

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA PROCESA PLANIRANJA PROIZVODNJE V PODJETJU
RLS MERILNA TEHNIKA**

Ljubljana, januar 2023

ALEN TANČICA

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Alen Tančica, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Analiza procesa planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika, pripravljene ga v sodelovanju s svetovalcem doc. dr. Juretom Erjavcem

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 Organizacija proizvodnje	4
1.1 Opredelitev proizvodnje.....	4
1.2 Vrste proizvodnje.....	4
1.3 Razmestitev proizvodnje	8
1.3.1 Linijska razmestitev.....	9
1.3.2 Skupinska razmestitev	11
1.3.3 Projektna razmestitev	12
1.3.4 Kombinirane razmestitve.....	12
1.4 Sistemi za upravljanje proizvodnje.....	14
2 PLANIRANJE PROIZVODNJE	15
2.1 Planiranje kot funkcija managementa.....	15
2.2 Planiranje in kontrola proizvodnje	17
2.2.1 Delitev planiranja proizvodnje	18
2.2.2 Dejavniki, ki vplivajo na planiranje proizvodnje	18
2.2.3 Strategije planiranja proizvodnje.....	19
2.2.4 Faze planiranja proizvodnje.....	19
2.3 Proizvodno okolje	20
2.4 Hierarhično planiranje proizvodnih virov	21
2.4.1 Agregirano planiranje proizvodnega programa.....	22
2.4.2 Osnovni plan proizvodnje.....	23
2.4.3 Planiranje materialnih potreb.....	24
2.4.4 Planiranje kapacitet.....	24
2.4.5 Terminsko planiranje	25
3 SISTEMI ZA PLANIRANJE IN KONTROLO PROIZVODNJE	25
3.1 Potisni in vlečni princip proizvodnje	26
3.2 Sistem za planiranje materialnih potreb – MRP in sistem za planiranje virov - MRP II	27
3.3 Vitka proizvodnja in metoda kanban kart	28

3.4	Kanban s stalno enako količino obdelovancev v procesu	31
3.5	Sistem kart med pari proizvodnih celic z avtorizacijo	32
3.6	Sistem nadzora delovne obremenitve	34
3.7	Teorija omejitev	35
3.8	Primernost sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje glede na proizvodnjo okolje.....	36
4	ANALIZA ORGANIZACIJE PROIZVODNJE IN PROCESA PLANIRANJA V PODJETJU RLS MERILNA TEHNIKA	38
4.1	Predstavitev podjetja.....	38
4.2	Predstavitev izdelkov.....	38
4.3	Predstavitev metodologije raziskave.....	39
4.4	Organizacija proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika	40
4.5	Planiranje proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika.....	42
4.5.1	Strateško, taktično in operativno planiranje proizvodnje.....	42
4.5.2	Dejavniki in strategije planiranja proizvodnje	45
4.5.3	Proizvodno okolje	45
4.6	Izbira sistema za planiranje in kontrolo proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika.....	46
4.7	Ovrednotenje organizacije proizvodnje in procesa planiranja proizvodnje	49
4.8	Vpliv implementacije sistema za upravljanje proizvodnje na proces planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna tehnika.....	50
5	DISKUSIJA.....	52
5.1	Ključne ugotovitve.....	52
5.2	Omejitve in priporočila za nadaljnje raziskave.....	53
	SKLEP.....	54
	LITERATURA IN VIRI.....	55
	PRILOGA	57

KAZALO TABEL

Tabela 1: Lastnosti posameznih vrst proizvodnje	8
---	---

KAZALO SLIK

Slika 1: Razmerje med širino proizvodnega programa in proizvodno količino posameznih proizvodov za procesno, množično, serijsko in posamično proizvodnjo	5
Slika 2: Pretok enot v linijski razmestitvi.....	10
Slika 3: Pretok enot v skupinski razmestitvi	12
Slika 4: Diagram hierarhičnega planiranja proizvodnje	22
Slika 5: Primer zapisa osnovnega plana proizvodnje	28
Slika 6: Primer dveh proizvodnih celic v mirovanju	30
Slika 7: Premik kanban kart in izdelkov med celicama	31
Slika 8: Diagram poteka operativnega planiranja proizvodnje	44

5

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Vprašanja polstrukturiranega intervjuja z vodjo tehnologije.....	1
---	---

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

ATO – (angl. Assemble to order); montaža po naročilu

CONWIP – (angl. constant work in progress); konstantno izvajanje procesa

EOQ – (angl. economic order quantity); metode optimalne količine naročanja

ERP – (angl. Enterprise resource planning); celovita programska rešitev

ETO – (angl. Engineer to order); razvoj po naročilu

JIT – (angl. Lean production ali Just in time); koncept vitke proizvodnje

MES – (angl. Manufacturing Execution System); sistem za upravljanje proizvodnje

MRP – (angl. Material requirements planning); sistem za planiranje materialnih potreb

MTO – (angl. Make to order); izdelava po naročilu

MTS – (angl. Made to stock); izdelava na zalogo

PPC – (angl. production planning and control systems); sistemi za planiranje in kontrolo proizvodnje

TOC – (angl. theory of constraints); teorija omejitev

WLC – (angl. workload control); nadzor delovne obremenitve

UVOD

Večina podjetij posluje v konkurenčnem poslovnem okolju, zato morajo za svoj obstanek in poslovni uspeh izkoristiti vsako konkurenčno prednost, ki jim je na voljo. Ob koncu dvajsetega stoletja je bil kot pomemben konkurenčni dejavnik prepoznani menedžment oskrbovalnih verig, s katerim lahko podjetja znižajo strošek operacij v oskrbovalni verigi in posledično ustvarijo večjo dodano vrednost za končnega kupca (Wahyuni, 2010, str. 8). Cilj menedžmenta oskrbovalnih verig lepo povzame načelo »the seven rights of logistics«, ki pravi, da mora biti sedem dejavnikov ravno pravih, to so količina, blago, njegovo stanje, lokacija, čas, stranka in cena (Swamidass, 2000, str. 371). Da dosežejo vse kriterije omenjenega načela, morajo imeti podjetja dobro organizirano proizvodnjo in proizvodni plan, ki jim bo omogočal, da bo zadana količina končnega produkta izdelana pravočasno. Z ustrezno planirano dobavo in porabo nujnega materiala ter procesi proizvodnje lahko podjetja močno vplivajo na dobavne roke in strošek skladiščenja (Towers & Ashford, 2001, str. 2).

Ljubič (2006) osnovno planiranje proizvodnje opredeljuje kot »določanje, katere realne vrste izdelkov se namerava v naslednjem planskem obdobju izdelovati v podjetju, v kakšnih količinah in ob katerem času.« Navaja tudi štiri pomembne naloge planiranja proizvodnje. To so opredeljevanje naročil proizvodnji, vloga podatkovnega vhoda za planiranje materialnih potreb, predstavljanje izhodišča za grobo planiranje potreb po kapacitetah in hkrati izhodišče za določanje dobavnih rokov.

Glede na to, kaj sproži začetek procesa izdelave produkta, delimo operativno planiranje na izdelavo na zalogo, ki jo sproži predvideno povpraševanje, in izdelavo po naročilu, ki jo sproži naročilo kupca. Glavna prednost izdelave na zalogo je krajši dobavni rok oziroma takojšnja dobava, medtem ko je prednost izdelave po naročilu možnost prilagajanja izdelka zahtevam kupca. Pri prvem naročilu kupca nastopi na koncu procesa proizvodnje, pri drugem na začetku. Ker je prednost enega pristopa slabost drugega, se je v praksi razvil tudi pristop montaže po naročilu, pri katerem glede na predvideno povpraševanje podjetja proizvedejo nujne komponente končnega produkta in po prejemu naročila izvedejo montažo proizvoda glede na zahteve kupca (Rusjan, 2009, str. 292).

Velik vpliv na učinkovitost proizvodnje in doseganje pričakovanih kupca imajo tudi sistemi za planiranje in kontrolo proizvodnje (angl. production planning and control systems). Naloge omenjenih sistemov zajemajo planiranje materialnih potreb, upravljanje povpraševanja, planiranje kapacitet in terminiranje operacij. Z izbiro pravega sistema in učinkovito uporabo se lahko podjetja izognejo kopičenju nedokončane proizvodnje, skrajšajo pretočne čase proizvodnje in posledično dobavne roke, znižajo stroške zalog in izboljšajo odzivnost na spremembe v povpraševanju. Izbira pravega sistema je strateško pomembna odločitev, implementacija za podjetje predstavlja veliko finančno investicijo, zato je ključno, da je odločitev dobro premišljena, sistem pa primeren in prilagojen vrsti

proizvodnje (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 3). V literaturi so največkrat omenjeni sistem za planiranje materialnih potreb (angl. Material requirements planning), kanban s stalno enako količino obdelovancev v procesu (angl. constant work in progress), sistem kart med pari proizvodnih celic z avtorizacijo (angl. paired-cell overlapping loops of cards with authorization), teorija omejitev (angl. theory of constraints) in nadzor delovne obremenitve (angl. workload control).

Informacijsko orodje, s katerim lahko podjetja povežejo planiranje virov podjetja z operativno proizvodnjo, se imenuje sistem za upravljanje proizvodnje (angl. Manufacturing Execution System, v nadaljevanju MES). Sistemi MES zbirajo in analizirajo točne informacije o dogodkih v proizvodnji, s pomočjo katerih lahko podjetje doseže večjo učinkovitost proizvodnih operacij, se hitreje odzove na spremembe in omeji oziroma izboljša aktivnosti z majhno dodano vrednostjo (Chen & Voigt, 2020, str. 6). Omenjene prednosti, ki jih podjetje pridobi z implementacijo MES sistema, olajšajo vsakodnevno operativno planiranje, zbrani podatki o pretočnih časih in ozkih grlih v proizvodnji olajšujejo taktične in strateške odločitve o nujnih kapacitetah proizvodnje.

Namen magistrskega dela je analizirati trenutno organizacijo proizvodnje in proces planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna tehnika ter s pomočjo teoretičnih pristopov preučiti, ali sta trenutna organizacija proizvodnje in proces planiranja proizvodnje optimalna ali obstaja boljši način, s katerim bi podjetje lahko izboljšalo učinkovitost proizvodnje.

Osnovno raziskovalno vprašanje magistrske naloge je, ali lahko z implementacijo teoretičnih pristopov dosežemo večjo učinkovitost organizacije proizvodnje in procesa planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna tehnika?

Pri iskanju odgovora na osnovno raziskovalno vprašanje si bom pomagal z naslednjimi raziskovalnimi podvprašanji:

- Katera vrsta proizvodnje je najprimernejša za podjetje RLS Merilna Tehnika?
- Katera razmestitev proizvodnje je najprimernejša za podjetje RLS Merilna Tehnika?
- Ali bi lahko z uporabo sistema za planiranje in kontrolo proizvodnje izboljšali učinkovitost proizvodnje?
- Kakšen vpliv na učinkovitost proizvodnje bi imela implementacija sistema za upravljanje proizvodnje?

Cilj magistrskega dela je preučiti literaturo, ki govori o organizaciji in planiranju proizvodnje, seznaniti se s pristopi, s katerimi lahko podjetja pozitivno vplivajo na učinkovitost planiranja, glede na literaturo analizirati trenutno organizacijo proizvodnje in proces planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna tehnika, ju ovrednotiti in oceniti, ali sta trenutna organizacija proizvodnje in proces planiranja proizvodnje optimalna. Prav tako bom preučil literaturo o sistemih za planiranje ter kontrolo proizvodnje in ocenil, ali bi bil kateri primeren za podjetje RLS Merilna Tehnika. Poleg tega nameravam primerjati koristi, ki jih bo podjetje pridobilo z implementacijo sistema MES, s koristmi, ki so opredeljene v

literarnih virih, in podjetju svetovati, kako lahko podatke pridobljene z MES sistemom izkoristijo v prid planiranja proizvodnje.

Sprva bom zbral in proučil literaturo, ki se navezuje na organizacijo in planiranje proizvodnje ter sisteme za upravljanje proizvodnje. Vse relevantne teoretične osnove, za katere bom ocenil, da mi bodo v pomoč pri analizi procesa planiranja proizvodnje, bom zbral v teoretičnem delu magistrske naloge. V praktičnem delu magistrske naloge bom opisal in kritično ovrednotil organizacijo proizvodnje. Opis organizacije proizvodnje bo vseboval vrsto proizvodnje in njeno razmestitev. Tako bom trenutno organizacijo proizvodnje primerjal s pristopi, ki so razviti v teoriji, in ocenil, ali je organizacija proizvodnje primerna za doseganje ciljev proizvodnje, ter presodil, ali bi lahko z drugačno organizacijo dosegli večjo učinkovitost proizvodnje. Proces planiranja proizvodnje bom analiziral, tako da bom opisal aktivnosti od prejema naročila do izdaje delovnega naloga. Pri tem bom poleg opisne metode uporabil tudi diagram poteka. S pomočjo teorije bom ocenil primernost sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje ter presodil, ali je kateri primeren za podjetje RLS Merilna Tehnika. Proučil bom vpliv, ki bi ga imela implementacija sistema za upravljanje proizvodnje na aktivnosti planiranja proizvodnje, in presodil, ali si lahko oddelek za planiranje proizvodnje z njimi olajša sprejemanje odločitev.

Magistrsko delo je v grobem deljeno na teoretični in praktični del. Teoretični del je dalje deljen na tri večja poglavja, in sicer organizacijo proizvodnje, planiranje proizvodnje ter poglavje o sistemih za planiranje in kontrolo proizvodnje. V poglavju o organizaciji proizvodnje so opisane različne vrste in razmestitve proizvodnje ter glavne lastnosti sistemov za upravljanje proizvodnje. Poglavje o planiranju proizvodnje opisuje splošne lastnosti planiranja in značilnosti planiranja proizvodnje, kot so dejavniki, strategije, faze planiranja proizvodnje in proizvodno okolje. Opisana je proces hierarhičnega planiranja proizvodnih virov. V poglavju o sistemih za planiranje in kontrolo proizvodnje sta predstavljena potisni in vlečni princip proizvodnje, šest različnih sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje. poleg tega je opisana primernost sistemov glede na različna proizvodna okolja. Praktični del temelji na teoretičnem delu. V njem so predstavljeni podjetje RLS Merilna Tehnika in izdelki, ki jih podjetje izdeluje, opisana je organizacija proizvodnje in proces planiranja proizvodnje podjetja. V nadaljevanju je analizirana primernost različnih sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje za podjetje RLS. Ovrednotena je trenutna organizacija proizvodnje in proces planiranja proizvodnje, prav tako so analizirani vplivi, ki bi jih imela implementacija sistema za upravljanje proizvodnje na proces planiranja proizvodnje. V poglavju diskusije so zbrane ključne ugotovitve in odgovori na raziskovalna vprašanja ter opisane omejitve magistrskega dela in priporočila za nadaljnje raziskave. V sklepu je strnjena vsebina magistrske naloge, v poglavju literatura in viri so vsi viri, na katere se nanaša magistrsko delo.

1 ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

1.1 Opredelitev proizvodnje

Dejavnosti vsakega podjetja lahko v grobem razdelimo na tri funkcije, ki so ključne za dolgoročno uspešno poslovanje. To so tržna funkcija, ki skrbi za predstavitev produktov ali storitev podjetja trgu in tako ustvarja povpraševanje. Razvojna funkcija, katere naloga je razvijanje novih produktov oziroma posodabljanje obstoječih, kar podjetju omogoči dolgoročno konkurenčno prednost. Operativna funkcija je zadolžena, da s proizvodnjo in distribucijo proizvodov oziroma storitev zadosti povpraševanje trga (Slack, Chambers & Johnston, 2010).

Eden ključnih procesov operativne funkcije je proizvodnja, ki jo lahko opredelimo kot vnaprej predviden transformacijski proces, ki vložke in vire preoblikuje v izločke. Vložki proizvodnje so surovine in energetski viri, ki se v procesu preoblikovanja spremenijo in tako nastopijo le v enkratni izvedbi procesa. Viri, kot so stroji, orodje ali delo ljudi v procesu preoblikovanja nastopajo v večkratni izvedbi. Transformacijski proces vključuje razne kemične in mehanske obdelave, ki spremenijo prvotno obliko ter lastnosti surovine. Izločki proizvodnje so končni produkti ali njihovi gradniki, ki imajo zaradi transformacijskega procesa neko novo dodano vrednost (Rusjan, 2009, str. 9).

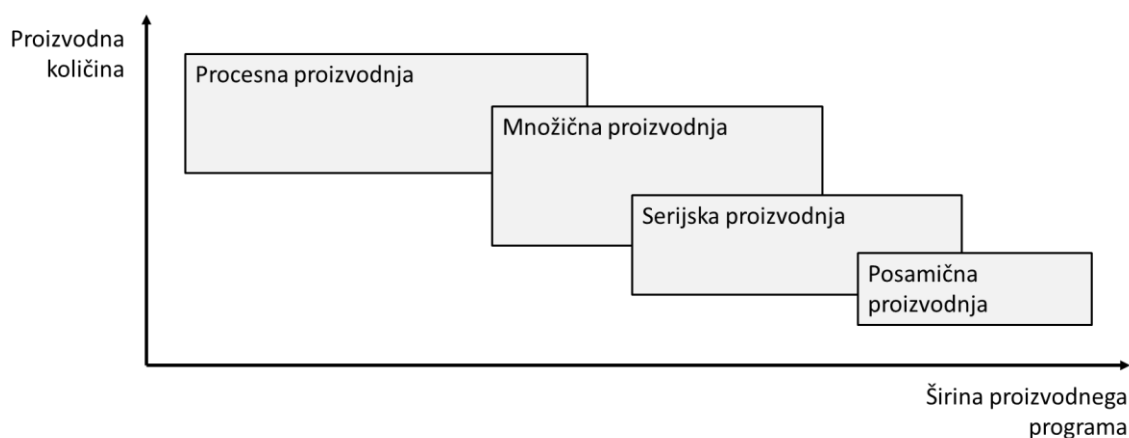
Pravilno delovanje proizvodnje je naloga proizvodnega menedžmenta. Cilj zadnjega je zagotoviti pravočasno in stroškovno učinkovito proizvodnjo prave količine produktov, ki ustrezajo zadani kakovosti. Za doseg ravnotežja vseh kriterijev cilja je nujno konstantno planiranje, organiziranje, vodenje in kontroliranje vseh aktivnosti, ki so del proizvodnje, saj se le tako podjetje lahko uspešno odziva na spremembe na trgu in sledi povpraševanju (Kumar & Suresh, 2006).

1.2 Vrste proizvodnje

Za doseganje zadanih ciljev proizvodnje mora ta biti učinkovito organizirana, kar vključuje tudi izbiro ustrezne vrste proizvodnje. Podjetje se za določeno vrsto proizvodnje odloči glede na raznolikost in količino proizvodov, ki jih načrtuje. Raznolikost in količina proizvodov sta večinoma obratno sorazmerna, saj pri večji raznolikosti proizvodov podjetje izdelava manjše število vseh proizvodov v danem obdobju, pri manjši raznolikosti pa je skupno število izdelanih proizvodov načeloma večje. Z raznolikostjo proizvodov je povezana tudi prilagodljivost delovne sile in naprav, saj je za visoko raznolikost nujna višja prilagodljivost. Podjetje, ki proizvaja veliko različnih proizvodov, mora izbrati med uporabo namenskih naprav za vse nujne operacije in uporabo prilagodljivih naprav, ki so primerne za različne vrste operacij. Slabost namenskih naprav se kaže v slabi izkoriščenosti, če podjetje nima konstantnega povpraševanja po določenem izdelku, slabost prilagodljivih naprav pa je izguba časa zaradi spreminjanja nastavitve naprave (Stevenson, 2014, str. 238). Izbira

določene vrste proizvodnje je strateško pomembna odločitev, saj vpliva na tržno pozicioniranje, proizvodne sposobnosti in značilnosti, obseg nujne investicije in proizvodne stroške na enoto. Poznamo posamično, serijsko, množično, projektno in procesno proizvodnjo, ki se med seboj razlikujejo glede na širino proizvodnega programa in proizvodno količino posameznih proizvodov (Rusjan, 2009, str. 25). Slika 1 prikazuje razmerje med širino proizvodnega programa in proizvodno količino posameznih proizvodov za procesno, množično, serijsko in posamično proizvodnjo.

Slika 1: Razmerje med širino proizvodnega programa in proizvodno količino posameznih proizvodov za procesno, množično, serijsko in posamično proizvodnjo



Prirjeno po Kumar & Suresh (2006).

Podjetja s posamično proizvodnjo izdelujejo majhno količino proizvoda, pri tem pa se popolnoma, oziroma kolikor je mogoče, prilagodijo zahtevam kupca. Za to potrebujejo univerzalno opremo in orodje. Prav tako podjetje potrebuje visoko usposobljeno delovno silo, ki ne bo opravila le fizičnega dela proizvodnje, ampak bo sodelovala tudi pri planiranju in organizaciji nujnih operacij in materiala, ki so ključnega pomena za doseganje vnaprej določenih stroškov in dobavnih rokov (Kumar & Suresh, 2006, str. 4). Pri posamični proizvodnji je načeloma težko oceniti strošek proizvodnje posameznega izdelka, pri čemer so fiksni stroški večinoma nizki, medtem ko so variabilni stroški visoki. Pri trženju podjetja s posamično proizvodnjo oglašujejo svoje sposobnosti, in ne svojih izdelkov (Stevenson, 2014, str. 241). Prednosti posamične proizvodnje so prilagodljivost zahtevam kupca, dobra izkoriščenost opreme in delovne sile ter konstantno pridobivanje novih znanj in izkušenj zaposlenih, saj je vsako naročilo drugačno, zahteva svoj pristop in predstavlja nov izziv. Slabosti se kažejo v visokih stroških proizvodnje, visoki zalogi nedokončanih proizvodov, oteženem planiranju proizvodnje in potrebi po večjih proizvodnih prostorih (Kumar & Suresh, 2006, str. 4).

Serijska proizvodnja je primerna za podjetja s širšo zalogo proizvodov, ki se izdelujejo v manjših količinah. Pri tem uporabljajo fleksibilne naprave, primerne za proizvodnjo različnih produktov, po vsaki proizvodni seriji jih je treba prilagoditi potrebam serije

naslednjega proizvoda. Praviloma se določena operacija izvrši na celotni seriji, preden se ta premakne do naslednje operacije (Rusjan, 2009, str. 30). Če jo primerjamo s posamično proizvodnjo, ponuja večinoma krajše dobavne roke in nižje stroške izdelave. Ocenjevanje stroškov proizvodnje je rutinsko, fiksni in variabilni stroški so srednje visoki. Podjetje s serijsko proizvodnjo trži svoje sposobnosti in standardne izdelke (Stevenson, 2014, str. 241). Prednosti serijske proizvodnje so dobra izkoriščenost naprav, specializacija delovne sile in možnost proizvodnje različnih proizvodov. Slabost predstavlja oteženo ravnanje z materialom zaradi daljših in spremenljivih tokov materiala, oteženo planiranje in kontrolo proizvodnje ter višje stroške skladiščenja nedokončane proizvodnje (Kumar & Suresh, 2006, str. 5).

Pri enkratni proizvodnji je velikost serije navadno enaka količini naročila, vendar je včasih smiselno izdelati nekaj kosov več, saj lahko podjetje z odvečnimi pokrije morebitne kose, ki ne ustrezajo zadanim standardom kakovosti. Na velikost serije pri enkratni proizvodnji vpliva zanesljivost proizvodnega procesa, velikost fiksnega stroška postavitve proizvodnje in strošek izdelave posameznega kosa. Če je proizvodni proces nezanesljiv, obstaja velika verjetnost, da del količine izdelanih kosov ne bo ustrezal zadanim kriterijem, fiksni stroški pa so v primerjavi s stroškom izdelave posameznega kosa visoki. Zato je smiselno izdelati količino, ki je večja od naročene količine. S tem podjetje sprejme manjše tveganje, saj je strošek, ki je odraz dodatno izdelanih kosov, manjši od stroška, ki bi nastal z ponovno izdelavo manjkajočih kosov. V primeru zanesljivega procesa proizvodnje z nizkimi fiksnimi stroški postavitve proizvodnje in visokimi stroški na enoto proizvoda je bolj smiselno ponoviti proces izdelave in s tem nadomestiti kose, ki niso ustrezali zadanim merilom (Behún, Kleinová & Kamaryt, 2014, str. 5).

