

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA NOTRANJE LOGISTIKE NA PRIMERU OSKRBE
PROIZVODNE CELICE V PODJETJU BSH HIŠNI APARATI**

Ljubljana, december 2021

ŽIGA JELEN

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Žiga Jelen, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Analiza notranje logistike na primeru oskrbe proizvodne celice v podjetju BSH Hišni aparati, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem izr. prof. dr. Markom Jakšičem

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	5
1 LOGISTIKA	8
1.1 Opredelitev logistike	8
1.2 Proizvodni sistem	9
1.2.1 Linijska postavitve proizvodnega procesa.....	11
1.2.2 Celična postavitve proizvodnega procesa.....	12
1.3 Notranja logistika	13
1.4 Vitki management v proizvodnji in notranji logistiki	14
1.5 Oskrba ravno ob pravem času.....	15
1.5.1 Prednosti oskrbe ravno ob pravem času	16
1.5.2 Omejitev oskrbe ravno ob pravem času	17
1.6 Oskrba po konceptu »milk run«.....	18
1.6.1 Prednosti in slabosti »milk run« sistema oskrbe	19
1.6.2 Določitev načina izvedbe »milk run« sistema oskrbe	20
2 NOTRANJI TRANSPORT	21
2.1 Opredelitev notranjega transporta	21
2.2 Avtomatizacija notranjega transporta.....	23
2.3 Uporaba AMR robotov v notranjem transportu	24
2.3.1 Področja uporabe AMR robotov	25
2.3.2 Prednosti in slabosti uporabe AMR robotov	26
2.4 Različne vrste AMR robotov	27
3 ANALIZA OBSTOJEČEGA SISTEMA PROIZVODNE CELICE IN	
TRANSPORTA.....	28
3.1 Metodologija raziskave.....	28
3.2 Predstavitev podjetja BSH Hišni aparati Nazarje.....	29
3.3 Proizvodna celica in oskrba z materialom.....	30
3.4 Uravnavanje materialnih potreb za oskrbo celice	34
3.5 Skladiščno območje.....	34
3.6 Transport materiala z nakladalnega območja in predmontaže do proizvodne	
celice 36	
4 PREDLOG OPTIMIZACIJE PROIZVODNE CELICE IN TRANSPORTA.....	38

4.1	Predlog vzpostavitve »milk run« koncepta oskrbe.....	38
4.2	Predlog postavitve materiala v skladišču	46
4.3	Predlog izboljšanega embalaranja polizdelkov	49
4.4	Analiza transporta polizdelkov z AMR vozili.....	52
4.5	Predstavitev rezultatov.....	57
	SKLEP.....	58
	LITERATURA IN VIRI.....	59

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Prednosti in slabosti implementacije AMR robotov v proizvodnjo.....	27
Tabela 2:	Podatki obstoječega stanja	39
Tabela 3:	Izračunani in določeni podatki za tri izbrane materiale	41
Tabela 4:	Potreba zabojev/palet na krog vlečnega viličarja.....	43
Tabela 5:	Časovni prikaz operacij vlečnega viličarja.....	45
Tabela 6:	Prikaz izračuna števila palet in števila zabojev	47
Tabela 7:	Meritve porabe časa na nakladalnem območju pred in po optimizaciji.....	48
Tabela 8:	Podatki trenutnega embalaranja polizdelkov	49
Tabela 9:	Primerjalna tabela embalaranja polizdelkov	52
Tabela 10:	Primerjalna tabela med ročnim in AMR transportom polizdelkov	55

KAZALO SLIK

Slika 1:	Struktura proizvodnega sistema.....	10
Slika 2:	Linijska postavitve proizvodnega procesa	11
Slika 3:	Celična postavitve proizvodnega procesa	12
Slika 4:	Časovna premica cikla »milk runa«.....	21
Slika 5:	Predstavitev proizvodnje kavčnih aparatov	30
Slika 6:	Postavitve proizvodne celice.....	32
Slika 7:	Nakladalno območje	35
Slika 8:	Vlečni viličar.....	37
Slika 9:	Voziček s polizdelki.....	37
Slika 10:	MiR100 Hook	38
Slika 11:	Krog vlečnega viličarja	42
Slika 12:	Sestava vlečnega viličarja	44
Slika 13:	Nakladalno območje za proizvodno celico	47
Slika 14:	Postavitve zabojev v posameznem regalu.....	48
Slika 15:	Postavitve polizdelkov v predalu	50

Slika 16: Prikaz polne in prazne dvižne omare za polizdelke	51
Slika 17: Kreirana mapa in pot AMR robota.....	54

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

npr. – na primer

oz. – oziroma

itd. – in tako dalje

št. – število

h – ura

sec – sekunda

min – minuta

mm – milimeter

km – kilometer

angl. Milk run; sistem ciklične oskrbe temelječ na principu vlečenja

AGV – (angl. Automated Guided Vehicle); avtomatizirano vodeno vozilo

AMR – (angl. Autonomous Mobile Robot); avtonomni mobilni robot

OEE – (angl. Overall Equipment Effectiveness); skupna učinkovitost opreme

JIT – (angl. Just-In-Time); ravno ob pravem času

RFID – (angl. Radio-Frequency Identification); radiofrekvenčna identifikacija

UVOD

Logistiko lahko opišemo kot strateško nalogo, ki vključuje procese managementa nabave, gibanja in skladiščenja materiala, delov in končnega inventarja. S tem je povezan pretok informacij skozi organizacijo in njene tržne kanale na način, da se sedanja in prihodnja donosnost maksimirata s stroškovno učinkovitim izpolnjevanjem naročila. Naloga logistike je povezana s konceptom dostave ob pravem času (angl. Just-In-Time – v nadaljevanju JIT) z namenom dostave pravega blaga na pravo mesto, ob zahtevanem času. Tema logistike je povezana z managementom dobavne verige in zajema optimizacijo materialnega pretoka znotraj podjetja (Millegård & Kurzbach, 2016, str. 6).

Eno od podpodročij logistike je notranja logistika, ki zavzema aktivnosti povezane z gibanjem in držanjem zaloge materiala od skladišča materiala, preko proizvodnje do skladišča končnih proizvodov. Pokriva notranji transport med proizvodnimi mesti in skladišči v posameznih fazah proizvodnje ter transport od proizvodnje do končnega skladiščenja. Cilj uspešnega managementa notranje logistike je, da z racionalnimi in koordiniranimi procesi vplivamo na zeleno oskrbo za odjemalce ob ugodnih ekonomskih učinkih (Križman, 2010, str. 25). Bistveni dejavnik notranje logistike je zmogljivost oskrbe, ki ima neposreden vpliv na hitrost in zanesljivost celotne oskrbe. Pomembno je, da je logistika strukturirana tako, da omogoča fleksibilno preskrbo z materialom v kratkem roku, kar omogoča hiter odziv na nepredvidene dogodke in spremembe potreb (Millegård & Kurzbach, 2016, str. 6).

Notranji transport se obravnava kot logistična aktivnost in se mu pripisuje vse več pozornosti, saj pogosto predstavlja visok delež proizvodnih stroškov. Osnovna naloga je preskrba vseh oddelkov in delovnih mest z zahtevanim materialom in odvoz vsega, kar na teh delovnih mestih nastaja. Vključuje torej premikanje delovne sile, blaga, surovin, nedokončanih proizvodov, gotovih izdelkov in drugih dodatnih materialov znotraj podjetja (Lević, 2016, str. 23). Poti, po katerih poteka transport v podjetju, imenujemo notranje transportne poti. Da bo transport varen, hiter in učinkovit, jih je potrebno načrtovati tako, da se izognemo nepotrebnim križanjem in povratnim vožnjam praznih vozil. Pomembni so tudi poznavanje tehnološkega procesa, ustrezna postavitve materialov v skladišču, končnih proizvodov, razmestitev proizvodnih linij itd. Na notranji transport ima velik vpliv tudi stanje in vrsta transportnih sredstev (Križman, 2010, str. 25–26).

V podjetjih, kjer se vrši sistem vitke proizvodnje, je sistem ciklične oskrbe (angl. milk run, v nadaljevanju »milk run« sistem) zelo pogost koncept za notranji transport, pri čemer se vitki koncept osredotoča na optimizacijo vseh vidikov proizvodnje, vključno z ravnanjem z materialom in transportom (Baudin, 2005). »Milk run« sistem omogoča pogoste oskrbe različnih materialov iz osrednjega skladišča na različne proizvodne lokacije. Tako se lahko izvajajo učinkovite (v smislu večje izkoriščenosti) dobave v majhnih velikostih, kar na splošno povzroča krajše roke oskrbe in manj zalog v okviru same proizvodne celice (Klenk,

Galka & Günthner, 2015). Cilj tega koncepta je združevanje več pošiljk v eno, pri čemer prihranimo ogromno hoje in časa porabljenega za razdeljevanje materiala (Meyer, 2017, str. 23). »Milk run« zagotavlja tudi oskrbo ravno ob pravem času in zmanjšuje možnost nastajanja odpadkov in materialne škode (Flexqube, 2021).

Avtonomni mobilni robot (angl. Autonomous Mobile Robot, v nadaljevanju AMR) je vsak robot, ki lahko razume svoje okolje in se po njem premika, ne da bi ga neposredno nadzoroval operater. Običajno je to mogoče doseči z vrsto naprednih senzorjev, računalnikov in zemljevidov na vozilu, ki vozilom AMR omogočajo razumevanje in interpretacijo okolja, da lahko delujejo kot oblika asinhronnega prevoza (Conveyco, brez datuma). AMR robot se pomika po zemljevidu, ki ga njegova programska oprema izdelava na kraju samem, ali po vnaprej naloženih risbah objektov. Uporablja podatke iz kamer, vgrajenih senzorjev in laserskih skenerjev ter izpopolnjeno programsko opremo, ki mu omogoča zaznavanje okolice in izbiro najučinkovitejše poti do cilja. Deluje popolnoma samostojno in če se pred njim pojavljajo viličarji, palete, ljudje ali druge ovire, varno manevrira okoli njih in uporabi najboljšo alternativno pot. S tem se optimizira produktivnost, saj se zagotovi, da pretok materiala poteka v skladu z načrtom (Mobile Industrial Robots, 2019–2020).

