Vodstvo podjetja Tipro se zaveda, da svoboda vzpodbuja kreativnost zaposlenih, zato svojim zaposlenim nudijo visok nivo svobode pri delu, saj posamezni zaposleni pri opravljanju svojega dela niso nadzirani, hkrati pa jim sistem podjetja dovoljuje tudi sodelovanje pri kreiranju idej in izboljšav tako pri delovnih procesih kot tudi pri splošnem okolju v proizvodnji. Vsak posameznik si sam razporeja čas in delo za zagotovitev izvedbe določenih del v dogovorjenih rokih. Skladno s svobodo in ugodjem podjetje pri izbiri novih orodij in strojev v proizvodnji izbira predvsem take, ki so za zaposlene ugodni. Tako je med drugimi parametri izredno pomembna glasnost orodij in strojev, zato so na primer za vijahnike, ki so med glasnejšimi v proizvodnji, izbrali električne in ne pnevmatskih, ki so praviloma glasnejši in proizvajajo nadležen zvok. Najglasnejši oddelek v proizvodnji je delavnica s pnevmatskimi stiskalnicami in CNC stroji, kjer ni alternativne tihe izbire strojev ali pa so tišji stroji neprimerljivo dražji. Da ne bi s hrupom motili tudi ostalih segmentov proizvodnje so zato delavnico postavili v svoj prostor, ki je zvočno izoliran.



## 4.2 Obstoječ način priprave materiala

Priprava materiala za delovne naloge v proizvodnji je v podjetju Tipro zaradi načina delovanja izredno zamudna operacija. V nekaterih primerih je čas priprave materiala celo daljši od kasnejšega časa proizvodnje izdelkov iz pripravljenega materiala. Material, ki se v naprej pripravi za vsak delovni nalog posebej, se s pripadajočo dokumentacijo postavi temu namenjene na regale, od koder ga delavci v proizvodnji pred začetkom opravljanja del določenega delovnega naloga vzamejo in razporedijo po ali ob delovni mizi, kjer kasneje izvajajo montažo izdelkov. Zaradi obsega portfelja izdelkov ima podjetje posledično na zalogi tudi veliko število različnih materialov, s čimer zagotavlja hitro odzivnost v primeru naročil. Material, ki je zaradi načina delovanja ter obsega raznolikosti izdelkov, sortiran po blagovnih skupinah, tako skladiščijo v kletnem skladišču, v treh vertikalnih robotiziranih skladiščih Kardex in pomožnih manjših skladiščih na različnih lokacijah v proizvodnji. Pripravljalci materiala imajo pri pripravi materiala za delovne naloge veliko dela, saj morajo za določen delovni nalog material praviloma črpati iz več skladišč, dodatno zamudno operacijo pa predstavlja še ročno štetje materialov.

*Slika 20: Vertikalna robotizirana skladišča Kardex*



Vertikalna robotizirana skladišča Kardex (prikazana na Sliki 20) predstavljajo praktično racionalno rešitev za skladiščenje najrazličnejšega materiala, saj se ta v obliki štirikotnega stebra lahko uporabijo od nivoja kletnih prostorov do ravni najvišjega prostora v posloppju. Omenjena skladišča imajo v notranjosti razporejene skladiščne police, ki jih robotizirano skladišče s pomočjo pripadajoče elektronske opreme in povezanega računalniškega sistema razvršča po pozicijah. Sistem s pomočjo senzorjev določa minimalno višino vsake police, ki jo ta potrebuje za varno in racionalno skladiščenje materiala, zato je prostor takega skladišča optimalno izkoriščen. Police so sistemsko in fizično označene s številkami, ki jih v uporabljenem informacijskemu sistemu Largo podjetje uporablja kot skladiščne lokacije.

Uporabnik tako preko povezanega računalniškega sistema izbere zeleno polico oziroma lokacijo, robotizirano skladišče pa mu jo skozi namensko odprtino pripelje na doseg rok. Slabost takega skladišča je počasnost, saj je praviloma potrebno material za en delovni nalog pripravljati iz več polic ali skladiščnih lokacij, za menjavo police pa je potreben določen čas. Za minimalno število menjav polic bi bilo smiselno, da je material po policah sortirán tako, da je za določen izdelek potrebno čim manjše število menjav polic ali celo na način, da je za določen izdelek ali družino izdelkov material lociran na eni polici. Zaradi velikega portfelja izdelkov in možnih derivatov tak način v podjetju Tipro ni mogoč, saj je število polic omejeno. Material je po policah robotiziranih skladišč Kardex razporejen na isti način kot na ostalih skladiščih in sicer po blagovnih skupinah materiala.

### **4.3 Priprava materiala in izdelava serije izdelkov BeFREE na obstoječ način proizvodnje**

V tem poglavju bom ovrednotil stroške obstoječega načina priprave materiala in nadaljnje montaže izdelkov v proizvodnji. Stroške bom ovrednotil na podlagi izmerjenega časa priprave materiala in izmerjenega kumulativnega časa posameznih operacij, potrebnih za izvedbo montaže končnega izdelka, ki ga bom pomnožil s povprečno ceno dela v proizvodnji. Ceno dela v proizvodnji podjetja Tipro si bom zaradi zaupnosti podatkov izmislil, in sicer bom v tem in vseh nadaljnjih izračunih zaradi lažje primerjave uporabil vrednost 15 € za uro dela.

Pri ovrednotenju stroškov za način poslovanja proizvodnje, ki ga podjetje trenutno uporablja, je potrebno zajeti tudi strošek priprave materiala, ki v skupnih stroških izdelave izdelka predstavlja zajeten delež stroškov, ali kot omenjeno, v nekaterih primerih celo presega strošek nadaljnje proizvodnje izdelkov. Prav tako je zaradi omejitve prostora na obstoječih montažnih mestih potrebno večkratno prelaganje izdelkov v izdelavi in dodaten čas za razporeditev materiala po delovni površini in pomožnih odlagalnih mestih za izvedbo montaže posameznih delovnih operacij. Slednje bom upošteval pri merjenju časa obstoječega načina montaže.

#### **4.3.1 Priprava materiala in montaža SESTAVA TFT**

Izdelek sestav TFT je identičen pri vseh izvedbah izdelkov družine BeFREE oziroma kombinacijah sestavov PC, zato je montaža in planiranje za omenjeni sestav bistveno lažja kot pri slednje omenjenemu sestavu. Hkrati pa je sestav TFT sestavljen le iz 49-ih sestavnih delov (v nadaljevanju SD), kar še dodatno pripomore k lažji montaži. Manjše število različnih materialov in enotna različica sestava TFT je dobro izhodišče za nabavni oddelek, saj lahko na podlagi naročil večjega števila enakih materialov doseže nižje nabavne cene in ugodnejše druge nabavne pogoje.

$$SD_{SESTAV\ TFT} = 49$$

Priprava materialov (v nadaljevanju PM) za izdelavo sestavov TFT zahteva manj časa kot priprava materialov za izdelavo sestavov PC. Kljub temu ta čas ni zanemarljiv. Ker se v proizvodnji podjetja Tipro izdeluje po 20 sestavov TFT v posamezni seriji, bom za primerjavo poleg časa za pripravo materialov za izdelavo enega kosa uporabil tudi potreben čas za pripravo materialov za izdelavo 20-ih sestavov TFT. Čas priprave materialov je dejansko čas, izmerjen pri pripravi materialov za proizvodne delovne naloge. Izmerjene in izračunane čase bom v prihodnje navajal kot *hh:mm:ss*, kjer *hh* predstavlja ure, *mm* minute, *ss* pa sekunde.

$$PM_{SESTAV\ TFT}(1\ kos) = 00:17:00$$

$$PM_{SESTAV\ TFT}(20\ kos) = 00:20:00$$

V Tabeli 1 so prikazani rezultati časovnih meritev proizvodnje petih kosov sestavov TFT na obstoječ način proizvodnje, kjer je v stolpcu Priprava upoštevan tudi čas priprave materialov za izvršitev posameznih postopkov in prelaganje sestavljenih sklopov sestava na ali ob delovnem mestu.

*Tabela 1: Izmerjeni časi obstoječe montaže TFT sestava*

	Priprava	1. kos	2. kos	3. kos	4. kos	5. kos
Montaža stranskih nosilcev TFT	0:02:15	0:03:55	0:05:40	0:07:20	0:09:00	0:10:45
Montaža kablov v nosilec FRAME	0:11:00	0:18:50	0:26:35	0:34:15	0:42:00	0:49:50
Namestitev panela, lepljenje kabla	0:50:20	0:54:20	0:58:30	1:02:30	1:06:25	1:10:25
Namestitev nosilca s kabli	1:10:40	1:12:40	1:14:40	1:16:35	1:18:40	1:20:45
Namestitev elektronike TM-A1 TFT	1:20:55	1:21:45	1:22:30	1:23:20	1:24:15	1:25:00
Namestitev nosilca POKROV TFT	1:25:10	1:25:30	1:25:50	1:26:10	1:26:35	1:26:55
Namestitev nosilca TM-A1 OH. SP	1:27:05	1:27:35	1:28:00	1:28:30	1:28:55	1:29:25
Namestitev nosilca PODPORA	1:29:40	1:30:15	1:30:50	1:31:20	1:31:55	1:32:25
Namestitev inverterja	1:32:35	1:33:05	1:33:30	1:34:00	1:34:25	1:32:50
Namestitev nosilca TM-A1 INV.	1:33:00	1:33:15	1:33:35	1:33:55	1:34:10	1:34:30
Namestitev nosilca ZAPIRALO	1:34:40	1:35:20	1:36:00	1:36:35	1:37:15	1:37:55
Test, lepljenje nalepke	1:39:15	1:40:25	1:41:45	1:43:00	1:44:20	1:45:45

Iz kumulativnega izmerjenega časa lahko izračunamo povprečen čas izdelave enega sestava TFT na obstoječ način proizvodnje:

$$t_{AVG} = \frac{\text{kumulativni čas montaže}}{\text{število kosov}} = \frac{1:45:45}{5\ kosov} = 00:21:09$$

V nadaljnje lahko prikažem časovno potratnost priprave materialov v obliki deleža v celotnem času izdelave sestavov TFT (čas priprave materialov + čas izdelave sestavov TFT) oziroma delež časovne porabe (v nadaljevanju DČP). Izkaže se, da pri proizvodnih

serijah 20-ih sestavov TFT čas priprave predstavlja 5 odstotkov celotnega časa proizvodnje sestavov TFT.

$$D\check{C}P_{SESTAV\ TFT} = \frac{PM_{SESTAV\ TFT}}{PM_{SESTAV\ TFT} + \text{št. kosov} * t_{AVG}}$$

$$D\check{C}P_{SESTAV\ TFT}(1\ kos) = \frac{0:17:00}{0:17:00 + 1 * 0:21:09} = \frac{0:45:00}{7:23:00} \approx 45\ \%$$

$$D\check{C}P_{SESTAV\ TFT}(20\ kosov) = \frac{0:20:00}{0:20:00 + 20 * 0:21:09} = \frac{0:45:00}{7:23:00} \approx 5\ \%$$

Pri takem načinu montaže več izdelkov se čas priprave materialov in večkratno prelaganje izdelkov v montaži še povečuje, zato so za obstoječ način montaže smiselnejše manjše proizvodne serije sestava TFT.