Neenakomerno povpraševanje in zahteve trga po širšem asortimentu izdelkov so veliko podjetij prisilile v način proizvodnje, ki omogoča večjo fleksibilnost in hkrati nima večjega vpliva na stroške proizvodnje. Tehnični pristop, s katerim lahko podjetje doseže večjo fleksibilnost, je preoblikovanje procesov in aktivnosti v proizvodnji. Z operativnim pristopom lahko podjetja vplivajo na fleksibilnost z izbiro prave razmestitve in vrste proizvodnje. Serijska proizvodnja se je pokazala kot najustreznejša za doseganje ravnovesja med fleksibilnostjo in stroški proizvodnje. Serijska proizvodnja se največ uporablja pri skupinski in celični razmestitvi proizvodnje (Garavelli, 2001, str. 1). Garavelli (2001, str. 9) je v svoji raziskavi na podlagi simulacije primerjal učinkovitost serijske proizvodnje v skupinski razmestitvi, celični razmestitvi, pri kateri se izdelki izdelujejo striktno v eni celici, in celični razmestitvi, pri kateri se nekateri izdelki izdelujejo v več celicah. Ugotovil je, da je serijska proizvodnja zelo učinkovita pri celični razmestitvi, pri kateri se nekateri izdelki izdelujejo v več celicah. Kombinacija serijske proizvodnje s to razmestitvijo je še posebej učinkovita v primerih, ko je nastavitev naprav za izdelavo določenega izdelka dolgotrajna in kadar podjetje izdeluje veliko število različnih izdelkov. Serijska proizvodnja se je prav tako pokazala za učinkovito pri skupinski proizvodnji, pod pogojem, da je čas, nujen za postavitev naprav, v primerjavi z izdelovalnim časom zanemarljiv (Garavelli, 2001, str. 9).

Serijska proizvodnja je optimalna tudi v nekaterih podjetjih, ki so del avto-moto industrije, za katero je sicer značilna množična proizvodnja. Cooney (2002, str. 6) prepoznava, da serijsko proizvodnjo v avto-moto industriji izvajajo predvsem manjša podjetja, ki nimajo pogodbenega dolgoročnega sodelovanja z omejenim številom kupcev, ampak proizvajajo manjše količine za večje število strank, ki ne proizvajajo večjih količin, in za potencialne kupce, ki iščejo alternative svojih trenutnih dobaviteljev, ki so cenejše ali sposobne dosegati višji standard kakovosti. Serijska proizvodnja za razliko od množične proizvodnje omogoča večjo fleksibilnost in izdelavo manjših količin več različnih izdelkov ter olajša soočanje z vsemi nepredvidljivimi zapleti, ki se pojavijo pri izdelavi novih vrst izdelkov. Podjetja s serijsko proizvodnjo nimajo visokih stroškov postavitve in organizacije proizvodnje, kar jim omogoča večjo svobodo pri sklepanju in prekinitvi sodelovanja s poslovnimi partnerji.

Množično proizvodnjo izvajajo podjetja, ki izdelujejo velike količine standardiziranih proizvodov. Naprave, ki so specializirane za opravljanje le ene operacije, so večinoma postavljene v vrsti, tako da vsi produkti sledijo istemu toku. Produktne linije so uravnotežene, kar omogoča krajše proizvodne čase in manjšo zalogo nedokončanih proizvodov (Kumar & Suresh, 2006, str. 6). Fiksni stroški množične proizvodnje so visoki, medtem ko so variabilni stroški nizki. Podjetje z množično proizvodnjo trži svoje standardne izdelke (Stevenson, 2014, str. 241). Poleg kratkih proizvodnih časov in nizke zaloge nedokončanih proizvodov se prednosti množične proizvodnje kažejo še v dobri izkoriščenosti zmogljivosti, nizkih stroških na proizvod in dejstvu, da za obratovanje ni nujna visoko usposobljena delovna sila. Slabosti predstavljajo visoka investicija, ki je nujna za vzpostavitev proizvodnje, izdelava drugih izdelkov, ki zahteva reorganizacijo celotne proizvodnje, proizvodni časi so odvisni od ene najpočasnejše naprave, prav tako se v primeru okvare samo ene naprave zaustavi celotna proizvodnja (Kumar & Suresh, 2006, str. 6).

Procesna proizvodnja je postavljena z namenom procesiranja točno določenega materiala. Naprave so avtomatizirane, zato prilagajanje različnim produktom ni mogoče. Značilna je na primer za naftno, kemično in živilskopredelovalno industrijo (Rusjan, 2009, str. 31). Fiksni stroški proizvodnje so zelo visoki, medtem ko so variabilni stroški zelo nizki. Podjetje s procesno proizvodnjo trži svoje standardne izdelke (Stevenson, 2014, str. 241). Prednosti procesne proizvodnje so dobra izkoriščenost opreme in posledično izdelave velikih količin pri nizkih stroških na enoto. Slabost take proizvodnje je visoka investicija, ki je nujna za postavitev proizvodnje, nizka fleksibilnost uporabe naprav in zelo omejen asortiment produktov, ki jih lahko izdelujejo (Kumar & Suresh, 2006, str. 6).

S projektno proizvodnjo v enkratni ponovitvi izdelamo specifičen in kompleksen proizvod. Veliko se pojavlja v gradbeništvu, pri izgradnji cest, mostov in stavb ter pri storitvah, kot so raziskovalni projekti in organizacija dogodkov. Investicije v opremo so večinoma nizke, saj je univerzalna in omogoča visoko fleksibilnost. Zaloge materialov so praviloma nizke, saj jih naročamo po potrebi, a imamo zato visoke zaloge nedokončanih proizvodov. Zaloge končnih proizvodov praktično ni, saj gre za proizvodnjo po naročilu (Rusjan, 2009, str. 28). Stroški na enoto so pri projektni proizvodnji visoki, prav tako so visoki variabilni stroški,

višina fiksnih stroškov pa je različna od projekta do projekta. Podjetja s projektno proizvodnjo pri trženju večinoma oglašujejo svoje sposobnosti (Stevenson, 2014, str. 241). Lastnosti posameznih vrst proizvodnje so zbrane v tabeli 1.

Tabela 1: Lastnosti posameznih vrst proizvodnje

	posamična proizvodnja	serijska proizvodnja	množična proizvodnja	procesna proizvodnja	projektna proizvodnja
stroški na enoto	visoki	srednji	nizki	nizki	zelo visoki
fiksní stroški	nizki	srednji	visoki	zelo visoki	različni
variabilni stroški	visoki	srednji	nizki	zelo nizki	visoki
usposobljenost delovne sile	visoka	srednja	nizka	različna	različna
trženje	trženje sposobnosti	trženje sposobnosti in standardnih izdelkov	trženje standardnih izdelkov	trženje standardnih izdelkov	trženje sposobnosti
planiranje	zahtevno	delno zahtevno	rutinsko	rutinsko	zahtevno
zaloga nedokončane proizvodnje	visoka	visoka	nizka	nizka	različna
količina nedokončane proizvodnje	visoka	visoka	nizka	nizka	različna

Prirejeno po Stevenson (2014).

Pri nekaterih izdelkih je za doseganje učinkovitosti smiselna le ena vrsta proizvodnje, pri drugih se lahko uporabljena vrsta proizvodnje spremeni skozi življenjski cikel izdelka. Največkrat začne podjetje zaradi višjega povpraševanja po izdelkih, ki so se izdelovali s posamično proizvodnjo, izdelovati serijsko. Takrat je pomembno, da podjetje prepozna potrebo po spremembi in jo izvrši korektno in pravočasno. Vrsta proizvodnje je povezana tudi z oskrbovalno verigo, saj so za množično in procesno proizvodnjo nujne konstante dobave velikih količin materialov brez odstopanj v kakovosti in količini. Dobavitelji, ki poslujejo s podjetji s posamično proizvodnjo, morajo biti pripravljene na časovno neenakomerna naročila različnih količin različnih materialov (Stevenson, 2014, str. 242).

1.3 Razmestitev proizvodnje

Vrsta proizvodnje, za katero se podjetje odloči, vpliva na pretok proizvodov med operacijami proizvodnje. Poznamo prekinjen in neprekinjen tok produktov. Prekinjen tok je značilen za posamično in serijsko proizvodnjo manjših količin. Neprekinjen tok pa je značilen za procesno, množično in serijsko proizvodnjo večjih količin. Pretok produktov med operacijami označuje pojem razmestitev (Rusjan, 2009, str. 99). Izbira razmestitve

proizvodnje je pomembna odločitev, saj ima dolgoročne učinke na operativno in stroškovno učinkovitost, postavitev proizvodnje pa velikokrat zahteva visoko investicijo. Potreba po izbiri razmestitve se lahko pojavi pri postavitvi nove proizvodnje ali pri reorganizaciji že obstoječe. Razlogi za reorganizacijo proizvodnje so med drugim lahko neučinkovitost obstoječe razmestitve, neustrezni varnostni pogoji, tehnične spremembe načina proizvodnje izdelkov, začetek proizvodnje novih izdelkov ali večji obseg proizvodnje določenega izdelka (Stevenson, 2014, str. 250). Na izbiro primerne razmestitve proizvodnje vpliva povpraševanje po določenem izdelku, zahtevnost in število operacij v izdelovalnem procesu, prostor, ki je nujen za izdelavo, ter prostor, ki ga ima podjetje na voljo (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 169).

Z ustrezno razmestitvijo želijo podjetja doseči tekoč pretok dela, materialov in informacij skozi proces proizvodnje. To vključuje tudi tekoč notranji transport, torej celotno rokovanje z materialom, od prevzema do skladiščenja, uporabe in nazadnje do odpreme produktov. Tekoč pretok lahko dosežemo s čim bolj ravnimi in enosmernimi linijami, po katerih material potuje čim bolj neposredno od naprave do naprave. Rokovanje z materialom mora vsebovati čim manj premikanja, sklanjanja, seganja in dvigovanja. Želeno je, da imajo težki predmeti čim krajšo pot. Sistem mora zagotoviti fleksibilnost v primeru okvare transportne naprave, prevozna sredstva naj bi bila polno obremenjena (Rusjan, 2009, str. 100).

Pri skupinski razmestitvi se med operacijami premikajo serije proizvodov, zato gre za prekinjen tok. Pri linijski razmestitvi se med operacijami premikajo posamezni proizvodi, zato gre za neprekinjen tok. Poleg skupinske in linijske razmestitve poznamo tudi celično, ki je kombinacija obeh, in projektno razmestitev, ki se uporablja pri projektni proizvodnji. Fizično in prostorsko razporeditev opreme označuje pojem razmestitev opreme. Lahko govorimo o razporejanju strojev, naprav in delovnih mest znotraj posameznega oddelka ali o razporeditvi oddelkov na določeni lokaciji (Rusjan, 2009, str. 99).

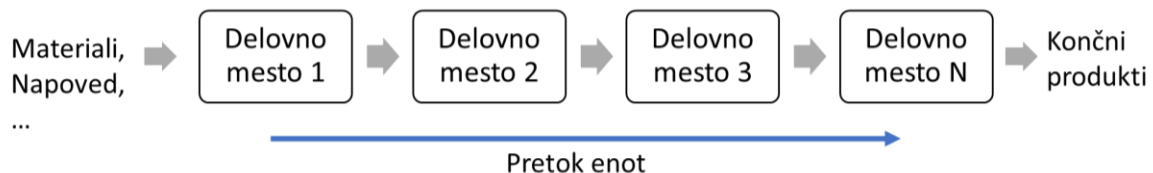
1.3.1 Linijska razmestitev

Pri linijski razmestitvi gredo vsi produkti skozi proces po enaki poti, zato so delovna mesta razporejena na podlagi zaporedja nujnih operacij. Pretok enot v linijski razmestitvi prikazuje slika 2. Uporabna je, kadar podjetje želi proizvesti veliko količino standardiziranih proizvodov. Glede na to, koliko proizvodov lahko proizvajamo na eni liniji, govorimo o enoizdelčni ali večizdelčni liniji. Zaželeno je, da imajo produkti, ki se proizvajajo na eni liniji, čim bolj podoben proces izdelave, saj menjava orodja na specializiranih napravah povzroča visoke stroške. Strošek menjave orodja na proizvod lahko podjetja zmanjšajo tako, da proizvajajo v visokih proizvodnih serijah, kar posledično prinaša visoke zaloge dokončanih produktov (Rusjan, 2009, str. 102).

Neprekinjen tok produktov in specializacijo podjetje doseže z visoko tehnično delitvijo dela. Celotno delo je razčlenjeno na množico manjših operacij, ki si sledijo v določenem zaporedju. Visoka delitev dela podjetju prinaša tako prednosti kot slabosti. Prva prednost so

nižji stroški dela, saj preproste delovne naloge omogočajo zaposlovanje delovne sile z nižjo stopnjo izobrazbe, ki hitro usvoji nujno znanje, zato so tudi stroški učenja nizki. Zaradi ponavljanja kratkotrajnih operacij je produktivnosti večinoma visoka. Glavna slabost visoke delitve dela je enoličnost dela, ki negativno vpliva na fizično in psihično zdravje zaposlenih. Ponavljanje določene operacije bremeni le določene organe, zaposleni se velikokrat počutijo osamljeno v veliki množici, saj ne vidijo rezultatov svojega dela, zato jih delo ne zadovoljuje, kar negativno vpliva tudi na učinkovitost linije (Rusjan, 2009, str. 104). Ostale prednosti in slabosti linijske razmestitve so enake kot pri množični proizvodnji. Te prednosti so kratki pretočni časi, nizka zaloga nedokončanih proizvodov in učinkovita poraba prostora. Slabosti so visoka investicija, nefleksibilnost, produktivnost določa najpočasnejša naprava, in zastoj linije v primeru okvare le ene naprave (Kumar & Suresh, 2006).

Slika 2: Pretok enot v linijski razmestitvi



Prirejeno po Rusjan (2009).

Učinkovitost proizvodnje z linijsko razmestitvijo se meri s pretočnim časom, ki je nujen za izdelavo enega izdelka. Da podjetje doseže zadano učinkovitost proizvodnje, mora poskrbeti, da je proizvodna linija uravnotežena, torej da vsa delovna mesta opravijo svoj delež operacij v enakem času na dano količino izdelkov. Če proizvodna linija ni uravnotežena, določa učinkovitost najpočasnejše delovno mesto in zmogljivost ostalih delovnih mest ni polno izkoriščena (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 174). Podjetje lahko uravnoteženost doseže (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 179):

- z delitvijo operacij, ki se izvajajo na najpočasnejšem delovnem mestu z drugimi delovnimi mesti,
- s povečanjem kapacitet na najpočasnejšem delovnem mestu,
- z uporabo spretnejšega in hitrejšega operaterja na najpočasnejšem delovnem mestu,
- z nadgradnjo naprav, ki se uporabljajo na najpočasnejšem delovnem mestu.

Uravnoteženja večjih proizvodnih linij se podjetja večinoma lotijo z računalniškimi programi, ki glede na dane parametre in čase izdelav posameznih delovnih mest in operacij preračunajo vse možnosti in predlagajo razmestitev, ki v največji možni meri dosega zadane cilje učinkovitosti podjetja (Heizer, Render & Munson, 2016, str. 391). Delovna mesta v linijski razmestitvi so tesno povezana in časovno usklajena, zato lahko vsaka okvara naprave

zaustavi celotno proizvodno linijo. V izogib zaustavitvi proizvodne linije je treba redno vzdrževati vse naprave, prav tako je priporočljivo, da ima podjetje vedno na voljo rezervne dele in vzdrževalno osebje, ki lahko hitro reagira in odpravi težavo (Stevenson, 2014, str. 251).

Linijske razmestitve so velikokrat oblikovane v obliki črke U. Prednosti te oblike se kažejo v boljši komunikaciji med zaposlenimi na proizvodni liniji, poleg tega oblika omogoča večjo fleksibilnost, saj lahko operaterji opravljajo operacije na različnih delovnih mestih. Pri razmestitvi v obliki črke U končni izdelki izstopajo na istem mestu, kjer vstopa material. Na proizvodnih linijah, ki imajo visoko stopnjo avtomatizacije, oblika črke U ni nujna, saj ni potrebe po sodelovanju in komuniciranju med zaposlenimi. V nekaterih primerih oblika črka U ni mogoča, ker bi stranski učinki določene operacije, kot so oddajanje prahu v ozračje, oviralo delovanje drugih operacij (Stevenson, 2014, str. 253).

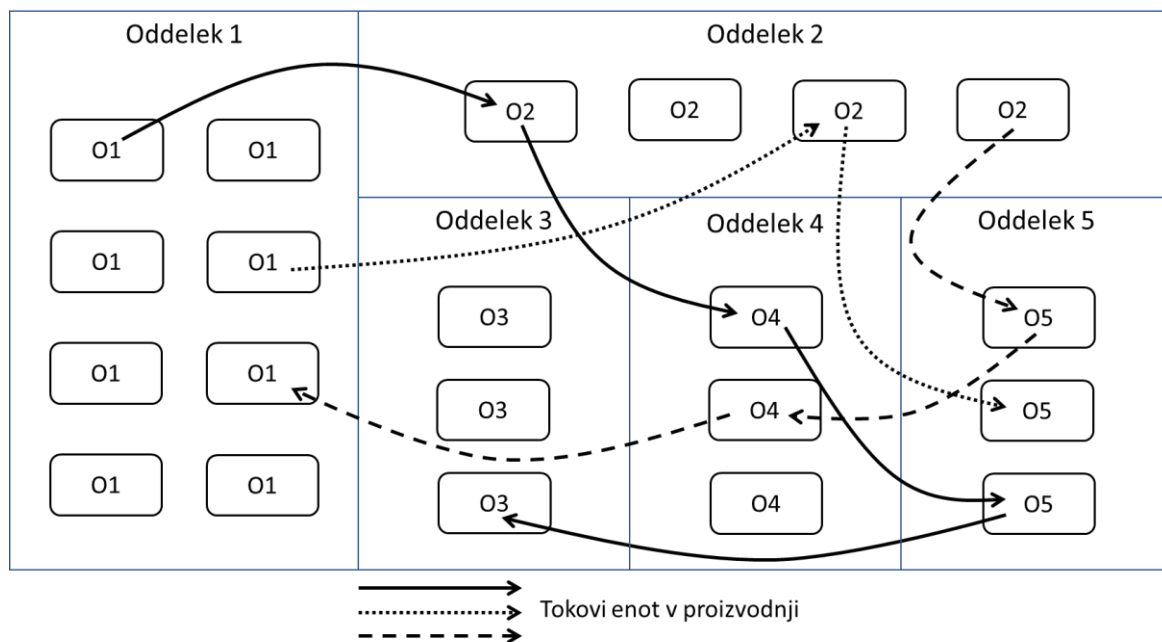
1.3.2 Skupinska razmestitev

Skupinska razmestitev je primerna za podjetja, ki proizvajajo veliko različnih proizvodov v manjših količinah. Delovna mesta so razporejena v oddelke, v katerih se izvajajo podobne operacije. V enem oddelku se opravljajo podobne operacije, oprema je večinoma univerzalna, kar pomeni, da se jo uporablja za različne namene, stroški prehodov med izdelavo različnih produktov pa so nizki. Ker se v enem oddelku opravljajo različne operacije, potrebuje podjetje v primerjavi z linijsko razmestitvijo bolj kvalificirano delovno silo. Serije produktov potujejo med oddelki, iz enega v drug oddelek se serija premakne šele, ko so bile nujne operacije opravljene na vseh produktih, pri tem različne serije ne potujejo po enaki poti in se na oddelkih ne zadržijo enako dolgo (Rusjan, 2009, str. 110). Slika 3 predstavlja poti treh različnih izdelkov v skupinski razmestitvi.

Glavna prednost skupinske razmestitve je širok spekter produktov, ki jih lahko proizvajamo, in odprta možnost uvajanja novih izdelkov, kar nam omogoča univerzalna oprema in kvalificirana delovna sila. Odprta je tudi možnost povečanja zmogljivosti proizvodnje, ki jo lahko podjetja povečajo z zaposlovanjem na oddelku, ki predstavlja ozko grlo. Investicija za vzpostavitev proizvodnje je nižja kot pri linijski razmestitvi, saj je univerzalna oprema praviloma cenejša, prav tako ne prihaja do podvajanja opreme. Proizvodnja s skupinsko razmestitvijo je manj občutljiva na okvare strojev in pomanjkanje delovne sile, saj se v času okvare opravljajo operacije v drugih oddelkih. Slabost, ki jo prinaša univerzalna oprema, je višji strošek na enoto proizvoda, saj ta ni tako učinkovita kot specializirana oprema. Za prehod med oddelki se večinoma uporabljajo vozički ali viličarji, pri čemer prihaja do križanja poti zato so stroški manipulacije z materialom višji, poraba prostora pa je manj ekonomična, saj podjetje potrebuje več hodnikov in prehodov. Pretočni časi so daljši, saj morajo produkti čakati na obdelavo, kar povečuje tudi zaloge nedokončane proizvodnje. Največja slabost skupinske razmestitve je oteženo planiranje in kontrola proizvodnje. Gibanje velikega števila serij, ki se v danem trenutku premikajo v proizvodnji, je težko

spremljati in zahteva obsežno dokumentacijo. Veliko število serij prav tako otežuje terminiranje proizvodnje, zato velikokrat pride do prezasedenosti določenega oddelka, medtem ko drugi oddelki niso polno izkoriščeni (Rusjan, 2009, str. 110).

Slika 3: Pretok enot v skupinski razmestitvi



Prirejeno po Rusjan (2009).

1.3.3 Projektna razmestitev

Projektna razmestitev se uporablja pri projektni proizvodnji. Zanj je značilno, da se nujna oprema prinaša do proizvoda, medtem ko ta ostaja na mestu, saj gre večinoma za gradbene objekte, ki jih ni moč prenašati. Pri planiranju projekta morajo biti podjetja pozorna na razporeditev materiala, da strošek manipulacije ni previsok. Smiselno se je držati načela, da je material, ki se uporablja bolj pogosto, bližje objektu, manj uporabljen material pa je od tega bolj oddaljen. Pogosto je prostor na delovišču omejen, kar moramo upoštevati pri dovozu materiala in opreme ter kljub temu zagotoviti razpoložljivost kadrov in opreme, ko je to nujno. Pri projektih je izkoriščenost opreme praviloma slaba, saj je opremo, ki se bo še potrebovala, bolj smiselno pustiti na delovišču kot prenašati na delovišče drugega projekta (Rusjan, 2009, str. 112).

1.3.4 Kombinirane razmestitve

Kombinirane razmestitve vsebujejo elemente tako linijske kot skupinske razmestitve. Podjetja, ki imajo kombinirano razmestitev, tako lahko velike količine določenih sestavnih delov, ki se nahajajo v vseh končnih proizvodih, izdeluje z linijsko razmestitvijo, ostale

operacije, ki niso nujne za izdelavo vseh izdelkov, pa opravi po principu skupinske razmestitve (Rusjan, 2009, str. 113).

Ena izmed oblik kombiniranih razmestitev je celična proizvodnja, pri kateri je proizvodnja razdeljena na proizvodnje celic, znotraj katerih se proizvajajo skupine izdelkov, ki imajo enak ali podoben proces izdelave. Cilj celične proizvodnje je pridobiti tako prednosti skupinske razmestitve kot prednosti linijske razmestitve, kot so boljši medsebojni odnosi med zaposlenimi, bolj poglobljeno znanje zaposlenih, manj nedokončane proizvodnje in hitrejša menjava opreme, nujne za proizvodnjo različnih izdelkov. Celice v proizvodnji spominjajo na skupinsko razmestitev, vendar je potek dela znotraj celice bolj podoben linijski razmestitvi (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 181). S celično proizvodnjo, ki je del filozofije vitke proizvodnje, katere načelo je odprava vseh procesov, ki povzročajo stroške brez dodajanja vrednosti proizvodu, lahko podjetje zmanjša čakalno dobo nedokončane proizvodnje, čas, nujen za menjavo opreme med izdelki in razdaljo, ki jo izdelki prepotujejo med oddelki pri skupinski razmestitvi (Production Development Team, 1999, str. 2 in 6).

Celična proizvodnja je povezana s strategijo skupinske tehnologije. Namen skupinske tehnologije je prepoznavanje in združevanje proizvodov v skupine, ki imajo podobne značilnosti ali imajo podoben proces izdelave. Ko so proizvodi z enakimi značilnostmi razdeljeni v skupine, se proizvodnja organizira v celice, vsaka celica pa ima opremo, nujno za izdelavo določene skupine proizvodov (Wang, 2015, str. 1). Združevanje izdelkov v družine zahteva sistematično analizo vseh izdelkov, ki je velikokrat zahtevna in časovno potratna. Podjetje lahko izdelke združi v skupine z različnimi metodami, kot so vizualni pregled izdelkov, na podlagi oblikovnih in proizvodnih podatkov ali glede na pretok proizvodov med operacijami. Združevanje z vizualnim pregledom je najpreprostejša in najhitrejša metoda, vendar ima tudi najmanjšo natančnost. Združevanje na podlagi oblikovnih in proizvodnih podatkov je verjetno najpopularnejša metoda, ima večjo natančnost, vendar je tudi občutno zamudnejša. Metoda glede na pretok proizvodov išče podobnosti v zaporedju nujnih operacij za izdelavo izdelka, pri tem se velikokrat predpostavlja, da je trenutno zaporedje optimalno, kar ne drži vedno (Stevenson, 2014, str. 258).