V magistrskem delu sem obravnaval praktičen primer sistema oskrbe materiala proizvodne celice v podjetju BSH Hišni aparati Nazarje (v nadaljevanju BSH Nazarje). Trenutno se v podjetju za notranji transport iz skladišča do proizvodne celice uporabljajo vlečni vlaki, za krajše razdalje pa material prevažajo kar proizvodni delavci. Material, ki ga prevažajo proizvodni delavci, je zložen v plastične zaboje, zato bo prvi korak ta, da preverim ustreznost procesa in nakažem potrebo po spremembi v načinu embaliranja teh materialov in odvečni uporabi plastičnih zabojev. Velik problem je tudi v skladišču, kjer se nahaja ves material potreben za oskrbo proizvodne celice. Težave so predvsem v nelogični razporeditvi materiala in slabi transparentnosti, zato bo moja naloga, da analiziram trenutno stanje in predlagam boljše razporeditev. Nekaj korakov v tej smeri so v podjetju že naredili, vendar mislim, da je še prostor za dodatne izboljšave. Analiziral sem možnosti in prednosti v povezavi z vpeljavo AMR vozila za notranji transport. Analizo vpeljave sem začel na področju transporta materialov, ki jih trenutno prevažajo proizvodni delavci. Veliko pozornosti sem posvetil analizi interakcije med AMR vozili in vlečnimi vlaki, ki konstantno oskrbujejo proizvodne celice in motijo pot AMR vozilu.

Namen magistrskega dela je raziskati kako bo »milk run« sistem vplival na izboljšavo materialne oskrbe proizvodne celice in celotne notranje logistike. Z novo postavljenim sistemom bomo izboljšali transparentnost in produktivnost proizvodne linije ter omogočili hitrejšo in boljše dostavo materiala iz skladišča in predmontaže do linije. Z magistrskim delom želimo prikazati, da lahko z novo postavitvijo celice in uvedbo robotike dosežemo boljše rezultate, v smeri več izdelanih proizvodov na izmeno, pri čemer bodo proizvodni delavci svoje delo opravljali z manj napora. To bo pomembno vplivalo na podjetje, saj bomo lahko enak sistem uporabili za ostale proizvodne linije ter tako povečali učinkovitost in

zmogljivost celotne proizvodnje podjetja. Magistrsko delo je zanimivo z vidika uvedbe AMR robotov v transport in s tem razbremenitve proizvodnih delavcev.

Cilji magistrskega dela so na praktičnem primeru preučiti spremembo sistema oskrbe materiala proizvodne celice, uvedbo AMR vozil v notranji transport in vpliv uvedbe na uspešnost delovanja proizvodne celice. V podjetju so AMR vozila že kupili, vendar jih še niso začeli vpeljevati. Moja naloga je, da analiziram trenutno stanje notranjega transporta in predlagam ustrezen način vpeljave AMR vozil za samostojno oskrbo materiala proizvodne celice. Prav tako sem spremenil sistem embaliranja internih materialov, da se znebimo povratne embalaže, v mojem primeru plastičnih zabojev. Obenem pa sem analiziral tudi razmestitev materialov v skladišču ter oblikoval novo postavitev in razmestitev za lažje iskanje.

Osrednje raziskovalno vprašanje je:

Kako bo predlagan sistem oskrbe z materialom izboljšal proizvodni proces in notranjo logistiko na primeru preskrbe proizvodne celice?

V pomoč pri odgovoru na glavno raziskovalno vprašanje sem oblikoval naslednja podvprašanja:

- Kakšne so pomanjkljivosti povezane z iskanjem materiala v skladišču ter kako bi z izboljšano postavitvijo omogočili hitrejši in lažji prevzem materiala?
- Kaj bomo dosegli s spremembo sistema oskrbe materiala proizvodne celice?
- Kako bo sprememba embaliranja določenih materialov vplivala na proizvodni proces?
- Kakšen vpliv bo imela vpeljava AMR vozil na notranji transport?

Magistrsko delo tvori teoretični in praktični del, hkrati pa temelji na metodah znanstvenega raziskovanja. Prvi del magistrskega dela je sestavljen iz teoretičnega dela in temelji na deskriptivni metodi znanstvenega raziskovanja. Teorijo bom črpal tako iz slovenske kot iz tuje teorije. Drugi del je sestavljen iz praktičnega dela, kjer bom ovrednotil tezo z zbiranjem opazljivih, empiričnih in merljivih dokazov. Zaključek je tako sestavljen iz ovrednotenja ugotovitev in mojih predlogov za izboljšave.

V teoretičnem delu sem z metodo deskripcije predstavil management notranje logistike v proizvodnji. Najprej sem opisal, kaj sploh je notranja logistika in kako pomembno je poznavanje le-te, nato sem se osredotočil na proces preskrbe proizvodne celice. V tem poglavju sem opisal tudi tri najpomembnejše sisteme za moj praktični primer ter izpostavil njihove prednosti in slabosti. Teorija se nadaljuje z opredelitvijo notranjega transporta, kjer je poudarek na avtomatizaciji transporta in AMR robotih. Izpostavil sem najpomembnejše vidike uporabe AMR robotov, kakšne vrste teh robotov obstajajo ter zopet izpostavil njihove dobre in slabe lastnosti.

Teoretičnemu delu sledi praktični del, ki temelji na izboljšavi sistema materialne oskrbe proizvodne celice v podjetju BSH Nazarje. Za začetek sem predstavil samo podjetje BSH in njegov proizvodni sistem. Nadaljeval sem z analizo obstoječe celice, kjer sem se osredotočil na prvotni koncept in stanje celice. Z namenom izboljšave obstoječega stanja sem pregledal, kako se trenutno na celici uravnavajo in naročujejo materialne potrebe, kako so materiali razvrščeni in skladiščeni v skladišču ter kako potekata iskanje in dostava materiala iz skladišča do proizvodne celice. Na podlagi analize naročanja materiala sem poskušal oceniti pogostost dostave in količino dostavljenega materiala ter predlagal rešitve. Glede na predlagane izboljšave sem predstavil nova sistema materialne oskrbe obstoječe proizvodne celice, vpeljavo AMR vozil in »milk run« sistema.

V zadnjem delu sem strnil glavne ugotovitve glede optimizacije celice in transporta ter ovrednotil svoje raziskovalno vprašanje.

1 LOGISTIKA

1.1 Opredelitev logistike

Področje logistike zajema vse postopke potrebne za dostavo kateregakoli izdelka ali storitev kupcu, razen tistih, ki so neposredno povezani z zasnovo izdelka. Logistika poleg tega, da je odgovorna za obvladovanje materialnih tokov med različnimi proizvodnimi območji (to imenujemo notranja logistika), upravlja tudi s pretokom informacij, ki so bistvene za tok materiala, kot so transakcijske operacije, napovedovanje, načrtovanje proizvodnje itd. (Antunes, Sousa & Nunes, 2013).

Izraz logistika se je najprej uveljavil v vojaški terminologiji in izhaja iz francoske besede »loger«, ki pomeni nastanitev, namestitev in preskrbovanje. Z njo so povezovali način razmišljanja o medsebojni povezanosti materialnih tokov, ki so nujni zaradi časovno-prostorskih neskladij med nabavo, proizvodnjo in prodajo (Križman, 2010).

Izraz ima pri različnih avtorjih poznane različne definicije (Vorina, 2010):

- logistika je proces vodenja vseh aktivnosti, namenjenih za premikanje različnih surovin, materialov od dobavitelja, nato znotraj podjetja in vse do kupca,
- logistika je dejavnost, ki s strateškim obvladovanjem materialnih in informacijskih tokov v organizaciji ter njenih povezav z nabavnim in prodajnim trgom zagotavlja optimizacijo vseh tokov in s tem plansko oskrbo vseh porabnikov,
- logistika je znanstvena veda, ki se ukvarja s premagovanjem transportnih informacij, materiala, osebja in energije, v času in prostoru od dobavitelja do kupca.

Sistem znotraj logistike vključuje več dejavnikov, ki jih bo morala upoštevati vsaka organizacija, seveda z različnimi pristopi, ki so odvisni od namena in cilja podjetja. V smislu

notranjih logističnih sistemov je potrebno upoštevati 5 glavnih komponent – zasnova objektov, oprema, sistem, kadrovanje in načrtovanje procesov (Millegård & Kurzbach, 2016):

- zasnova objektov označuje fizične lastnosti, kot so prostor za shranjevanje, širina sten, tloris itd. Na te lastnosti lahko vplivamo le pri gradnji novih objektov, vendar lahko s strateškim načrtovanjem in morebitno reorganizacijo izboljšamo lastnosti, da optimiziramo logistični tok,
- oprema zajema ravnanje z materialom in informacijami, z drugimi besedami prevoz blaga z ene lokacije na drugo,
- sistemi se nanašajo na programske sisteme, kot je ERP sistem, in na način obvladovanja pretoka informacij,
- kadrovanje se nanaša na izkoriščenost osebja ter zajema vprašanja v zvezi z zdravjem in varnostjo,
- načrtovanje procesov upošteva celostni pogled na tok logistike; kako je treba strukturirati in organizirati prostor, opremo, osebje itd., da se izboljša učinkovitost.