#### 4.3.2 Priprava materiala in montaža SESTAVA PC

Kot je prikazano v enem izmed predhodnih poglavij, podjetje Tipro v svoji osnovni ponudbi na trgu ponuja izdelke s petimi različnimi osnovnimi računalniškimi vložki oziroma sestavi PC. Zaradi poenostavitve analize in istega vzorca bom v tem in vseh nadaljnjih poglavjih prikazal le meritve za sestav PC D2, ki je poleg sestava PC C1 največkrat izbran s strani kupcev in posledično tudi največkrat proizvajan v proizvodnji podjetja Tipro.

Kosovnica izdelka sestav PC D2 oziroma omenjen sestav PC vsebuje 134 sestavnih delov, kar je bistveno več, kot jih vsebuje kosovnica sestava TFT. Ročni način montaže tako velikega števila sestavnih delov v končni izdelek predstavlja težavno obvladovanje procesov in hkrati zahteva večjo zbranost in natančnost izvajalcev montaže.

$$SD_{SESTAV\ PC\ D2} = 134$$

Priprava materialov za sestav PC D2 je zaradi načina delovanja proizvodnje podjetja Tipro izredno zamudna operacija, saj je ta izdelek sestavljen iz velikega števila sestavnih delov. Nekateri sestavni deli zahtevajo tudi pazljivejše rokovanje, kar posledično zahteva še daljši čas priprave materialov za določen delovni nalog. Za nazoren prikaz časovne potratnosti priprave materialov izpostavljam izmerjena časa priprave materialov za izdelavo enega in za izdelavo treh sestavov PC D2:

$$PM_{SESTAV\ PC\ D2}(1\ kos) = 00:40:00$$

$$PM_{SESTAV\ PC\ D2}(3\ kosi) = 00:45:00$$

Iz izmerjenih časov lahko sklepamo, da glavnino časa priprave povzroča predvsem število različnih materialov v sestavu PC in ne količina sestavov za izdelavo. Problematika izhaja

iz dejstva, da material za sestav PC D2 ni skladiščen na bližnjih si skladiščnih lokacijah, temveč na različnih skladiščnih lokacijah v podjetju. Kot je bilo že omenjeno, je v podjetju zaradi velikega števila različnih izdelkov, ki jih podjetje izdeluje, najbolj smiselno skladiščenje materiala po blagovnih skupinah posameznih materialov. Tak način ureditve skladiščnih lokacij pa posledično zahteva več časa za pripravo materialov za montažo izbranih izdelkov.

V Tabeli 2 so navedeni izmerjeni kumulativni časi pri delovnem nalogu za izdelavo treh sestavov PC D2. Kot sem že omenil, je pri obstoječem načinu montaže v skupinsko razmeščeni proizvodnji v podjetju Tipro pred realizacijo posamezne operacije potreben čas za pripravo materialov in orodja za izvršitev operacije. Kumulativni čas priprave pred posameznimi operacijami je naveden v stolpcu Priprava, realni čas priprave za posamezno operacijo pa iz tabele dobimo tako, da od kumulativnega časa v stolpcu Priprava odštejemo kumulativni čas predhodnega procesa za zadnji izdelan kos (v tem primeru 3. kos). Primer izračuna časa priprave (v nadaljevanju ČP) za izdelavo procesa Montaža hladilnega rebra je prikazan s spodnjo enačbo:

$$\check{C}P_{\text{MONTAŽA HLADILNEGA REBRA}} = 0:05:25 - 0:04:10 = 0:01:15$$

Nadaljnji izračun celotnega časa priprave orodja in materialov za izvršitev vseh operacij za montažo sestava PC pokaže, da ta čas pri izdelavi treh sestavov znaša kar 8 minut in 40 sekund.

Tabela 2: Izmerjeni časi obstoječe montaže PC sestava

	Priprava	1. kos	2. kos	3. kos	AVG
Montaža ogrodja	0:02:00	0:03:10	0:03:40	0:04:10	<b>0:01:23</b>
Montaža hladilnega rebra	0:05:25	0:09:00	0:09:15	0:09:30	<b>0:01:47</b>
Montaža osnovne plošče	0:10:30	0:19:40	0:20:15	0:20:45	<b>0:03:45</b>
Montaža pomnilnika	0:21:20	0:23:40	0:25:30	0:27:25	<b>0:02:13</b>
Montaža trdega diska	0:29:15	0:31:30	0:32:30	0:33:50	<b>0:02:08</b>
Montaža termo odvodnega sistema	0:33:55	0:35:40	0:37:25	0:39:00	<b>0:01:43</b>
Montaža elektronike BASE	0:39:40	0:43:20	0:44:35	0:46:05	<b>0:02:22</b>
Montaža kablov	0:46:30	0:55:00	0:56:20	0:57:45	<b>0:03:53</b>
Montaža zapore in avdio elektronike	0:57:55	1:00:20	1:01:45	1:03:10	<b>0:01:48</b>
Nalaganje slike	1:03:40	1:07:50	1:08:25	1:08:50	<b>0:01:53</b>
Končni test	1:09:00	1:12:20	1:15:25	1:18:40	<b>0:03:17</b>

Iz podatkov v Tabeli 2 lahko izračunamo povprečen čas izdelave enega kosa sestava PC D2:

$$t_{\text{AVG}} = \frac{\text{kumulativni čas montaže}}{\text{število kosov}} = \frac{1:18:40}{3 \text{ kosi}} = 00:26:13$$

Kot je prikazano v zgornjem izračunu, povprečen čas izdelave enega kosa znaša 26 minut in 13 sekund. Na tej točki lahko prikažem tudi časovno potratnost priprave materiala za izdelavo sestavov PC D2. To prikazujem z izračunanim deležem časa priprave (DČP) v skupnem času, torej času priprave materiala in izdelave sestava PC D2:

$$D\check{C}P_{SESTAV\ PC\ D2} = \frac{PM_{SESTAV\ PC\ D2}}{PM_{SESTAV\ PC\ D2} + \text{št. kosov} * t_{AVG}}$$

$$D\check{C}P_{SESTAV\ PC\ D2} (1\ kos) = \frac{0:45:00}{0:45:00 + 1 * 0:26:13} = \frac{0:45:00}{1:11:13} \approx 63\ \%$$

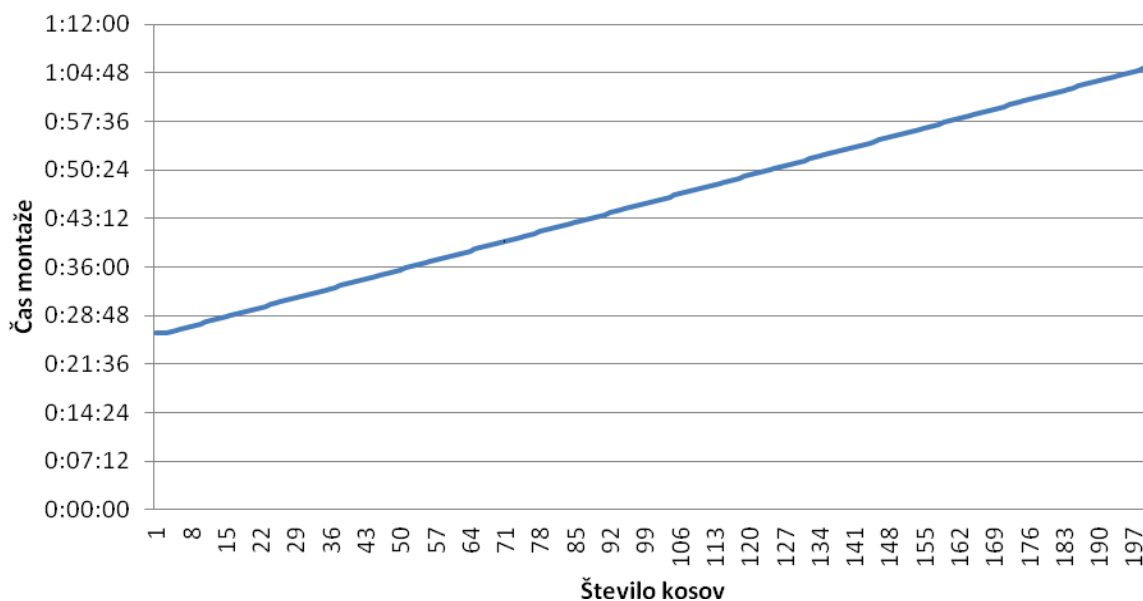
$$D\check{C}P_{SESTAV\ PC\ D2} (3\ kosi) = \frac{0:45:00}{0:45:00 + 3 * 0:26:13} = \frac{0:45:00}{2:03:39} \approx 36\ \%$$

Tako zgornji izračun kot realno stanje kaže na dejstvo, da v celotnem procesu priprava materiala za izdelavo enega kosa sestava PC D2 obsega kar 63 odstotkov, za izdelavo treh kosov pa 36 odstotkov časa celotnega procesa. Razlika je očitna in kaže na to, da so iz stališča najmanjšega deleža časa priprave materialov za obstoječo kombinacijo razmestitve proizvodnje in načina priprave materiala v podjetju Tipro najsmiselnejše večje serije, da se čas priprave materiala porazdeli na večje število izdelkov. Teoretično bi to lahko potrdili s tem, da bi čas za pripravo materiala v primeru izdelave neskončnega števila izdelkov znašal 0 odstotkov v času, potrebnem za izvedbo celotnega procesa.