Organizacija celične proizvodnje se velikokrat zgodi kot reorganizacija skupinske proizvodnje z namenom doseganje večje fleksibilnosti proizvodnje manjših serij. Zaposleni, ki v skupinski proizvodnji velikokrat upravljajo le z eno napravo, morajo pri prehodu na celično proizvodnjo razširiti svoja znanja in se naučiti opravljati vse operacije, nujne za izdelavo ene družine izdelkov. Wang (2015) prepoznava pet korakov, ki so nujni za prehod iz skupinske na celično proizvodnjo:

- analiziranje in razumevanje trenutnih razmer in procesov v proizvodnji, kar vključuje proizvodne količine posameznih izdelkov in pretok izdelkov med operacijami,

- časovno merjenje vseh procesov v proizvodnji, kot so proizvodni časi vseh operacij, čas, nujen za prenos nedokončanih izdelkov med oddelki in število izdelkov, ki so izdelani v danem času z določeno operacijo,
- razporeditev opreme in naprav v celice glede na zaporedje operacij, ki so nujne za izdelavo posamezne skupine izdelkov,
- konstantno izboljševanje vseh procesov proizvodnje z namenom krajšanja proizvodnih časov in nižanja stroškov proizvodnje.

Prednosti celične razmestitve v primerjavi s skupinsko razmestitvijo so med drugim krajše poti v proizvodnji in s tem krajši pretočni časi, večja produktivnost, učinkovitejša poraba prostora, lažje planiranje in kontrola proizvodnje, širša delitev dela in s tem višja motivacija zaposlenih. Slabost v primerjavi s skupinsko proizvodnjo so slabša izkoriščenost zmogljivosti, večje naložbe v opremo, višji stroški uvajanja zaposlenih in večja občutljivost na okvare opreme (Rusjan, 2009, str. 114).

1.4 Sistemi za upravljanje proizvodnje

Sistemi za upravljanje proizvodnje (MES) so programski sistemi, ki zbirajo in analizirajo informacije o proizvodnih procesih, kar podjetju omogoča večjo preglednost dogajanja v proizvodnji. Informacije predstavljajo trenutno stanje v proizvodnji, kar omogoča hitro odzivanje na vse nepravilnosti in zamude pri izdelavi produktov. Informacije prav tako koristijo pri kreiranju podrobnih proizvodnih planov in so uporabljene za računanje ključnih kazalnikov uspeha (Chen & Voigt, 2020, str. 3).

Celovite programske rešitve (angl. Enterprise resource planning, v nadaljevanju ERP) so namenjene povezovanju različnih funkcij v proizvodnji, a niso sposobni prikazati trenutnega stanja v proizvodnji, kar je bil povod za razvoj sistemov MES. Izraz MES je bil prvič uporabljen leta 1992, istega leta je bilo ustanovljeno tudi združenje MESA – Manufacturing Enterprise Solutions Association, ki podaja naslednjo definicijo sistemov MES: »Sistemi za upravljanje proizvodnje (MES) prispevajo informacije, ki omogočajo optimizacijo proizvodnih aktivnosti od prejema naročila do končanega proizvoda. MES z uporabo trenutnih in točnih podatkov vodi, sproži, se odzove in poroča o aktivnostih proizvodnje, ko se te zgodijo. Rezultat tega je hitra odzivnost na spreminjajoče se pogoje, katerih namen je zmanjšanje aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti in povečanje učinkovitosti proizvodnih operacij in procesov. MES izboljšuje donosnost sredstev, točnost dobav, obrat zalog, bruto marže in denarni tok. MES z dvosmerno komunikacijo prispeva kritične informacije o proizvodnih aktivnostih celotnega podjetja« (MESA International, 1997, str. 3).

Sistem MES ponuja mnoge funkcije, ki podjetju olajšajo poslovanje na mnogih področjih, v grobem bi jih lahko razdelili na funkcije, ki pripomorejo k lažjemu vodenju proizvodnje, funkcije, ki olajšajo spremljanje kakovosti procesov, in funkcije, ki vplivajo na upravljanje s človeškimi viri (Kletti, 2007, str. 23).

Ena izmed funkcij, ki vpliva na vodenje proizvodnje, je zbiranje podatkov o dogodkih v proizvodnji. Podatki o porabljenem času in izdelanih količinah, ki so bili zbrani v določenem daljšem obdobju, pripomorejo managementu pri vrednotenju učinkovitosti proizvodnje. Podatki o trenutnem stanju v proizvodnji so priročni pri organiziranju proizvodnje na dnevni, tedenski ali mesečni ravni in pri kreiranju realnih proizvodnih planov, ki temeljijo na aktualnih in podrobnih podatkih (Kletti, 2007, str. 24). Sistem MES omogoča tudi načrtovanje operacij glede na prioritete in lastnosti produktov na način, da si na določenem delovnem mestu sledi čim več enakih ali podobnih operacij z namenom, da se priprava delovnega mesta na naslednjo operacijo zreduceira na minimum (MESA International, 1997, str. 12). Poleg podatkov o dogodkih v proizvodnji MES zbira tudi podatke o uporabi naprav, ki omogočajo ovrednotenje izkoriščenosti in prepoznavanje ozkih grl (Kletti, 2007, str. 24), koristni so tudi pri načrtovanju vzdrževanja glede na uporabo posamezne naprave in na način, da zaradi vzdrževalnih del ne prihaja do zastojev v proizvodnji (MESA International, 1997, str. 12). Z razporejanjem virov, kot so naprave, orodja, človeški viri, material in za delo nujni dokumenti, na mesta, kjer jih potrebujemo za opravljanje naslednje operacije, MES poskrbi, da vse operacije potekajo nemoteno in da proizvodnja sledi vnaprej določenemu urniku (MESA International, 1997, str. 12).

Olajšano sledenje kakovosti enako kot lažje vodenje proizvodnje temelji na zbranih podatkih, ki jih shranjuje sistem MES, vendar se te navezujejo na lastnosti proizvodov, ki so podjetju pomembne in vplivajo na kakovost izdelka. V primeru, da so izmerjene vrednosti izven tolerančnega območja, lahko podjetje reagira hitro in pravočasno odpravi težavo, s čimer se izogne večjim stroškom. V primeru reklamacije omogočajo shranjeni podatki o orodjih in materialu, ki so bili uporabljeni, lažje prepoznavanje izvora napake in s tem prepoznavanje tudi ostalih produktov, ki bi lahko imeli enako napako. Če na proces proizvodnje vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot so temperatura ali vlaga, lahko sistem MES meri tudi te vrednosti in v primeru odstopanj opozori oziroma zaustavi proizvodnjo (Kletti, 2007, str. 26). S tem, ko podjetje sistemu MES prepusti merjenje in analiziranje vrednosti, ki vplivajo na kakovost, zmanjša možnost človeške napake.

Na upravljanje s človeškimi viri MES vpliva s shranjevanjem podatkov o prisotnosti posameznega zaposlenega na delovnem mestu in sledenju dela, ki ga opravi v določeni časovni enoti. Na podlagi teh podatkov lahko podjetje oceni uspešnost posameznega zaposlenega, ki olajša nagrajevanje zaposlenih in odločitve o napredovanjih (Kletti, 2007, str. 27).

2 PLANIRANJE PROIZVODNJE

2.1 Planiranje kot funkcija managementa

Za uspešno upravljanje z oskrbovalnimi verigami je poleg napovedi povpraševanja nujen tudi plan uporabe virov, kot so delovna sila, materiali, zaloge, denarni viri in kapacitete, s

katerim bo podjetje uspešno zadostilo povpraševanju (Krajewski, Malhotra & Ritzman, 2015, str. 375). Planiranje je funkcija managementa, ki vključuje zastavljanje ciljev in določanje poti, po kateri bo podjetje zastavljene cilje tudi doseglo. Gre za miselni proces, pri katerem določamo aktivnosti in ukrepe v prihodnosti, ki so nujni za doseganje zadanih ciljev. Prav tako je nujno določiti, kdo in kdaj bo izvedel zadane aktivnosti (Ljubič, 2006, str. 20).

S planiranjem operativnih dejavnosti podjetje poskrbi, da je ponudba, torej količina določenega izdelka, enaka povpraševanju po tem izdelku tako na dolgi rok kot kratki rok. Operativni plan ima velik vpliv na ostale oddelke podjetja, saj narekuje potrebo po delovni sili in različnih kadrih ter vpliva na denarne tokove in stroške poslovanja (Krajewski, Malhotra & Ritzman, 2015, str. 375).

Točnost in zanesljivost planiranja sta odvisna od dolžine planskega obdobja. Daljše, kot je plansko obdobje, večja je verjetnost nepredvidljivih dogodkov, ki lahko negativno vplivajo na planirane dogodke in s tem ovirajo doseganje zadanih ciljev. Nepredvidljive dogodke je treba vzeti v zakup in se nanje v čim večji meri pripraviti. Hitreje, kot bo podjetje prepoznalo pojav nepredvidljivega dogodka, hitreje bo lahko reagiralo in s tem omililo njegov učinek (Ljubič, 2006, str. 20).

Podjetje lahko planira za določeno časovno obdobje ali dinamično časovno obdobje. Planiranje za določeno časovno obdobje se imenuje statično planiranje. Pri tem podjetje določi aktivnosti za celotno obdobje planiranja. Glavna slabost statičnega planiranja je planiranje dogodkov na začetku in koncu planskega obdobja z enako verjetnostjo. Točnost planiranja je zato manjša na koncu planskega obdobja, zaradi česar so velikokrat nujni popravki planov (Ljubič, 2006, str. 24).

Pri drsnem planiranju podjetje planira za dinamično časovno obdobje. Pri tem se planira enakomerno za krajša časovna obdobja, ki se med seboj prekrivajo. Pri drsnem planiranju je treba določiti čas trajanja planskega obdobja in drsno obdobje, po katerem se ponovi proces planiranja (Ljubič, 2006, str. 25).

Glede na trajanje časovnega obdobja planiranja Ljubič (2006) prepoznava tri vrste planov, strateški, taktični in operativni plan. Strateški plan seže najdlje v prihodnost, običajno pet ali več let. Zajema dolgoročni plan, ki vključuje politiko razvoja podjetja, politiko razvoja izdelkov in politiko razvoja organizacije podjetja, ter srednjeročni plan, ki podrobneje definira vsebino dolgoročnega plana. Srednjeročni plan zajema razvoj novih izdelkov in storitev, nove vire in vrste materiala, nove tehnologije ter kvantitativno in kvalitativno gibanje delovne sile (Ljubič, 2006, str. 28).

Taktični plan temelji na strateškem planu in običajno zajema obdobje enega poslovnega leta. Naloga taktičnega plana je, da ob danih omejitvah določi proizvodni program, vrste in količino nujnih materialov ter proizvodne kapacitete na način, da bo poslovno leto čim bolj uspešno. S taktičnim planom torej planiramo že znane izdelke, izdelane iz znanih materialov s poznanimi tehnologijami. Taktični plan sestavljajo plan prodaje, plan proizvodnje, plan

nabave in finančni plan, vsi štirje so razdeljeni na bolj podrobne plane, kot sta plan delovne sile ali plan investicij (Ljubič, 2006, str. 28).

Najpodrobnejši je operativni plan, s katerim je določeno končno zaporedje prodajnih akcij, nabavnih akcij, proizvodnih akcij, akcij vzdrževanja in akcij financiranja. V terminkem planu so zajete kratke časovne enote, kot sta teden ali delovni dan. Zaradi kratkega časovnega obdobja so terminski plani zelo točni, nepredvidljive dogodke predstavljajo le še višja sila, na primer bolezen zaposlenih ali okvare strojev (Ljubič, 2006, str. 29).

V literaturi o operativnem managementu je velikokrat omenjen tudi prodajno-operativni plan (angl. Sales and operations plan), ki ga Nahmias in Olsen (2015, str. 134) postavljata kot povezavo med strateškim in taktičnim planom. Chase, Shankar in Jacobs (2018) prodajno-operativno planiranje definirajo kot proces, s katerim podjetja dosežejo nižje zaloge, krajše dobavne roke in stabilizirajo tempo proizvodnje. Razlaga prodajno-operativnega plana drugih avtorjev se mnogokrat prekriva z Ljubičevimi razlagami taktičnega plana. Prodajno-operativni plan temelji na napovedi prodaje, naloga vrhnjega managementa pa je, da se odloči, ali bodo v danem obdobju proizvedli večje ali manjše količine izdelkov glede na napoved. Če si podjetje ne more privoščiti, da povpraševanju ne zadosti v celoti, je smiselno proizvesti večje količine, kot jih narekuje napoved, v primerih, kadar presežek zalog predstavlja visoke stroške in je življenjski cikel izdelkov kratek, se podjetja večinoma odločijo proizvajati manjše količine od napovedanih. Uspešnost prodajnega oddelka se meri s prihodki prodaje, zato ta stremi k temu, da so vsi izdelki konstantno na voljo v vseh možnih različicah. Uspešnost operativnega oddelka se meri s stroškovno učinkovitostjo, zato ta stremi k visoki izkoriščenosti zmogljivosti in nizkim stroškom zaloge. Cilj prodajno-operativnega plana je določitev srednje poti med prodajnimi in operativnimi cilji, ki bo najbolj optimalni za dolgoročno dobrobit podjetja (Nahmias & Olsen, 2015, str. 129). Prodajno-operativno planiranje se običajno vrši na mesečni ravni, pri planiranju sodelujejo prodajniki, planerji, managerji oskrbovalnih verig in finančniki. Prvi korak planiranja je pregled napovedi prodaje posameznih izdelkov ali družin izdelkov za naslednje obdobje, glede na napoved se oblikuje plan povpraševanja, na katerega vplivajo trendi v industriji, gibanje cen in strategija trženja. Plan povpraševanja mora biti izvedljiv glede na materialne in proizvodnje kapacitete, prav tako mora plan dosegati finančne cilje podjetja, kot so prihodki in dobički. Izdelan prodajno-operativni plan predstavlja skupno točko plana povpraševanja, plana nabave in finančnega plana (Hill, 2012).

2.2 Planiranje in kontrola proizvodnje

S planiranjem proizvodnje podjetje določi, kdaj in koliko se bo proizvedlo določenega izdelka, pri tem pa sledi cilju, da z ekonomičnim izkoriščanjem proizvodnih kapacitet zadosti povpraševanje trga. Za doseganje zadanega cilja je nujno sistematično ugotavljanje in planiranje proizvodnih aktivnosti in nujnih virov ter nemoten tok materiala skozi proizvodnjo, ki ga dosežemo z dobavo nujne količine materiala ob pravem času na potrebno

lokacijo. Za doseganje cilja planiranja proizvodnje so torej nujne informacije kdaj, koliko in katere proizvode bo treba izdelati, kakšne kapacitete so na voljo na posameznih proizvodnih linijah in kdaj bo na voljo material. Na podlagi teh informacij planerska služba skrbno in natančno splanira vse aktivnosti v proizvodnji. Zaradi nepredvidljivih dogodkov, kot so okvare strojev, odsotnost delovne sile, spremembe povpraševanja in zamude dobav materiala, je nujna konstanta kontrola poteka aktivnosti proizvodnje. Če je odstopanje od plana previsoko, je treba izvršiti aktivnosti, s katerimi bo zmanjšan negativen vpliv nepredvidljivih dogodkov na doseganje zadanega cilja (Kumar & Suresh, 2006, str. 107).

2.2.1 Delitev planiranja proizvodnje

Podobno kot planiranje na ravni podjetja lahko planiranje proizvodnje razdelimo na strateško planiranje proizvodnje, taktično planiranje proizvodnje in operativno planiranje proizvodnje. Za strateško planiranje proizvodnje je odgovorno najvišje vodstvo, ki sprejema odločitve glede proizvodnega programa, lokacije proizvodnih zmogljivosti, trgov, na katerih bo podjetje nastopalo, in opreme, ki se bo uporabljala v proizvodnji. Poleg tega so pristojni za dolgoročno dogovarjanje z dobavitelji materiala in energije ter za zagotavljanje usposobljene delovne sile (Ljubič, 2006, str. 35).

Cilj taktičnega planiranja proizvodnje, ki zajema obdobje od šestih mesecev do dveh let, je učinkovita uporaba obstoječih virov glede na dano tržno situacijo. S taktičnim planom se glede na omejitve proizvodnih kapacitet, določene v strateškem planu, skuša razporediti dane vire na način, da je dosežena čim večja učinkovitost in da so potrebe trga zadovoljene v čim večji meri. Kljub omejitvam strateškega plana lahko srednjeročne kapacitete še vedno reguliramo s številom izmen, količino nadur, velikostjo zalog in obsegom kooperacij (Ljubič, 2006, str. 35).

Operativno planiranje proizvodnje je najpodrobnejše in zajema obdobje tedna, dneva ali celo ure. Z operativnim planiranjem proizvodnje se podrobno planira proizvodnja izdelkov, nujnih za dejanska naročila kupcev. V operativnem planu je določeno, kdaj in koliko določenega izdelka se bo izdelovalo na določenem delovnem mestu, določeno zaporedje nujnih operacij in gibanje delovnih nalogov skozi proizvodnjo (Ljubič, 2006, str. 36).

2.2.2 Dejavniki, ki vplivajo na planiranje proizvodnje

Dejavnike, ki vplivajo na planiranje proizvodnje, lahko razdelimo na zunanje in notranje dejavnike. Med zunanje dejavnike spadajo povpraševanje trga, stanje gospodarstva, ponudba surovin, kapacitete kooperantov in dobaviteljev ter dejavnosti konkurentov podjetja. Podjetja težko vplivajo na zunanje dejavnike, za primer, ko je to mogoče, lahko vzamemo tržne kampanje, s katerimi vplivamo na povpraševanje, načeloma pa se jih vzame za dane. Plan proizvodnje lahko podjetje manipulira le s spreminjanjem notranjih delavnikov, kot so proizvodne kapacitete, obseg delovne sile, nivo zalog in proces izdelave izdelkov.

Kratkoročno lahko podjetje tudi na notranje dejavnike vpliva v omejen obsegu, saj so proizvodnje kapacitete dane in je obseg delovne sile lahko pogojen z dogovori med sindikatom in podjetjem (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 493).

2.2.3 Strategije planiranja proizvodnje

Povpraševanje skozi leto ni enakomerno, zato mora podjetje, ki želi pokriti čim večji delež povpraševanja in ob tem ohranjati dovolj visoko izkoriščenost kapacitet, kapacitete prilagajati, kar lahko stori s tremi strategijami planiranja proizvodnje. Prva je strategija sledenja, pri kateri podjetje sledi napovedanemu povpraševanju tudi z nivojem kapacitet. Podjetje tako v danem obdobju odpusti del delavne sile, ki predstavlja presežek, oziroma zaposli dodatno delovno silo, da lahko zadosti povpraševanju trga. Pogoj za delovanje strategije je dovolj visoka ponudba delovne sile na trgu. Prednost strategije so nizki stroški skladiščenja končnih izdelkov, slabosti se kažejo v slabo motivirani delovni sili in potencialno slabši produktivnosti zaposlenih ter kvaliteti izdelkov zaradi konstantnih kadrovskih sprememb (Chase, Shankar & Jacobs, 2018, str. 494). Druga strategija je strategija konstantne delovne sile, pri kateri je obseg delovne sile konstanten, nihanju povpraševanja se podjetje prilagaja z obsegom nadur, plačanim ali neplačanim dopustom in s planiranjem delovnih dni glede na povpraševanje trga. Tretja strategija je strategija konstantnega izdatka končnih izdelkov, pri kateri je obseg delovne sile konstanten, konstantna je tudi količina izdelanih končnih izdelkov. V obdobjih, ko je povpraševanje večje od zmogljivosti proizvodnje, se ta delno pokrije iz zaloge končnih izdelkov, ki so bili izdelani v obdobjih nizkega povpraševanja. Prednost strategije občutijo predvsem delavci, ki imajo konstantne delovne ure, slabost se kaže v visokih stroških zaloge končnih izdelkov. V praksi nobena od treh strategij ni popolna, zato se večina podjetji odloča za kombinacijo vseh treh in se povpraševanju prilagaja tako z zalogo končnih izdelkov, nadurami in odpuščanjem ali zaposlovanjem delovne sile (Bandyopadhyay, 2019, str. 78).

2.2.4 Faze planiranja proizvodnje

Planiranje in kontrolo proizvodnje lahko razdelimo v tri zaporedne faze. Prva je faza planiranja, sledi ji izvedbena faza in zadnja faza kontrole. Faza planiranja je dalje deljena na fazo predplaniranja in fazo aktivnega planiranja. V fazo predplaniranja sodijo razvoj produktov, napovedovanje povpraševanja, časovno ter količinsko planiranje določenih izdelkov v danem terminu in časovno ter količinsko planiranje materialnih potreb. Faza aktivnega planiranja vključuje (Kumar & Suresh, 2006, str. 109):

- planiranje procesov, pri katerem se določijo specifični tehnološki postopki in njihovo zaporedje, s katerimi bodo produkti izdelani in prostorsko ureditev proizvodnje,
- izračun ekonomičnega naročanja materiala glede na stroške skladiščenja, stroške naročila in stroške pomanjkanja materiala,

- planiranje potreb orodja in opreme glede na lastnosti izdelavnih procesov in lastnosti obdelovalnih materialov,
- določanje, s katerim orodjem oziroma opremo se bo opravljal določen tehnološki postopek in časovno zaporedje tehnoloških postopkov z določenim orodjem oziroma opremo.

V izvedbeni fazi podjetje prične z dejanskim izvajanjem planiranih operacij. Izdajo se delovni nalogi, s katerimi je določen produkt, ki se bo izdeloval, količina in končni termin izdelave. Prav tako se pripravi ves material, ki je nujen za izdelavo in nujna orodja (Kumar & Suresh, 2006, str. 111).

Faza kontrole vključuje poročanje o napredku, s katerim podjetje ovrednoti, v kolikšni meri je doseglo zastavljene cilje in poišče vzroke za morebitno odstopanje. Do odstopanj lahko med drugim pride zaradi materiala slabe kakovosti, odsotnosti delovne sile ali okvar orodja. Glede na poročilo o napredku se določijo nujne korekcije z namenom, da se kljub odstopanju doseže prvotni cilj ali se, če to ni mogoče, določi nov plan količine in vrste izdelkov, ki se bodo izdelovali glede na nove omejitve (Kumar & Suresh, 2006, str. 111).

2.3 Proizvodno okolje

Časovno kratek dobavni rok na eni strani in izdelava izdelkov glede na zahteve kupca na drugi strani predstavljata dve konkurenčni prednosti. Standardni izdelki imajo načeloma krajše dobavne roke, medtem ko so dobavni roki izdelkov, izdelanih po naročilu daljši. Glede na to, na kateri konkurenčni prednosti podjetje gradi svojo poslovno strategijo, ločimo tri proizvodna okolja. Od krajšega do daljšega dobavnega roka si proizvodna okolja sledijo po naslednjem vrstnem redu: izdelava na zalogo, montaža po naročilu in izdelava po naročilu.

Pri izdelavi na zalogo (angl. Made to stock – MTS) ta ni vezana na naročilo kupca, saj se izdelki izdelujejo glede na napoved povpraševanja. Kupec ne sodeluje pri izdelavi izdelkov, saj se prejeta naročila pokrije iz zaloge končnih izdelkov. Glavna prednost izdelave na zalogo je kratek dobavni rok izdelkov, slabost se kaže v zalogi končnih izdelkov, ki jo je treba vzdrževati, kar podjetju predstavlja strošek (Lödding, 2012, str. 142). Izdelava na zalogo je primerna za podjetja, ki proizvajajo standardne izdelke, katerih povpraševanje je mogoče dovolj natančno napovedati (Benton, 2013, str. 10). Na obliko in tehnične lastnosti izdelkov lahko vpliva trg kot celota, posamezen kupec pa se le odloči, ali bo izdelek kupil ali ne (Chapman, 2006, str. 3).

Pri montaži po naročilu (angl. Assemble to order – ATO) si lahko kupec izbere določene kombinacije lastnosti proizvodov. Tako podjetje drži zaloge nujnih materialov ali polizdelkov, ki se naročajo oziroma izdelujejo glede na napoved povpraševanja, z izdelavo končnega izdelka pa podjetje prične šele po prejemu naročila kupca. Kupec torej s sodelovanjem pri izdelavi začne pred izdelavo končnega izdelka, zato je pomembno, da so

mu predstavljene možne različice izdelkov, med katerimi lahko izbira. Podjetju je v interesu, da lahko iz majhnega števila materialov in polizdelkov izdela čim več različnih končnih izdelkov, saj s tem doseže nižje stroške zaloge. Montaža po naročilu ima v primerjavi z izdelavo na zalogo nekoliko daljši dobavni rok, vendar do neke mere stranki omogoča, da si izbere lastnosti izdelke, ki ji najbolj ustrezajo (Benton, 2013, str. 11).