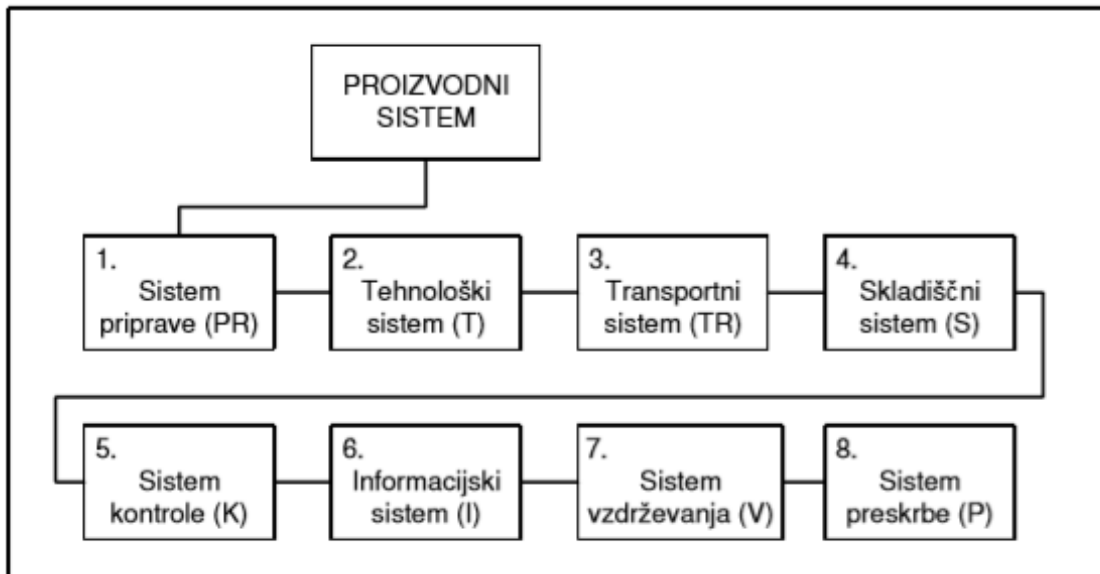
1.2 Proizvodni sistem

Proizvodnja je premišljeno delovanje nečesa koristnega. To koristno je proizvod, ki je lahko materialni (fizični) izdelek ali nematerialna storitev. Proizvodni proces je proces izdelave proizvodov; sistem, v katerem se dogaja ta proces, pa imenujemo proizvodni sistem (Ljubič, 2000).

Proizvodni sistem lahko opredelimo kot sistem, v katerem se izvajajo proizvodni procesi in nam služi za izvedbo določenih delovnih nalog. Sistem določajo delavci, delovne naloge, delovna sredstva, potek dela, vhodne in izhodne komponente ter motnje, ki se vršijo skozi ves sistem. Opazujemo ga lahko tudi kot množico izbranih elementov, ki zajema vse, kar se dogaja z delovno nalogo od vhodnih (surovina, material) do izhodnih (končni izdelek, proizvod) komponent, z namenom, da dosežejo višjo vrednost. Proizvodni sistem lahko razdelimo na več podsistemov, vsak pa predstavlja zaključeno celoto (Kušar, 2016).

Na sliki 1 je prikazana struktura proizvodnega sistema, ki ga sestavlja osem podsistemov, pri čemer vsak posamezen podsistem zajema določene funkcije. Pomembni podsistemi za magistrsko delo bodo transportni sistem, skladiščni sistem in sistem preskrbe.

Slika 1: Struktura proizvodnega sistema



Vir: Kušar (2016).

Funkcije, ki jih opravljajo ti trije podsistemi, so (Kušar, 2016):

- transportni sistem transportira predmete dela na poti procesa proizvodnje,
- sistem skladišč (skladiščenje) zagotavlja izvajanje skladiščnih operacij v vhodnih skladiščih, pri medfaznih zalogah (potrebe zaradi proizvodnje) in v izhodnih skladiščih,
- sistem preskrbe zagotavlja materialne potrebe, energijo in drugo za nemoten proces proizvodnje.

V proizvodnem sistemu se izvajajo različni tipi proizvodnih procesov. Ko govorimo o različnih tipih proizvodnega procesa, smo usmerjeni na razporeditev delovnih mest in stopnjo povezave (medsebojne prostorske in časovne odvisnosti) med njimi. Pravilna povezava med delovnimi mesti nam omogoča optimalno delitev dela, dober izkoristek delovnih sredstev in dober pretok materiala v procesu. Če oblikujemo proizvodne procese glede na povezavo delovnih mest, od najšibkejše do najmočnejše povezave, lahko ločimo naslednje tipe (Bizjak, Šketa & Skarza-Žerovnik, 1997):

- proizvodnja za eno delovno mizo,
- delavniška proizvodnja,
- tekoča proizvodnja (proizvodnja v vrsti in linijska proizvodnja),
- avtomatizirana proizvodnja,
- procesna proizvodnja
- celična proizvodnja,
- proizvodnja med gibanjem,
- transportna dela.

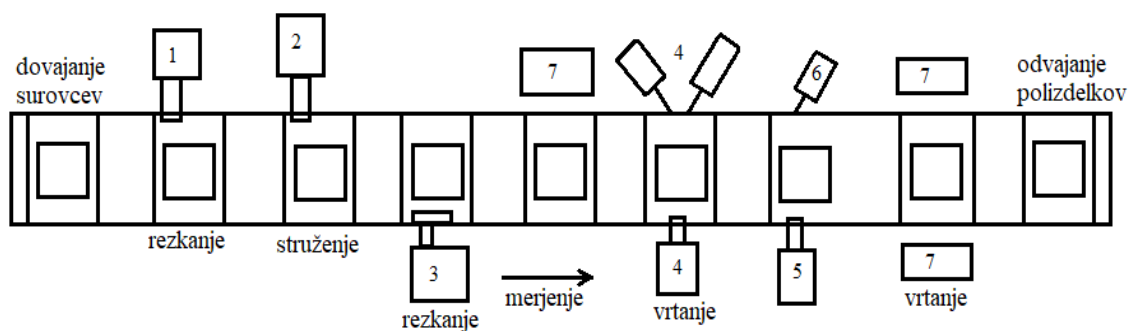
V podjetju BSH Nazarje d. o. o. se v proizvodnji uporabljajo proizvodni procesi, pri katerih se delo opravlja na stalni lokaciji in stalnem delovnem mestu. Moje magistrsko delo temelji na analizi materialne oskrbe proizvodne celice, zato bom v nadaljevanju opisal linijsko in bolj podrobno celično postavitev proizvodnega procesa.

1.2.1 Linijska postavitev proizvodnega procesa

O linijski postavitvi proizvodnega sistema govorimo takrat, kadar so delovna mesta povezana tako, da obstaja poleg prostorske tudi časovna povezava. Pri tej postavitvi materiali med operacijami ne čakajo, se pravi ni medoperacijskih in medfaznih zalog. Operacije si sledijo neprekinjeno ena za drugo, njihovo trajanje pa je vnaprej določeno (Steblovnik, 2001).

Na sliki 2 je vidna linijska postavitev proizvodnega procesa. Delovna mesta so postavljena v liniji in so med seboj časovno povezana.

Slika 2: Linijska postavitev proizvodnega procesa



Vir: Bizjak, Šketa & Skarza-Žerovnik (1997).

Pozitivne lastnosti (Bizjak, Šketa & Skarza-Žerovnik, 1997):

- najkrajši možni čas pretoka proizvodov, posledica je zmanjšanje stroškov,
- večja preglednost linijske proizvodnje,
- večja varnost pri delu,
- delavce hitro privadimo k delu,
- kvaliteta dela je večja,
- nadziranje proizvodnje se poenostavi.

Negativne lastnosti (Bizjak, Šketa & Skarza-Žerovnik, 1997):

- linijska proizvodnja je zelo občutljiva na preureditve in spremembe,
- zelo težko spreminjamo proizvodni program,

- zelo je občutljiva na motnje na tržišču, proizvodnja zahteva enakomerno prodajo izdelkov,
- slabše izkoriščanje strojnih naprav,
- Pri nabavi strojne linije so zelo veliki stroški.

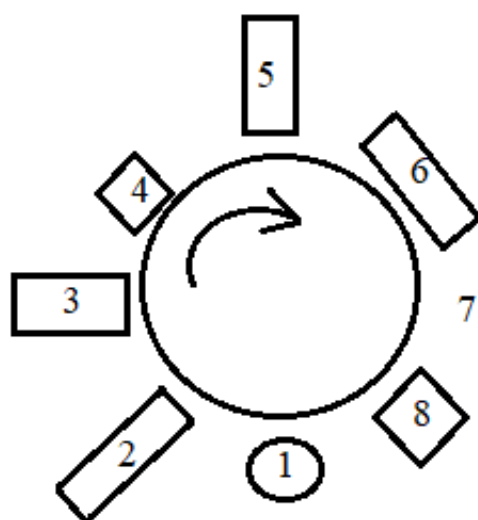
1.2.2 Celična postavitvev proizvodnega procesa

Proizvodna celica je skupina zaporednih operacij ali oblika timskega dela, pri kateri obdelava proizvoda poteka v kontinuiranem toku (Marchwinski & Shook, 2003). Cilj vseh delavcev je kvaliteten izdelek na izhodu iz celice, ki predstavlja plod dela vseh delavcev v celici. Vsaka celica sodeluje z drugimi deli proizvodnega procesa, zato je sama odgovorna za kvaliteto dela v njej (Shahrukh, 1999). Pogosto je proizvodna celica v obliki črke U, saj tako zmanjša razdalje med delovnimi mesti in operaterjem omogoča kombinacije delovnih nalog. To je še posebej pomembno v vitki proizvodnji, saj se zaradi sprememb v povpraševanju število operaterjev spreminja (Marchwinski & Shook, 2003).

Celična oblika postavitve je primerna za podjetja, ki izdelujejo velikoserijske izdelke, ki se izdelujejo v več zaporednih operacijah. Proizvodne celice so nastale zaradi potreb po poenostavitvi in izboljšanju proizvodnega procesa. Najpogosteje se ta oblika uporablja v avtomobilskih podjetjih, podjetjih, ki se ukvarjajo z elektroniko, medicinsko opremo in podobno (Shahrukh, 1999).

Na sliki 3 je prikazana enostavna celična postavitvev proizvodnega procesa. Razvidno je, da ima celica osem delovnih mest, ki si sledijo v smeri urinega kazalca.

Slika 3: Celična postavitvev proizvodnega procesa



Vir: Bizjak, Šketa & Skarza-Žerovnik (1997).