Enako kot pri montaži sestava TFT tudi pri montaži sestavov PC čas priprave materiala in orodja pred izvedbo posamezne operacije narašča. Ker se zaradi optimalne razporeditve izdelkov v montaži naenkrat sestavlja le po tri izdelke oziroma sestavne dele izdelka, se pri montaži več izdelkov pojavlja dodaten čas za prelaganje izdelkov v montaži. Za lažje razumevanje bom navedeno prikazal na konkretnem primeru. Če za prikaz primera montaže 10-ih kosov sestavov PC vzamem kar prvo operacijo montaže, torej montažo ogrodja sestava PC, se pri tem na vsake tri kose pojavlja dodaten čas za umik teh treh kosov in pripravo novih treh kosov za montažo. Tako je za montažo 10-ih kosov potrebno pri vsaki izmed operacij, z izjemo zadnjih dveh (»Nalaganje slike« in »Končni test«), na vsake tri kose v montaži dodati tudi čas, potreben za prelaganje, ki v povprečju znaša 4 sekunde. To pri montaži sestava PC D2 na vsake 3 kose pomeni dodatnih 36 sekund montaže (9 operacij \* 4 sekunde) ali 12 dodatnih sekund.

V teoriji to pomeni linearno naraščanje časa montaža v odvisnosti od števila izdelkov v montaži (kot teoretično prikazuje Slika 21), v praksi pa večje število izdelkov montira več zaposlenih, tako da je časovni dodatek manjši, kot je prikazano na Sliki 21.

Slika 21: Prikaz časa montaže sestava PC D2 v primeru enega izvajalca



#### 4.3.3 Ovrednotenje stroškov izdelave sestavov na obstoječ način

Na podlagi prej izmerjenih ali izračunanih podatkov lahko ovrednotimo stroške priprave materialov za izdelavo in stroške nadaljnje izdelave tako za proizvodnjo sestavov TFT kot tudi sestavov PC.

Pri ovrednotenju stroškov za pripravo materialov bom izhajal iz realne časovne porabe glede na velikost standardnih serij sestavov v proizvodnji podjetja. Tako za pripravo materialov za izdelavo sestavo TFT ne bom uporabil izmerjenega časa za pripravo materialov za izdelavo enega sestava TFT (17 minut), ampak bom uporabil čas priprave za izdelavo standardne serije 20-ih sestavov TFT in tega delil z številom sestavov (v tem primeru 20). Torej, realni čas priprave materialov za izdelavo sestava TFT je 1 minuta (20 minut/20 sestavov TFT):

$$PM_{SESTAV\ TFT} = 00:01:00$$

Iz pridobljenega rezultata lahko v nadaljnje izračunamo strošek priprave materialov (SPM) za izdelavo enega sestava TFT. Izračun velja le za izdelavo enega sestava v standardni seriji 20-ih sestavov, v primeru proizvodnje serije z enim sestavom TFT pa bi bilo potrebno upoštevati čas priprave materialov za izdelavo posameznega sestava – 17 minut.

$$SPM_{SESTAV\ TFT} (serija\ 20\ sestavov) = 00:01:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 0,25 \text{ €}$$

$$SPM_{SESTAV\ TFT} (serija\ 1\ sestav) = 00:17:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 4,25 \text{ €}$$

Povprečni strošek nadaljnje izdelave (SI) sestava TFT pa izračunamo na podlagi izmerjenega povprečnega časa izdelave enega sestava TFT in enotno urno postavko:

$$SI_{SESTAV\ TFT} = 00:21:09 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 5,29 \text{ €}$$

Ovrednoteni stroški za proizvodnjo enega sestava PC v standardni seriji so povzeti v spodnji Tabeli 3.

*Tabela 3: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava TFT*

	Sestav TFT
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro
<b>Stroški priprave materialov</b>	0,25 €
<b>Stroški izdelave sestava</b>	5,29 €
<b>Skupni stroški</b>	<b>5,54 €</b>

Z enakim postopkom lahko ovrednotimo tudi stroške proizvodnje sestava PC. Standardna serija teh sestavov je 3, zato bom uporabil izmerjene podatke za serijo treh kosov. Torej je povprečni čas priprave materialov za en sestav 15 minut (45 minut/3 sestavi). Primerjalno navajam tudi strošek priprave materialov za izdelavo serije enega samega sestava (čas priprave materialov – 40 minut).

$$SPM_{SESTAV\ PC} (\text{serija 3 sestavi}) = 00:15:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 3,75 \text{ €}$$

$$SPM_{SESTAV\ PC} (\text{serija 1 sestav}) = 00:40:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 10 \text{ €}$$

Stroški nadaljnje izdelave sestava PC ovrednotimo na isti način, kot smo jih ovrednotili pri sestavu TFT.

$$SI_{SESTAV\ PC} = 00:26:13 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 6,55 \text{ €}$$

Vsi stroški za proizvodnjo enega sestava PC v proizvodni seriji s tremi sestavi so povzeti v Tabeli 4.

*Tabela 4: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava PC*

	Sestav TFT
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro
<b>Stroški priprave materialov</b>	3,75 €
<b>Stroški izdelave sestava</b>	6,55 €
<b>Skupni stroški</b>	<b>10,3 €</b>



Iz obeh rezultatov lahko izračunamo še skupen strošek proizvodnje obeh sestavov. Ta za standardne serije znaša 15,84 €, v primeru manjših nestandardnih serij pa se ta strošek bistveno poveča. V primeru izdelave samo enega sestava v proizvodni seriji strošek obeh sestavov znaša kar 26,09 €, kar dobimo s seštevkom zgornji rezultatov z zajemom podatka za pripravo materialov za izdelavo posameznih sestavov.

#### **4.4 Smiselnost vpeljave celične proizvodnje v podjetje Tipro**

Prednost vpeljave celične proizvodnje v podjetju Tipro je najbolj smiselna predvsem zaradi časa priprave materialov za posamezne proizvodne delovne naloge. Ta operacija je izredno zamudna, saj trenuten način dela v podjetju zahteva, da se material pripravlja za vsak delovni nalog posebej. Zaradi specifičnega naročanja kupcev in njihovih zahtev (kratki dobavni roki, prilagoditve izdelka kupcem ipd.) se večkrat naročenih izdelkov ne da grupirati v skupne naloge in doseči velikosti standardnih serij v predvidenem obdobju terminiranja, zato večkratna priprava materiala v takih primerih predstavlja stroške, ki bi se jim z uvedbo celične proizvodnje in priprave materiala po sistemu kanban lahko izognili ali pa jih vsaj minimizirali. K hitrejši pripravi bi pripomogla tudi prestavitev nekaterih skladiščnih lokacij v proizvodnjo in sicer v neposredno bližino celic (vmesna skladišča) in lokacije v celici, kjer so materiali, potrebni za montažo. Zaradi omejitve prostora v proizvodnji bi bil tak način skladiščenja primeren za dimenzijsko manjše materiale, kar posledično verjetno pomeni, da je uporaba celice v podjetju Tipro ustrežnejša za sestavo izdelkov, ki so sestavljeni iz manjših materialov.

Uvedba razmestitve poteka proizvodnih procesov v obliko celice je za obravnavano podjetje dobra izbira tudi iz stališča povečanja tehnične delitve dela in posledično specializacije delovnih mest za opravljanje vedno kompleksnejših operacij, ki so potrebne za montažo velikega števila predvsem novejših, zahtevnejših izdelkov. Za opravljanje določenih operacij je potrebno urejeno delovno mesto s fiksno nameščenimi pripravami in orodjem za lažjo in ponovljivo montažo. Skladno z novejšimi in kompleksnejšimi izdelki, ki jih podjetje ponuja na trgu, se je povečalo tudi število operacij za montažo posameznega izdelka, s čimer je preglednost montaže pri obstoječem načinu proizvodnje težje kontrolirana, včasih celo neobvladljiva. Za zagotovitev kvalitetne montaže v takih primerih je potrebno drobljenje izdelkov na posamezne sklope, ki se po delni montaži odlagajo na pomožne transportne vozičke. Ob zaključku izdelave vseh sklopov se te sestavi v končen izdelek. Iz omenjenega sledi, da je pretočni čas za izdelavo takih izdelkov izredno dolg, stroški nedokončane proizvodnje pa v takih primerih visoki. Manj pomembna pomanjkljivost s stališča omejitve prostora v proizvodnji pa je ta, da je za delovanje potrebno veliko število transportnih vozičkov, ki zavzemajo dragocen prostor v proizvodnji. Z uvedbo celične proizvodnje bi eliminirali prelaganje narejenih sklopov sestavov in s tem skrajšali čas montaže sestavov, hkrati pa bi v proizvodnji potrebovali manj prostora zaradi manjšega števila transportnih vozičkov v uporabi.

Z načeli celične proizvodnje bi dosegli tudi zmanjšanje medprocesnih zalog, saj bi se v primeru uvedbe vsak izdelek v celici izdelal neprekinjeno. Tudi drobljenje montaže izdelkov na posamezne sklope ne bi bilo več potrebno. Realizacija izdelave izdelka v celoti neprekinjeno bi vodila tudi k hitrejšemu odkrivanju sistemskih in serijskih napak. Ker bi se izdelek izdelal v celoti, bi bile take napake namreč bistveno hitreje opažene kot pri obstoječem načinu montaže, ko bi se te opazile šele na koncu montaže celotne proizvodne serije izdelkov.

V kolikor bi z uvedbo proizvodne celice uvedli tudi metodo 5S, bi s tem pripomogli tudi k večji urejenosti delovnih mest, saj je ta pri obstoječem načinu montaže zaradi prelaganja sklopov in vmesne priprave materialov in orodij za izvedbo operacij včasih sporna oziroma so delovna mesta večkrat neurejena in s tem nepregledna.