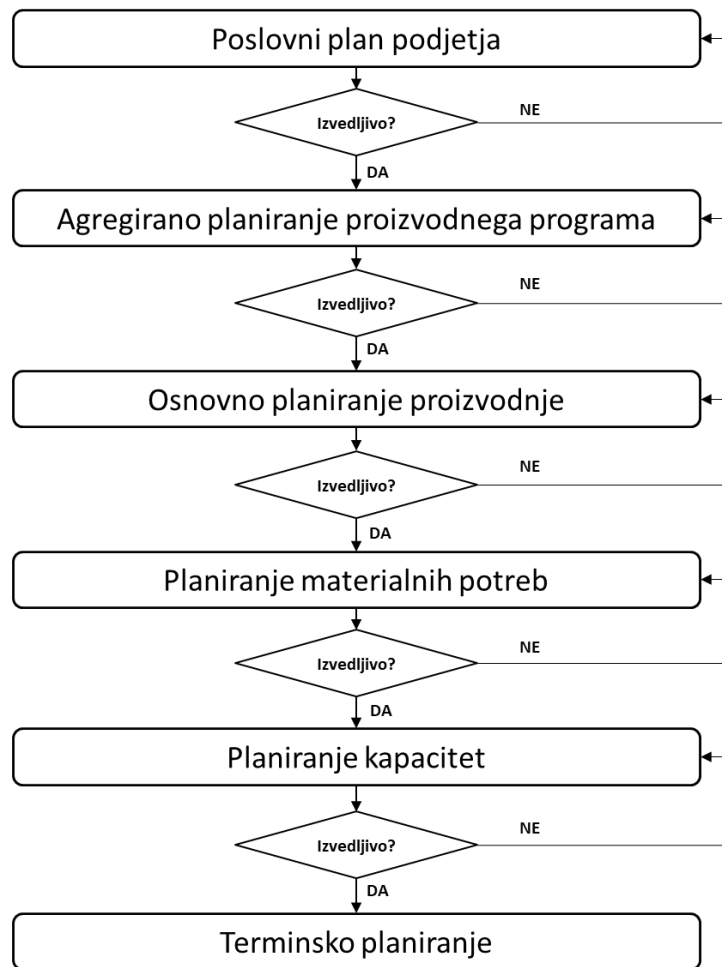
Izdelava po naročilu (angl. Make to order – MTO) daje kupcu še več svobode pri določanju lastnosti izdelkov kot montaža po naročilu, kar prinese tudi daljši dobavni rok. Kupec prične s sodelovanjem že pred nabavo materiala, saj je ta velikokrat namenski in bo uporabljen le za to naročilo, zato ga podjetje nima na zalogi. Pri izdelavi na zalogo in montaži po naročilu podjetje ne ve, kdaj in koliko določenega izdelka bo kupec kupil, pri izdelavi po naročilu pa ne ve niti, kaj bo kupec kupil, zato je povpraševanje zelo težko napovedati. Pri izdelavi po naročilu je ključna komunikacija s kupcem, dobro razumevanje želja kupca in prenos teh v proizvodnjo. Skrajna oblika izdelave po naročilu je razvoj po naročilu (angl. Engineer to order – ETO), pri katerem se sodelovanje s kupcem začne že pri razvoju izdelka, ki so velikokrat razviti za določenega kupca, ki tudi krije stroške razvoja (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011, str. 52).

2.4 Hierarhično planiranje proizvodnih virov

Hierarhično planiranje proizvodnih virov vključuje vse funkcije planiranja z namenom usklajevanja plana prodaje, plana proizvodnje in plana uspeha poslovanja. Hierarhično planiranje poteka od zgoraj navzdol, torej od planiranja na ravni podjetja do planiranja na ravni družin izdelkov, vse do planiranja točno določenega končnega proizvoda. Od zgoraj navzdol se časovni horizont krajša, natančnost planov se večja. S planom višjih ravni so določene omejitve in cilji planov nižjih ravni. Če plan nižje ravni ni izvedljiv, je nujna revizija plana višje ravni (Ljubič, 2006, str. 41). Slika 4 prikazuje vse ravni hierarhičnega planiranja s povratnimi zankami glede na izvedljivost.

Planiranje se začne s poslovnim planom podjetja. V poslovnem planu podjetja je določeno, katere skupine izdelkov bo podjetje proizvajalo in tržilo v prihajajočem srednjeročnem obdobju. Gre za dogovor med finančnim oddelkom, tržnim oddelkom, proizvodnjo in razvojem. Poslovni plan ne določa specifičnih aktivnosti, ki so nujne za doseganje dolgoročnih ciljev podjetja, vendar predstavlja grobi plan, na katerem temelji agregirano planiranje proizvodnega programa (Kumar & Suresh, 2006, str. 115).

Slika 4: Diagram hierarhičnega planiranja proizvodnje



Prirejeno po Ljubič (2006).

2.4.1 Agregirano planiranje proizvodnega programa

Agregirano planiranje proizvodnega programa je proces, s katerim se izdelava generalni proizvodni plan za vse vrste proizvodnih operacij znotraj podjetja. Agregirani plan proizvodnega programa temelji na napovedi prodaje in prejetih naročilih kupcev. Z agregiranim planiranjem podjetje pripravi načrt, kako bo zadostilo napovedano povpraševanje za naslednjih šest do osemnajst mesecev. V agregatnem planu je navedena vsota vseh izdelkov, ki bodo izdelani v danem obdobju znotraj osemnajstih mesecev, in kapacitete, ki so nujne za njihovo izdelavo. Plan torej ni razdeljen na posamezne končne izdelke (Gupta & Starr, 2014, str. 122). Chase, Shankar in Jacobs (2018) opisujejo tri pristope, s katerimi lahko podjetje kreira agregirani plan proizvodnje. Prvi pristop je izdelava plana na podlagi letnega poslovnega plana podjetja, v katerem je zapisano, koliko izdelkov posamezne družine bo treba izdelati glede na letno napoved prodaje. Planer proizvodnje nato na podlagi tega izdelava najprimernejši proizvodni plan glede na kapacitete proizvodnje. Pri drugem pristopu se izračuna povprečen izdelovalni čas vseh končnih izdelkov v napovedi

prodaje, nato se nujne količine izdelkov, ki bodo izdelani v danem planskem obdobju, razdeli na manjše časovne enote. Tretji pristop izdelave agregatnega plana temelji na izdelavi različnih osnovnih planov proizvodnje, ki se jih med seboj primerja glede na nujne vire za doseganje napovedi prodaje.

Glede na zastavljen agregiran plan proizvodnega programa se izvede agregirano planiranje proizvodnih kapacitet, s katerim se preveri, če je agregirani plan proizvodnega programa izvedljiv glede na omejitve kapacitet. Agregirani plan proizvodnih kapacitet določa, kolikšen delež kapacitet bo porabljen za vse proizvodne lokacije, oddelke in proizvodne celice. V danem obdobju so kapacitete strojev fiksne, zato se lahko nihanju povpraševanja podjetje prilagodi na štiri načine:

- z zaposlovanje oziroma odpuščanjem delovne sile glede na povpraševanje trga po končnih izdelkih,
- z določanjem števila nadur pri konstantni delovni sili,
- z zalogo končnih izdelkov v primeru večjega povpraševanja trga,
- z izdelavo izdelkov pri kooperantih v primeru večjega povpraševanja trga.

Na agregiranem planu, s katerim so določeni izdelki, ki se bodo izdelovali in za to nujne kapacitete, temelji osnovni plan proizvodnje (Kumar & Suresh, 2006, str. 115 in 118).

2.4.2 Osnovni plan proizvodnje

Osnovni plan proizvodnje podrobno določa, koliko in kateri končni izdelki se bodo izdelovali na tedenski ravni glede na naročila kupcev in napoved prodaje. Osnovni plan proizvodnje povezuje proizvodno in tržno funkcijo, saj je iz njega razvidno, kdaj bodo izdelki za določeno naročilo izdelani in pripravljeni za pošiljanje. Funkcije osnovnega plana proizvodnje so pretvorba agregatnega plana v plan proizvodnje specifičnih končnih izdelkov, določanje dejanske potrebe kapacitet. Tako podjetje poskrbi za visoko izkoriščenost kapacitet in določanje, kdaj bodo izdelani izdelki za posamezna naročila (Kumar & Suresh, 2006, str. 120). Osnovni plan za vsak izdelek, ki se bo izdeloval in za vsako časovno enoto navaja (Ljubič, 2006, str. 152):

- primarne potrebe, glede na napoved prodaje in že prejeta naročila,
- izvenplanske potrebe, kot so potrebe proizvodnje drugih enot, potrebe servisnih oddelkov, vzorcev, nujnih za razvoj,
- plan proizvodnje, ki navaja predvideno količino za izdelavo,
- razpoložljive zaloge,
- naročila proizvodnji, ki so lahko fiksna, predvidena ali pa informativna naročila, ki so nujna za pokrivanje plana proizvodnje.

Osnovni plan proizvodnje je osnova za zaloge končnih izdelkov, polizdelkov in materialov, zato so lahko spremembe osnovnega plana drage. Višanje proizvodnih količin ima lahko za

posledico pomanjkanje potrebnega materiala, zakasnjene pošiljke strankam in višje stroške nabave materiala. Posledica nižanja proizvodnih količin je lahko neporabljena zaloga materiala in polizdelkov, ki predstavlja strošek zaloge. Zaradi naštetih razlogov se nekatera podjetja, ki izdelujejo na zalogo, odločajo za zamrznitev osnovnega plana proizvodnje in s tem onemogočijo kratkoročne spremembe (Krajewski, Malhotra & Ritzman, 2015, str. 443).

2.4.3 Planiranje materialnih potreb

Osnovnemu planiranju proizvodnje sledi planiranje materialnih potreb, s katerim se določi sortiment, količina in rok porabe vseh materialov in polproizvodov, nujnih za izdelavo končnih izdelkov, planiranih v osnovnem planu proizvodnje. Glede na plan materialnih potreb se izvedejo naročila proizvodnji za izdelavo polizdelkov in nabavna naročila dobaviteljem. Poznamo deterministični in stohastični pristop planiranja materialnih potreb. Pri determinističnem pristopu se materialne potrebe planirajo z razgrajevanjem proizvodne strukture, glede na proizvodni program. Deterministični plani navajajo potrebe za celotno plansko obdobje. Pri stohastičnem pristopu se materialne potrebe planirajo glede na napoved porabe materiala, ki temelji na podatkih porabe v preteklosti. Stohastični plani niso nujno časovno orientirani. Pri stohastičnem planiranju se približno enkrat letno izvede napovedovanje potreb, določi se dobavne čase, optimalno količino za naročanje in izdelavo, signalno zalogo in interval naročanja. Na tedenski ali mesečni ravni se preveri stanje zalog, če je zaloga padla pod signalno zalogo, se dobavitelju naroči optimalno količino za naročanje (Ljubič, 2006, str. 174).

2.4.4 Planiranje kapacitet

Poleg planiranja materialnih potreb na osnovnem planu temelji tudi planiranje kapacitet. S planiranjem kapacitet podjetje določi nujno količino dela, ki jo opravi delavec ali delovno sredstvo, da doseže zadane plane. Povpraševanje trga je le redko enakomerno razporejeno preko planskega obdobja, zato je nujno usklajevanje nepogrešljivih in razpoložljivih kapacitet, ki ga lahko dosežemo tako, da razpoložljive kapacitete prilagodimo obremenitvi ali obratno, da obremenitev prilagodimo razpoložljivim kapacitetam. Kapacitete se obremenitvi najlažje prilagodijo tako, da se poveča obseg delovnega časa z nadurami ali z delom na dela proste dni. Lahko jih povečamo tudi z začasno povečanim obsegom delovne sile ali s kooperacijami. Kadar se kapacitete prilagajajo obremenitvi, se povečajo stroški izvedbe, izdelavni roki pa ostajajo enaki. Obremenitve se razpoložljivim kapacitetam prilagodijo tako, da se preobremenitev prenese v prvi termin prostih kapacitet ali se preobremenitev prenese v naslednje obdobje, kar povzroči premik vseh ostalih planiranih obremenitev (Ljubič, 2006, str. 205).

2.4.5 Terminsko planiranje

Če je osnovni plan proizvodnje izvedljiv glede na razpoložljive kapacitete in dostopnost nujnega materiala, sledi terminsko planiranje, s katerim se za vsako terminsko enoto podrobno določi razvrstitev dela in sosledje operacij na posameznem delovnem mestu. Določiti je treba, koliko časa se bodo izvajale nujne operacije, na kateri lokaciji ter njihov začetni in končni termin. Ko ima podjetje izdelan terminski plan proizvodnje, je pred dejanskim začetkom proizvodnje nujno le še lansiranje proizvodnje, s katerim se določijo in razvrstijo delovni nalogi ter razdeljevanje dela, pod katerega spada dostava materiala na delovna mesta in zagotavljanje nujnega orodja in naprav (Ljubič, 2006, str. 46 in 225).

Malo verjetno je, da bo podjetje s terminskim planiranjem uspelo doseči optimalni plan proizvodnje za vse operacije, ki jih bo treba izvesti za izdelavo naročenih kosov, vseeno pa je v interesu podjetja, da izdelava čim boljši plan. Podjetja pri izdelavi terminskega plana zasledujejo cilje, kot so doseganje zastavljenih rokov izdelave, čim manj nedokončane proizvodnje, visoka izkoriščenost naprav, čim krajši časi nastavljanja nastavitev naprav, čim nižji stroški proizvodnje oz. najbolj optimalno kombinacijo vseh ciljev (Nahmias & Olsen, 2015, str. 495).

Gupta in Starr (2014) delita terminiranje proizvodnje na dva koraka, delitev operacij na delovna mesta in določanje zaporedja operacij. V prvem koraku se vse ne operacije za izdelavo naročenih kosov razdelijo na različne lokacije, oddelke, delovna mesta, potrebne naprave ali med zaposlene. Upoštevati je treba, da niso vse naprave primerne za izvedbo vseh operacij in da so nekateri zaposleni bolj primerni za določene operacije kot drugi. Pri tem se predpostavi, da bo nujen material zagotovljen in na voljo ob pravem času. V drugem koraku se določi zaporedje dodeljenih operacij. Pri določanju zaporedja podjetje sledi vsem zgoraj naštetim ciljem, pri čemer je treba upoštevati dejavnike, ki vplivajo na terminski plan, kot so število in raznolikost naprav, nujnih za izvedbo delovnih operacij, čas, ki je nujen za izvedbo operacij, točno določeno sosledje operacij in število ter usposobljenost zaposlenih v proizvodnji. Posebno pozornost je treba nameniti delovnemu urniku zaposlenih, pri katerem je podjetje omejeno z zakonom in pogodbami, ki so sklenjene z zaposlenimi ali sindikati. Treba je upoštevati dela proste dni in dopust zaposlenih, njihove psihološke potrebe ter nenazadnje tudi njihove preference in želje (Krajewski, Malhotra & Ritzman, 2015, str. 388).

3 SISTEMI ZA PLANIRANJE IN KONTROLO PROIZVODNJE

Sistemi za planiranje in kontrolo proizvodnje (angl. Production planning and control systems, v nadaljevanju PPC) so orodje, s katerim si podjetje pomaga pri planiranju in kontroli procesov, povezanih s proizvodnjo, kot so upravljanje s tokom materiala in izkoriščanje polne zmogljivosti kapacitet naprav in delovne sile. Sistemi PPC glede na napoved povpraševanja in prodajnega plana nudijo informacije za stroškovno učinkovito

osnovno planiranje, pri katerem so proizvodne kapacitete racionalno izkoriščene, hkrati pa podjetje dosega povpraševanje trga (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann, 2011, str. 1).

Sistemi PPC nudijo podporo pri dolgoročnih, srednjeročnih in kratkoročnih odločitvah. Pri dolgoročnem planiranju sistemi PPC nudijo podporo pri odločitvah glede nujnih kapacitet v prihodnosti, kot so geografske lokacije, dobavitelji, naprave in delovna sila. Srednjeročno so sistemi PPC v pomoč pri planiranju prave količine in asortimenta produktov glede na povpraševanje. To vključuje planiranje dobav materiala ob pravem času, vzdrževanje zadostne zaloge polizdelkov in planiranje zaloge končnih izdelkov na različnih geografskih lokacijah. Sistemi PPC nudijo informacije, na podlagi katerih lahko podjetje kupcem priskrbi točne informacije o dobavnih rokih in količinah, dobaviteljem pa realne podatke o materialnih potrebah. Kratkoročno na podlagi informacij, ki jih nudi sistem PPC, podjetje planira dnevne potrebe materiala in kapacitet za doseganje zadanih proizvodnih ciljev. Sistem PPC sledi porabi materiala in izkoriščenosti zmogljivosti ter v primeru nepričakovanih dogodkov, kot so preklic naročila ali zamude v dobavah, omogoča hitro odzivnost in nudi podporo pri reševanju nepričakovanega problema (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann, 2011, str. 2).

3.1 Potisni in vlečni princip proizvodnje

Z izbiro podjetja primerne sistema PPC je povezana tudi izbira med potisnim (angl. Push production system) in vlečnim principom (angl. Pull production system) proizvodnje. Glavna razlika med principoma je izvor signala za začetek proizvodnje določenega proizvoda. Pri potisnem principu signal izvira iz napovedi prodaje, ki narekuje, kdaj in koliko določenega proizvoda bo treba proizvesti, da zadostimo pričakovano povpraševanje. Pri vlečnem principu signal za začetek proizvodnje določenega proizvoda izvira iz povpraševanja kupca. Povpraševanje po določeni količini proizvoda sproži izdelavo končnega izdelka, ki za predhodno delovno postajo predstavlja povpraševanje po polizdelku, ki ga izdeluje in tako se verižno sprožita izdelava ter nabava vseh nujnih surovin in polizdelkov za izdelavo končnega izdelka. Oba principa imata svoje prednosti in slabosti. Prednost potisnega principa je v tem, da omogoča polno zasedenost proizvodne opreme, glavna slabost pa, da se polizdelki in izdelki proizvajajo tudi, kadar po njih ni takojšnje potrebe, zato se večinoma skladiščijo, kar podjetju predstavlja strošek. Prednost vlečnega principa je usklajenost vseh delovnih postaj proizvodnje, da proizvajajo le toliko, kot je nujno, zato so zaloge polizdelkov in končnih izdelkov praviloma nizke. Slabost vlečnega sistema se kaže v tem, da proizvodne kapacitete velikokrat niso polno izkoriščene, prav tako pa lahko pride do situacije, ko je povpraševanje večje od kapacitet in podjetje ne uspe v polni meri zadostiti povpraševanja. Omenjena principa predstavljata dve skrajnosti planiranja proizvodnje, zato se podjetja velikokrat odločajo za »hibridni« pristop, kjer izkoristijo prednosti obeh principov. Pri tem nujen material naročajo glede na napoved, samo izdelavo planirajo glede na potrebe trga ali pa pri odločitvi o začetku proizvodnega procesa upoštevajo tudi čas izdelave in imajo vedno nekaj zaloge polizdelkov z dolgim proizvodnim

časom, in tiste, katerih izdelava je hitra, izdelujejo glede na potrebe trga (Benton, 2013, str. 202).

Najbolj prepoznaven sistem PPC, ki temelji na potisnem principu, je sistem za planiranje materialnih potreb, kot predstavnik vlečnega principa pa je v literaturi največkrat omenjen koncept vitke proizvodnje, pri katerem je potisni princip vzpostavljen z uporabo kanban kart. Uporaba kanban kart ni primerna za vsa podjetja, zato so se v praksi razvili tudi drugi sistemi PPC, ki temeljijo na vlečnem principu, kot so sistem konstantnega izvajanja procesa in sistem nadzora delovne obremenitve. Kot hibridni pristop je v literaturi največkrat omenjen sistem kart med pari proizvodnih celic z avtoriteto. Vsi omenjeni sistemi PPC so podrobneje opisani v nadaljevanju.

3.2 Sistem za planiranje materialnih potreb – MRP in sistem za planiranje virov - MRP II

Sistemi za planiranje materialnih potreb (angl. Material requirement planning, v nadaljevanju MRP) so orodje, s katerim podjetja glede na napoved povpraševanja končnih izdelkov izračunajo, kdaj in koliko določenega materiala bodo potrebovala, da bodo zadostila povpraševanju (Benton, 2013, str. 149). Pred sistemom MRP so se podjetja večinoma posluževala metode optimalne količine naročanja (angl. economic order quantity – EOQ), a sta razvoj in množična uporaba računalnikov omogočila uporabo sistemov MRP, za katere je nujna množica izračunov na podlagi napovedi povpraševanja in stanja zalog, ki so bili mogoči tudi pred uporabo računalnikov, vendar so bili preveč obsežni in zamudni (Chapman, 2006, str. 126).

Za delovanje sistema so nujni: osnovni plan proizvodnje (angl. Master production schedule), dobavni roki materiala, osnovne kosovnice proizvodov, ki jih nameravamo proizvajati, in podatek o stanju zalog. Osnovni plan proizvodnje vsebuje podatek o nujnih količinah na določen dan v prihodnosti glede na prejeta naročila strank in napoved povpraševanja. Slika 5 prikazuje primer osnovnega plana proizvodnje za določen izdelek, iz tega so razvidni osnovni podatki izdelka, potrebe po izdelku, količine planirane izdelave in zaloga na tedenski ravni. Glede na osnovno kosovnico proizvoda sistem MRP na podlagi dobavnih rokov materiala in stanja zalog izračuna, kdaj, koliko in katere materiale je treba naročiti, da bo podjetje zadostilo povpraševanju (Benton, 2013, str. 152). Poleg pregleda materialnih potreb v prihodnosti sistem MRP podjetju omogoča tudi poročila glede stroškov materiala, poročila o porabi določenega materiala in primerjavo planiranega in dejanskega dobavnega roka. Sistem MRP uporabnika opozarja o potrebi po materialu, spremembah končnih terminov rokov izdelave in ponuja poročila o stanju zalog (Benton, 2013, str. 154).

Uporaba sistema MRP olajša delo planerjem proizvodnje, saj omogoča lažji pregled nad dogodki in potrebah materiala v prihodnosti. Za pravilno delovanje sistema je bistvenega pomena točnost podatkov o stanju zalog in porabi materiala ter usposobljen kader, ki razume, kaj sistem ponuja in kako deluje, ter zna sistem uporabljati učinkovito. Izziv, s katerim se

podjetje lahko sreča pri uporabi sistema MRP, je hitro spreminjajoče se poslovno okolje, zaradi katerega je nujno redno osveževanje plana. Osveževanje je bilo zelo zamudno predvsem včasih, ko so imeli računalniki slab bralno-pisalnik pomnilnik, zato so podjetja velikokrat operirala na zastarelih podatkih (Chapman, 2006, str. 141). Izziv predstavljajo tudi nepredvidljivi dogodki, kot so zamude dobaviteljev, neuporaben material ali preklici naročil. Podjetja negativne učinke nepredvidljivih dogodkov največkrat ublažijo z varnostno zalogo kritičnih materialov (Chapman, 2006, str. 145). Uporaba sistema MRP ima tudi svoje omejitve. Sistem MRP ne upošteva zmogljivosti proizvodnje, zato je treba hkrati uporabljati tudi orodje za planiranje nujnih kapacitet. Sistem MRP predvideva, da so dobavni roki konstantni, kar v praksi ne drži (Benton, 2013, str. 164).

Slika 5: Primer zapisa osnovnega plana proizvodnje

osnovni plan proizvodnje za obdobje: februar - marec 2021									
ident:	ime izdelka:		enota mere:				izdelovalni čas:		
1547	izdelek 6		kos				4 delovne dni		
teden	5	6	7	8	9	10	11	12	13
potrebe prodaje	120	100	150	180	100	120	140	190	150
izven plana				50					100
skupaj	120	100	150	230	100	120	140	190	250
plan. Proizvodnje	600				550				700
zaloga	480	380	230	0	450	330	190	0	450

Prirejeno po Ljubič (2006).

Omejitve sistema MRP so privedle do razvoja njegove druge generacije, ki pri kreiranju proizvodnih planov upošteva tudi informacijo o zasedenosti proizvodnje in povratno informacijo nabave o realnih dobavnih rokih, kar omogoča bolj realne proizvodne plane. Ta se je kmalu razvil v sistem za planiranje virov (angl. Manufacturing resource planning, v nadaljevanju MRP II). Ker izračuni sistema MRP predstavljajo glavno aktivnost proizvodnje, so uporabni tudi za planiranje aktivnosti drugih oddelkov podjetja, kot so trženje, finance in človeški viri. MRP II je bil torej razvit kot sistem, ki poleg planiranja proizvodnje omogoča tudi planiranje človeških potreb, dodatnih potreb naprav in orodja ter planiranje denarnih tokov. Z uporabo sistema MRP II vsi oddelki v podjetju za poslovanje uporabljajo enako podatkovno bazo, kar omogoča učinkovito deljenje informacij in komuniciranje med oddelki (Mahmoud, 2015, str. 2). Zadnja stopnja razvoja je celovita programska rešitev, ki zajema vse funkcije MRP II, poleg tega pa združuje še podatke vseh poslovnih enot podjetja v eno bazo in s tem omogoča boljši pregled ter lažje sprejemanje strateških odločitev (Benton, 2013, str. 167).