Pravilno oblikovanje proizvodne celice prinaša veliko prednosti, ki jih delimo v dve skupini (Shahrukh, 1999):

- strateške prednosti: pravočasne dobave, boljša odzivnost, znižanje zalog, izboljšana kvaliteta, urejen materialni tok, povečana fleksibilnost,
- izboljšave v delovnem procesu: nižji pretočni čas, manj dela z dostavljanjem materiala in krajše razdalje med posameznimi stroji, ustvarjanje delovnih skupin znotraj celice (skupinski duh, pripadnost, zadovoljstvo).

Pri planiranju dela v proizvodni celici moramo upoštevati optimalno postavitev opreme in orodij. Potrebno je upoštevati načela delovanja celične proizvodnje, ki so pomembna pri oblikovanju in delovanju proizvodne celice. Ta načela so (Hyer & Wemmerlov, 2001):

- upoštevati je potrebno zaporedje operacij pri izdelavi produkta in tako načrtovati proizvodno opremo in orodje,
- proizvodna oprema mora biti postavljena tako, da zagotavlja minimalen prostor med njo, s čimer onemogočimo zadrževanje izdelkov med izdelavo,
- ker večina delavcev za izvajanje operacij uporablja desno roko, z levo pa premikajo izdelke med posameznimi operacijami, je smiselno, da zagotovimo potek procesa v smeri urinega kazalca.

1.3 Notranja logistika

Notranja logistika je izraz, ki obsega vse tehnične sisteme in storitve povezane z materialnim obvladovanjem znotraj industrijskih podjetij, trgovcev na drobno in debelo ter vladnih ustanov. Procesni na področju notranje logistike so ključnega pomena za ravnanje pretoka blaga v celotni oskrbovalni verigi (Nagel, Roidl & Follert, 2008). Zajema vsa področja v zvezi z gibanjem in mirovanjem materiala od skladišča, preko proizvodnje do skladišča končnih proizvodov. Gre za planiranje, organiziranje in kontrolo aktivnosti premikanja in skladiščenja znotraj podjetja z namenom optimiziranja procesa proizvodnje. Funkcija notranje logistike se prične s prevzemom blaga, ki ga je nabavna logistika dobavila v poslovni sistem. Pokriva notranji transport med proizvodnimi mesti in skladišči v posamezni fazi proizvodnje, vse do transporta v skladišče končnih izdelkov. Notranja logistika torej prevzema medsektorsko funkcijo ter je v celoti odgovorna za notranji pretok materiala in informacij (Logožar, 2004).

Cilj notranje logistike je, da ob ugodnih ekonomskih učinkih, z racionalnimi in koordiniranimi procesi vplivamo na zeleno oskrbo za odjemalce. Med dejavnike, ki vplivajo na doseganje teh ciljev, prištevamo izbiro lokacije proizvodnih in skladiščnih mest znotraj poslovnega sistema, proizvodni pretočni čas, pretočni čas končnih izdelkov in informacij, tipe proizvodnje, med te uvrščamo individualne ali serijske, razporeditev proizvodnih sredstev itd. (Križman, 2010).

Prvine notranje logistike so delovna sila, notranji transport, transportne poti, transportna sredstva in naprave, skladišča in skladiščenje, pakiranje in paletiziranje. Pravilna prostorska razporeditev strojev in naprav ter notranja logistika morata zagotoviti potek proizvodnje, saj mora prav notranji transport premostiti napake slabega prostorskega planiranja. Osnovno načelo je, da čim bolj izkoristimo prostor ter skrajšamo poti in pretočni čas materiala (Vorina, 2010). Pretočni čas materiala v proizvodnji je čas, ki preteče od trenutka vhoda materiala v proizvodni proces do trenutka, ko se končani proizvodi uskladiščijo v skladišče gotovih proizvodov. Daljši kot je pretočni čas, večje zaloge nastajajo pri medskladiščenju med proizvodnim tokom materiala, lahko pa tudi negativno vpliva na kakovost logističnih sredstev (Logožar, 2004).

Na notranjo logistiko vpliva razporeditev proizvodnih sredstev, kar pomeni planiranje, optimiranje in ureditev proizvodnih, skladiščnih in upravnih prostorov. Razporeditev proizvodnih prostorov je mogoče načrtovati le, kadar je znan plan potreb na podlagi načrtovanja proizvodnih količin, proizvodnih sredstev, preskrbe z energijo in razbremenitve ostankov oziroma odpadkov in embalaže (Logožar, 2004).

1.4 Vitki management v proizvodnji in notranji logistiki

Potrebe podjetij po nenehnem izboljševanju in razvoju vodijo k iskanju orodij in metod za obvladovanje, ki spodbujajo razvoj storitev za stranke in zmanjšujejo stroške vseh povezanih procesov. Sprejetje te perspektive vodenja, kjer je poudarjeno doseganje odličnosti s stalnim izboljševanjem postopkov in procesov ter iskanjem novih konceptov vodenja, je vodilo k temu, da se je več podjetij vključilo v strategije obvladovanja, pri katerih so predpostavke »vitke« filozofije ključne (Antunes, Sousa & Nunes, 2013).

Vitki koncepti so globoko zakoreninjeni v Toyotinem proizvodnem sistemu. V originalu vitkost govori o odstranjevanju odpadkov ter povečanju hitrosti in pretoka. Čeprav gre za poenostavitev na visoki ravni, je končni cilj odstraniti odpadke iz vseh procesov. Po teoriji o vitkem managementu je na vrhu seznama znanih odpadkov odvečna zaloga. Preprosteje, odpraviti moramo zaloge, ki niso potrebne za podporo operacijam in takojšnje potrebe kupca (Goldsby & Martichenko, 2005).

Pogosta napačna predstava o filozofiji vitkega poslovanja je, da se uporablja le v proizvodnih okoljih. Cilj je odpraviti odpadke, zmanjšati zaloge v obdelavi ter nato zmanjšati čas vodenja postopkov in proizvodnje, kar na koncu poveča hitrost in pretok dobavne verige. Vitkost ima tudi ključni kulturni element, ki je za logista ključnega pomena, tj. koncept »skupnih stroškov«. Organizacija, ki uporablja vitki management, se ne osredotoča na posamezne stroškovne dejavnike, kot sta prevoz ali skladiščenje, temveč na skupne stroške. Ker stroški zalog predstavljajo od 15 do 40 odstotkov celotnih logističnih stroškov za številne panoge, ima odločanje na podlagi skupnih stroškov dramatične posledice za logistiko (Goldsby & Martichenko, 2005).

Vitki management je tako metodologija kot cilj uspešnosti. Ker se skoraj v celoti osredotočamo na odstranjevanje odpadkov ter povečujemo prilagodljivost in hitrost, se vitko razmišljanje začne s predpostavko, da so odpadki povsod okoli nas. Odpadki so razlog, zakaj obstaja vitka metodologija, na področju materialov pa se ji je treba dovolj posvečati (Sheldon, 2007).

Kategorije nekaterih odpadkov (Sheldon, 2007):

- nepotrebno gibanje materiala,
- nepotrebno gibanje delavcev,
- prostor,
- čas,
- material (ostanki, predelati, poškodovano itd.),
- premalo napora (slaba kakovost dela, materiala ali zasnove procesa).

Osnovni koncepti vitke proizvodnje so nastali že leta 1950 in temeljijo na konceptu ravno ob pravem času (angl. Just-In-Time), ki pomeni proizvesti pravi izdelek, ob pravem času, v pravi količini. Sestavni deli JIT so (Dennis, 2017):

- kanban: je sistem vizualnih orodij, ki sinhronizirajo in dajejo navodila dobaviteljem in odjemalcem v in zunaj obrata,
- izravnava proizvodnje: To podpira standardizirano delo, katerega cilj je vsak dan proizvajati z enako hitrostjo, da se čimbolj zmanjšajo nihanja obremenitve. S tem se lahko hitro prilagajamo nihajočemu povpraševanju.

Vitka proizvodnja se od JIT loči po tem, da poudarja tempo proizvodnje (čas takta), uporabo celic in uporabo koncepta toka vrednosti kot začetka organizacijske preнове (Hyer & Wemmerlov, 2001).

1.5 Oskrba ravno ob pravem času

»Just-In-Time« proizvodnja je japonska filozofija obvladovanja, ki se uporablja v proizvodnji in vključuje pravilno postavitev elementov ustrezne kakovosti in količine na pravem mestu in ob pravem času. Pravilna uporaba proizvodnje JIT je povzročila povečanje kakovosti, produktivnosti in učinkovitosti, izboljšala komunikacijo ter znižala stroške in odpadke (Javadian, Babu & Talari, 2013). Ena od prednosti proizvodnje JIT je zmanjšanje zalog nedokončane proizvodnje in s tem obratnega kapitala. Še večja korist je zmanjšanje časa proizvodnega cikla, saj materiali manj časa stojijo v čakalnih vrstah in čakajo na obdelavo. Največja korist proizvodnje JIT je vsiljevanje zmanjšanja sprememb pretoka, kar prispeva k stalnim izboljšavam (Ballard & Howell, 1995, str. 291–301).

Sistem JIT se lahko uporablja za proizvodne procese v kateremkoli podjetju. Prilagojen je tudi organizacijam v storitveni industriji. Ko je JIT uspešno izveden, lahko zmanjša nihanja,

ki jih imajo številna proizvodna podjetja in so odvisna od spreminjajočih se gospodarskih razmer. JIT podjetjem omogoča učinkovito in zanesljivo filtriranje odpadkov v proizvodnem procesu, izboljšanje kakovosti in zadovoljevanje potreb potrošnikov. Za JIT obstajajo trije glavni proizvodni cilji, to so (Javadian, Babu & Talari, 2013):

- povečanje sposobnosti organizacije, da konkurira konkurenčnim podjetjem in dolgoročno ostane konkurenčna. Konkurenčnost organizacije je z uporabo JIT povečana, saj ji le-ta omogoča, da razvije optimalen postopek za proizvodnjo svojih izdelkov. Obstajajo razlike med proizvodnimi postopki za konvencionalno in progresivno organizacijo,
- povečanje stopnje učinkovitosti v proizvodnem procesu. Učinkovitost se bo ukvarjala z doseganjem višjih ravni produktivnosti ob hkratnem zmanjševanju s tem povezanih proizvodnih stroškov,
- zmanjšanje ravni zapravljenih materialov, časa in truda, vključenega v proizvodni proces. Odprava nepotrebnih odpadkov lahko znatno zmanjša stroške proizvodnje.