Uvedba celične proizvodnje v podjetju Tipro je dobra tudi s stališča krajših pretočnih časov, posledično nižjih proizvodnih stroškov in nižjih stroškov skladiščenja materialov. Hitrejši pretočni časi bi zagotovili večjo fleksibilnost in odzivnost pri naročilih kupcev, hkrati pa manjše potrebe po skladiščenju materialov, saj bi naročila teh lažje planirali po načinu »just in time«. Material bi bil v tem primeru na skladišču manj časa, kar bi posledično pomenilo nižji koeficient obračanja zalog. S pripravljenimi materiali na zato pripravljenih lokacijah na delovnih mestih v proizvodni celici in vmesnih skladiščih za hitrejšo in nemoteno polnjenje prej omenjenih lokacij bi bilo lažje tudi planiranje in grupiranje proizvodnje končnih izdelkov. Na predlagan način bi bil namreč material že pripravljen in razporejen po lokacijah ob delovnih procesih. Tako ne bi bilo potrebe po grupiranju enakih izdelkov iz več naročil, s tem povezani pretočni časi pa se ne bi daljšali. V primeru razpoložljivega materiala in prostih kapacitet bi se proizvodnja izdelka na tak način lahko začela takoj ob naročilu.

Napredek pa se pričakuje tudi na socialnem področju zaposlenih. Delo v celici je namreč bolj dinamično od obstoječega načina proizvodnje in s tem posledično zanimivejše za zaposlene. Motivacijo zaposlenih lahko še povečamo z vključevanjem zaposlenih v time, ki:

- na podlagi aktualne problematike v celici (neskladni izdelki, napake na materialih, ipd.) iščejo in implementirajo ustrezne ukrepe za eliminacijo ali vsaj zmanjšanje možnosti ponovitve podobnih napak v prihodnje in
- iščejo ustrezne tehnološke rešitve in izboljšave obstoječega procesa v celici za bolj tekoč in hitrejši proces izdelave izdelkov.

Stalno aktivni timi z zgoraj navedenimi aktivnostmi so namreč nujno potrebni za sistem stalnih izboljšav ter optimizacije procesa v celici oziroma se z aktivnim in uspešnim delovanjem v timih teži k temu, da se na daljši rok zagotovi proces s čim manj oziroma z nič napakami, ki bi povzročale dodatne stroške z zastoji in časom, potrebnim za odpravo napak. Večja odgovornost zaposlenih, ki delujejo v celici, in upoštevanje njihovih idej pri

optimizaciji procesa pa, kot omenjeno, te dodatno motivira pri delu. Večja motivacija zaposlenih vodi k boljši delovni klimi v proizvodnji in posledično k večji kakovosti izdelkov.

## **5 CELIČNA PROIZVODNJA NA KONKRETNEM PRIMERU**

V okviru magistrske naloge želim z alternativnimi razmestitvami proizvodnje in nekaterimi pomožnimi sistemi doseči optimizacijo že obstoječih procesov za izdelavo izdelkov iz družine BeFREE, ki se sedaj izdelujejo v skupinsko razmeščeni proizvodnji podjetja Tipro. Na podlagi preučene teorije ter poznavanja obstoječega delovanja proizvodnji bi podjetju kot najustreznejšo alternativno metodo predlagal uvedbo celične razmestitve proizvodnje. Zaradi omenjenega bom z uvedbo celične razmestitve poizkusil doseči ugodnejše proizvodne rezultate, predvsem pa večjo učinkovitost procesa izdelave izdelkov iz družine BeFREE.

Z uvedbo celične proizvodnje bom skušal pozitivno vplivati tudi na ostale povezane procese v podjetju in s tem povečati učinkovitost celotnega procesa znotraj podjetja. Tako bom skušal z uvedbo sistema kanban zagotoviti stalno oskrbo proizvodne celice s potrebnimi materiali za montažo in z omenjenim sistemom doseči predvsem zmanjšanje stroškov priprave materialov, ki pri obstoječem načinu delovanja predstavljajo razmeroma velik odstotek stroškov celotnega procesa proizvodnje izdelkov. Slednje se še posebej izraža pri manjših proizvodnih serijah izdelkov. Na podlagi spoznanj delovanja celice bom določil tudi število materialov v embalažnih enotah in način embaliranja posameznih materialov za še lažjo pripravo in lažjo manipulacijo materialov v proizvodni celici. Določeni loti posameznih materialov pa bodo olajšali tudi delo v nabavnem oddelku oziroma pri procesu naročanja in prevzemanja materialov od dobaviteljev.

Ovira pri uvedbi celične proizvodnje je prostorska omejitev na delovnih mestih in pripadajočih policah za skladičenje materialov. S tem bo namreč za izbrano družino izdelkov težje zagotoviti stalno preskrbo celice z materialom, saj ta vsebuje veliko število različnih materialov. Hkrati so določeni materiali občutljivejši za rokovanje ali pa morajo biti ti hranjeni v posebni embalaži, ki preprečuje poškodbe s statično napetostjo ali preprečuje dostop vlage do komponent. Temu primerno je potrebno opremiti tudi delovna mesta, razpoložljivo orodje in opremo delavcev, ki bodo delovali v postavljeni celici.

### **5.1 Postavitev celične proizvodnje v podjetju Tipro**

V dani situaciji in težkih gospodarskih pogojih, ki jim podjetje uspešno kljubuje, so investicijska sredstva omejena, zato sem skladno s tem tudi načrtoval postavitev celice. Poizkušal sem uporabiti že obstoječo opremo in to po potrebi z minimalnimi stroški modificirati v za načrtano celico uporabno opremo.

Za osnovo celice smo uporabili pet obstoječih delovnih miz, ki smo jih v predviden prostor v proizvodnji postavili v obliki črke U. Zaradi zasedenosti in potreb pri proizvodnji drugih

izdelkov delovnih miz z nadgradnjo in dodatnimi policami pri kreiranju proizvodne celice ni bilo mogoče uporabiti. Dodatna odlagalna mesta za predvideno orodje in potrebnih materialov za montažo izbranih izdelkov so nujno potrebna za zagotovitev ustrezne učinkovitosti in uporabo sistema oskrbe z materialom kanban, predvsem pa za doseganje boljših rezultatov procesa kot pri obstoječi proizvodnji. Zato smo v osnovnem načrtovanju oziroma pri prvi postavitvi proizvodne celice pri dveh delovnih mizah sami naredili kovinski nadgradnji za montažo drsnikov za električna vijačnika, ki predstavljata osnovno orodje montaže izbranih izdelkov BeFREE ter omogočata lažjo in hitrejšo montažo. Na obe nadgradnji mize smo pritrdili tudi po dve polici za postavitev potrebnih materialov za montažo. Zaradi predvidenega sistema kanban z dvema embalažnima enotama za vsak material za stalno preskrbljenost celice z njim smo obe polici konstruirali in postavili pod določenim naklonom in ustrezno globino za zagotovitev dvojnega skladiščnega prostora za vsak material. Delavci v proizvodni celici tako z odstranitvijo izpraznjene embalažne enote omogočijo drugi embalažni enoti, da zdrsne na mesto, od koder bodo delavci v nadaljnje jemali material. Prazno embalažno posodo postavijo obrnjeno za njo in s tem signalizirajo delavcem v skladišču, naj jo napolnijo z zelenim materialom in s tem zagotovijo nemoten potek montaže (Slika 22).

*Slika 22: Sistem kanban z dvema embalažnima enotama*



Rdeča puščica na Sliki 22 prikazuje način signaliziranja zaposlenim v skladišču, da je potrebno drugo embalažno enoto napolniti z materialom.

Zaradi omejitve prostora smo za zagotavljanje skladiščnega prostora v celici uporabili tudi premične vozičke s tremi policami, ki v obstoječi proizvodnji drugače služijo za transport izdelkov med skupinsko razporejenimi delovnimi mizami oziroma oddelki. Pri omenjenih vozičkih je zgornja polica v postavljeni proizvodni celici namenjena materialom, ki se pri montaži izdelka uporabljajo, obe spodnji polici pa sta uporabljene kot vmesni skladišči, s čimer s sistemom kanban v proizvodni celici prav tako zagotavljamo stalno preskrbo z določenimi materiali.

Prvotna postavitve celice je bila prilagojena montaži sestava TFT, ki smo ga za začetek izbrali zaradi manj operacij in manjše zahtevnosti le teh. Pridobljene izkušnje na tem preprostejšem izdelku za montažo smo želeli kasneje izkoristiti pri montaži zahtevnejšega sestava PC, ki sem ga izbral kot najprimernejši izdelek za montažo v postavljeni proizvodni celici. Ker večina delavcev v proizvodnji kot primarno roko pri montaži uporablja desno roko, bi bila s stališča manjše časovne porabe postavitve celice z zaporedjem operacij od leve proti desni ustrežnejša. Na tak način bi namreč za transport izdelka med mizami uporabljali levo roko, med samim transportom pa bi z desno roko že lahko segali po orodju ali materialu, potrebnem za izvedbo naslednje operacije. Kljub opisani prednosti tak način postavitve zaradi prostorsko omejenega področja proizvodnje ni bil mogoč, zato smo predvideli postavitev miz za izvajanje zaporedja operacij od desne proti levi. Pri postavitvi celice za montažo sestava TFT smo zaradi določenega zaporedja operacij in pri tem potrebnih materialih in orodjih mizi z nadgradnjama postavili kot je prikazano na Sliki 23. Osrednjo mizo brez nadgradnje smo uporabili za izvajanje najzahtevnejše operacije pri montaži sestava TFT in sicer namestitvi panela, občutljivega na dotik, na LCD zaslon. Pri tej operaciji izvajalec potrebuje le tesnilne trakove in omenjen panel, čigar lokacijo smo predvideli na enem od transportnih vozičkov, ki smo ju locirali v oba kota proizvodne celice. Drugi transportni voziček smo koristili za skladiščenje večjih materialov, ki so potrebni za montažo na naslednji delovni mizi. Kot zadnja v verigi delovnih miz v proizvodni celici pa je miza s testnim računalnikom in testno opremo za opravljanje končne kontrole izdelkov oziroma končnega funkcionalnega testa sestavljenega izdelka.