3.3 Vitka proizvodnja in metoda kanban kart

Koncept vitke proizvodnje (angl. Lean production ali Just in time, v nadaljevanju JIT) se je začel razvijati v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja na Japonskem v podjetju Toyota Motor Company, kjer so zaradi energetske krize želeli minimizirati izmet in s tem povečati

stroškovno učinkovitost. Danes pristop vitke proizvodnje uporabljajo podjetja po celem svetu, ne glede na velikost in razmestitev proizvodnje. Podjetja, ki uporabljajo JIT, ne odpravljajo le energetskih potrat, ampak tudi vse nepotrebne premike materiala, potrato časa, prekomerne količine zaloge in izgubo, ki jo povzročijo slaba kvaliteta ali napake. Poleg odpravljanja potrat in izgub je cilj pristopa vitke proizvodnje tudi visoka izkoriščenost omejenih sredstev in izločanje aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti. Zadane cilje vitke proizvodnje podjetja dosegajo s krajšanjem postavljalnih časov opreme, proizvodnjo v manjših šaržah, uporabo metod za minimiziranje napak in slabe kvalitete, kot sta celovito obvladovanje kakovosti (angl. Total quality management), poka yoke, in večanje fleksibilnosti (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann, 2011, str. 369).

Za doseganje ciljev vitke proizvodnje je velikokrat nujna popolna reorganizacija strategije in načina dela v podjetju. Razlog za prekomerne zaloge in potrato časa so večinoma negotovosti notranjega in zunanega poslovnega okolja. Z optimiziranjem poslovnih in proizvodnih procesov se jim podjetje lahko izogne in s tem izboljša svoj poslovni uspeh. Najpogostejše negotovosti so:

- Nepredvidljivost dogajanja na trgu, katerim se podjetja lahko zoperstavijo s krajšimi izdelovalnimi časi, zaradi katerih se skrajša nujen časovni horizont napovedi povpraševanja (Chapman, 2006, str. 198). Izdelovalne čase najučinkoviteje skrajšamo s krajšanjem časov postavljanja in nastavljanja opreme. Krajši roki izdelave podjetju omogočajo proizvodnjo manjših šarž, s katerimi se lahko podjetje hitreje odzove na spremembe na trgu in v določenem terminu proizvede več različnih vrst izdelkov (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann, 2011, str. 369).
- Slaba kvaliteta proizvodov, zaradi katere podjetje izdeluje večjo količino proizvodov, da lahko pokrije vsa naročila, rezultat tega pa je višja zaloga materiala in končnih izdelkov. Slabi kvaliteti se podjetje lahko izogne z metodo celovitega obvladovanja kakovosti (Chapman, 2006, str. 198).
- Človeške napake, ki v proizvodnji rezultirajo v slabih kosih, ki niso primerni za prodajo. Izognemo se jim lahko z metodo poka yoke, katere cilj je oblikovanje procesov in orodja na način, ki onemogoča, da bi prišlo do človeške napake (Chapman, 2006, str. 198).
- Netočna podatkovna baza. Če so podatki o trenutnih zalogah nezanesljivi, bo podjetje raje naročilo malo več in se s tem izognilo pomanjkanju materiala. Ko podjetje s pristopom JIT zmanjša zalogo, se posledično odpravi tudi problem netočne podatkovne baze, saj je manjšo zalogo lažje nadzirati (Chapman, 2006, str. 198).
- Okvare opreme, ki povzročajo zastoje v proizvodnji. Da se jim podjetje izogne, je nujno redno in temeljito vzdrževanje (Chapman, 2006, str. 198).
- Problemi z delovno silo se pojavijo, ko v določenem trenutku podjetje nima dovolj ljudi, ki bi znali opraviti določeno operacijo. Za preprečevanje problema je nujno redno urjenje zaposlenih, s čimer povečamo njihovo fleksibilnost, da lahko opravljajo delo na različnih delovnih mestih (Chapman, 2006, str. 198).

- Problemi z dobavitelji. Če so dobavitelji podjetja nezanesljivi, mora podjetje imeti na zalogi rezervo materiala, da se izogne zastojem v proizvodnji zaradi premajhne količine ali slabe kakovosti dobavljenega materiala. Problemu se podjetje lahko izogne z uporabo enega samega dobavitelja za določen material, s katerim razvije tesne poslovne odnose. Dobavitelj zato bolje razume potrebe podjetja in čuti večjo zavezanost dogovorom o kakovosti in količini (Chapman, 2006, str. 198).

Vitka proizvodnja je filozofija oziroma pristop k poslovanju, ki naj bi podjetju omogočil enostavno vodenje in planiranje proizvodnje (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann, 2011, str. 367), ko pa je govora o sistemih PPC, je kot del vitke proizvodnje v literaturi omenjen pristop kanban kart. Z uporabo kanban kart lahko določena proizvodna celica predhodni celici v proizvodni verigi signalizira, da potrebuje več polizdelkov. Vsaka kanban karta je vezana na škatlo ali zabojnik, na njej pa je zapisana koda polizdelka, količina, proizvodna celica, na katero se nanaša, in lokacija skladiščenja. Ko proizvodna celica porabi zabojnik polizdelkov, odnese kanban karto proizvodni celici, ki izdeluje polizdelek in vzame poln zabojnik. Prejem kanban karte, ki ni vezana na zabojnik, predstavlja signal, da lahko celica prične z izdelavo. Število kanban kart omejuje količino polizdelkov, saj lahko proizvodna celica prične z izdelavo količine, navedene na kanban karti, šele ko dobi kanban karto. Določena kanban karta se giblje le med dvema proizvodnima celicama, sistem kanban kart je vzpostavljen med vsemi sosednjimi celicami v proizvodnji verigi. Slika 6 prikazuje primer dveh proizvodnih celic v mirovanju v podjetju, ki uporablja sistem kanban kart, slika 7 pa prikazuje premik kanban kart in izdelkov med celicama.

Slika 6: Primer dveh proizvodnih celic v mirovanju



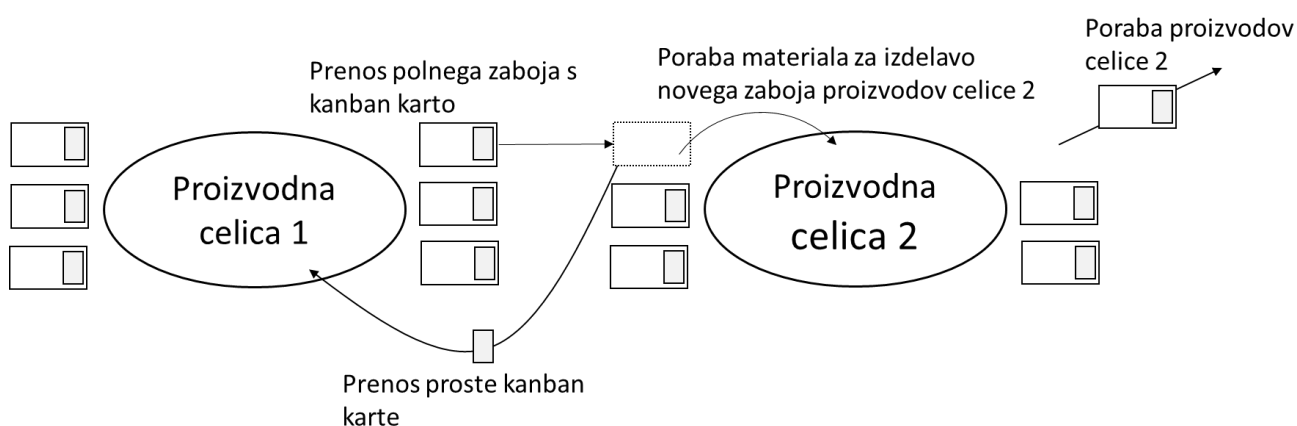
Prيرهeno po Chapman (2006).

Kanban karto je možno predati tudi dobavitelju kot signal, da podjetje potrebuje novo pošiljko materiala, vendar so te večinoma v elektronski obliki. Pri metodi kanban ni vnaprej določenih urnikov proizvodnje, saj deluje po strategiji potega, a se je treba držati pravila, da je določena kanban karta vezana na določeno proizvodno celico, da ima vsak zabojnik le eno kanban karto, da se vedno napolni do navedene količine, in pravila, da se proizvodnja nikoli ne prične brez kanban karte, če želimo, da sistem deluje (Chapman, 2006, str. 208)

Z uporabo metode kanban se lahko podjetje loti tudi izboljševanja proizvodnih procesov. Kadar proces teče gladko, je to lahko znak, da ima podjetje previsok nivo zaloge, ki omogoča, da problemi, kot so okvare strojev, slaba kvaliteta proizvodov ali nefleksibilnost

delovne sile, nimajo negativnega učinka na čas izdelave. Podjetje lahko omenjene probleme prepozna tako, da zmanjšuje število kanban kart, dokler se kot rezultat nižje zaloge ne pokaže prvi problem. Več kanban kart je odstranjenih, zaloga je nižja in več problemov pride na plano. Priporočljivo je, da podjetje rešuje le en problem hkrati in se s tem izogne večjim zastojem v proizvodnji. V času reševanja problema naj se v sistem vrnejo vse odstranjene kanban karte, z nadaljnjim odstranjevanjem in prepoznavanjem problemov pa lahko podjetje nadaljuje šele, ko je odpravljen prvi problem (Chapman, 2006, str. 214).

Slika 7: Premik kanban kart in izdelkov med celicama



Prirejeno po Chapman (2006).

3.4 Kanban s stalno enako količino obdelovancev v procesu

Kritiki klasičnega sistema kanban kart trdijo, da je ta učinkovit le za podjetja, ki se poslužujejo množične proizvodnje, manj učinkovit pa je za podjetja, ki proizvodnjo planirajo glede na prejeta naročila. Klasičen sistem kanban ni primeren za podjetja, ki izdelujejo veliko različnih proizvodov, saj bi potrebovala veliko število zabojnikov za vse polizdelke, kar bi bilo prostorsko neučinkovito in količina nedokončane proizvodnje previsoka. Kanban s stalno enako količino obdelovancev v procesu (angl. Constant work in progress, v nadaljevanju CONWIP) je bil razvit za podjetja, ki bi rada izkoristila prednosti vlečnega sistema, vendar klasičen sistem kanban ni primeren za njihovo vrsto proizvodnje (Spearman, Woodruff & Hopp, 1990).

Enako kot kanban tudi sistem CONWIP uporablja karte in zabojnike, ki signalizirajo začetek proizvodnje določenega izdelka in količino, ki jo je treba izdelati. Za razliko od sistema kanban, kjer so karte vezane na izdelavo določenega polizdelka, so karte pri sistemu CONWIP vezane na celotno proizvodno linijo, in ne določajo določenega končnega izdelka. Končni izdelek se karti določi glede na naročila, ki še niso šla v izdelavo po pravilu FIFO, pod pogojem, da je za izdelavo na voljo ves nujen material na začetku proizvodne linije. Karta preide v proizvodnjo, ko ima prva nujna operacija proste kapacitete (Spearman, Woodruff & Hopp, 1990).

Z uporabo sistema CONWIP novo naročilo ne bo šlo v proizvodnjo, dokler ne bo na razpolago prosta karta, ki signalizira proste kapacitete. S tem podjetje poskrbi za ravnovesje med vložki in izložki ter doseže maksimalno pretočnost brez previsoke zaloge nedokončane proizvodnje. Pozitivni učinki nizke zaloge nedokončane proizvodnje so hitro zaznavanje slabo izdelanih polizdelkov, kar podjetju omogoča, da odpravi vzrok slabih polizdelkov, preden se izdelava večja količina. Pozitiven učinek predstavlja tudi manjša prostorska zapolnjenost delovnega mesta, kar delavcem olajša iskanje polizdelkov in zmanjša možnost izgube ali nezgodnega uničenja izdelanih polizdelkov. Manjša zaloga podjetje prisili, da procesi tečejo gladko, saj je težje tolerirati okvare naprav, slabo izdelane kose in potratno porabo časa (Spearman, Woodruff & Hopp, 1990).

3.5 Sistem kart med pari proizvodnih celic z avtorizacijo

Poleg sistema CONWIP se je kot odgovor na neučinkovitost sistema kanban razvil tudi sistem kart med pari proizvodnih celic z avtorizacijo (angl. Paired cell Overlapping Loops of Cards with Authorization, v nadaljevanju POLCA). Sistem POLCA je v primerjavi z sistemom kanban in CONWIP primernejši za podjetja z visoko variacijo izdelkov, ki se izdelujejo v manjših količinah (Eng, Ching & Siong, 2015, str. 2).

Krishnamurthy in Suri (2009) opisujeta sistem kanban kot sistem za obnavljanje zalog polizdelkov glede na porabo, pri čemer mora imeti podjetje konstantno minimalno zalogo materiala in polizdelkov. Kanban je bil zasnovan za podjetja z množično proizvodnjo in enakomernim povpraševanjem. Za ta podjetja je stanje zalog primeren indikator potrebe po polizdelkih, neučinkovit pa je pri podjetjih z nekonstantnim povpraševanjem, ki proizvajajo veliko različnih proizvodov v manjših količinah, saj bi vodil v prevelike zaloge polizdelkov (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 3).

Sistem POLCA uporablja za planiranje proizvodnje značilnosti vlečnega in potisnega principa. Z izdelavo določenega naročila lahko proizvodnja začne, ko prejme nujen material in ko ima prosto karto POLCA. Izdajo materiala za določeno naročilo določa sistem MRP. Prejem materiala daje celici signal, da lahko prične z izdelavo določenega naročila, pod pogojem, da ima tudi prosto karto POLCA. To celica dobi od naslednje celice, ki bo porabljala izdelane polizdelke. Karta je torej vezana na dve celici, celico, ki izdeluje določen polizdelek, in celico, ki ga porablja. Različni proizvodi imajo glede na svoje lastnosti različno pot med celicami v proizvodnji, zato so celice s kartami POLCA povezane z različnimi predhodnimi in prihodnjimi celicami v proizvodni verigi. Z uporabo kart POLCA podjetje zagotovi, da določena celica izdeluje polizdelke le, če ima naslednja celica proste kapacitete, da bo polizdelke v bližnji prihodnosti tudi porabila, s čimer se izogne previsoki zalogi polizdelkov. V času, ko čaka na karto POLCA za določeno naročilo, lahko opravlja nujne operacije za druga naročila, za katere je karta na voljo. Karta ni vezana na določen polizdelek, ampak na kapaciteto celice, ki sledi v proizvodni verigi, medtem ko vrsto naročila določa sistem MRP. Za razliko od kanban karte, kjer prosta karta vedno pomeni

začetek izdelave, mora pri sistemu POLCA celica imeti tudi dovoljenje sistema MRP, da prične z izdelavo določenega naročila (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 3).

Implementacija sistema POLCA poteka v štirih korakih. Naprej je treba oceniti primernost proizvodnje za uporabo sistema POLCA, nato oblikovati sistem, ga implementirati v proizvodnjo in nato še oceniti učinkovitosti sistema (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 5).

Dva pogoja, nujna za implementacijo sistema POLCA, sta skupinska razmestitev proizvodnje in uporaba sistema MRP, ki lahko na podlagi kapacitet in pretočnih časov določi, kdaj je treba začeti z izdelavo določenega naročila. Če kapaciteta in pretočni čas nista znana za vse oddelke, jih je pred implementacijo treba določiti. Pred implementacijo se določijo tudi cilji in kazalniki, s katerimi se bo ovrednotila učinkovitost sistema POLCA (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 6).

Pri oblikovanju sistema POLCA je treba prepoznati vse pare celic, za katere so potrebne karte POLCA, določiti, kdaj bodo naročila prenesena v proizvodnjo, določiti količino dela, ki ga bodo opredeljevale karte, oblikovati njihov izgled in določiti njihovo število. Ko podjetje določi, kdaj bodo naročila, ki se bodo izdelovala v naslednjem planskem obdobju, prešla v proizvodnjo, se za vsak oddelek izdelava urnik proizvodnje, v katerem je za vsa naročila zapisano, kdaj se izdelava lahko prične, oddelek, ki sledi v proizvodnji verigi, in vrsta karte POLCA, ki je nujna za izdelavo. Količina dela, ki ga opredeljuje karta POLCA, ne sme biti prevelika, saj bi to povzročilo neredne signale o prosti kapaciteti, prav tako pa ne sme biti prenizka, saj bi bil zaradi prevelikega števila kart otežen nadzor nad lokacijo posamezne karte. Pri oblikovanju izgleda kart POLCA je pomembno, da ta vsebuje akronim celic, med katerimi karta potuje, podroben opis obeh celic in serijsko številko karte, ki je nujna za spremljanje lokacije kart POLCA. Primerno število kart med dvema oddelkoma se izračuna glede na pretočni čas obeh oddelkov in število naročil, ki se bodo izdelala v planskem obdobju. Poleg primarnih kart je priporočljivo, da ima podjetje tudi varnostne karte, ki se uporabijo, kadar se izdelava določenega naročila ustavi zaradi slabe kvalitete, pomanjkanja materiala ali okvare naprav. Varnostna karta začasno zamenja primarno karto, ki je vezana na zaustavljeno izdelavo naročila, s čimer se podjetje izogne neizkoriščenim kapacitetam zaradi pomanjkanja kart POLCA (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 6).

Pri implementaciji sistema POLCA je priporočljivo, da se določi oseba, ki bo zadolžena za odgovarjanje na vprašanja in nejasnosti glede sistema in delovala kot medij med vrhnjim menedžmentom in skupino, ki je zadolžena za implementacijo sistema POLCA. Za učinkovito delovanje sistema je treba pri implementaciji nov sistem predstaviti vsem operaterjem in ostalim zaposlenim, na katere bo vplival nov sistem (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 8).

Po končanem planskem obdobju se ovrednoti učinkovitost sistema glede na kazalnike, kot so pretočni časi oddelkov in pretočni časi različnih produktov, ki so bili določeni pred implementacijo (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 6).

3.6 Sistem nadzora delovne obremenitve

Manjša in srednje velika podjetja, ki izdelujejo izdelke po naročilu, imajo večinoma visoko variacijo izdelkov, zato težje standardizirajo procese v proizvodnji, saj za različna naročila ne porabljajo enakih materialov in enakih postopkov izdelave. Ta podjetja se ne morejo posluževati pristopov vitke proizvodnje, kot je kanban, zato je bil zanje razvit sistem nadzora delovne obremenitve (angl. Work load Control, v nadaljevanju WLC), s katerim lahko podjetja uravnavajo povpraševanje in s tem zasedenost proizvodnje (Thürer in drugi, 2014, str. 2). WLC lahko razdelimo na štiri faze: pridobivanje povpraševanja strank, dajanje ponudbe in sprejemanje naročila strank, lansiranje naročil v proizvodnjo in ugotavljanje prednostnih naročil v proizvodnji.

V prvi fazi se podjetje odzove na prejeto povpraševanje, tako da ga sprejme in poda ponudbo ali pa ga zavrne. Na to odločitev vplivajo trije dejavniki, pomembnost naročila, zasedenost proizvodnje in značilnosti naročila, ki vplivajo na nujno delo. Med pomembnejša naročila sodijo naročila strank, s katerimi ima podjetje dobre in dolge poslovne odnose, ter naročila, s katerimi bi si podjetje pridobilo prednost pred konkurenčnimi podjetji. Med manj pomembna naročila sodijo naročila strank, s katerimi podjetje ne posluje redno ali pa so njihova naročila vrednostno majhna in niso konstantna. Ko so naročila razdeljena glede na pomembnost, je treba za vsako naročilo preračunati, ali ima podjetje dovolj proizvodnih kapacitet, da naročilo izpolni v želenem roku. Če podjetje nima na voljo proizvodnih kapacitet za pomembno naročilo, lahko poveča svoje kapacitete z nadurami zaposlenih ali zaposli dodatno delovno silo. Poleg tega lahko zakasni ali prekliče naročilo, ki je manj pomembno, ali v skrajni fazi zavrne omenjeno pomembno naročilo (Fattahi & Khodadad, 2015, str. 4).

V drugi fazi podjetje za vsako naročilo izračuna ceno in dobavni rok. Zelo kratki dobavni roki imajo večinoma zaradi potrebe dodatnih kapacitet višjo ceno. Podjetje strankam glede na želene dobavne roke poda ceno naročila ali več cen, če je stranka fleksibilna glede dobavnega roka, z več različnimi časi izdelave. Podano ceno in dobavni rok stranka ovrednoti glede na svoje kriterije, primerja s ponodbami ostalih podjetij in se odloči, ali bo ponudbo sprejela ali zavrnila (Fattahi & Khodadad, 2015, str. 5).

V tretji fazi vsa naročila, ki jih je stranka potrdila s sprejemom ponudbe in za katere ima podjetje na zalogi dovolj materiala, preidejo v bazen vseh naročil, ki čakajo na prenos v proizvodnjo. Naročilo preide iz bazena v proizvodnjo, kadar ima ena izmed celic v proizvodnji proste kapacitete. S tem, ko nalog preide v proizvodnjo, se podjetje izogne neizkoriščenosti kapacitet delovne sile ali strojev. Pri tem se večina podjetij drži pravila, da imajo pri lansiranju naročil v proizvodnjo prednost tista, pri katerih je razlika med razpoložljivim časom do odpreme in časom izdelave najmanjša. Naročilo lahko preide v proizvodnjo tudi, kadar postane nujno, torej da je s proizvodnjo naročila treba začeti, če želi podjetje doseči dogovorjeni rok odpreme. Če podjetje nima na voljo dovolj kapacitet za izpolnitev naročila, je treba zagotoviti dodatne kapacitete ali začasno zaustaviti izdelavo

drugih naročil, ki še niso nujna. Cilj procesa lansiranja naročil v proizvodnjo je torej lansiranje ob pravem času, da podjetje doseže zadan termin izdelave, pri tem pa ohranja enakomerno zasedenost proizvodnih kapacitet (Fattahi & Khodadad, 2015, str. 12).

Namen četrte faze – določanje prednostnih naročil v proizvodnji je skrajšanje časa čakanja naročil v določeni celici. Če je bil proces lansiranja naročil v proizvodnjo opravljen korektno, zadostuje, da je v proizvodnji celici držijo načela FIFO. Da podjetje z največjo verjetnostjo doseže zadane roke izdelave naročil, je priporočljivo, da proizvodna celica daje prioriteto tistemu naročilu, katerega čas izdelave do odpreme naročila je najkrajši (Fattahi & Khodadad, 2015, str. 14).

3.7 Teorija omejitev

Teorija omejitev (angl. Theory of Constraint, v nadaljevanju TOC) je pristop k izboljšanju določenega procesa, ki temelji na ideji, da produktivnost procesa določa operacija, ki predstavlja ozko grlo celotnega procesa. Proces je sestavljen iz množice operacij, ki so nujne za izdelavo končnega produkta. Vse operacije nimajo enake zmogljivosti, zato lahko na število proizvodov, ki jih je proces sposoben izdelati v določen obdobju, vplivamo le tako, da povečamo število proizvodov, ki jih je v danem obdobju sposobna proizvesti najpočasnejša operacija (Chapman, 2006, str. 220). Pri tem velja predpostavka, da podjetje zasleduje cilj čim večje izkoriščenosti kapacitet (Nave, 2002, str. 4).

Teorija omejitev je primerna za izboljšanje katerekoli funkcije podjetja, vendar je najbolj smiselno, da podjetje, ki želi izboljšati svoj poslovni uspeh, analizira podjetje kot celoto in prepozna funkcijo, ki predstavlja ozko grlo, ter s tem omejuje, da bi podjetje povečalo prihodke. V primeru, da se osredotoči na funkcijo, ki ne predstavlja ozkega grla in v zaporedju procesov stoji pred funkcijo, ki predstavlja ozko grlo, bo rezultat višja zaloga nedokončanih proizvodov in s tem višji strošek zalog. Kot primer lahko vzamemo povečanje proizvodnih zmogljivosti, kljub temu da na trgu ni povpraševanja po večji količini izdelkov. V primeru povečanja proizvodnih zmogljivosti, čeprav je podjetje omejeno s količino surovega materiala, bo zaradi osredotočanja na operacijo, ki stoji za ozkim grlom, rezultat neizkoriščenost kapacitet (Chapman, 2006, str. 220). Ozko grlo lahko predstavljajo (Okutmuş, Kahveci & Kartašova, 2015, str. 3):

- omejitve trga, kadar podjetje ni sposobno prodati toliko izdelkov, kot jih je sposobno izdelati,
- omejitve kapacitet, kadar podjetje ni sposobno izdelati zadostno količino, da bi zadovoljilo povpraševanje trga,
- omejen dostop do materialov, nujnih za izdelavo proizvodov,
- logistične omejitve, kadar podjetje omejujejo zamude dobav materiala v proizvodne ali prodajne enote,
- administrativne omejitve, ki so posledica slabih ali napačnih odločitev menedžmenta.