1.5.1 Prednosti oskrbe ravno ob pravem času

Potencialne koristi JIT so številne. Prvič, praksa JIT zmanjša zaloge, kar pomeni nižje naložbe v zaloge. Sistem zahteva le najmanjšo količino potrebnega materiala, zato to bistveno zmanjša celotno zalogo (Javadian, Babu & Talari, 2013). V svojem bistvu je JIT filozofija odpravljanja izgub, kjer se izgube nanašajo na naslednje nepotrebne dejavnosti (Hyer & Wemmerlov, 2001):

- prekomerna proizvodnja,
- izgube zaradi ljudi, ki čakajo na materiale, opremo ali druge zaposlene,
- izgube zaradi premikanja materialov na dolge razdalje,
- izgube zaradi neučinkovite predelave materiala,
- izgube zaradi ustvarjanja zalog kjerkoli v sistemu,
- izgube zaradi nepotrebne hoje in gibanja s strani operaterjev,
- izgube pri proizvodnji okvarjenih delov in izdelkov.

Vsem sedmim vrstam izgub se lahko izognemo s proizvodnimi celicami. Nekaterim se lahko s celicami izognemo neposredno, nekatere pa dosežemo v celici kot rezultat uporabe tehnik izboljšav procesa (Hyer & Wemmerlov, 2001).

Druge finančne koristi JIT vključujejo (Javadian, Babu & Talari, 2013):

- manjše naložbe v tovarniške prostore za zaloge in proizvodnjo,
- manj nevarnosti zastaranja zalog,
- zmanjšanje škarta in predelav,
- upad dokumentacije in

- zmanjšanje neposrednih materialnih stroškov s količinskimi nakupi.

1.5.2 Omejitev oskrbe ravno ob pravem času

Čeprav so prednosti uporabe JIT številne in se navajajo pogosteje kot morebitne omejitve, je bilo ugotovljenih več pomanjkljivosti, ki so (Javadian, Babu & Talari, 2013):

- kulturne razlike so bile navedene kot možna omejitev JIT. Obstajajo številne kulturne razlike, ki so lahko neločljivo povezane z uspehom JIT. To bodo težave, ki jih bo težko spremeniti ali rešiti brez sprememb v stališčih in filozofiji delavcev. Obseg njihovega vpliva je morda težko izmeriti zaradi njihove narave,
- tradicionalni pristop k proizvodnji vključuje uporabo velikih količin z varnostnimi zalogami. Varnostne zaloge lahko delujejo kot blažilnik, s katerim se podjetja lahko vrnejo, da izravnajo netočne napovedi povpraševanja. To bi lahko povzročilo težave organizaciji, ki je v veliki meri odvisna od varnostnih zalog, da bi zadostila povečanju povpraševanja,
- izguba individualne avtonomije je še en možen primanjkljaj JIT. Izguba avtonomije je bila v veliki meri pripisana omejenemu času cikla ali »času med ponavljajočimi se dejavnostmi«. Odbojniki, kot sta ohlapnost ali čas prostega teka, se bistveno zmanjšajo, kar povzroči večje obremenitve in pritiske na delavca, da deluje. Čas, ki bi bil sicer prisoten, bi delavcu omogočil večjo svobodo pri opravljanju »vertikalnih nalog«, ki predstavljajo administrativne naloge ali sestanek ekipe. Poleg tega skrajšani časi ciklov prisilijo delavce, da se takoj prilagodijo spremembam povpraševanja, ne da bi upoštevali njihove potrebe,
- izguba avtonomije nad metodami vključuje idejo, da se morajo zaposleni v okviru JIT držati strogih proizvodnih metod, da lahko vzdržujejo sistem. Ta ideja zmanjšuje »podjetniški duh«, ki so ga morda imeli mnogi delavci pred uvedbo JIT.

Kot omenjeno, je kanban eden od sestavnih delov JIT sistema, ki se pogosto uporablja pri metodah ravnanja z materialom, pri čemer za ponovno naročilo materiala uporablja kartice ali manjše oblike embaliranja na delovnem mestu (Hobbs, 2003). Gre za neke vrste sistem oskrbe delovnih mest z materialom in temelji na ideji, da materialni tok v proizvodnji krmilimo po načelu ravno ob pravem času (angl. Just-In-Time) ob uporabi načela vlečenja (angl. pull). Da proizvodnja deluje brez motenj, potrebujemo medfazne zaloge, ki pokrivajo porabo v času cikla nove proizvodnje. Zato so za izdelavo določene količine izdelka potrebni vsi materiali in sestavni deli, odloženi na točno določenih odlagalnih mestih, v primernih transportnih enotah oz. točno določenem embaliranju (paleta, zaboj, namenska embalaža). Količinske in časovne potrebe po materialih in sestavnih delih končnega izdelka narekuje končna montaža izdelka, ki jih povleče od predhodnih delnih procesov v določenih količinah ob določenih časih (Ljubič, 2000). To je dobra osnova za uspešno vpeljavo »milk run« sistema v notranji transport in materialno oskrbo, saj se bom v kasnejši analizi srečeval in govoril o dostavi materialov in sestavnih delov na točno določeno mesto, pri čemer bodo

materiali v točno določenih transportnih enotah. Več o »milk run« sistemu bom pisal v naslednjem poglavju.

1.6 Oskrba po konceptu »milk run«

»Milk run« sistem je transportni koncept, ki je pogosto omenjen v konceptu z vitko proizvodnjo (Meyer, 2007). Kot je opisal Baudin (2005), je »milk run« sistem vlečnih vlakov, ki vozijo po vnaprej določenih progah, v določenih časovnih presledkih, pri tem pa pobirajo in puščajo količine materialov, ki so običajno manjše od polnih palet. S tem zagotavlja cenejšo, zanesljivejšo in bolj predvidljivo materialno oskrbo (Baudin, 2005). Karakteristike, ki jih izpolnjuje »milk run« sistem, so (AllAboutLean, 2018):

- ima fiksno pot z več postanki. »Milk run« običajno izvira iz skladišča ali nakladalnega območja, premika se po fiksni poti z več postanki in se na koncu vrne na izhodišče. Ni vej ali podvojitve nazaj. Na progi je določeno število postankov, kjer »milk run« odstrani prazne zaboje in nove zaboje oskrbi s polnim materialom,
- izvaja se po določenem urniku. Na primer, medtem ko proizvodna celica deluje, se »milk run« odvija vsake pol ure,
- dopolnjuje samo porabljen material. Če je škatla ali zaboj prazen, ga »milk run« odnese in ob naslednjem obisku prinese polno škatlo iz istega materiala.

»Milk run« sistem je koncept transporta, pri katerem se v kratkih intervalih dostavljajo različni materiali iz osrednjega skladišča na različne proizvodne lokacije na določenih poteh. »Milk run« sistemi običajno omogočajo pogoste dostave v manjših velikostih s kratkimi roki dobave in nizkimi zalogami na proizvodnih lokacijah. V realnih »milk run« sistemih se število dobav na interval razlikuje, na primer zaradi sprememb v proizvodnem programu (Klenk, Galka & Günthner, 2015).

»Milk run« sistem lahko nekako povežemo s kanban sistemom in oskrbo ravno ob pravem času. Za uspešno implementacijo moramo določiti transportno pot okoli proizvodnih celic, ki mora potekati v zaključenem krogu, ter določiti optimalno lego postajališč za odlaganje in pobiranje materiala. Določiti moramo tudi optimalno število transportnih kompozicij, ki jih prevaža vlečni viličar. To se določi na podlagi podatkov o količini materiala, ki ga je potrebno dostaviti v enem intervalu, in glede na zmogljivost posamezne transportne kompozicije. Določiti je potrebno tudi različne čase, kot so čas vožnje, čas za operacije na postajališčih in čas nakladanja v nakladalnem območju (Schmidt, Meinhardt & Schulze, 2016). Vse naštetu se navezuje na kanban in oskrbo ravno ob pravem času. Z določitvijo časa, kdaj se oskrbuje delovno mesto z materialom, omogočimo, da se na delovnem mestu ne kopičijo odvečne zaloge. Tako se materialna oskrba vrši ravno takrat, ko se material na delovnem mestu porabi. S tem se približamo logiki oskrbe ravno ob pravem času. Prav tako pa lahko »milk run« sistem povezujemo s kanbanom. V tem primeru so kanban zaboji, ki se ob porabi znova dostavijo.

1.6.1 Prednosti in slabosti »milk run« sistema oskrbe

Prednosti, ki nam jih »milk run« oskrba prinaša, so številne. Nekaj prednosti navajam v seznamu spodaj (AllAboutLean, 2018):

- pogosto naključno delo postane standardizirano in ciklično delo. »Milk run« sistem sledi enemu preprostemu standardu, ki se vedno znova ponavlja skoraj vedno enako, kar je veliko izboljšanje v primerjavi z naključnimi zahtevami po materialu, ki so v mnogih proizvodnjah še vedno pogoste,
- ker je delo ponavljajoče, lahko svojo delovno silo učinkoviteje uporabite. Delavec, ki je neposredno vpet v »milk run« sistem (v mojem primeru je to transporter vlečnih viličarjev), bo večino časa zagotovil material za proizvodno celico ali odstranil prazne škatle, medtem ko se tradicionalni viličar pogosto prevaža prazen in s tem izgublja čas in energijo,
- ker je delo ponavljajoče, je sam proces veliko lažje optimizirati in izboljšati. Količine materiala in njegovo porabo lahko razmeroma dobro izračunamo, kar je težje narediti za naključni viličar,
- zmanjšana zaloga vodi do manjše uporabe prostora okoli proizvodne celice, ki je kraj, kjer je prostor najbolj dragocen. Prihranek prostora na tekočem traku je za sistem verjetno celo bolj dragocen kot preprosto zmanjšanje zalog,
- učinek sistema vlečenja je, da se zaloga bolj ali manj upravlja sama. Ni potrebno slediti, kdaj želite kaj poslati, saj se to z »milk run« sistemom zgodi samodejno,
- ker se sistem za vlečenje dogaja bolj ali manj samodejno, je manjša možnost za človeško (ali računalniško) napako, v ustrezno določenem sistemu pa je manj verjetno, da bi imeli zaloge.