*Slika 23: Postavitve celice za montažo sestava TFT*



Prvotna postavitve proizvodne celice je bila prilagojena montaži v stoječem položaju, zaradi česar smo vse delovne mize v proizvodni celici zvišali s pomočjo kovinskih distančnikov, ki smo jih pritrdili na že obstoječe noge uporabljenih miz. S tem smo dvignili višino delovne površine oziroma jo prilagodili za delo v stoje, da se pri tem delavcem v

proizvodni celici ni bilo potrebno sklanjati. Montažo so namreč lahko izvajali v izravnani drži, da pri delu ne bi utrpeli neželenih trajnih poškodb hrbtenice. Delo v stoje predstavlja psihološki pristop k hitrejšemu delu, saj tak način delavca žene, da se ta hitreje premika med delovnimi mizami in da se pri tem ne ustavlja oziroma med operacijami počiva.

Ko smo v postavljeni proizvodni celici izvajali montažo sestava TFT, se je pri tem pokazala slabost pri pripravi večjih materialov, kot so LCD zaslon, panel, občutljiv na dotik, večji kovinski nosilci ipd. Pri teh materialih z razpoložljivo proizvodno opremo namreč ni bilo mogoče zagotoviti dolgotrajne preskrbe s tem istim materialom. Za zagotovitev stalne preskrbe z materiali večjih dimenzij je bilo potrebno zagotoviti večkratno polnjenje skladiščnih lokacij v proizvodni celici.

Opisan način postavitve celice, ki je bila sprva prilagojena montaži sestavov TFT, se je kasneje za montažo sestavov PC izkazala za neoptimalno ali celo nesprejemljivo. Operacij se namreč ni dalo korektno porazdeliti na v celici postavljena delovna mesta oziroma skladiščna odlagalna mesta. Pri montaži sestavov PC se namreč ravno na drugem in tretjem delovnem mestu vršijo najzahtevnejše operacije, kjer je potrebnih tudi največ materialov in orodij za montažo. Na podlagi navedenega smo za montažo sestavov PC kasneje spremenili vrstni red delovnih miz v celici. Tako smo na prvo mesto, kjer se izvaja manj zahtevna montaža kovinskega ogrodja sestavov PC, postavili mizo brez nadgradnje, na drugo in tretje mesto v razporeditvi proizvodne celice pa zaradi potreb po več materialih in orodjih mizi z nadgradnjami. Zadnja delovna miza v zaporedju delovnih operacij v celici je, enako kot v prvi, še vedno služila končnemu testu in predhodnemu nalaganju slike sistema na v sestav PC vgrajen trdi disk. Proizvodna celica po prilagoditvi delovnih miz je prikazana na Sliki 24.

*Slika 24: Prva prilagoditev celice za montažo sestava PC*



Delo v stoje se je izkazalo za težavno in pri celodnevem delu utrujajoče, zato smo v postavljeni proizvodni celici izvedli poizkus montaže sestavov PC v sedečem položaju. Ker so bile delovne površine vseh miz v proizvodni celici predhodno prilagojene montaži v stoje in posledično dvignjene z namenskimi distančniki, so bile te previsoke za uporabo klasičnega stola, ki jih uporabljajo na drugih delovnih mestih v proizvodnji. Za preizkus smo zato uporabili višji stol z dodatno oporo za noge v spodnjem delu, saj pri sedenju na takem stolu delavec z nogami ne doseže tal. Primerjava rezultatov pri prehodu iz stoječega načina montaže v sedeč način ni pokazala kakšnih bistvenih negativnih učinkov. Zaradi omenjenega in zaradi osnovne filozofije podjetja smo se odločili, da delavci v nadaljnje montažo v proizvodni celici izvajajo v sedečem položaju.

Tudi prilagojena postavitve delovnih miz v celici se je po nekaj proizvodnih serijah sestavov PC izkazala za ne dovolj dobro, saj je bilo v njej kljub prilagoditvi še vedno premalo razpoložljivega prostora za skladiščenje vseh potrebnih materialov in pripadajočih orodij za izvajanje montaže sestavov PC. Problematiko smo rešili še z dodatno nadgradnjo prve mize, dvema kotnima regaloma z nagnjenima policama in dvema kotnima policama, ki povezujeta vse tri nadgradnje miz. Na ta način smo pridobili dodaten skladiščni prostor v proizvodni celici, ki je bil nujno potreben za ustrezno razporeditev materiala in potrebnega orodja. Na dodatno narejeno nadgradnjo prve mize smo pritrdili tudi dodaten drsnik za električni vijačnik, ki je omogočil lažjo in hitrejšo montažo kovinskega ogrodja sestava PC v proizvodni celici.

Pri zgoraj navedenih prilagoditvah smo z delovnih miz odstranili tudi distančnike, ki smo jih prej namestili za lažje delo v stoječem položaju. S tem smo dosegli optimalno višino delovnih površin miz za delo v sedečem položaju in uporabo klasičnih proizvodnih stolov, kjer imajo delavci pri delu lahko noge na tleh. Optimizirana postavitve delovnih miz v obliki proizvodne celice za montažo sestava PC je prikazana na Sliki 25.

*Slika 25: Postavitve celice za montažo sestava PC*



## **5.2 Priprava materiala in izdelava serije izdelkov iz družine BeFREE na celični način**

Po izvedeni optimizaciji postavitve delovnih miz, skladiščnih lokacij in postavitvi pripravljenega materiala in potrebnih orodij za montažo v postavljeni proizvodni celici smo na nekaj proizvodnih serijah izbranih izdelkov iz družine BeFREE izvajali časovne meritve izdelave, da bi pridobljene rezultate lahko primerjali z rezultati meritev prej obstoječega načina montaže istih izdelkov ter ugotovili uspešnost uvedbe celičnega načina proizvodnje v podjetju Tipro.

Časovne meritve smo primerjalno izvajali pri istih izvajalcih oziroma delavcih v proizvodnji. Tako smo meritve izvedli pri istem delavcu za montažo sestava TFT tako pri prej obstoječem načinu montaže kot pri novem, celičnem načinu montaže. Enako smo pristopili k meritvam in primerjavi rezultatov montaže sestava PC. S tem smo izničili možnosti odstopanj zaradi drugih izvajalcev montaže in imeli pri meritvah obeh načinov izvajalca z istim znanjem in istimi vrlinami.

### **5.2.1 Priprava materiala in montaža SESTAVA TFT**

Z uvedbo celičnega načina proizvodnje v podjetju Tipro in z vzporedno implementacijo sistema kanban za oskrbo postavljene proizvodne celice z materialom smo bistveno zmanjšali čas oziroma posledično tudi strošek priprave materiala. Kot sem prikazal v enem izmed prehodnih poglavij, je ta pri prej obstoječem načinu proizvodnje predstavljal zajeten delež stroškov izdelave izdelkov. Čas priprave materiala se je z uporabo sistema kanban in definiranimi količinami materialov v embalažnih enotah občutno zmanjšal, v prihodnje pa ga želimo celo izničiti. Materiali se pripravljajo le po potrebi, hkrati pa se tega za pripravo na proizvodne delovne naloge ne šteje, temveč se iz rednega skladišča ta prenaša v prej omenjenih embalažnih enotah z definiranimi količinami materialov. Namera je tudi, da se z uvedenim sistemom JIT zagotovi, da se materiali takoj ob dobavi postavijo direktno v proizvodno celico. Na tak način se v celoti izniči vmesni postopek prestavljanja materialov iz rednega skladišča na skladiščne lokacije v proizvodni celici.

Kot že omenjeno, so pri montaži sestavov TFT v proizvodni celici materiali večjih dimenzij zaradi omejitve prostora in razpoložljive opreme predstavljali problem za predvideno stalno materialno oskrbo proizvodne celice po sistemu kanban z dvema embalažnima enotama. Stanje zaloge takih materialov v proizvodni celici je bilo s strani delavcev v skladišču zato potrebno večkrat spremljati, posledično pa je bilo potrebo tudi večkratno polnjenje zaloge proizvodne celice s takim materialom.

Zaradi pripravljenih materialov in potrebnih orodij na potrebnih lokacijah v optimizirani proizvodni celici za izvedbo posameznih operacij se je povsem eliminiral tudi čas priprave materiala in delovnih orodij med posameznimi operacijami. Ker se pri uvedenem načinu proizvodnje vsak izdelek izdeluje neprekinjeno od začetka do konca, je bilo z novo uvedenim načinom odpravljen tudi prelaganje sklopov izdelkov med operacijami.



Izboljšavi glede priprave materialov ter orodij med operacijami in glede prelaganja sklopov med posameznimi operacijami sta razvidni tudi v stolpcu z oznako Priprava v Tabeli 5, kjer čas, ki zajema vse opisane opravljene operacije, znaša 0 časovnih enot.

Tabela 5: Časi montaže TFT sestava na celični način (serije 5-ih kosov)

	Priprava	1. kos	2. kos	3. kos	4. kos	5. kos
Montaža stranskih nosilcev TFT	/	0:01:15	0:17:40	0:33:25	0:48:45	1:03:55
Montaža kablov v nosilec FRAME	/	0:02:55	0:19:25	0:35:15	0:50:40	1:05:45
Namestitev panela, lepljenje kabla	/	0:08:50	0:25:05	0:40:00	0:56:15	1:10:45
Namestitev nosilca s kablji	/	0:11:00	0:27:20	0:42:10	0:58:30	1:12:50
Namestitev elektronike TM-A1 TFT	/	0:11:20	0:27:45	0:42:30	0:58:55	1:13:15
Namestitev nosilca POKROV TFT	/	0:11:45	0:28:10	0:43:00	0:59:15	1:13:35
Namestitev nosilca TM-A1 OH. SP	/	0:12:40	0:29:05	0:43:45	0:59:55	1:14:30
Namestitev nosilca PODPORA	/	0:13:10	0:29:30	0:44:15	1:00:20	1:15:00
Namestitev inverterja	/	0:14:05	0:30:10	0:45:00	1:01:00	1:15:45
Namestitev nosilca TM-A1 INV.	/	0:14:20	0:30:25	0:45:15	1:01:15	1:16:00
Namestitev nosilca ZAPIRALO	/	0:15:15	0:31:00	0:46:05	1:01:55	1:16:35
Test, lepljenje nalepke	/	0:16:25	0:32:20	0:47:40	1:03:00	1:18:10

V isti tabeli so prikazane tudi časovne meritve izdelave proizvodne serije s petimi kosi sestavov TFT. Iz rezultatov kumulativnih časovnih meritev, razčlenjenih po posameznih operacijah, je razvidno, da je bila montaža sestavov TFT v celoti izvedena neprekinjeno. Na montažo naslednjega sestava TFT smo torej prešli šele, ko smo v celoti zaključili z montažo sestava TFT in ga takoj za tem tudi testirali.

$$t_{AVG} = \frac{\text{kumulativni čas montaže}}{\text{število kosov}} = \frac{1:18:10}{5 \text{ kosov}} = 00:15:38$$

Na podlagi podatkov meritev izdelave proizvodne serije sestavov TFT lahko izračunamo tudi povprečen čas izdelave enega sestava ( $t_{AVG}$ ) na novo uvedeni celični način proizvodnje. Izračun pokaže, da sestav PC izdelamo v 15-ih minutah in 38-ih sekundah.