Implementacija teorije omejitev je sestavljena iz petih korakov. Naprej je treba ozko grlo prepoznati, tako da analiziramo zmogljivost vseh operacij, ki so vključene v proces. Nato je treba poskrbeti, da ozko grlo obratuje pri najvišji možni zmogljivosti. Ko operacija, ki predstavlja omejitev, obratuje pri polni zmogljivosti, temu primerno prilagodimo tudi zmogljivost ostalih operacij. Če končna zmogljivost procesa še ni zadovoljiva, je treba povečati zmogljivost ozkega grla s kapitalskimi vložki ali z reorganizacijo. Ko operacija ne predstavlja več ozkega grla, je treba prepoznati novo ozko grlo in postopek ponoviti (Nave, 2002, str. 4).

Vsako nedelovanje operacije, ki predstavlja ozko grlo, negativno vpliva na produktivnost celotnega procesa in posledično na poslovanje podjetja, zato je treba zagotoviti konstantno polno izkoriščenost operacije, ki omejuje proces. Chapman (2006) prepoznava tri glavne vzroke neobratovanja operacije, ki predstavlja ozko grlo. Prvi vzrok so okvare naprav, ki se uporabljajo na operaciji ozkega grla. Težavi se lahko podjetje v veliki meri izogne z rednim servisiranjem in vzdrževanjem naprav, vendar je te treba izvesti tako, da čim manj vplivamo na obratovanje operacije. Drugi vzrok je pomanjkanje materiala, ki ga porablja operacija. Da se težavi izognemo, potrebujemo zalogo materiala, ki bo omogočila, da ozko grlo obratuje normalno tudi v primeru začasnega zastoja operacije pred ozkim grlom. Tretji vzrok neobratovanja ozkega grla, ki je posledica začasnega zastoja operacije, ki stoji za ozkim grlom, je pomanjkanje prostora, kjer bi lahko skladiščili proizvode, ki so bili že obdelani z operacijo ozkega grla (Chapman, 2006, str. 227).

S teorijo omejitev lahko podjetje učinkovito in dokaj enostavno izboljša določen proces poslovanja, pri čemer velikokrat velike finančne investicije niso nujne. Nujno je le dobro poznavanje in temeljita analiza procesa. Dobro lastnost teorije omejitev predstavlja tudi dejstvo, da jo lahko apliciramo na vse vrste in razmestitve proizvodnje (Nave, 2002, str. 4).

Kot del teorije omejitev se je razvil tudi pristop za planiranje proizvodnje Boben – blažilec – vrv (angl. Drum – buffer – rope). Boben predstavlja takt v proizvodnji oziroma tempo dela, ki ga narekuje ozko grlo. Blažilec predstavlja varnostno zalogo materiala oziroma polproduktov, nujnih za nemoteno delovanje ozkega grla v primeru zastoja na operaciji, ki je v proizvodni verigi pred ozkim grlom. Vrv predstavlja vlečni princip proizvodnje. Poleg blažilca pred ozkim grlom je priporočeno, da ima podjetje tudi blažilce polizdelkov, ki se skupaj s polizdelki ozkega grla vgrajujejo v končni proizvod. Z zadostno količino blažilcev si podjetje zagotovi, da bo kapaciteta ozkega grla in s tem kapaciteta proizvodnje polno izkoriščena (Chapman, 2006, str. 229).

3.8 Primernost sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje glede na proizvodnjo okolje

Izbira primerne sistema PPC je pomembna in zahtevna strateška odločitev, saj ta sistem vpliva na količino nedokončane proizvodnje, pretočne čase, dobavne roke, stroške zaloge in odzivnost na spremembe povpraševanja. Implementacija sistema PPC je dolgotrajen in drag

proces, zato je ključno, da podjetje med vsemi različnimi sistemi izbere tistega, ki je najprimernejši glede na proizvodnjo okolje in značilnosti proizvodnje podjetja. Zaradi visoke točnosti napovedi in ponavljajoče se proizvodnje podjetja, ki se poslužujejo izdelave na zalogo ali montaže po naročilu, lažje sprejmejo odločitev o izbiri sistema PPC v primerjavi s podjetji, ki izdelujejo po naročilu (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 3).

Pet kriterijev, ki določa primernost sistema PPC za podjetja, ki izdelujejo po naročilu je, da mora sistem PPC (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 7):

- omogočati določitev dobavnega roka in kapacitete proizvodnje že v trenutku, ko podjetje stranki poda ponudbo kot odgovor na povpraševanje,
- imeti možnost določiti začetek proizvodnega procesa glede na končni termin, dogovorjen s stranko,
- biti primeren za posamično ali serijsko proizvodnjo,
- biti primeren za proizvodnjo, kjer izdelava izdelkov ne poteka vedno v enakem zaporedju,
- biti primeren za majhna in srednje velika podjetja.

Kot najprimernejši sistem PPC za podjetja, ki izdelujejo po naročilu, Stevenson, Hendry in Kingsman (2005) predlagajo sistem WLC, saj je bil razvit z namenom, da zadosti potrebe podjetij, ki izdelujejo po naročilu. Sistem WLC omogoča določanje dobavnih rokov že v času pogajanja s stranko glede na značilnosti naročila in zasedenosti kapacitet proizvodnje. Primeren je za manjša in srednje velika podjetja, saj je implementacija cenejša v primerjavi s sistemi ERP (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 16) . Sistemi MRP, kanban, CONWIP in TOC ne nudijo informacij o dobavnem roku že v času pogajanja s stranko, zato niso najbolj primerni za podjetja, ki izdelujejo po naročilu. Čeprav sistem kanban kart ni najbolj primeren za podjetja, ki izdelujejo po naročilu, ta še vedno lahko uporabljajo ostale karakteristike vitke proizvodnje za doseganje manjše količine izmeta in nižjega nivoja zalog. Poleg omenjene slabosti je pri sistemu TOC treba poznati točno lokacijo ozkega grla in poskrbeti, da ta obratuje nemoteno, kar je zaradi nekonstantne proizvodnje pri podjetjih, ki izdelujejo po naročilu, težko zagotoviti (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 12). Sistem POLCA bi bil lahko primeren za podjetja, ki izdelujejo po naročilu, vendar na tem področju še ni bilo dovolj raziskav, da bi to lahko z gotovostjo trdili (Stevenson, Hendry & Kingsman, 2005, str. 19).

4 ANALIZA ORGANIZACIJE PROIZVODNJE IN PROCESA PLANIRANJA V PODJETJU RLS MERILNA TEHNIKA

4.1 Predstavitev podjetja

Podjetje RLS Merilna Tehnika proizvaja magnetne dajalnike pomika in zasuka za napredne robotske sisteme. Magnetni dajalnik je naprava, ki prepozna spremembo v magnetnem polju, ki je posledica premika ali zasuka, in jo prevede v digitalni ali analogni električni signal. Kratica RLS pomeni »Rotary and linear motion senzor«. Podjetje ima sedež v Komendi in zaposluje nekaj več kot 200 ljudi. Vizija podjetja je »postati vodilni proizvajalec napredne senzorike pomika in zasuka v globalnem merilu ter v sodelovanju s podjetjem Renishaw osvajati globalne trge.« (<https://www.rls.si/eng/sl/about-us>).

Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1989, leta 2000 je bilo sklenjeno partnerstvo s podjetjem Renishaw, ki je znano po svojih koordinatno merilnih strojih in obdelovalnih strojih. Podjetje RLS Merilna Tehnika trži in prodaja izdelke podjetja Renishaw na območju Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine, Srbije ter Makedonije, podjetje Renishaw pa trži in prodaja izdelke podjetja RLS Merilna tehnika po celem svetu. Podjetji skupaj razvijata nove izdelke, poleg tega Renishaw pomaga podjetju RLS tudi pri zaščiti in uveljavljanju pravic intelektualne lastnine (Gole, 2017).

Podjetje RLS največ svojih produktov proda na azijskem trgu, in sicer približno 37 %, sledi evropski trg s 33 % in na koncu ameriški trg s 30 %. Najpomembnejši kupci podjetja proizvajajo robote, kot so kolaborativni roboti, roboti za medicino in eksoskeletoni. Ostali kupci pa večinoma delujejo na področju elektronike in mikroelektronike (Štende, 2020).

RLS sodeluje z veliko slovenskimi dobavitelji, ki za podjetje izdelujejo razne mehanske komponente, kabelske sestave ali opravljajo storitve, kot so spajkanje ali varjenje. Tuji dobavitelji so večinoma proizvajalci ali posredniki elektronskih komponent in tiskanih vezij. Podjetje približno 97 % svojih izdelkov izvozi, pri čemer transport opravijo kurirske službe. Večina končnih izdelkov se pošlje v distribucijske centre podjetja Renishaw, od koder so dostavljeni končnim kupcem.

4.2 Predstavitev izdelkov

Magnetni dajalniki se delijo na linijske in rotacijske dajalnike, ki se naprej delijo glede izhodne signale, te so lahko inkrementalni ali absolutni. Tako inkrementalni kot absolutni rotacijski dajalniki se delijo na dajalnike, ki se uporabljajo z magnetnim obročem, dajalnike, ki vsebujejo os, in dajalnike brez osi. Magnetni dajalniki se naprej delijo glede na velikost in ostale tehnične lastnosti, ki vplivajo na delovanje in možnost implementacije dajalnika. Za delovanje sistema je poleg dajalnika nujen tudi magnet. Linearni dajalniki delujejo skupaj

z magnetnim trakom, medtem ko rotacijski dajalniki z magnetnim obročem ali magnetom, ki je lahko vgrajen v ohišje.

Glavni del vsakega magnetnega dajalnika je modul, na katerem je integriran senzor, ki zaznava magnetno polje. Pri nekaterih dajalnikih je modul vgrajen v kovinsko ohišje, ki je lahko zalito s smolo, kar omogoča večjo odpornost na dejavnike okolja, v katerem deluje dajalnik, kot so temperatura, prah ali voda. Če pri vgradnji dajalnika igra ključno vlogo velikost in poraba prostora, je modul edini sestavni del dajalnika. Magnetni dajalnik lahko vsebuje tudi kabel z ali brez konektorja. Podjetje prodaja tudi senzorske čipe za rotacijske dajalnike, ki niso integrirani na modul, te so primerni za stranke, katerim ne odgovarjajo velikosti in oblike dajalnikov podjetja ali želijo iz kakšnega drugega razloga same izdelati dajalnik. Glavni del magnetnih trakov in magnetnih obročev je elastoferit, material, ki ga je možno namagnetiti. Pri magnetih trakovih je elastoferit odrezan na primerno širino in nalepljen na jekleni trak, pri magnetnih obročih je elastoferit pritrjen na kovinski obroč.

4.3 Predstavitev metodologije raziskave

Empirični del magistrskega dela temelji na kvalitativni analizi. Podatke sem zbral z lastno raziskavo, in sicer z metodo opazovanja z udeležbo. Dogajanje in procese, ki se vršijo v proizvodnji podjetja, kot so ravnanje z materiali, opravljanje delovnih operacij in zaključevanje delovnih nalogov, sem opazoval odkrito in pasivno, saj so bili operaterji seznanjeni z mojim namenom, hkrati pri procesih nisem sodeloval. Opazovanju sem dodal pogovor z zaposlenimi, ki so mi pomagali razumeti značilnosti procesov, ki mi niso bile jasne zgolj z opazovanjem. Vse ugotovitve sem sproti beležil in jih nato naknadno primerjal s pristopi, opisanimi v literaturi. Namen opazovanja je bil razumevanje in interpretacija procesov ter njihove povezave. Način dela in procese planiranja proizvodnje, ki se vršijo v oddelku za planiranje proizvodnje, sem opazoval odkrito s popolno udeležbo, saj sem v času raziskave opravljal delo planerja proizvodnje. Namen opazovanja je bil podrobno razumevanje procesa planiranja in razlogov za izbran pristop k planiranju proizvodnje. Z namenom boljšega razumevanja organizacije proizvodnje sem z vodjo tehnologije opravil intervju, ki je bil polstrukturiran in je vseboval vprašanja odprtega tipa. Intervju sem opravil na delovnem mestu ob fizični prisotnosti osebe. Glavni temi intervjuja sta bili vrsta in razmestitev proizvodnje. Intervju mi je omogočil poglobljen vpogled v razloge, ki so vplivali na izbiro vrste in razmestitve v času postavitve proizvodnje, ter mnenje vodje tehnologije o primernostih drugih vrst in razmestitev za proizvodnjo podjetja RLS. Vprašanja intervjuja se nahajajo v prilogi. Kvantitativne podatke kot so število izdelkov, materialov in proizvodnih celic sem razbral iz sistema ERP.

Ko sem imel zbrane vse podatke, sem se z njimi najprej dobro seznanil, tako da sem jih še enkrat prebral in iz njih izluščil ključne značilnosti organizacije in planiranja proizvodnje, nato pa sem vse podatke razdelil glede na teme, kot so vrsta in razmestitev proizvodnje, ter proces planiranja proizvodnje. Prepoznane teme pridobljenih podatkov sem strukturiral v

posamezna podpoglavja, v katerih sem s pisno metodo predstavil svoje ugotovitve. Organizacijo in planiranje proizvodnje sem ovrednotil tako, da sem glede na značilnosti proizvodnje ocenil, ali sta trenutna organizacija in način planiranja v skladu s pristopi, ki so v literaturi opisani kot optimalni. Poleg primerjave z literaturo sem pri vrednotenju upošteval tudi mnenje vodje tehnologije. Potek operativnega planiranja proizvodnje sem predstavil z diagramom potega, ki predstavlja zaporedje vseh potrebnih procesov in odločitev, podatke zanj sem pridobil z opazovanjem procesa planiranja proizvodnje.

4.4 Organizacija proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika

Vsi končni izdelki podjetja RLS Merilna Tehnika so izdelani v proizvodnji, ki se nahaja v Komendi. Temeljna operacija pri proizvodnji magnetnih dajalnikov zasuka je trimanje in testiranje modula. Trimanje je postopek, pri katerem se s pomočjo računalnika umerjajo oziroma nastavijo parametri magnetnega dajalnika (Korbar, 2016, str. 5), testiranje zagotovi pravilno delovanje dajalnika. Trimanje in testiranje je poleg pakiranja večinoma edina nujna operacija za izdelavo končnih izdelkov, pri katerih je modul edina nujna komponenta. Za izdelavo dajalnikov, ki so vgrajeni v kovinsko ohišje in vsebujejo tudi kabel, so nujne tudi operacije, kot so montaža modula z vijacenjem, sestavljanje, spajkanje, zatiskanje kabla, zalivanje z zalivno smolo, lakiranje, lasersko označevanje itd. Pri izdelavi magnetnih trakov in magnetnih ringov je temeljna operacija magnetenje, s katero se na elastoferit zapiše magnetni zapis. Poleg magnetenja so za izdelavo magnetnih trakov in magnetnih obročev nujne še operacije, kot so razrez magnetnega traku, vrez referenčnega znaka v traku, lepljenje elastoferita na jekleni trak, testiranje magnetnega traku, lepljenje obročev, označevanje itd. Za izdelavo magnetov v ohišjih so nujne operacije, kot so testiranje magnetov, lepljenje magneta v nosilec, čiščenje odvečnega lepila, dimenzijska kontrola itd. Poleg končnih izdelkov se v proizvodnji izdelujejo tudi polizdelki, ki so primerni za izdelavo več različnih končnih izdelkov. Primeri polizdelkov so moduli vgrajeni v ohišje, ki jih je treba le še potrimati, ali že namagneteni elastoferitni trak, ki ga je treba le še razrezati na primerno dolžino. Nekateri polizdelki se izdelujejo pri kooperantih, ki jim podjetje RLS priskrbi nujen material, te pa opravijo nujne operacije. Primeri takih polizdelkov so kabelski sestavi, to so kabli, odrezani na določeno dolžino, s konektorjem, in nekateri moduli, ki se izdelajo z lotanjem komponent, kot so upori, kondenzatorji in čipi na tiskano vezje.

Podjetje ima celično razmestitev proizvodnje, glede na vrsto pa je ta serijska. Podjetje izdeluje široko paleto različnih končnih izdelkov, ki so znotraj družin izdelani iz manjšega obsega različnih materialov in polizdelkov z uporabo enakih procesov izdelave. Število vseh končnih izdelkov, ki se izdelujejo, je več kot pet tisoč, skupno število materialov in polizdelkov, nujnih za izdelavo končnih izdelkov, je okoli dva tisoč. Povprečno število končnih izdelkov na celico je dvesto, povprečno število nujnih materialov in polizdelkov na celico je okoli osemdeset. Raznolikost končnih izdelkov znotraj proizvodnje celice je glede na tehnične lastnosti visoka, vendar imajo te podoben proces izdelave, veliko je ročnega dela z orodjem, zato prehod izdelave na drug končni produkt ni zamuden in ne predstavlja težav.

Delovna sila ima znotraj celic visoko fleksibilnost, saj zna večina operaterjev opravljati vse operacije znotraj celice. Fleksibilnost delovne sile med celicami je manjša. Nekateri operaterji so usposobljeni za delo v različnih celicah, nekateri le za delo znotraj svoje primarne celice. Fleksibilnost delovne sile med celicami je odvisna tudi od zahtevnosti operacije. Večina operaterjev lahko opravlja lažje operacije, kot je pakiranje v vseh proizvodnih celicah, za bolj zahtevne operacije, kjer je pomembno podrobno poznavanje procesa izdelave ali te vključujejo uporabo zahtevnih naprav, sta nujna uvajanje in nadzor, preden lahko operater operacijo izvaja samostojno.

Fleksibilnost delovnih naprav je v primerjavi s fleksibilnostjo delovne sile manjša, saj so te večinoma namenjene določeni operaciji znotraj dane celice, ena naprava lahko torej opravlja eno operacijo na več različnih izdelkih znotraj ene družine izdelkov. Poleg naprav, izdelanih z namenom opravljanja določene operacije na določeni družini izdelkov, se v proizvodnji uporabljajo tudi naprave, primerne za vse družine izdelkov, kot sta naprava za graviranje in naprava za pakiranje izdelkov.

S širjenjem asortimenta dajalnikov zasuka, ki jih izdeluje podjetje, se je širila tudi proizvodnja. Z vsako novo družino dajalnikov zasuka je podjetje razvilo programsko opremo, ki je nujna za trimanje in testiranje delovanja dajalnikov zasuka, ter izdelalo orodje in naprave za izdelavo, kot so merilna gnezda in priprave za zalivanje dajalnikov z zalivno smolo. Okoli teh naprav so se oblikovale proizvodne celice, namenjene izdelavi nove družine izdelkov.

Danes je proizvodnja podjetja razdeljena na enaintrideset proizvodnih celic, ki jih lahko v groben razdelimo na celice, v katerih se izdeluje določena družina končnih izdelkov, teh je dvaindvajset, celice, v katerih se izdelujejo polizdelki, teh je šest, in celice, v katerih se vrši ena operacija na različnih družinah končnih izdelkov, gre za operacije pakiranja in laserskega označevanja, te so tri. Izdelava končnih izdelkov se večinoma prične šele po prejemu naročila kupca, zato je velikost serije navadno enaka količini naročila, vendar obstaja tudi nekaj izjem, kjer se končni izdelki zaradi načina izdelave delajo v večjih količinah na zalogo. Končni izdelki, ki se izdelujejo na zalogo, so večinoma standardni izdelki, ki jih kupuje veliko različnih strank. Celice, namenjene izdelavi polizdelkov, izdelujejo na zalogo. Na velikost serije vplivajo različni dejavniki. Primer je prostornina pečice za sušenje zalivne smole, kjer je velikost serije enaka številu polizdelkov, ki se lahko posušijo v eni rundi. Včasih je velikost serije prilagojena napovedi porabe polizdelka, v tem primeru se izdelava količina polizdelkov, ki bo zadostovala za določeno časovno obdobje, večinoma dva do tri mesece. Velikokrat je velikost serije dogovorjena z operaterjem v celici in upošteva njegove preference ali je velikost serije prilagojena trenutni obremenjenosti delovne celice.

4.5 Planiranje proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika

Planiranje proizvodnje v podjetju RLS je zelo razgibano in dinamično, saj naročila končnih kupcev in naročila posrednika Renishawa prejemajo na dnevni ravni, delovni nalogi za večino končnih izdelkov se razpisujejo šele po prejemu naročila. V oddelku planiranja proizvodnje je tako na dnevni ravni treba posamično planirati vsako pozicijo vseh naročil, kar vključuje pregled razpoložljivosti materiala in zasedenosti kapacitet, na podlagi katerih se določi termin odpreme naročila in kreira delovni nalog z ustreznim začetnim in končnim terminom izdelave.

4.5.1 Strateško, taktično in operativno planiranje proizvodnje

Pri strateškem planiranju sodeluje višji management podjetja, kot so direktor podjetja, direktor operative, direktor prodaje in finančni direktor. Pri tem se določajo dolgoročni cilji, kot so razvoj posameznih trgov, na katerih bo podjetje poslovalo, novi produkti, ki se razvijajo v oddelku za raziskave in razvoj, ter njihov vpliv na organizacijo in proces planiranja proizvodnje. Prav tako se ovrednoti trenutne cilje in uspešnost doseganja teh. Preučuje se struktura dobaviteljev, njihova zanesljivost in potrebe po novih dobaviteljih v prihodnosti.

Taktično planiranje proizvodnje temelji na napovedi prodaje, ki se osvežuje vsake tri mesece. Napoved prodaje je sestavljena iz napovedi strank glede njihovih potreb in matematične napovedi, ki temelji na pretekli prodaji. Glede na aktualno napoved se vsake tri mesece preveri pokritost z materiali in ali trenutne kapacitete proizvodnih celic zadostujejo kapacitetam glede na število napovedanih kosov. Za pomembnejše večje stranke in stranke, za katere obstaja velika verjetnost po večjem obsegu poslovanja v prihodnosti, se sprejme odločitev glede količine namenskega materiala, ki se bo naročil, glede na napovedane potrebe. Večinoma se govori o dolžini obdobja napovedi, na katerega se bo podjetje pripravilo, recimo za nadaljnjih šest ali dvanajst mesecev. Material, ki ni namenski, torej se porablja za večje število končnih izdelkov, se naroča glede na razpoložljivost na trgu, ceno in dobavni rok. Materiale, ki se naročajo glede na napoved pri večjih tujih dobaviteljih, se lahko naroči z enkratno dobavo ali z več manjšimi dobavami glede na potrebe. Pri slovenskih dobaviteljih podjetje naroča s krovnimi naročili, torej z naročili za večjo količino, na podlagi katerih se vršijo odpoklici glede na potrebe proizvodnje.

Pri pregledu zadostnosti kapacitet se naprej preveri, ali trenutno število zaposlenih zadostuje celotnemu številu zaposlenih, ki jih predvideva napoved. Če obstaja odstopanje, se sprejme odločitev, ali se bo primanjkljaj pokrili z zaposlovanjem novih zaposlenih za nedoločen čas, za določen čas ali z začasnim zaposlovanjem študentov. Če celotno število trenutno zaposlenih ustreza potencialnemu številu zaposlenih glede na napoved, vendar prihaja do odstopanja po posameznih proizvodnih celicah, se sprejme odločitev, katere zaposlene se bo usposobilo za opravljanje dela tudi na drugih proizvodnih celicah.