Prav tako lahko pri »milk run« oskrbi naletimo na nekaj slabosti oz. problemov. Največ problemov se pojavi pri določanju poti in časovnih obdobj poti, pod omejitvami, kot so prostorske zahteve, število vozil in zmogljivost vozil (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012).

V proizvodnem okolju obstaja en ali več vlečnih viličarjev, ki oskrbujejo proizvodne celice z materialom. En vlečni viličar ima speljano eno pot in vozi po tej poti v določenem časovnem obdobju. To je dobro z vidika vitkega upravljanja, vendar se pojavlja problem, da je čas mirovanja vlečnega viličarja zelo visok (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012).

Časovna obdobja vlečnih viličarjev so lahko enaka ali različna. Z vidika vitkosti so viličarji, ki vozijo z enakimi časovnimi obdobji, boljši, vendar v nekaterih primerih niso tako varčni kot viličarji z različno časovno razporeditvijo (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012).

V fizični postavitvi je mogoče definirati veliko različnih poti, a ker je z definiranjem vseh poti težavo težje rešiti, je treba na tej stopnji upoštevati nekatere točke za zmanjšanje števila poti. To so (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012):

- poti morajo biti združljive s fizičnimi pogoji v postavitvi in proizvodnem toku,

- poti ne smejo potekati mimo celice več kot dvakrat,
- če obstajajo povezane celice, mora pot, ki poteka mimo take celice, potekati mimo druge povezane celice.

Cilj je čim bolj zmanjšati stroške, ki jih sestavljajo stroški nedokončane proizvodnje, stroški prevoza vozil in fiksni stroški vozil. Obstaja kompromis med stroški WIP in stroški prevoza. Če vozilo opravlja pogoste obiske, se stroški WIP zmanjšajo, vendar se na drugi strani povečajo stroški prevoza, in nasprotno, če vozilo opravlja redke obiske, se stroški prevoza zmanjšajo, vendar se stroški WIP povečajo (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012).

1.6.2 Določitev načina izvedbe »milk run« sistema oskrbe

V realnem proizvodnem okolju obstaja en ali več »milk run« usmerjenih vlakov za transport. Pri vlakih, ki opravljajo transport po eni progi, ima vozilo samo eno progo in po njej vozi v določenih časovnih obdobjih. To je dobro z vidika vitkega obvladovanja, vendar slabo glede časovnega mirovanja vlaka, ki je lahko zelo dolgo. Da bi čim bolj zmanjšali čas mirovanja in število vozil, se uporablja takšna metoda, da imajo vlaki več poti. Transport se vrši po več kot eni poti in v določenih časovnih obdobjih potujejo po povezanih poteh. Niso tako varčni kot vlaki z eno potjo, vendar zagotavljajo učinkovito uporabo, saj zmanjšujejo čas prostega teka in število vozil (Kilic, Durmusoglu & Baskak, 2012).

Obstaja nekaj stvari, ki vplivajo ali pa so odvisne druga od druge, to so zmogljivost vlečnega vlaka, pogostost oskrbe proizvodne celice, število materialov na oskrbo in prostor na tekočem traku (valjčnicah) (AllAboutLean, 2018).

Najprej se je potrebno osredotočiti na prostor na valjčnicah. Ugotoviti je potrebno, koliko materiala potrebuje proizvodna celica. Ves čas je potrebno imeti vsaj en zaboj materiala več. Torej, če se zaboj pravkar izprazni, bi ga vlečni vlak pobral ob naslednjem obisku in ga ob drugem obisku vrnil polnega. V najslabšem primeru bi bil zaboj prazen, ko pride vlak in opravi čas enega cikla ter vrne poln zaboj. Skratka, če vlečni vlak prihaja vsako uro, bi poln zaboj prišel nazaj v eni uri. To je prikazano na sliki 4 spodaj (AllAboutLean, 2018).

Slika 4 prikazuje časovno premico cikla »milk runa«. Zeleni črti predstavljata proizvodno celico in skladišče, rdeča premica pa predstavlja potek ali vožnjo vlečnega viličarja. Vlečni vlak v točki 1 pobere prazen zaboj (pri proizvodni celici) in ga pelje v skladišče, kjer ga zamenja s polnim zabojem (točka 2). Nato poln zaboj pelje nazaj k proizvodni celici, ga odloži in ponovno naloži prazen zaboj (točka 3). Cikel se zaključi, ko vlečni viličar pobere prazen zaboj in ga oskrbi s polnim zabojem. Čas, ki preteče med menjavo zabojev, pa imenujemo cikel »milk runa«.

Slika 4: Časovna premica cikla »milk run«



Prirejeno po AllAboutLean (2018).

V najslabšem primeru se lahko zgodi, da se zaboj porabi, ko vlečni vlak že odpelje mimo montažne postaje. Pri tem bi na poln zaboj čakali dva cikla. Zato je potrebno »milk run« nastaviti za obravnavo najslabšega primera. Potrebno je torej zagotoviti material za dva cikla in en zaboj, tako ne bo prišlo do zastoja proizvodne celice zaradi pomanjkanja materiala (AllAboutLean, 2018).

Vedeti je potrebno, da krajši, kot je cikel »milk run«, manj materiala potrebujemo na valjčnih trakovih in morda več vlečnih vlakov. Zaželeno je, da se za čas cikla uporabijo okrogle številke, npr. 1 ura, trideset minut, 2 uri itd. S tem omogočimo, da si vozniki vlečnih vlakov lažje zapomnijo in veliko hitreje opazijo, če je kaj narobe. V nasprotnem primeru bi se vozniki motili in bi vsakič morali preveriti, kdaj je naslednji krog. Za avtomatiziran transportni sistem bi se teoretično lahko uporabila liha števila (npr. 13 minut, 27 minut itd.), a tudi v tem primeru bi se večkrat spraševali, kdaj bo material prišel (AllAboutLean, 2018).

2 NOTRANJI TRANSPORT

2.1 Opredelitev notranjega transporta

Transport je ena izmed najstarejših družbenih dejavnosti, brez njega ni pridobivanja dobrin. Že na začetku človeške družbe je bila prisotna potreba po prevozu ljudi in blaga. Prve organizacijske oblike transporta so nastale v razcvetu držav v starem veku. V tem obdobju je bila transportna dejavnost predvsem del trgovine (Vorina, 2010). Transport je torej logistična aktivnost in pomeni premagovanje prostora in časa. Je zavestno premikanje dobrin (predmetov transporta) in oseb, tako kot zahteva proces. Dobre in ljudje se med transportom ne porabijo in ne spremenijo svoje oblike. Izvesti se mora varno, učinkovito, časovno usklajeno, s pravim materialom na pravem mestu (natančno) in brez poškodovanja dobrin (Herakovič, 2018).

Notranji transport zajema premikanje blaga, surovin, polizdelkov, nedokončanih proizvodov, gotovih izdelkov in drugih dodatnih materialov znotraj podjetja. Vključuje transport v predelavi oz. proizvodnji, skladišču, med predelavo in skladiščem, transport med proizvodnjo (predelovalnimi obrati) in transport med skladišči znotraj podjetja ter skupaj s skladiščenjem omogoča oskrbo proizvodnje z dobrinami. Med transportirane dobrine štejemo surovine, polizdelke, končne izdelke, odpadke, izdelke za popravila, izmet itd. (Herakovič, 2018).

Pri samem načrtovanju transporta moramo upoštevati lastnosti materiala, ki ga transportiramo. Materiali se razlikujejo glede fizične oblike – lahko so v tekočem, plinastem ali trdnem stanju, razlikujejo se glede dimenzij (v mojem primeru se bom srečeval s tremi različnimi oblikami zabojev), mase transportirane enote, geometrijske oblike, občutljivosti in še veliko drugih dejavnikov, ki vplivajo na spremembe v transportu (Herakovič, 2018).

Transportni proces je skupek aktivnosti oziroma operacij, ki so potrebne, da prenesemo material iz točke A (izvor) v točko B (ponor). Pri načrtovanju transportnega procesa je potrebno določiti (Herakovič, 2018):

- vrsto aktivnosti,
- sredstva, s katerimi bo aktivnost izvedena,
- kje se bo aktivnost izvajala,
- koliko časa bo trajala in
- strošek transporta.

Izbira ustreznega sistema za ravnanje z materialom je ena od pomembnih zahtev, ki jo moramo izpolniti. Opredeliti moramo alternativno opremo za nalogo ter opraviti analizo izvedljivosti in ekonomsko analizo za izbiro najboljše vrste opreme. Najpogosteje uporabljene vrste za notranji transport so žerjavi, transporterji in industrijska vozila. Žerjavi se običajno uporabljajo za vodoravno in navpično premikanje materiala iz ene točke v drugo na istem območju. Uporabljajo se lahko različni tipi žerjavov glede na težo, prostornino in material. Tipični žerjavi, ki se uporabljajo za notranji transport, so mostni žerjavi, portalni žerjavi in žerjavi za zlaganje. Transporterji so neprekinjeno transportno sredstvo, ki se pogosto uporabljajo pri prevozih velikih količin blaga na precej kratkih razdaljah. Na splošno imajo fiksni položaj in so zato statični ter malo prilagodljivi. Industrijska vozila so v primerjavi s transporterji bolj diskretna, imajo večjo prilagodljivost pri usmerjanju in materialu, ki ga prevažajo. Običajno se uporabljajo v okoljih z nizko intenzivnostjo pretoka materiala in razmeroma dolgimi prevoznimi razdaljami (Van der Meer, 2000).