## 5.2.2 Priprava materiala in montaža SESTAVA PC

Priprava materialov za montažo sestava PC na celični način poteka na isti način kot priprava materialov za montažo sestava TFT na ta isti način proizvodnje. Pri tem sestav PC vsebuje le dva dimenzijsko večja materiala, ki pa sta v primerjavi z večjimi materiali v sestavu TFT še vedno relativno manjša. Problematiko smo tako lahko rešili na isti način kot pri sestavu TFT, torej z večkratnim polnjenjem zaloge v proizvodni celici.

Dodatne skladiščne lokacije v proizvodni celici, ki smo jih pridobili s tretjo nadgradnjo delovne mize in dvema policama med omenjenimi nadgradnjami, so se izkazale za nujno potrebne. Končno celico smo namreč optimizirali za proizvodnjo sestavov PC, ki vsebuje bistveno več sestavnih materialov, kar pa zahteva tudi več prostora na skladiščnih

lokacijah v proizvodni celici. Kot je bilo že omenjeno, podjetje proizvaja več različic sestavov PC, kar posledično pomeni še več različnih materialov, ki morajo biti stalno razpoložljivi za montažo v proizvodni celici. Zaposleni v razvojnem oddelku podjetja so skupaj z oddelkom tehnologije pri načrtovanju konstrukcij vseh razpoložljivih sestavov PC poskušali zagotoviti večino skupnih materialov, vendar to zaradi različne funkcionalnosti sestavov ni bilo mogoče v celoti.

Prve primerjalne meritve izdelave sestavov PC na celični način proizvodnje smo izvedli na proizvodni seriji s tremi kosi. V stolpcu Priprava v Tabeli 6 je prav tako kot pri tabeli z meritvami izdelave sestava TFT razvidno, da smo z uvedbo celičnega načina proizvodnje eliminirali tako čas priprave materialov in orodij med operacijami kot tudi čas prelaganja sklopov sestavov med operacijami.

Tabela 6: Izmerjeni časi montaže PC sestava na celični način (serija 3-eh kosov)

	Priprava	1. kos	2. kos	3. kos
Montaža ogrodja	/	0:00:50	0:20:40	0:45:25
Montaža hladilnega rebra	/	0:02:15	0:22:15	0:46:25
Montaža osnovne plošče	/	0:05:50	0:25:40	0:49:30
Montaža pomnilnika	/	0:07:35	0:27:50	0:51:10
Montaža trdega diska	/	0:09:30	0:29:55	0:53:10
Montaža termo odvodnega sistema	/	0:11:30	0:31:45	0:54:40
Montaža elektronike BASE	/	0:13:30	0:33:30	0:56:20
Montaža kablov	/	0:17:05	0:37:45	1:00:05
Montaža zapore in avdio elektronike	/	0:18:50	0:39:35	1:01:45
Nalaganje slike	/	0:40:00	1:02:10	1:06:00
Končni test	/	0:44:15	1:05:50	1:09:15

Iz pridobljenih rezultatov lahko s spodnjim izračunom dobimo povprečni čas izdelave enega kosa sestava PC. Ta pri celičnem načinu izdelave znaša 23 minut in 5 sekund.

$$t_{AVG} = \frac{\text{kumulativni čas montaže}}{\text{število kosov}} = \frac{1:09:15}{3 \text{ kosi}} = 00:23:05$$

Izvedli smo tudi meritve izdelave proizvodne serije istih sestavov s petimi kosi. Rezultati meritev so prikazani v Tabeli 7.

Povprečni čas izdelave enega sestava PC v proizvodni seriji s petimi kosi znaša 23 minut in 22 sekund.

$$t_{AVG} = \frac{\text{kumulativni čas montaže}}{\text{število kosov}} = \frac{1:56:50}{5 \text{ kosov}} = 00:23:22$$

Tabela 7: Izmerjeni časi montaže PC sestava na celični način (serija 5-ih kosov)

	Priprava	1. kos	2. kos	3. kos	4. kos	5. kos
Montaža ogrodja	/	0:00:50	0:20:30	0:44:35	1:07:40	1:30:55
Montaža hladilnega rebra	/	0:02:15	0:21:40	0:45:35	1:09:10	1:32:20
Montaža osnovne plošče	/	0:05:40	0:25:20	0:48:45	1:12:40	1:35:30
Montaža pomnilnika	/	0:07:35	0:27:30	0:50:40	1:14:20	1:37:30
Montaža trdega diska	/	0:09:30	0:29:35	0:52:50	1:16:40	1:39:10
Montaža termo odvodnega sistema	/	0:11:20	0:31:20	0:54:20	1:18:30	1:40:50
Montaža elektronike BASE	/	0:13:20	0:33:00	0:56:20	1:20:30	1:43:10
Montaža kablov	/	0:16:50	0:37:10	1:00:10	1:24:10	1:47:10
Montaža zapore in avdio elektronike	/	0:18:30	0:38:00	1:02:05	1:25:55	1:48:53
Nalaganje slike	/	0:38:45	1:02:25	1:26:10	1:49:00	1:52:55
Končni test	/	0:43:40	1:06:40	1:30:00	1:52:40	1:56:50

Rezultata izdelave treh in petih kosov se med seboj malenkost razlikujeta. Slednji rezultat nakazuje na to, da se povprečni čas izdelave povečuje s številom kosov v proizvodni seriji. Omenjeno ne drži, kar smo tudi dokazali z nadaljnjimi meritvami proizvodnih serij s še več kosi sestavov PC. Povprečni čas izdelave se v vseh primerih giblje okoli 23 minut, manjša časovna odstopanja pa so pri tako velikem številu izvedenih operacij zaradi različnih dejavnikov povsem neizogibna dejstva.

Kljub obema prej izračunanima rezultatoma smo v večini drugih primerov izmerili povprečne čase montaže okoli 23 minut. Za nadaljnje izračune in primerjavo bom zato uporabil rezultat s tremi kosi, torej 23 minut in 5 sekund.

### 5.3 Ovrednotenje stroškov izdelave sestavov na celični način

Na isti način kot pri poglavju z ovrednotenjem stroškov pri obstoječem načinu proizvodnje, bom v tem poglavju ovrednotil stroške še za celični način proizvodnje, in sicer za izdelavo sestavov TFT in sestavov PC. Zaradi primerjalne analize bom uporabil isto urno postavko za delo v proizvodnji kot pri prej omenjenem ovrednotenju.

Kot sem že omenil, je v namenu v celoti izničiti čas priprave vseh materialov in sicer z uvedbo sistema JIT. To za enkrat še ni v celoti izvedeno, zato je še vedno potrebno nekaj časa za pripravo materialov. Ker pa se ta ukrep s postopnim uvajanjem omenjenega sistema in optimizacijo procesa približuje nič, tega časa pri izračunu ne bom upošteval. Torej je čas priprave materialov pri celičnem načinu proizvodnje enak nič. Prav tako bom zanemaril stroške opreme, saj smo večino le-te uporabili le s prilagoditvami že obstoječe opreme.

$$PM_{SESTAV\ TFT} = 00:00:00$$

Posledično je tudi strošek priprave materialov enak nič.

$$SPM_{SESTAV\ TFT} = 00:00:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 0 \text{ €}$$

Izračunamo še povprečni strošek nadaljnje izdelave (SI) sestava TFT na celični način proizvodnje.

$$SI_{SESTAV\ TFT} = 00:15:38 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 3,91 \text{ €}$$

Ovrednoteni stroški za proizvodnjo enega sestava PC v standardni seriji so povzeti v Tabeli 8.

*Tabela 8: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava TFT*

	<b>Sestav TFT</b>
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro
<b>Stroški priprave materialov</b>	0,00 €
<b>Stroški izdelave sestava</b>	3,91 €
<b>Skupni stroški</b>	<b>3,91 €</b>

Na enak način ovrednotimo še stroške izdelave sestavov PC za isti način proizvodnje. Podobno kot pri sestavu TFT lahko rečemo, da so stroški priprave materialov blizu ali enaki nič.

$$SPM_{SESTAV\ PC} = 00:00:00 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 0 \text{ €}$$

V drugem koraku izračunamo še stroške nadaljnje izdelave sestava PC

$$SI_{SESTAV\ PC} = 00:23:22 * 15 \frac{\text{€}}{\text{uro}} = 5,84 \text{ €}$$

V Tabeli 9 so povzeti še vsi izračunani stroške za izdelavo sestava PC.

*Tabela 9: Ovrednotenje stroškov proizvodnje sestava PC*

	<b>Sestav PC</b>
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro
<b>Stroški priprave materialov</b>	0,00 €
<b>Stroški izdelave sestava</b>	5,84 €
<b>Skupni stroški</b>	<b>5,84 €</b>

## 5.4 Smiselnost uporabe celične proizvodnje za izdelavo drugih izdelkov

Povzamem lahko rezultate dveh predhodnih poglavij z ovrednotenjem stroškov za izbrano družino izdelkov tako za obstoječ način montaže kot tudi za novo uvedeni celični način montaže. Na podlagi primerjave rezultatov priprave materialov in nadaljnje montaže za proizvodnjo sestava TFT ter proizvodnjo sestava PC bom ugotovil smiselnost uvedbe celične proizvodnje v podjetju Tipro. Vsi pridobljeni rezultati so izmerjeni pri izdelavi standardno velikih serijah izbranih izdelkov. Vse omenjene primerjave rezultatov so povzete v Tabeli 10 in v Tabeli 11.