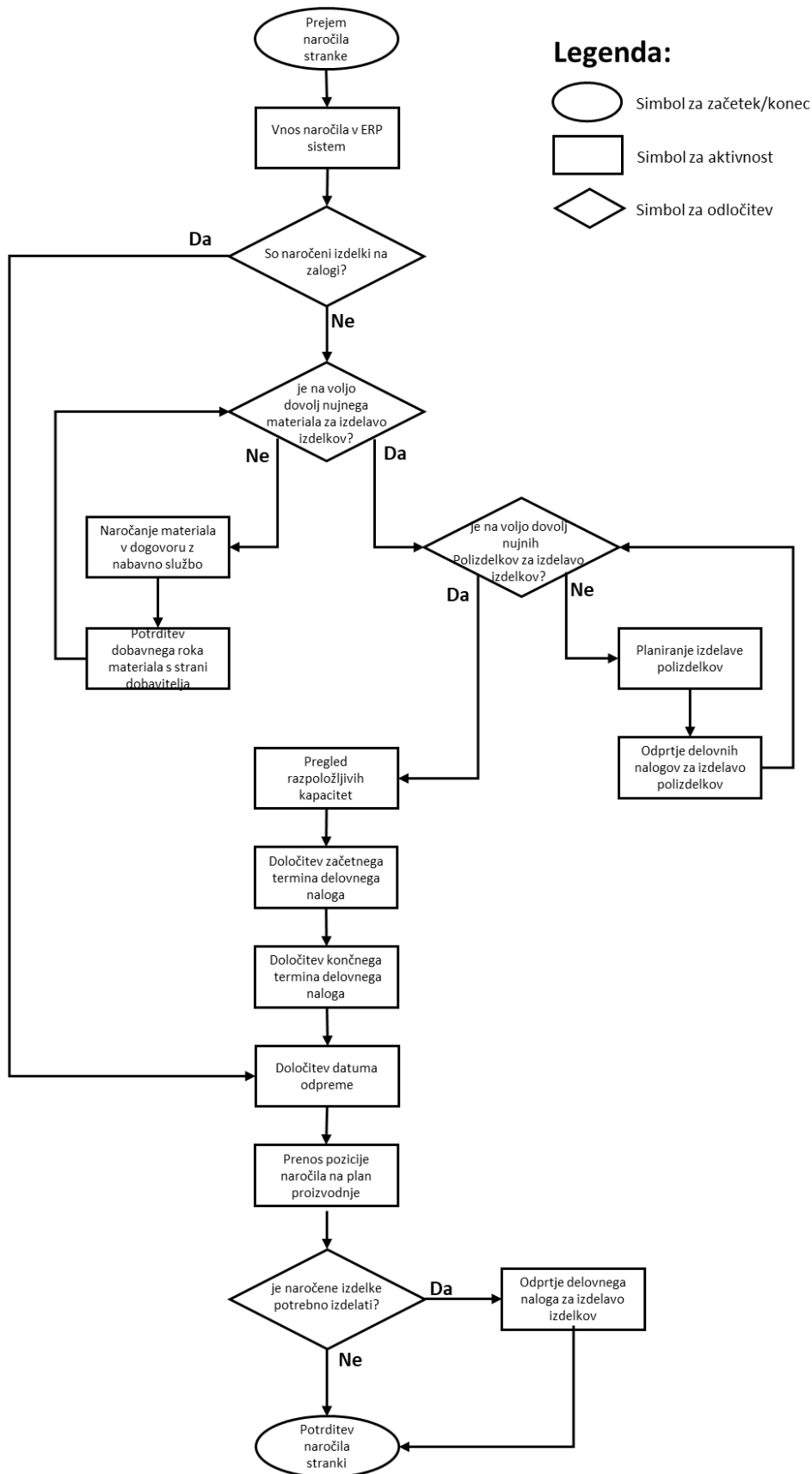
Operativno planiranje proizvodnje se vrši na dnevni ravni glede na prejeta naročila kupcev. Podjetje naročila strank prejme v PDF obliki preko elektronskega sporočila ali preko sistema elektronske izmenjave podatkov. RLS trenutno uporablja sistem elektronske izmenjave podatkov z nekaterimi izpostavami podjetja Renishaw. Naročila, prejeta po elektronski pošti, je treba ročno vnesti v ERP sistem, pri čemer se zapiše ime in naslov naročnika, veljavnost naročila, pogoji plačila, dogovorjena mednarodna trgovinska klavzula, naziv, količina in cena naročenih izdelkov ter želeni rok dobave. Ko je naročilo vneseno z vsemi nujnimi podatki, dobi status »vneseno naročilo« in je pripravljeno za nadaljnjo obdelavo.

Za vsako pozicijo na vseh vnesenih naročilih se najprej preveri razpoložljivost zaloge izdelkov. V primeru, da izdelkov ni na zalogi, torej jih bo treba izdelati, sledi pregled razpoložljivosti materiala in polizdelkov za izdelavo naročenih izdelkov. Če na zalogi ni dovolj materiala, se ga naroči v dogovoru z nabavno službo, ki izda naročilo dobavitelju oziroma izvede odpoklic v primeru krovnega naročila dobavitelju. Izdelava končnega izdelka se v takih primerih planira glede na potrjen rok dobave materiala. Planiranje izdelave polizdelkov je odgovornost oddelka planiranja proizvodnje. Polizdelke, ki se porabljajo v večjih količinah, se planira za daljše časovno obdobje, večinoma več kot en mesec, a če za izdelavo naročenega končnega izdelka ni na voljo namenskega polizdelka, je pred planiranjem končnega izdelka naprej treba splanirati izdelavo polizdelka.

V primeru, da je na zalogi dovolj materiala in polizdelkov za izdelavo naročenih kosov oziroma je znana njihova dobava, sledi preverjanje razpoložljivosti kapacitet. Zasedenost kapacitet se preverja za posamezen teden. Razpoložljive kapacitete so enake zmnožku delovnih dni v tednu, številom delavcev na dani celici in številu ur, ki jih dnevno opravi delavec. Za delovne operacije, kjer ozko grlo predstavlja določena naprava, in ne število delavcev, so razpoložljive kapacitete enake številu ur, ki jih naprava opravi v delovnem tednu. Zasedenost kapacitet je enaka vsoti vseh delovnih operacij, ki se opravljajo v dani celici in imajo končni termin v danem tednu. Glede na razpoložljivost materiala in zasedenosti kapacitet se za vsako pozicijo naročila določi datum odpreme, ki je enak prvi možni odpremi oziroma želenemu roku odpreme. Za pozicije naročil s potrjenim datumom odpreme se strankam pošlje potrdilo naročila preko elektronskega sporočila ali sistema elektronske izmenjave podatkov. Postopek od prejema naročila do potrditve naročila je prikazan z diagramom poteka na sliki 8.

Pozicije s potrjenim datumom odpreme se prenese na plan proizvodnje in po potrebi kreira delovni nalog za izdelavo izdelkov. Vsak delovni nalog ima končni termin izdelave najkasneje dan pred odpremo izdelkov, s čimer se zagotovi, da so te pravočasno pripravljene za pakiranje in za ostale aktivnosti, nujne za pošiljanje. Ko je nalog kreiran, se v ERP sistemu ročno določi začetni termin, na katerega vpliva razpoložljivost materiala, čas izdelave in razpoložljivost proizvodnih kapacitet. Ko je nalog kreiran, v ERP sistemu dobi statut »odprt«, na dan začetnega termina pa se ta natisne in fizično odnese v proizvodnjo. Natisnjeni nalogi dobijo v ERP sistemu status »razpisan«.

Slika 8: Diagram poteka operativnega planiranja proizvodnje



Vir: lastno delo.

Skladiščniki poskrbijo, da se v proizvodne celice dostavi material za vse delovne naloge glede na začetni termin. Za proces od vnosa naročil do kreiranja delovnih nalogov in dostave teh v proizvodnjo je odgovoren oddelek planiranja proizvodnje, za samo izdelavo so odgovorni vodje proizvodnih celic. Vodje proizvodnih celic poskrbijo tudi za delitev dela med operaterje v proizvodnji celici in določanje zaporedja proizvodnih operacij. Ko so kosi izdelani, se v ERP sistemu poroča število porabljenih ur in materiala, delovni nalog dobi status »zaključen«. Izdelani kosi se dostavijo na odpremno skladišče, od koder so poslani kupcu.

4.5.2 Dejavniki in strategije planiranja proizvodnje

Od zunanjih dejavnikov imata na planiranje proizvodnje največji vpliv povpraševanje trga in ponudba surovin. Povpraševanje trga je neenakomerno in težko predvidljivo. Nepričakovana naročila po velikih količinah s kratkim dobavnim rokom prihajajo tako od novih strank kot od stalnih strank, ki za svoje poslovanje potrebujejo večje količine, kot so bile napovedane. Nepričakovana naročila zahtevajo hiter odziv, nabavo materialov in organizacijo proizvodnje na način, s katerim se bo v največji možni meri zadostilo potrebam kupca. Ponudba surovin ima v zadnjem času predvsem negativen vpliv na planiranje proizvodnje, saj so pomanjkanja oziroma dolgi dobavni roki elektronskih komponent podjetje prisilili v naročanje materiala v večjih količinah in planiranje na daljši rok.

Podjetje RLS uporablja kombinacijo vseh treh strategij planiranja proizvodnje, ki so podrobneje opisane v poglavju 2.2.3. V največji meri sledi strategiji konstantne delovne sile in se z nadurami ter delom ob sobotah prilagaja nihanju v povpraševanju. Odpuščanje in zaposlovanje delovne sile, ki je del strategije sledenja, se uporablja v povezavi s študentsko delovno silo, odpuščanja redno zaposlenih operaterjev se podjetje ne poslužuje kot odziv na kratkoročno nihanje povpraševanja. Strategijo konstantnega izdatka končnih izdelkov podjetje uporablja za izdelavo izdelkov, ki jih kupujejo največje stranke, ki se držijo napovedanih količin in za izdelavo nekaterih čipov, ki se izdelujejo na avtomatski testni napravi.

4.5.3 Proizvodno okolje

Podjetje RLS izdeluje široko paleto izdelkov, ki se znotraj družin razlikujejo po specifičnih lastnostih, kot so dolžina kabla, velikost, vrsta konektorja, resolucija, komunikacijski protokol itd, zato se v največji meri poslužuje montaže po naročilu. Kot sem podrobneje opisal v poglavju 2.3, je ta primerna za podjetja, ki iz manjšega števila materialov in polizdelkov izdelujejo večjo množico končnih izdelkov. Primeri materialov in polizdelki, ki se naročajo oziroma izdelujejo glede na napoved povpraševanja, so ohišja dajalnikov, kabelski sestavi, moduli, vijaki, elastoferitne plošče, lepila in zalivne mase. Kadar stranki ne ustreza nobeden od standardnih dajalnikov, ki jih ponuja RLS, se včasih podjetji odločita za izdelavo oziroma razvoj po naročilu. Lastnosti izdelave in razvoja po naročilu so podrobneje

opisane v poglavju 2.3. V takih primerih stranka sodeluje že pri oblikovanju magnetnega dajalnika, izbiri dobaviteljev in tehničnih lastnostih. Pri izdelavi po naročilu s stranko največ sodelujejo produktni vodja, oddelek razvoja in projektna pisarna, ki v sodelovanju z nabavno službo poskrbijo za materiale, z oddelkom tehnologije pa sodelujejo pri sami izdelavi izdelkov, dokler ta ni potrjen s strani stranke. Ko je izdelek potrjen s strani stranke, operaterji v proizvodnji pa so usposobljeni za samostojno izdelavo izdelkov, torej brez nadzora tehnologa, obdelavo naročil in planiranje izdelave prevzame oddelek planiranja proizvodnje. Manjši delež izdelkov, ki jih ponuja podjetje RLS, je izdelan tudi na zalogo. Največji predstavnik so čipi, ki se neprestano testirajo avtomatsko ali ročno glede na napoved. Drugi izdelki so večinoma dodatki, nujni za vgradnjo ali delovanje magnetnih dajalnikov, kot so aplikator magnetnega traku, prikazovalnik magnetnega polja, vijaki za pritrjevanje magnetnega traku ali različni vmesniki.

4.6 Izbira sistema za planiranje in kontrolo proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika

Podjetje RLS uporablja hibridni pristop proizvodnje, ki je podrobneje opisan v poglavju 3.1, saj naroča material in izdeluje polizdelke glede na potrebe napovedi, izdelavo končnih izdelkov pa sproži šele po prejemu naročila stranke. Podjetje ne uporablja nobenega izmed sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje.

Sistem za planiranje materialnih potreb je primeren za podjetja, ki se poslužujejo potisnega principa proizvodnje, za pravilno delovanje so nujni natančni podatki trenutne zaloge materiala, polizdelkov in končnih izdelkov, kosovnice izdelkov ter osnovni plan proizvodnje, na katerem bo temeljil izračun potreb materialov in polizdelkov (Benton, 2013, str. 152). Podjetje RLS ima natančne podatke trenutne zaloge in urejene kosovnice izdelkov, nima pa osnovnega plana proizvodnje, ki bi za daljše časovno obdobje točno določal, koliko določenega končnega izdelka se bodo izdelovalo in kdaj. Lastnosti in namen osnovnega plana sem podrobneje opisal v poglavju 2.4.2. Razlog za to je široka ponudba končnih izdelkov in velik delež naročil, ki niso bila napovedana s strani strank, oz. razlika med napovedano in naročeno količino. Poleg pomanjkanja osnovnega plana proizvodnje bi uporabo sistema za planiranje materialnih potreb omejevala tudi tako imenovana možnost »vrivanja« naročil. Termin izdelave izdelkov za določeno naročilo med drugim določa tudi želeni rok dobave, kar pomeni, da bodo kosi izdelani en dan pred odpremo, in ne ob prvem terminu prostih kapacitet proizvodne celice. To pomeni, da se lahko novo naročilo s časovno bližjim želenim rokom odpreme vrine pred starejše naročilo s kasnejšim želenim rokom. Zaradi vrivanja naročil na dnevni ravni bi bilo pri uporabi sistema za planiranje materialnih potreb nujno dnevno preračunavanje osnovnega plana proizvodnje. Celoten sistem za planiranja materialnih potreb bazira na izračunu, ki pove, kdaj in koliko katerega materiala bo treba nabaviti in koliko polizdelkov bo treba izdelati v določen obdobju. Izračun je nujen za prepoznavanje napak v planu proizvodnje in odkrivanje primanjkljaja določenega materiala v danem trenutku (Ptak & Smith, 2011, str. 25). Kljub temu da podjetje RLS ne

uporablja sistema za planiranje materialnih potreb v celoti, ga uporablja v okrnjeni obliki. Podjetje ne planira izdelave končnih izdelkov na podlagi osnovnega plana proizvodnje, vseeno pa planira nabavo materialov in izdelavo polizdelkov glede na mesečne potrebe, ki temeljijo na napovedi povpraševanja. S tem podjetje poveča verjetnost, da bodo materiali in polizdelki na voljo ob pravem času, kar znatno vpliva na dobavni rok določenega končnega izdelka, saj je ta odvisen le od izdelavnega časa in zasedenosti kapacitet, ne pa tudi od dobavnega roka materiala in izdelavnega časa polizdelkov.

Enako kot sistem za planiranje materialnih potreb je bil tudi sistem kanban razvit za določeno organizacijo proizvodnje, in sicer za podjetja z množično proizvodnjo in enakomernim povpraševanjem, zato ni primeren za podjetja z nekonstantnim povpraševanjem, ki proizvajajo veliko različnih proizvodov (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 3). Kot tak ni primeren za podjetje RLS, saj ta proizvaja mnogo različnih proizvodov, povpraševanje pa je nekonstantno in nepredvidljivo. Večina polizdelkov, ki se proizvaja v zato namenjenih proizvodnih celicah, se izdeluje v večjih šaržah na zalogo, zaradi časa, ki je nujen za nastavitve naprav. Enako velja za kooperante, ki izdelujejo stružene ali štancane mehanske polizdelke in module.

Kot prednost uporabe delovnih nalogov v primerjavi s kanban kartami vidim možnost poročanja porabe materiala in opravljenega dela. Na delovnem nalogu je jasno zavedeno, katera serijska številka materiala je bila porabljena, kar omogoča sledljivost in olajša izločanje izdelkov slabe kvalitete, ki so bili izdelani iz materiala enake šarže. Prav tako je na nalogu zavedeno, kateri operater je kose izdelal, kdaj in koliko časa je porabil za izdelavo. Če so delovni nalogi vezani direktno na naročilo stranke, ki je kose reklamirala, je enostavneje ugotoviti, zakaj je do reklamacije prišlo, saj je na nalogu razvidno, kdo je kose izdelal in v primeru materiala s serijsko številko tudi kateri material je bil porabljen. Zamudna lastnost delovnih nalogov v podjetju RLS je zaključevanje nalogov in poročanje opravljenega dela in porabljenega materiala v ERP sistem. Z uporabo kanban kart bi se lahko čas, ki se na dnevni ravni porabi za zaključevanje delovnih nalogov, porabil za dejavnosti z večjo dodano vrednostjo.

Sistem CONWIP bi bil v primerjavi s sistemom kanban primernejši za podjetje RLS, saj je ta namenjen podjetjem, ki proizvajajo veliko število končnih izdelkov in izdelke izdelujejo glede na prejeta naročila. Kot glavna prednost sistema CONWIP je v teoriji navedena visoka pretočnost izdelkov in hkrati nizke zaloge, ki ju dosežemo s kartami CONWIP. Tem se za razliko od kanban kart izdelek določi glede na naročila, ki še niso v proizvodnji, v proizvodnjo pa preidejo glede na proste kapacitete (Spearman, Woodruff & Hopp, 1990). Če primerjamo sistem kart CONWIP z načinom uporabe delovnih nalogov v podjetju RLS, ugotovimo, da sta oba vezana na določeno naročilo, razlikujeta pa se v signalu, ki določa začetek proizvodnje. Pri delovnih nalogih začetek proizvodnje določa vnaprej določen začetni termin, medtem ko pri sistemu CONWIP začetek proizvodnje določajo proste kapacitete. V proizvodnji, kjer ročno delo prevladuje nad strojnimi in se uporablja sistem kart CONWIP, obstaja nevarnost slabo izkoriščenih kapacitet, saj nova karta, ki predstavlja

dodatno delo, preide v proizvodnjo šele ob prostih kapacitetah, zato si operaterji v proizvodnji sami določajo tempo dela. Slabo izkoriščeni delovni sili bi se verjetno lahko izognili z dodatnim mehanizmom, ki bi zagotavljal želeno produktivnost delovne sile, kar je v primerjavi z uporabo delovnih nalogov, s katerimi določamo hkrati zaporedje aktivnosti in zasedenost kapacitet, bolj kompleksen in zato težje obvladljiv pristop. Pri uporabi kart CONWIP ni točno določeno, kdaj se bo začela izdelava izdelkov za določeno naročilo, zato ni mogoče vedeti, kdaj bodo te izdelani in nared za pošiljanje, kar je v podjetju RLS eden izmed ključnih podatkov, ki ga stranke potrebujejo za planiranje lastne proizvodnje in ostalih operacij.

Sistem POLCA, ki sem ga podrobno opisal v poglavju 3.5, je primeren za podjetja, ki izdelujejo veliko število različnih izdelkov v manjših količinah. Za uporabo je nujna skupinska razmestitev proizvodnje, uporaba MRP sistema in točni podatki o kapacitetah proizvodnje ter pretočnih časih izdelkov. MRP določa, katero naročilo se izdelovalo kdaj, medtem ko karta POLCA, ki predstavlja signal, da ima naslednji oddelek v proizvodni verigi proste kapacitete, določa začetek izdelave. Sistem POLCA ni primeren za proizvodnjo podjetja RLS, saj ima ta celično, in ne skupinsko razmestitev, kapacitete proizvodnje niso zapisane v sistemu MRP, prav tako pa podjetje nima točno določenih planskih obdobj, za katere se po sistemu POLCA določa zaporedje izdelave naročil. Krishnamurthy in Suri (2009) navajata, da je za delovanje sistema POLCA treba izdelati urnik, po katerem se bodo izdelovala vsa planirana naročila v danem planskem obdobju. Iz tega lahko sklepamo, da je treba vsa naročila strank prejeti že pred začetkom planskega obdobja. V tem primeru je edina prednost kart POLCA pred delovnimi nalogi nizka zaloga polizdelkov. Prednost nizkih zalog polizdelkov sistema POLCA sem podrobneje opisal v poglavju 3.5. Podjetje RLS nima fiksnih planov operativne proizvodnje, poleg tega pa zaloga polizdelkov ne predstavlja večjega problema, saj je večina v hiši izdelanih polizdelkov relativno majhna, zaradi česar skladiščenje ne predstavlja visokega stroška. Menim, da je zmerna mera zaloge polizdelkov je v podjetjih, ki se poslužujejo montaže po naročilu, celo za želena, saj omogoča krajše dobavne roke izdelkov. Poleg naštetih omejitev je sistem POLCA neustrezen za proizvodnjo podjetja RLS, ker ima ta relativno malo povezav med oddelki/celicami in ker karta POLCA opredeljuje določeno količino dela (Krishnamurthy & Suri, 2009, str. 3), v podjetju RLS pa velikosti serij nihajo od enega pa vse do več tisoč kosov.

Sistem nadzora delovne obremenitve je namenjen podjetjem, ki imajo posamično proizvodnjo in izdelujejo izdelke po naročilu (Thürer in drugi, 2014, str. 2), zato ta ni najbolj primeren za podjetje RLS, poleg tega se spreminjanje cen izdelkov in kratkoročno zaposlovanje delovne sile ne bi obneslo. RLS razvija izdelke za posamezne stranke le z namenom dolgoročnega sodelovanja, in ne za posamezna enkratna naročila, kot je to značilno za podjetja, ki imajo posamično proizvodnjo (Stevenson, 2014, str. 238). Spreminjanje cen glede na dobavni rok bi bilo v podjetju RLS zaradi velikega števila naročil težko izvedljivo, saj bi zahtevalo veliko več komunikacije med oddelkom planiranja proizvodnje in prodajnim oddelkom. Kratkoročno zaposlovanje delovne sile z namenom

hitrejša izdelava in krajših dobavnih rokov ni izvedljivo, saj je za opravljanje večine delovnih operacij v proizvodnji nujno uvajanje in poznavanje procesov izdelave.

Sistem boben – blažilec – vrv, ki je podrobneje opisan v poglavju 3.7, se osredotoča le na polno izkoriščenost kapacitet in preprečevanje zastojev. V teoriji ni navedeno, kaj določa začetek proizvodnje določene serije proizvodov, kot so karte v drugih sistemih za planiranje proizvodnje, poleg tega se sistem ne obremenjuje s stroški zaloge polizdelkov. Skleпам, da je sistem primeren le za podjetja, ki množično proizvajajo, za učinkovito vodenje pa je poleg sistema boben – blažilec – vrv nujna še uporaba MRP sistema, ki bo narekoval, kdaj morajo biti izdelani določeni izdelki. Kot tak se mi sistem boben – blažilec – vrv ne zdi primeren za proizvodnjo podjetja RLS Merilna Tehnika, saj ta nima množične proizvodnje, prav tako pa so informacije o začetnih in končnih terminih ključne za učinkovito planiranje proizvodnje in potrjevanje naročil kupcem, sistem boben – blažilec – vrv pa jih kot sam ne ponuja. Bolj kot sistem boben – blažilec – vrv se mi zdi uporabna teorija omejitev za prepoznavanje ozkega grla in izboljšanje procesov podjetja, saj se mi zdi uporabna za vse vrste podjetij, ne glede na vrsto in razmestitev proizvodnje.

4.7 Ovrednotenje organizacije proizvodnje in procesa planiranja proizvodnje

Celična proizvodnja se mi zdi primerna razmestitev za podjetje RLS. Kot sem podrobneje opisal v poglavju 1.3.4, pri celični proizvodnji operaterji opravljajo vse operacije, nujne za izdelavo izdelka, s čimer se razbije monotonost ponavljanja le ene operacije, hkrati pa operaterji bolje poznajo izdelke, ki se izdelujejo v celici. Po mnenju vodje tehnologije dobro poznavanje izdelkov in procesov, nujnih za izdelavo, olajša komunikacijo s tehnologi, kar omogoča hitrejša reševanje tehničnih problemov pri izdelavi.

Skupinska razmestitev, ki sem jo predstavil v poglavju 1.3.2, bi bila v podjetju RLS možna, vendar le za družine izdelkov, ki si delijo podobne procese izdelave, kot so linearni in nekateri rotacijski magnetni dajalniki, veliko trenutnih proizvodnih celic pa bi ostalo enakih, saj se v teh izvajajo specifične operacije, ki niso nujne za izdelavo izdelkov drugih družin. Primer take celice je celica, v kateri se izdelujejo magnetni trakovi.

Prednost izdelave linearnih in rotacijskih magnetnih dajalnikov po sistemu skupinske razmestitve bi bila enakomernejša razporeditev kapacitet med vse družine izdelkov, kar bi odstranilo večje razlike v dobavnih rokih družin izdelkov. Enako prednost lahko podjetje doseže z večjo fleksibilnostjo delovne sile, ki bi omogočila prehajanje operaterjev iz ene celice v drugo. Še ena prednost skupinske razmestitve bi bilo sprotno poročanje zaključenih operacij na delovnih nalogih v sistemu ERP ob prehodu naloga iz enega oddelka v drugega, kar bi omogočilo boljši pregled nad stanjem opravljenega dela v proizvodnji. Trenutno se namreč vse zaključene operacije poročajo hkrati ob zaključenem celotnem delovnem nalogu. Prednost bi koristila predvsem oddelku planiranja proizvodnje, njen negativni vpliv pa bi bil zamudnost poročanja operacij, ki jih je po trenutnem sistemu v program ERP treba vnašati ročno. Negativen vpliv vpeljave skupinske razmestitve bi bil otežen proces planiranja

proizvodnje, saj bi bilo za vsako naročilo treba preverjati zasedenost vsakega oddelka in preračunavati časovno pot med oddelki, da bi lahko določili končni termin delovnega naloga.

Sam nisem prepoznal nobene večje prednosti skupinske razmestitve v primerjavi s trenutno celično proizvodnjo, linearna razmestitev, ki je opisana v poglavju 1.3.1, za podjetje RLS ni primerna, saj ne izdeluje večjih količin standardnih proizvodov, zato sem mnenja, da je celična proizvodnja za podjetje RLS najprimernejša.