Značilnosti transportnih sredstev (Herakovič, 2018):

- stopnja avtomatizacije – ročna (ročna vozila z ročnim pogonom), mehanizirana (ročna vozila z motornim pogonom) in avtomatizirana (mobilni roboti, transportne proge, viseči transporterji),

- način gibanja – mobilna ali na natančno določenem položaju,
- mesto namestitve – talna ali stropna,
- pot gibanja vnaprej fiksno določena ali programirana,
- z enosmernim ali dvosmernim tokom materiala ali tudi v več smereh,
- število bremen – posamična ali z več,
- samo prevažanje ali tudi shranjevanje,
- prevzem samo na enem mestu in odlaganje na enem mestu,
- prevzem na več mestih in odlaganje na več mestih,
- z enakim bremenom pri nalaganju in enakim/različnim pri razkladanju,
- z zveznim in enakomernim (kontinuiranim) transportom, diskretnim – s presledki, naključno naloženim bremenom.

2.2 Avtomatizacija notranjega transporta

V okviru industrije 4.0 postajajo proizvodna podjetja bolj prilagodljiva, razširljiva in združljiva. Industrija 4.0 tako velja za naslednjo generacijo industrije, pametna tovarna pa je eden od ključnih elementov. Pametna tovarna zahteva učinkovito in natančno sledenje operacijam na vseh ravneh in zbiranje ustreznih podatkov s strojev ali naprav, zato se pogosto uporabljajo nekatere možne napredne tehnologije, kot je internet stvari. Radiofrekvenčna identifikacija (angl. Radio-frequency identification – RFID) je bila prepoznana in sprejeta v proizvodni industriji kot ključna in obetavna tehnologija. Gre za napredno tehnologijo, ki je hitrejša, zanesljivejša ter ne zahteva stika ali pogleda med bralnikom in označenimi predmeti (Theunissen, Xu, Zhong & Xu, 2018).

Notranja logistika ima v pametni proizvodnji pomembno vlogo. Nedavni napredek na področju brezžične internetne tehnologije in izboljšana računalniška procesna moč v obliki vgrajenih naprav sta omogočila nove možnosti na področju vozil AMR (angl. Autonomous Mobile Robots) (Theunissen, Xu, Zhong & Xu, 2018).

Avtomatizacija in modernizacija proizvodnih procesov v industrijskih obratih se deloma izvajata z namenom izboljšanja transportnih operacij v sami proizvodnji. Uvedba mobilnih robotov je eden najpomembnejših dosežkov pri avtomatizaciji transportnih operacij v proizvodnji, na montažnih linijah in v skladišču. Mobilni roboti se uporabljajo tudi v logistiki v bolnišnicah, terminalih in centrih za prevoz tovora. Izstopajo mobilni roboti AMR. To so roboti – vozila brez človeške prisotnosti, ki se premikajo s pomočjo samodejnega nadzornega sistema in se običajno napajajo iz baterij ali jih poganja električni motor. Roboti za logistiko v tovarni so zelo pomemben dejavnik pri ocenjevanju pomena zmanjšanja fizičnega dela. Naložba v namestitvev robotov se amortizira veliko hitreje, če roboti delujejo 24 ur na dan (Karabegović, Karabegović, Mahmić & Husak, 2015).

AMR počasi nadomeščajo viličarje in ročne paletne viličarje v proizvodnih obratih. Razlog je v tem, da viličarji predstavljajo veliko tveganje za ljudi. Omejena vidljivost, velika teža

viličarja ali hitenje pri hitrih opravih povzročajo številne trke in resne nesreče. Prav tako lahko prihaja do zamujanja materialne oskrbe delovnih mest ali oskrbe z napačnim materialom, zaradi česar lahko pride do zastoja proizvodne celice. Dogaja se tudi to, da si transporterji ob proizvodno celico pripeljejo več materiala, kot je potrebno, posledica tega je odvečna zaloga (Versabox, 2020).

Za razliko od viličarjev se AMR izredno dobro obnesejo v okoljih, kjer delujejo ljudje in drugi stroji. Zaradi svojih varnostnih sistemov so popolnoma brez trkov. Njihova majhnost omogoča, da delujejo v ozkih prostorih, kjer ne bi bilo mogoče uporabiti drugih prevoznih sredstev. Z njimi lahko optimiziramo notranji transport tako, da se dostava oz. materialna oskrba vrši ob zastavljenem času, npr. AMR robotu lahko določimo urnik, da proizvodno celico oskrbuje vsako uro. Na takšen način lahko zagotovimo oskrbo ob pravem času, izognemo se morebitnim zastojem celice zaradi pomanjkanja materiala in znebimo se odvečnih zalog (Versabox, 2020).

2.3 Uporaba AMR robotov v notranjem transportu

Avtomatično vodena vozila so v osnovi mobilni roboti z lastnim pogonom, navigacijskim sistemom z možnostjo transporta in strege materiala. Pogon je na elektromotor, ki je napaján iz akumulatorja, ki omogoča neprekinjeno delovanje tudi več ur (od 8 do 16). Pri gibanju v prostoru vozilo sledi predvideni stezi ali pa dobiva signale za gibanje od senzorjev v prostoru. V proizvodnji se za transport uporabljajo avtomatično vodeni vlaki, avtomatično vodena paletna vozila, viličarji in avtomatično vodena vozila za lahke in težke tovore (Herakovič, 2018).

Do nedavnega so bila avtomatizirana vodena vozila (angl. Automated guided vehicle, v nadaljevanju AGV) edina možnost za avtomatizacijo notranjega transporta. Primerni so za proizvodnjo, kjer prihaja do ponavljajočih in doslednih dobav materiala in kjer so mogoči veliki začetni stroški. Zaradi tega pa danes AGV izpodriva bolj prilagodljiva in stroškovno učinkovitejša tehnologija, to so avtonomni mobilni roboti (AMR). Obe vrsti robotov sta učinkoviti za transport materiala, vendar je med njima nekaj razlik (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

Razlik med AGV in AMR je veliko. AGV ima vgrajeno minimalno inteligenco, zato upošteva le preprosta programska navodila. Pot, ki jo prevozi, je običajno fiksna in vnaprej določena z metodami, kot so magnetni trakovi, infrardeče sledenje črt ali tirnice. Te izvedbe so lahko drage in jih je težko rekonfigurirati. Pred sabo lahko zazna ovire, vendar jih zaradi fiksnih poti ne more obkoluti (Theunissen, Xu, Zhong & Xu, 2018). V nasprotnem primeru pa AMR krmari po zemljevidih, ki jih na samem kraju izdelava njegova programska oprema. Večkrat kot bo AMR ponovil pot, bolj si jo bo zapomnil, in skozi čas ustvari najbolj neposredno pot. Deluje popolnoma avtonomno in če se pred njim pojavi ovira, jo previdno in varno obkoluti. S tem optimizira produktivnost z zagotavljanjem, da materialni tok ostane v skladu z roki (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

AMR je zaradi avtonomnega delovanja veliko bolj prilagodljiv kot AGV. Zaradi fiksnih poti so spremembe drage in moteče, da bi bile stroškovno učinkovite. AMR pa za spreminjanje svojih nalog potrebuje le programske prilagoditve, katerih stroški so minimalni (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

AMR so zelo prilagodljivi za agilno proizvodnjo v vseh velikostih. To je ključnega pomena, saj je v proizvodnih okoljih veliko sprememb izdelkov ali proizvodnih celic. Če se proizvodne celice ali drugi objekti premaknejo, se lahko hitro in enostavno naloži nov zemljevid ali pa z AMR ponovno preslika novo stanje na samem kraju spremembe. Zaradi neprilagodljive infrastrukture AGV takšne sposobnosti nima (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

AMR so sestavljeni iz veliko naprednejše tehnologije kot AGV, kar pa ne pomeni, da so tudi dražji. Ravno nasprotno, običajno je AMR cenejša rešitev. Ker ne potrebujejo žic, magnetnih trakov ali drugih sprememb v infrastrukturi, so hitrejši in cenejši za zagon ter brez dragih motenj v procesu. Avtonomni mobilni roboti so glede na prilagodljivost, stroškovno učinkovitost, donosnost naložbe in optimizacijo produktivnosti boljši od AGV (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

2.3.1 Področja uporabe AMR robotov

Avtomatizacija ustvarja nove priložnosti za produktivnejša in varnejša okolja. Cilj večine podjetij je enak, to je, da ohranijo konkurenčnost, tako da se učinkoviteje odzivajo na zahteve strank, prihranijo čas pri poteku dela in znižajo stroške (Mobile Industrial Robots, brez datuma).

Uporaba mobilnih robotov AMR v proizvodnih sistemih je velik kvalitativni premik v avtomatizaciji transporta v proizvodnji, montaži in skladišču. Zaradi velikega števila aplikacij ponujajo mobilni roboti široko paleto različnih tehničnih in uporabnih rešitev. Uporabljajo se predvsem za izvajanje notranjega transporta. Z razvojem elektronike in mikroprocesorske tehnologije se je razvila tudi nadzorna enota AMR robotov, kar zmanjšuje potrebe po natančno določenih poteh, po katerih se premikajo (Karabegović, Karabegović, Mahmić & Husak, 2015).

Kot že omenjeno, so AMR avtonomni mobilni roboti, ki se premikajo po proizvodni hali in lahko prevažajo tovore. Zasnovani so tako, da svoje delovanje izvajajo brez neposrednega človeškega vodenja, in se uporabljajo v najrazličnejših industrijskih panogah. Najpogosteje se AMR roboti uporabljajo na področju notranje logistike, kjer skrbijo za premikanje izdelkov, materialov med skladiščem in proizvodnjo. Omogočajo avtomatizirano nakladanje, prevoz in razkladanje. Zato obstaja več področij, kjer se lahko uporabljajo. To so lahko proizvodni obrati, kontejnerski terminali, sistemi za ravnanje z materialom, skladišča in storitvene industrije (Correia, Teixeira & Ramos, 2020).