*Tabela 10: Primerjava rezultatov za proizvodnjo sestava TFT*

	Obstoječ način	Celična proizvodnja	Sprememba	Sprememba v skupnih stroških
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro	15 €/uro	0 %	0 %
<b>Stroški priprave materialov</b>	0,25 €	0,00 €	- 100 %	- 4,51 %
<b>Stroški izdelave sestava</b>	5,29 €	3,91 €	- 26,09 %	- 24,91 %
<b>Skupni stroški</b>	<b>5,54 €</b>	<b>3,91 €</b>	<b>- 29,42 %</b>	<b>- 29,42 %</b>

Na podlagi povzetih rezultatov za proizvodnjo sestava TFT lahko ugotovimo, da je razlika med stroški prej obstoječega načina proizvodnje in novo uvedene celične proizvodnje očitna. Znižali so se tako stroški izdelave kot tudi stroški priprave materialov. Za slednje sem že omenil, da so v okviru magistrskega dela skoraj v celoti izničeni, vendar moramo za popolno eliminacijo v celoti v podjetju razviti sistem, ki zajema procese od naročanja materialov pa do dobave in prevzema le-teh na skladiščnih lokacijah v uvedeni proizvodni celici.

Torej iz Tabele 10 lahko razberemo, da ob uvedbi celične proizvodnje za proizvodnjo sestavov TFT največjo spremembo v skupnih stroških predstavlja ravno zmanjšanje stroškov izdelave sestavov. Napačno je bilo predvidevanje, da bo podjetje z uvedbo celične proizvodnje za izdelavo sestavov TFT največ prihranilo pri pripravi materialov za proizvodne delovne naloge, saj so se skupni stroški (v Tabeli 10 označeni z rdečo) zaradi priprave materialov po prehodu zmanjšali le za 4,51 odstotka. Večji del, ki predstavlja znižanje stroškov izdelave sestavov TFT na celični način, pa predstavlja znižanje celotnih skupnih za 24,91 odstotka. S seštevkom obeh znižanj dobimo skupno znižanje stroškov proizvodnje sestavov TFT zaradi uvedbe celične proizvodnje.

*Tabela 11: Primerjava rezultatov za proizvodnjo sestava PC*

	Obstoječ način	Celična proizvodnja	Sprememba	Sprememba v skupnih stroških
<b>Stroški dela (urna postavka)</b>	15 €/uro	15 €/uro	0 %	0 %
<b>Stroški priprave materialov</b>	3,75 €	0,00 €	- 100 %	- 36,41 %
<b>Stroški izdelave sestava</b>	6,55 €	5,84 €	- 10,84 %	- 6,89 %
<b>Skupni stroški</b>	<b>10,3 €</b>	<b>5,84 €</b>	<b>- 43,30 %</b>	<b>- 43,30 %</b>

Sklepanje, da bomo z uvedbo celične proizvodnje največ pridobili ravno zaradi zmanjšanja stroškov priprave materialov, pa se potrdi pri primerjavi izmerjenih rezultatov za proizvodnjo sestavov PC. Pri tej se zaradi velikega števila sestavnih delov skupni stroški zaradi priprave materialov zmanjšajo kar za 36,41 odstotka. Skupni stroški pa se zaradi izdelave istih sestavov po uvedeni celični proizvodnji zmanjšajo za 6,89 odstotka. Skupno zmanjšanje stroškov proizvodnje sestavov PC po uvedbi celične proizvodnje pa znaša 43,30 odstotka.

Vsi rezultati nakazujejo na to, da je bila uvedba celične proizvodnje smiselna predvsem zaradi povečanja učinkovitosti celotnega procesa pri proizvodnji izbrane družine izdelkov BeFREE. Pri proizvodnji sestava TFT se je uvedba celične proizvodnje izkazala za izredno učinkovito pri zmanjšanju stroškov, nastalih pri procesu montaže sestavov, pri sestavih PC pa za izredno učinkovito pri zmanjšanju stroškov, nastalih pri pripravi materialov.

Z uvedbo celične proizvodnje se je pri proizvodnji izbranih izdelkov zmanjšal tudi pretočni čas izdelave, predvsem pa odzivnost v primerih naročil kupcev. Z eliminiranjem priprave materialov ob posredovanih naročilih in na podlagi dejstva, da so v proizvodni celici materiali in orodja stalno pripravljene za izvajanje montaže, namreč zagotovimo, da se z montažo izdelkov lahko začne nemudoma in kadarkoli.

Izdelava izdelkov v neprekinjenem procesu omogoča, da se morebitne serijske napake na materialih odkrije takoj po izdelavi prvega kosa in ne šele po izdelani celotni seriji izdelkov pri določenem proizvodnem delovnem nalogu. Natančno pripravljen material, prav na mestih, kjer se le-ta potrebuje, zagotavlja hitrejšo in bolj natančno montažo izdelkov. Uvedba sistema 5S na delovnih mestih v delovni celici še povečuje preglednost nad izvajanjem posameznih procesov. Vse omenjeno povečuje nivo kakovosti izdelkov, ki se izdelujejo v urejeni proizvodni celici.

Povišal se je tudi socialni nivo vseh delavcev, ki sodelujejo pri montaži v uvedeni proizvodni celici, saj sodelujejo pri definiciji procesov in reševanju nastajajočih problemov. Stalno udeleževanje pri iskanju rešitev za izboljšanje procesa v proizvodni celici ali povečanje nivoja kakovosti vse omenjene delavce dodatno motivira pri delu v proizvodni celici, kar pripomore k obojestranskemu zadovoljstvu, tako podjetja kot tudi delavcev.

Ker material ni pripravljen za izdelavo točno določenega delovnega naloga (številčno in vrstno), obstaja večja možnost, da se določen material pozabi vgraditi v končni izdelek ali pa se zaradi pripravljenih materialov za več različnih izdelkov v izdelek vgradi napačen material. S pravilno postavljeno kontrolo med procesom in hkrati korektno izvedeno končno kontrolo se možnost take napake lahko občutno zmanjša.

V proizvodni celici so materiali pripravljene i točno za v naprej določene izdelke, na delovnih mestih v proizvodni celici je orodje razmeščeno optimalno glede na prej omenjeno montažo točno določenih izdelkov. Fleksibilnost je zaradi tega v primeru novih

izdelkov ali zaradi sprememb v konstrukciji že obstoječih izdelkov bistveno manjša kot pri prej obstoječem skupinskem načinu proizvodnje. To pomanjkljivost je mogoče zmanjšati le s pravilnim načrtovanjem izdelkov in stalnim sodelovanjem ter usklajevanjem prodajne, razvojne in tehnološke ekipe podjetja.

## **SKLEP**

Podjetja so v današnjem času vedno bolj izpostavljena vplivom globalizacije. Zaradi slednjih je nivo konkurenčnosti med podjetji vse večji, kar le-te sili k nižanju stroškov oziroma k optimizaciji procesov znotraj njih. Izvedbe omenjene aktivnosti se med seboj razlikujejo, za doseganje večje učinkovitosti namreč obstaja mnogo orodij. Sam kot orodje za povečanje učinkovitosti v proizvodnem procesu podjetja Tipro obravnavam predvsem celično proizvodnjo. Temeljna hipoteza mojega magistrskega dela je namreč predvidevanje, da se z uvedbo celične proizvodnje za izbrano družino izdelkov poveča učinkovitost procesa proizvodnje v podjetju Tipro.

Podjetje Tipro je s povečanjem nivojev standardizacije svojih izdelkov, optimizacije proizvodnih serij izdelkov in drugimi aktivnostmi že izvedlo nekaj korakov za večjo učinkovitost proizvodnje. Z optimiziranimi parametri izdelkov in proizvodnih serij skupinsko razmeščena proizvodnja ni več optimalna. Na podlagi preučene teorije sem za povečanje učinkovitosti procesa izbral celično razmestitev proizvodnje, ki je na podlagi dejstev o velikosti proizvodnih serij in obsega podobnih si izdelkov najbolj smiselna. Pri tem je potrebno vedeti, da se s spremembo razmestitve bistveno zmanjša fleksibilnost procesa.

Na podlagi pregleda portfelja izdelkov podjetja Tipro in njihovih značilnosti sem za preizkus montaže na celični način izbral izdelke iz družine BeFREE. Ti so sestavljeni iz sestava TFT in sestava PC. Glede na to, da so slednji razpoložljivi v več izvedbah, sestav TFT pa le v dveh, je smiselneje uvesti proizvodno celico za sestave PC. Ker pa je bila celična proizvodnja povsem nov način proizvodnje za podjetje Tipro, smo se za prvi preizkus odločili uvesti proizvodno celico za sestav TFT. Kompleksnost tega je bistveno manjša kot pri drugem sestavu, hkrati pa je sestavnih delov sestava veliko manj kot pri sestavu PC. Tako pot smo ubrali z namenom, da bi pri proizvodnji manj kompleksnih sestavov pridobili osnovne izkušnje z delovanjem proizvodne celice, te pa bi kasneje uporabili in nadgradili pri proizvodnji kompleksnejših sestavov PC.

Trenutne gospodarske razmere nam pri uvedbi celične proizvodnje niso omogočale velikih investicij. Za uvedbo smo uporabili že obstoječe delovne mize, ki smo jih z minimalnimi stroški prilagodili uporabi v uvedeni proizvodni celici. Najprej smo uvedli proizvodno celico za proizvodnjo sestavov TFT, ki zaradi manjšega števila sestavnih delov zahteva manj skladiščnega prostora v proizvodni celici. Delovne mize smo razporedili v obliki črke U, kjer smo dve mizi opremili z nadgradnjami s policami za skladiščenje potrebnega materiala za montažo. Obe nadgradnji sta bili opremljeni tudi z drsnikoma za lažjo in

hitrejšo uporabo električnih vijačnikov. Zaradi omejitve prostora, smo v uvedeni proizvodni celici proces prilagodili montaži od desne proti levi oziroma v nasprotni smeri urinega kazalca.