Dejavnik z najmočnejšim negativnim vplivom na proces planiranja proizvodnje je nekonsistentnost in nepredvidljivost potreb končnih kupcev po magnetnih dajalnikih zasuka. Za nepričakovana naročila po velikih količinah s kratkimi zelenimi dobavnimi roki se v oddelku planiranja proizvodnje porabi veliko časa za dogovarjanje s kupcem, dogovarjanje z oddelkom nabave in reorganizacijo proizvodnje, z namenom, da se kupcu ustreže v največji možni meri. V praksi se je kot najučinkovitejši preventivni ukrep za zmanjšanje količine nepričakovanih naročil pokazala tesna komunikacija s kupcem, redno posodabljanje napovedi in sprotno preverjanje odstopanja dejanskih naročil od napovedi. Z naročili, ki kljub preventivnim ukrepom presenetijo podjetje, se to sooča s preventivno zalogo materialov in polizdelkov, zaradi katerih je dobavni rok končnih izdelkov krajši. Na krajše dobavne roke imajo velikokrat pozitiven vpliv tudi dobri odnosi z lokalnimi dobavitelji, saj so se pripravljene pomagati v največji možni meri ter izdelati in dobaviti nujen material v najkrajšem možnem času. Ob prejemu večjega nepričakovanega naročila, ki ga ni moč poslati v zelenem terminu, igra pomembno vlogo komunikacija s kupcem, saj se velikokrat izkaže, da ta ne potrebuje celotne naročene količine izdelkov na navedeni zeleni termin, ampak potrebuje določeno število izdelkov na tedenski ali mesečni ravni. Z delnimi pošiljkami v podjetju RLS velikokrat dosežejo plan pošiljk, ki ustreza potrebam stranke in je hkrati znotraj zmogljivosti kapacitet proizvodnje. Na soočanje z nepričakovanimi naročili bi imela pozitiven vpliv tudi večja fleksibilnost delovne sile, saj bi tako lahko podjetje kratkoročno povečalo kapacitete najbolj obremenjene proizvodne celice.

Podjetje RLS posluje v okolju, ki je planiranju proizvodnje neprijazno zaradi nepredvidljivosti in slabega vpogleda v prihodnost, vendar kljub temu dosega 95 % dobavljivost na prvi potrjen rok in dobavne roke, ki so za stranke v večini primerov sprejemljivi. Glede na navedena dejstva se mi zdi planiranje proizvodnje v podjetju RLS učinkovito.

4.8 Vpliv implementacije sistema za upravljanje proizvodnje na proces planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna tehnika

Sistem ERP, ki ga uporablja podjetje, je dober, vendar ima trenutni način uporabe določene omejitve, zaradi katerih je za učinkovito planiranje proizvodnje treba veliko komunicirati z vodjami proizvodnih celic in uporabljati poročila, ki so izdelana v programu Microsoft Excel. Nekatere omejitve ERP sistema bi lahko omejili z implementacijo sistema MES.

Sistem ERP ne omogoča pregleda prostih kapacitet proizvodnje ali posamezne celice, saj v sistemu ni zavedeno število operaterjev, ki bodo prisotni na določeni proizvodnji celici na določen dan. Poleg tega iz sistema ni razvidno, koliko delovnih ur bo treba opraviti v določenem terminu glede na vse odprte delovne naloge. Za pregled prostih kapacitet se v oddelku planiranja proizvodnje uporablja Microsoft Excel poročilo, ki je povezano na podatkovno bazo SQL in računa število delovnih ur, ki jih bo treba opraviti na tedenski ravni. Trenutno se pri računanju kapacitete določene proizvodne celice uporablja število operaterjev, ki primarno operira v tej proizvodni celici, pri čemer se ne upošteva dopustov, bolniške odsotnosti in prehajanja operaterjev med celicami. Uporaba sistema MES, ki omogoča pregled delovnih nalogov in njihovo stanje (Chen & Voigt, 2020, str. 3), bi lahko nadomestila uporabo Microsoft Excel poročila, kar bi zmanjšalo možnost človeške napake, poleg tega lahko sistem opozori na večje spremembe v proizvodnji in s tem izboljša odzivnost (Chen & Voigt, 2020, str. 3). A sistem MES ne bi izboljšal preglednosti realnih prostih kapacitet za daljše obdobje, za doseganje tega bi bilo treba ročno vnašati prisotnosti vseh operaterjev za vse delovne dni v planskem obdobju.

Uporaba sistema MES bi izboljšala vpogled v realno stanje delovnih ur, ki so nujne glede na odprte delovne naloge. Pri trenutnem postopku se poročanje vseh opravljenih operacij v sistem ERP opravi ob zaključevanju delovnega naloga, kar pomeni, da v sistemu ni razvidno, v kolikšni meri je določen delovni nalog že izdelan. Če je potrebna točna informacija o opravljenem delu na nekem nalogu, recimo v primeru, ko stranka potrebuje kose prej, kot je bilo sprva dogovorjeno, je nujna komunikacija z vodjo proizvodnje celice. Z uporabo sistema MES, pri katerem se beleži vsak začetek in konec delovne operacije, bi se vse operacije zaključevale, takoj ko so opravljene, kar bi omogočalo boljši vpogled v stanje delovnih nalogov, prav tako bi bilo razvidno, kateri nalogi so v zamudi oziroma kateri nalogi bodo izdelani predčasno (MESA International, 1997, str. 3).

Z uporabo sistema MES bi se s časom izboljšala tudi točnost izdelovalnih časov izdelkov. Izdelovalni časi operacij, ki so trenutno zavedeni v sistemu ERP, so izmerjeni ročno pri izdelavi večjega števila kosov, iz česar se izračuna izdelovalni čas operacije za en kos določenega izdelka. Ta čas se uporabi kot osnova za računanje časa za delovne naloge. Trenutno izdelovalni časi so večinoma točni, vendar imajo nekatere pomanjkljivosti. Ena izmed pomanjkljivosti so razlike med operaterji, saj bolj izkušeni operaterji nekatere operacije opravljajo hitreje. Po mnenju vodje tehnologije je pomemben dejavnik, ki vpliva na čas izdelave, tudi trajanje opravljanja operacije, kajti pri časovno daljšem opravljanju ponavljajoče se operacije učinkovitost pada, kar pomeni, da povprečen čas izdelave enega kosa pri izdelavi manjšega skupnega števila kosov ni enak povprečnemu času izdelave večjega skupnega števila kosov. Pomanjkljivost trenutnega sistema beleženja izdelovalnih časov je tudi potreba po rednem spremljanju točnosti in ažuriranje časov, zabeleženih v sistemu ERP, saj se ti spreminjajo z nadgradnjo orodij in naprav, ki se uporabljajo pri izdelavi in zaradi krivulje učenja operaterjev. Z implementacijo sistema MES, ki zbira podatke o časih izdelave (Kletti, 2007, str. 24), bi podjetje po daljšem časovnem obdobju

uporabe pridobilo podatkovno bazo dejanskih časov izdelave, s pomočjo katere bi lahko izračunali bolj točne povprečne čase izdelave. Še ena prednost uporabe bi bili podatki o učinkovitosti posameznih operaterjev pri določeni operaciji, ki bi jih lahko uporabili pri odločitvah razporejanja operaterjev na delovna mesta.

5 DISKUSIJA

V diskusiji so strnjene ključne ugotovitve, do katerih sem prišel s preučevanjem literature in analizo procesa planiranja ter organizacije proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika. Predstavljeni so odgovori na glavno vprašanje in podvprašanja magistrske naloge. Opisana je omejitev, ki sem jo prepoznal med pisanjem naloge in predstavljene možnosti za nadaljnje raziskave.

5.1 Ključne ugotovitve

V literaturi je organizacija proizvodnje razdeljena na različne vrste in razmestitve proizvodnje glede na količino izdelkov, ki so izdelani v določenem obdobju, glede na raznolikost izdelkov, ki se proizvajajo, in glede na pretok proizvodov med operacijami, ki je lahko prekinjen ali neprekinjen. V podjetju RLS Merilna tehnika uporabljajo serijsko proizvodnjo s celično razmestitvijo. Serijska proizvodnja se mi zdi optimalna glede na raznolikost in količino izdelkov, ki se izdelujejo. Celično razmestitev sem ocenil kot najbolj primerno, saj prinaša prednosti, kot so manjša monotonost dela in lažja komunikacija z oddelkom tehnologije. Preučil sem možnost implementacije skupinske razmestitve in ugotovil, da bi bila ta možna za nekatere družine izdelkov, vendar v primerjavi s celično proizvodnjo ne bi prinesla večjih prednosti.

Pri preučevanju literature sem sisteme za planiranje in kontrolo proizvodnje prepoznal kot zanimivo in koristno orodje, s katerim si podjetje lahko olajša upravljanje s tokom izdelkov v proizvodnji in doseganje polne zmogljivosti kapacitet. Med sistemi, ki sem jih preučil, nisem našel takšnega, ki bi popolnoma ustrezal proizvodnji podjetja RLS Merilna tehnika in bi uporaba tega olajšala planiranje ter kontrolo proizvodnje. Menim, da so glavna ovira, ki otežuje implementacijo v podjetju RLS, predpogoji, nujni za pravilno delovanje, kot so določena vrsta ali razmestitev proizvodnje. Poleg tega podjetje RLS izdeluje veliko različnih družin izdelkov z različnimi postopki izdelave, kar še dodatno otežuje izbiro sistema za planiranje in kontrolo proizvodnje, ki bi ustrezal vsem. Menim, da je implementacija sistema lažja za mlada podjetja, ki še nimajo uveljavljenega načina planiranja in vodenja proizvodnje, saj se ta lažje prilagodijo in v večji meri izkoristijo prednosti, ki jih ponuja določen sistem za planiranje in kontrolo proizvodnje. Pri preučevanju literature o sistemih za planiranje in kontrolo proizvodnje sem dobil občutek, da avtorji ne upoštevajo vpliva, ki ga ima sprememba organizacije proizvodnje na ostale oddelke, kot so oddelek za informacijsko tehnologijo, računovodstvo in ostali. Za primer lahko vzamemo vpliv kanban

kart na oddelek računovodstva. V literaturi o sistemu kanban kart nisem zasledil informacije o tem, kako se spremlja čas, ki je bil porabljen v različnih proizvodnih celicah, te informacije pa so nujne za točno poročanje stroškov dela. Poleg tega je vsako podjetje unikatno, ima unikatne tehnološke postopke izdelave in organizacijo podjetja, zato bi rekel, da se pri implementaciji teoretičnih pristopov podjetjem porajajo vprašanja, ki v literaturi niso naslovljena.

Implementacijo sistema MES sem prepoznal kot koristno, saj bi ta prinesla boljši vpogled v dogajanje v proizvodni, kar bi v oddelku planiranja proizvodnje olajšalo sprejemanje odločitev. Poleg tega bi z uporabo MES sistema lahko opustili uporabo poročila za preverjanje zasedenosti kapacitet, ki je izdelan z programom Microsoft Excel, kar bi zmanjšalo možnost človeške napake. Še ena pozitivna lastnost dolgoročne uporabe sistema MES bi bili točnejši časi izdelav operacij posameznih izdelkov, ki bi bili izračunani kot povprečje dejanskih izmerjenih časov v preteklem obdobju.

Pri analizi procesa planiranja in organizacije proizvodnje nisem prepoznal pomanjkljivosti, ki bi bile odraz slabega poznavanja teoretičnih pristopov in bi jih lahko kot take odpravili z implementacijo pristopov, ki so opisani z literaturi. Menim, da je podjetje v tridesetih letih poslovanja z učenjem na lastnih napakah in preizkušanjem različnih pristopov doseglo visoko učinkovitost procesa planiranja in organizacije proizvodnje. Menim, da bi kot podjetje z visoko učinkovitostjo procesa planiranja in organizacije proizvodnje več uspeha pri nadaljnjem izpopolnjevanju organiziranosti podjetja našlo z izmenjavanjem praks s podjetji, ki poslujejo v podobnem okolju in se srečujejo z enakimi izzivi, vseeno pa vidim vrednost v teoriji kot osnovi za dobro razumevanje organizacije podjetja.

5.2 Omejitve in priporočila za nadaljnje raziskave

Kot omejitev magistrske naloge prepoznavam dejstvo, da sem planiranje proizvodnje analiziral in ovrednotil skozi oči nekoga, ki je hkrati tudi del oddelka za planiranje proizvodnje, zaradi česar je lahko moje mnenje pristransko. Poleg tega nimam veliko delovnih izkušenj v planiranju proizvodnje, saj je zaposlitev v podjetju RLS moja prva zaposlitev na tem področju, kar pomeni, da vse moje znanje o planiranju proizvodnje izhaja iz izkušenj, pridobljenih v podjetju RLS, in literature, ki sem jo preučil med pisanjem magistrske naloge. Verjamem, da bi nekdo drug z bolj poglobljenim znanjem planiranja proizvodnje oziroma s širšim poznavanjem prakse planiranja proizvodnje v drugih podjetjih drugače ovrednotil planiranje proizvodnje v podjetju RLS in verjetno prepoznal druge pomanjkljivosti in pristope, s katerimi bi lahko planiranje in organizacija proizvodnje dosegla večjo učinkovitost. Kljub napisanemu vidim vrednost v svoji analizi, saj samorefleksija omogoča prehod iz »le« poznavanja v razumevanje lastnih procesov planiranja in organizacije ter pomaga pri iskanju odgovora na vprašanje, zakaj sta proces planiranja in organizacija proizvodnje takšna, kot sta, in ali obstaja boljši način.

Za nadaljnje raziskave bi priporočal primerjavo procesa planiranja in organizacije proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika s podjetji, ki poslujejo v podobnih okoljih in se srečujejo z enakimi izzivi. Na ta način bi lahko primerjali različne načine soočanja z izzivi, prepoznali najučinkovitejše in ovrednotili, ali jih je mogoče implementirati tudi v drugih podjetjih. Za nadaljnje raziskave o sistemih za planiranje in kontrolo proizvodnje bi priporočal ovrednotenje teh na širšem vzorcu podjetij, ki uporabljajo različne vrste in razmestitev proizvodnje. Raziskava bi bila lahko izvedena na način, kjer bi bili različni sistemi predstavljeni različnim oddelkom, kot sta oddelek planiranja proizvodnje in vodenje proizvodnje v čim večjem številu podjetji, te pa bi ovrednotili možnost implementacije in izpostavili omejitve, ki bi implementacijo otežile.

SKLEP

V magistrskem delu sem preučil literaturo, ki se nanaša na organizacijo proizvodnje in proces planiranja proizvodnje ter na podlagi te analiziral organizacijo in proces planiranja proizvodnje v podjetju RLS Merilna Tehnika. Moj namen je bil ugotoviti, ali lahko z implementacijo teoretičnih pristopov dosežemo večjo učinkovitost organizacije proizvodnje in procesa planiranja proizvodnje v podjetju.

Med preučevanjem literature sem spoznal in nato v prvem delu magistrskega dela predstavil številne teoretične osnove organizacije proizvodnje, kot so vrsta in razmestitev proizvodnje ter glavne značilnosti planiranja proizvodnje, to so delitev na strateško, taktično in operativno planiranje, dejavniki, ki vplivajo na planiranje, proizvodno okolje in proces hierarhičnega planiranja proizvodnje. Opisal sem razliko med potisnim in vlečnim principom proizvodnje ter šest različnih sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje ter navedel njihove glavne značilnosti in opredelil, za kakšna podjetja so primerni glede na vrsto in razmestitev proizvodnje ter proizvodno okolje, v katerem posluje podjetje. Prav tako sem opisal glavne značilnosti sistemov za upravljanje proizvodnje in koristi, ki jih podjetje pridobi z implementacijo.

Z novim teoretičnim znanjem sem v praktičnem delu sprva predstavil podjetje RLS Merilna Tehnika in nato opisal trenutno organizacijo proizvodnje, tako da sem predstavil različne operacije, ki se vršijo, opisal fleksibilnost proizvodnje in značilnosti proizvodnih celic, ki so del proizvodnje. Proces planiranja proizvodnje sem predstavil tako, da sem najprej opisal strateško planiranje proizvodnje, nadaljeval z opisom taktičnega planiranja in nazadnje podrobno predstavil operativno planiranje, katerega potek sem povzel tudi z diagramom. Predstavil sem glavne zunanje in notranje dejavnike, ki vplivajo na planiranje proizvodnje in naštel strategije planiranja proizvodnje, ki jih podjetje uporablja. Prav tako sem navedel, katero proizvodno okolje uporablja podjetje in navedel razloge zakaj.

Predstavitvi organizacije in procesa planiranja proizvodnje podjetja sledi poglobljena analiza vseh sistemov za planiranje proizvodnje, v kateri sem predstavil razloge, zakaj se mi

noben ne zdi primeren za proizvodnjo podjetja RLS Merilna tehnika in naštel ovire, s katerimi bi se podjetje soočilo, če bi implementiralo določen sistem. V poglavju diskusija sem po lastnem mnenju za glavno oviro implementacije sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje prepoznal predpogoje, ki so nujni za pravilno delovanje in dejstvo, da podjetje RLS izdeluje veliko različnih izdelkov z različnimi postopki izdelave.

Ovrednotil sem trenutno organizacijo in jo ocenil za optimalno, saj je serijska proizvodnja najprimernejša vrsta proizvodnje glede na raznolikost in količino izdelkov, ki se izdelujejo. Celično razmestitev proizvodnje sem ocenil za najustreznejšo, saj ta razbija monotonost dela operaterjev in omogoča učinkovitejšo komunikacijo med operaterji in tehnologi. Poleg tega nisem prepoznal prednosti skupinske razmestitve, ki jih ne bi bilo moč doseči s celično razmestitvijo.

Za tri glavne pridobitve, ki bi jih prinesla implementacija sistema MES, sem prepoznal boljšo preglednost dogajanja v proizvodnji, točnejše podatke o izdelovalnih časih operacij za posamezne izdelke in boljši način spremljanja zasedenosti kapacitet v primerjavi s trenutnim, ki temelji na poročilu, izdelanim s programom Microsoft Excel. Na podlagi pridobitev sem implementacijo sistema MES označil za dobro odločitev, saj bi olajšala proces planiranja proizvodnje.

Proces planiranja proizvodnje v podjetju sem ovrednotil za učinkovitega, brez pomanjkljivosti, ki bi jih bilo moč odpraviti z implementacijo teoretičnih pristopov. Večjo vrednost v primerjavi s teoretičnim pristopom sem pripisal izmenjavanju praks s podjetji, ki poslujejo v podobnem okolju in se srečujejo z enakimi izzivi. Omejitev moje analize in ovrednotenja proizvodnje je pristranskost, saj sem del oddelka za planiranje proizvodnje, poleg tega pa nimam veliko izkušenj planiranja proizvodnje, ki bi mi omogočile primerjavo procesa z drugimi podjetji. Za nadaljnje raziskave priporočam primerjavo procesa planiranja podjetja s podjetji, ki poslujejo v podobnih okoljih in se srečujejo z enakimi izzivi ter ovrednotenje različnih sistemov za planiranje in kontrolo proizvodnje na podlagi mnenj anketirancev, ki so zaposleni na oddelkih planiranja proizvodnje in vodenja proizvodnje v različnih podjetjih.

LITERATURA IN VIRI

1. Bandyopadhyay, S. (2019). *Production and Operations Analysis: Traditional, Latest, and Smart Views*. CRC Press.
2. Behún, M., Kleinová, J. & Kamaryt, T. (2014). Risk assessment of non-repetitive production processes. *Procedia Engineering*, 69, 1281-1285.
3. Benton, W. (2013). *Supply chain focused manufacturing planning and control*. Nelson Education.
4. Chapman, S. N. (2006). *The fundamentals of production planning and control*. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.
5. Chase, R. B., Shankar, R. & Jacobs, F. R. (2018). *Operations and Supply Chain Management, 15e (SIE)*: New York: McGraw-Hill Education.

6. Chen, X. & Voigt, T. (2020). Implementation of the Manufacturing Execution System in the Food and Beverage Industry. *Journal of Food Engineering*, 278, 109932.
7. Cooney, R. (2002). Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(10), 1130-1147.
8. Eng, C. K., Ching, H. W. & Siong, B. C. (2015). Paired-cell overlapping loops of cards with authorization simulation in job shop environment. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, 15(3), 68-73.
9. Fattahi, E. & Khodadad, M. (2015). Hierarchical production planning in make to order system based on work load control method. *Universal Journal of Industrial and Business Management*, 3(1), 1-20.
10. Garavelli, A. C. (2001). Performance analysis of a batch production system with limited flexibility. *International journal of production Economics*, 69(1), 39-48.
11. Gole, N. (2017, 22. juli). Prodajajo proizvajalcem robotov. *Delo*. Pridobljeno 25. avgusta 2022 iz <https://old.delo.si/gospodarstvo/podjetja/podjetniske-zvezde-priloznosti-so-letala-samovozeci-avti-elektricna-mobilnost.html>
12. Gupta, S. & Starr, M. (2014). *Production and Operations Management Systems*. Taylor & Francis.
13. Heizer, J., Render, B. & Munson, C. (2016). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson Education.
14. Hill, A. V. (2012). *The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual and Glossary of Operations Management Terms and Concepts*. FT Press.
15. Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Vollmann, T. E. (2011). *Manufacturing planning and control for supply chain management: APICS/CPIM Certification Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
16. Kletti, J. (2007). Manufacturing Execution Systems-MES [libro en línea]. Berlin: Springer.
17. Korbar, T. (2016). *Elektronski sistem za testiranje dajalnikov pozicije* (specialistično delo). Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko,
18. Krajewski, L. J., Malhotra, M. K. & Ritzman, L. P. (2015). *Operations Management: Processes and Supply Chains, Student Value Edition*. Pearson.
19. Krishnamurthy, A. & Suri, R. (2009). Planning and implementing POLCA: a card-based control system for high variety or custom engineered products. *Production planning and control*, 20(7), 596-610.
20. Kumar, S. A. & Suresh, N. (2006). *Production and operations management*. New Age International.
21. Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Ljubljana: Moderna organizacija.
22. Lödding, H. (2012). *Handbook of manufacturing control: Fundamentals, description, configuration*. Springer Science & Business Media.
23. Mahmoud, M. A. (2015). *Evolution of MRP-type systems*. Baghdad: University of Technology.
24. MESA International. (1997). *MES Explained: A high Level Vision*. Chandler, Arizona: MESA International.
25. Nahmias, S. & Olsen, T. (2015). *Production and Operations Analysis: Strategy, Quality, Analytics, Application*. Waveland Press, Incorporated.
26. Nave, D. (2002). How to compare six sigma, lean and the theory of constraints. *Quality progress*, 35(3), 73-80.

27. Okutmuş, E., Kahveci, A. & Kartašova, J. (2015). Using theory of constraints for reaching optimal product mix: an application in the furniture sector. *Intellectual Economics*, 9(2), 138-149.
28. Ptak, C. A. & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning, Third Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
29. Rusjan, B. (2009). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
30. Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2010). *Operations management*. Pearson education.
31. Spearman, M. L., Woodruff, D. L. & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. *The International Journal of Production Research*, 28(5), 879-894.
32. Štende, R. (2020). Janez Novak, direktor zlate gazele RLS: Dosegli vse ambiciozne napovedi. *Dnevnik*. Pridobljeno 25. avgusta 2022 iz <https://www.dnevnik.si/1042923731>
33. Stevenson, M., Hendry, L. C. & Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International journal of production research*, 43(5), 869-898.
34. Stevenson, W. (2014). *Operations Management*. McGraw-Hill US Higher Ed USE Legacy.
35. Swamidass, P. M. (2000). *Encyclopedia of production and manufacturing management*. Springer Science & Business Media.
36. Team, P. D. (1999). *Cellular Manufacturing: One-Piece Flow for Workteams*. Taylor & Francis.
37. Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., Land, M. J., Fredendall, L. D. & Melnyk, S. A. (2014). Lean control for make-to-order companies: Integrating customer enquiry management and order release. *Production and Operations Management*, 23(3), 463-476.
38. Towers, N. & Ashford, R. (2001). The supply chain management of production planning and sustainable customer relationships. *Management research news*, 24(12), 1-6.
39. Wahyuni, D. (2010). The importance of supply chain management in competitive business: A case study on Woolworths. *Manajemen Usahawan Indonesia*, (1), 32-39.
40. Wang, J. X. (2015). *Cellular Manufacturing: Mitigating Risk and Uncertainty*. CRC Press.

PRILOGA

Priloga 1: Vprašanja polstrukturiranega intervjuja z vodjo tehnologije

1. Ali menite, da je serijska proizvodnja najprimernejša za podjetje RLS?
2. Ali bi bila možna tudi katera druga vrsta proizvodnje in kakšne prednosti oziroma slabosti bi ta prinesla?
3. Ali bi bila poleg celične razmestitve za proizvodnjo podjetja RLS primerna še katera druga razmestitev?
4. Ali bi bil prehod na drugo razmestitev proizvodnje težaven?
5. Katera bo po vašem mnenju največja pridobitev sistema MES?
6. S katerimi izzivi menite, da se boste spopadli ob vpeljavi sistema MES?