Na podlagi pridobljenih izkušenj smo kasneje proizvodno celico prilagodili montaži sestava PC, kjer smo prvo mizo in drugo mizo v proizvodni celici med seboj zamenjali. Tako smo pridobili skladiščni prostor na mestih, kjer je to za montažo sestava PC potrebno. Kljub prilagoditvi se je po nekaj proizvodnih serijah izkazalo, da je v uvedeni proizvodni celici premalo prostora za vse materiale za montažo vseh izvedb sestavov PC. Problematiko smo rešili z nadgradnjo še tretje mize, dvema kotnima policama in dvema kotnima regaloma. Urejenost proizvodne celice smo povečali z uvedbo metode 5S.

Za materiale, ki so bili razpoložljivi na lokacijah v proizvodni celici, smo v informacijskem sistemu kreirali nove skladiščne lokacije, preko katerih smo dinamično spremljali zalogo teh materialov. To je bilo nujno potrebno, saj sistem kanban z dvema embalažnima enotama, ki je bil predviden za oskrbo proizvodne celice z materiali, ni deloval, kot je bilo to želeno. Prav tako smo s spremljanjem delovanja proizvodne celice ugotovili, da uvedba koncepta JIT le ni tako enostavna, kot je bilo sprva videti. Za nemoteno delovanje tega koncepta bo potrebno uskladiti zahteve z dobavitelji materialov. Uspešnejši smo bili pri uvajanju načel vitke proizvodnje, saj smo s spremljanjem procesa v uvedeni proizvodni celici zaznali več stvari, ki so povzročale stroške, ne da bi končnemu izdelku dodajale vrednost. Kljub izločitvi vseh zaznanih nepotrebnih stvari iz procesa, je le-tega potrebno spremljati tudi v naprej. Na tak način lahko zaznamo še veliko stvari, ki jih lahko iz njega izločimo. Vitka proizvodnja je namreč dolgotrajen proces, ki zahteva doslednost in vztrajnost.

Meritve in nadaljnja analiza porabljenega časa prej obstoječega načina proizvodnje in novo uvedenega celičnega načina proizvodnje so pokazale, da je proizvodni čas po uvedeni celični proizvodnji bistveno krajši. Slednje se odraža tako pri pripravi materialov kot tudi pri nadaljnji montaži izdelkov. Na podlagi navedenega lahko potrdimo predvideno hipotezo, da se je z uvedeno celično proizvodnjo učinkovitost procesa proizvodnje izbranih izdelkov povečala. Pri standardni velikosti serij smo z uvedbo celične proizvodnje skupne stroške proizvodnje sestava TFT zmanjšali za dobrih 29 odstotkov, stroške proizvodnje sestava PC pa kar za dobrih 43 odstotkov. Pri izračunu sem zanemaril nekatere stroške, ki so še vedno prisotni zaradi nepopolnega delovanja konceptov JIT in kanban. Z delnim delovanjem obeh konceptov smo te namreč skoraj v celoti odpravili.

Vsekakor je v prihodnje potrebno odpraviti vse ovire za uspešno delovanje predvidenih sistemov ali konceptov. Potrebno je optimizirati količine posameznih materialov v embalirnih enotah, te standardizirati in zagotoviti dobavo ravno ob pravem času. Na tak način lahko zagotovimo, da ob prispetju materialov od dobaviteljev te takoj postavimo v skladiščne lokacije v proizvodni celici, kjer so ti potrebni.



## LITERATURA IN VIRI

1. Alvarez, L. L. (1997). *Design and implementation of cellular manufacturing in a job shop environment* (thesis). Massachusetts: Massachusetts institute of technology.
2. Al-Mubarak, F., & Khumawala, B. M. (2003). International journal of operations & production management. V *Focused cellular manufacturing: an alternative to cellular manufacturing* (str. 277–299). Bradford: MCB UP Limited.
3. Armstrong, M. (2006). *A handbook of management techniques* (revised 3<sup>rd</sup> ed.). London: Kogan Page Limited.
4. Barnes, D. (2008). *Operations management – An international perspective*. London: Thomson Learning.
5. Bhat, S. (2008). Cellular manufacturing – The heart of lean manufacturing. V *Advances in production engineering & management 3* (str. 171–181). Bangalore: M.G.R. University.
6. Bhat, S. (2008b). Improve profits and reduce cycle time with manufacturing cells. V *Advances in production engineering & management 3* (str. 17–26). Bangalore: M.G.R. University.
7. Bičič, T. (2008). *Uvedba CPV in metode 5S na statorski liniji v podjetju Hidria Rotomatika* (diplomsko delo). Nova Gorica: Poslovno-tehniška fakulteta.
8. Bosch Rexroth Corporation (2004). *Lean manufacturing: Principles, tools and methods*. Buchanan: Bosch Rexroth Corporation.
9. Brateš, M. (2009). *Nabava »Just in time« z uporabo sistema »Kanban«*. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta Maribor.
10. Bureau of labor statistic (2011). *International comparison of hourly compensation costs in manufacturing for year 2009*. Washington: U.S. Department of Labor.
11. Cellular manufacturing. (b.l.) V *Wikipedia*. Najdeno 3. marca 2011 na spletnem naslovu [http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_manufacturing)
12. Dolcemascolo, D. (2011). The components of an effective 5-S program. Reliable plant. Najdeno 7. avgusta 2011 na spletnem naslovu <http://www.reliableplant.com/Read/10383/effective-5s-program>
13. Dorf, C. R., & Kusiak, A. (1994). *Handbook of design, manufacturing and automation*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
14. El-Haik, B., & Al-Aomar, R. (2006). *Simulation-based lean six-sigma and design for six-sigma*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
15. Fraser, K., & Harris, H. (2006). Journal of manufacturing technology management. V *Team-based cellular manufacturing* (str. 714–730). Bingley: Emerald Publishing Limited.
16. Group technology. (b.l.) V *Wikipedia*. Najdeno 13. julija 2011 na spletnem naslovu [http://en.wikipedia.org/wiki/Group\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Group_technology)
17. Hartl, F. R., & Preusser, M. (2009). *Layout and design*. Dunaj: Faculty of Business, Economics and Statistics.

18. Hayes, H. R., & Wheelwright, C. S. (1984). *Restoring our competitive edge – Competing through manufacturing*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
19. Hunter, S. L. (2008). Materials and manufacturing processes. V *The Toyota production system applied to the upholstery furniture manufacturing industry* (str. 629–634). London: Taylor & Francis Group.
20. Hyer, N. & Wemmerlöv, U. (2002). *Reorganizing the factory*. Portland: Productivity Press.
21. Irani, A. S. (1999). *Handbook of cellular manufacturing systems*. Canada: John Wiley & Sons.
22. Kavčič, B. (2000). *Upravljanje proizvodnje*. Novo mesto: Visoka šola za upravljanje in poslovanje.
23. *Lean production – introduction*. Najdeno 15. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://tutor2u.net/business/production/introduction-to-lean-production.html>
24. Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje*. Maribor: Založba Moderna organizacija v okviru Fakultete za organizacijske vede.
25. Mihelčič, M. (2000). *Poslovne funkcije*. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko.
26. Moulding, E. (2010). *5S – A visual control system for the workplace*. Central Milton Keynes: AuthorHouse Ltd.
27. *MultiMania*. Najdeno 14. aprila 2011 na spletnem naslovu [http://membres.multimania.fr/hconline/lean/cell\\_u.htm](http://membres.multimania.fr/hconline/lean/cell_u.htm)
28. Mungwattana, A. (2000). *Design of cellular manufacturing systems for dynamic and uncertain production requirements with presence of routing flexibility* (doktorska dizertacija). Blacksburg: Faculty of the Virginia Polytechnic institute.
29. Panneerselvam, R. (2006). *Production and operations management* (2<sup>nd</sup> ed.). New Delhi: Prentice-Hall of India private Limited.
30. Parashar, N. (2009). *Cellular manufacturing systems: An integrated approach*. New Delhi: Learning Private Limited.
31. Rastogi, M. K. (2010). *Production and operation management*. New Delhi: University Science Press.
32. REFA (2000). *Osnove oblikovanja dela v proizvodnji*. Maribor: REFA zveza Slovenije.
33. Rozman, R. (2009). *Temelji managementa* (Prosojnice predavanj). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
34. Rozman, R., & Rusjan, B. (1996). *Organizacija (ravnanje) proizvodnje*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
35. Rusjan, B. (2009). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
36. Sekine, K. (1992). *One-piece flow: Cell design for transforming the production process*. Cambridge: Productivity Press Inc.
37. Shim, J. K. (1999). *Operations management*. New York: Barron's Educational Series, Inc.

38. Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management* (6<sup>th</sup> ed.). Harlow: Pearson Education Limited.
39. Strategos. (b.l.) V *Just in time, Toyota production system & Lean manufacturing: Origins and history lean manufacturing*. Najdeno 8. junija 2011 na spletnem naslovu [http://www.strategosinc.com/just\\_in\\_time.htm](http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm)
40. Suresh, C. N., & Kay, J. M. (1998). *Group technology and cellular manufacturing*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
41. The productivity development team. (b.l.). *Cellular Manufacturing: One-piece flow for workteams*. Portland: Productivity Inc.
42. *Tipro keyboards d.o.o.*(2010). *Product catalogue*. Grosuplje: Tipro keyboards d.o.o.
43. *Tipro keyboards d.o.o.* Spletna stran podjetja. Najdeno 4. marca 2011 na spletnem naslovu <http://www.tipro.si>
44. Tomažič, J. (2003). *Uporaba koncepta ravno ob pravem času v slovenskih podjetjih*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
45. Viser, V. (2010). Lean cell systems and plant flow – Rapid production with lower costs. *Ezine articles*. Najdeno 6. julija 2011 na spletnem naslovu <http://ezinearticles.com/?Lean-Cell-Systems-and-Plant-Flow---Rapid-Production-With-Lower-Costs&id=416490>
46. *WordPress – Beyond Lean*. Najdeno 30. marca 2011 na spletnem naslovu <http://beyondlean.wordpress.com/2010/09/13/5s-in-the-office>
47. *xBerry – U shape lean Cells*. Najdeno 14. aprila 2011 na spletnem naslovu <http://www.xberry.fsnet.co.uk/U-Cells.htm>