Uporabljajo se v proizvodnjah, kjer poteka periodični pretok materiala, delovanje v več izmenah in tudi za proizvodnje s kompleksnimi proizvodnimi sistemi. Dobri so tako za srednje kot dolge razdalje, za prevoz materialov z velikimi vmesnimi postajami. V te sisteme se vključujejo, ker zagotavljajo številne koristi na področju gospodarske, okoljske in družbene trajnosti, vključno s prihranki stroškov dela, večjo produktivnostjo, večjo varnostjo, zmanjšanjem emisij in porabo energije (Correia, Teixeira & Ramos, 2020).

AMR roboti so dovolj vsestranski, da lahko hkrati prevažajo več kot en tovor. Tovor pomeni več predmetov, ki so razporejeni tako, da jih je mogoče prevažati kot en predmet. Kontejner ali paleta sta primerna tovora na enoto. S prevozom več tovara se lahko zmanjša število potrebnih vozil in poveča produktivnost sistema. Prednost uporabe vozil z več tovari vključuje zmanjšanje časa vožnje praznih vozil in skupne prevožene razdalje (Correia, Teixeira & Ramos, 2020).

Najpomembnejši procesi notranje logistike, ki jih je mogoče avtomatizirati z uporabo AMR, so (Versabox, 2020):

- oskrba materiala iz skladišča v proizvodnjo. Odvisno od potreb lahko robot oskrbi več celic z enakim materialom ali pa oskrbi eno celico z različnimi materiali. Podoben proces bomo skušali avtomatizirati tudi mi, s tem, da se bo transport materiala vršil iz predmontaže do proizvodne celice, pri čemer bomo celico oskrbovali s polizdelki,
- oskrba med proizvodnimi celicami. Zaradi potrebe po proizvodnji številnih različic istega izdelka so sodobni industrijski procesi vse bolj nelinearni. Potovanje izdelka med proizvodnimi celicami je odvisno od končnega izdelka. Hitra in razmeroma poceni predelava proizvodne linije je mogoča le, če so za transport izdelka in njegovih sestavnih delov odgovorni AMR roboti. Zaradi majhnosti lahko AMR segajo veliko globlje v proizvodne celice,
- prevoz med proizvodno halo in skladiščem končnih izdelkov. Naloga je podobna transportu materiala iz skladišča v proizvodno halo. AMR ali skupina AMR lahko opravlja transportne naloge z »milk run« sistemom. Zbira lahko končne izdelke iz več proizvodnih celic in jih dostavi v skladišče končnih izdelkov.

2.3.2 Prednosti in slabosti uporabe AMR robotov

V mnogih primerih se zdi, da imajo AMR roboti velik potencial za povečanje produktivnosti vseh operacij. Čeprav obstajajo nekatere omejitve in pomisleki, nam na splošno uporaba AMR robotov v proizvodnji prinaša veliko prednosti (DF Automation & Robotics, 2019).

Tabela 1: Prednosti in slabosti implementacije AMR robotov v proizvodnjo

Prednosti	Slabosti
Povečajo prilagodljivost notranje logistike	Potencialno visoke začetne naložbe
Razbremenijo zaposlene	Stroški vzdrževanja
Skrajšajo čas dobave	Potrebna zunanja podpora
Ponujajo hitro donosnost naložbe	Zunanja uporaba je omejena
Izboljšajo delovno okolje	Omejitev prostora

Vir: lastno delo.

V tabeli 1 sem podal nekaj ključnih prednosti in slabosti, ki nam jih prinaša implementacija AMR robotov v proizvodnjo. Razberemo lahko, da nam povečajo prilagodljivost notranje logistike, skrajšajo čas dobave in razbremenijo zaposlene. Res pa je, da so začetni stroški naložbe visoki, prav tako se pojavijo stroški vzdrževanja, potrebujemo zunanjo podporo in za nemoteno delovanje potrebujejo veliko prostora. Navsezadnje pa se podjetja za AMR robote odločajo na podlagi donosnosti naložbe. Če je implementacija AMR uspešna, se naložba na dolgi rok izplača.

2.4 Različne vrste AMR robotov

Poznanih je veliko vrst AMR robotov. Vsako podjetje se na osnovi svojega proizvodnega procesa, glede na lastnosti posameznega AMR robota in delo, ki ga bo opravljal, odloči za nakup enega izmed mnogih vrst AMR robotov. Običajno se uporabijo za delo, ki ga opravljajo viličarji, transportni sistemi ali ročni vozički, pri katerih se velike količine materiala premikajo na ponavljajoč se način. Z vsakim dnem imajo manjšo konkurenco pri horizontalnem prevozu. Tu sta dva procesa, ki sta idealna za avtomatizacijo z AMR roboti (Versabox, 2020):

- transport palet – roboti so zaradi svoje majhnosti kot nalašč za to nalogo. Enostavno se lahko zapeljejo pod paleto, jo dvignejo in dostavijo na želeno mesto,
- transport na vozičkih – tovor ni postavljen neposredno na robota, ampak na voziček, za katerega je AMR pogonska enota. En robot lahko rokuje z velikim številom vozičkov, kar je zelo ekonomična rešitev v primeru najrazličnejših tovorov in pogostih sprememb prepeljanega materiala, pa tudi v primeru majhnih serij – robot lahko dostavi polne vozičke in pobere prazne, s čimer zmanjša število praznih voženj. Prav to bom skozi praktični del magistrskega dela skušal uvesti. AMR bo pobral poln voziček materiala, ga dostavil ter nato pobral praznega in ga peljal nazaj.

Za avtomatizacijo teh dveh procesov imamo na voljo veliko različnih vrst AMR robotov. Običajno jih lahko razdelimo v tri široke skupine (Conveyco, brez datuma):

- AMR, ki premikajo zaloge znotraj objekta: Prevoz zalog in izdelkov z enega mesta na drugo znotraj podjetja je običajno opravilo nizke dodane vrednosti. Avtomatizacija

- prevoza izdelkov pomeni, da lahko delavci ostanejo na svojem delovnem območju, da opravljajo druge, bolj dragocene naloge, medtem ko jim delo prinašajo in odvezamejo AMR roboti. Za takšne naloge obstaja vrsta AMR robotov, ki so namenjeni samo za to,
- AMR, ki pomagajo pri postopku pobiranja: Pobiranje naročil je eden izmed najbolj dolgotrajnih postopkov, ki se izvajajo v okviru procesa, zato je tudi najbolj pomemben. Fizična oseba s hojo od lokacije do lokacije znotraj podjetja porabi približno 75 % časa. To lahko prav tako izboljšamo z uporabo AMR robotov. Najpogostejši AMR roboti za postopke pobiranja so AMR za pobiranje naročil, AMR za sortiranje in AMR, ki povečujejo vidnost zalog,
 - AMR, ki so prilagodljiva rešitev za razvrščanje: Pomembno vlogo pri sortiranju imajo lahko avtonomni mobilni roboti. Različni modeli so opremljeni z različnimi tehnologijami za ravnanje. Poznani so roboti s transportnimi valji, nagibnimi pladnji, sistemi s prečnimi trakovi. Skratka, obstaja širok nabor za rešitve razvrščanja.

3 ANALIZA OBSTOJEČEGA SISTEMA PROIZVODNE CELICE IN TRANSPORTA

3.1 Metodologija raziskave

Raziskovalni del magistrskega dela je sestavljen iz dveh večjih poglavij, to sta analiza obstoječega stanja proizvodne celice in transporta ter predlog optimizacije proizvodne celice in transporta. V prvem delu sem analiziral podjetje, proizvodno celico, njeno materialno oskrbo in sistem uravnavanja materialnih potreb. Prav tako sem analiziral skladiščno območje, kjer se nahaja ves material, potreben za oskrbo proizvodne celice, in nazadnje transport, ki se vrši iz skladišča in predmontaže do proizvodne celice.

Analiziral sem trenutno stanje proizvodne celice in njeno materialno oskrbo. Tu sta me zanimala taktni čas celice in transparentnost celice. Osredotočil sem se tudi na prostor okoli celice in material, ki je postavljen ob celico in na valjčnih trakovih. Zanimalo me je, v kakšni embalaži je material pakiran in koliko je tega materiala v embalaži. Iz analize sem prepoznal neučinkovitosti in podal potencialne izboljšave.

Analiziral in spremljal sem tudi, kako se oskrbuje celico: kako pogosto transporterji dostavljajo material, ali ga pripeljejo premalo ali preveč. Skušal sem odgovoriti na vprašanje, zakaj ob proizvodni celici nastaja toliko materialne zaloge. Pri materialni oskrbi je bilo potrebno še posebej spremljati oskrbo celice s polizdelki, ki se vrši ročno. To bom v magistrskem delu skušal avtomatizirati s pomočjo AMR robotov. Na koncu sem podal probleme oz. neučinkovitosti transporta in navedel potencialne izboljšave.

Prav tako sem analiziral postavitev materiala v skladišču, kjer transporterji nalagajo material. Osredotočil sem se na materiale, ki so potrebni za proizvodno celico. Opazoval sem, kam skladiščni delavci postavljajo material, in nato še transportne delavce, ki ta material iščejo

in nalagajo. Tu sem meril tudi čas, ki ga transporterji porabijo, ko iščejo material po skladišču.

V drugem delu sem analiziral pomanjkljivosti trenutnega stanja in skupaj z mentorjem sva podala predloge izboljšanja trenutnega stanja. Predstavil sem vpeljavo »milk run« koncepta in predlog podkrepil z izračuni, kjer sem računal čas cikla, število ciklov itd. V nadaljevanju sem izrisal nakladalno območje v skladišču in podal predloge postavitve materiala.

Skupaj z mentorjem sva predstavila in analizirala novo embalaranje polizdelkov. Osredotočila sva se na zmanjšanje napak v kakovosti polizdelkov in na zasnovo takšnega embalaranja, da bo olajšalo delo proizvodnim delavcem in ga bo lahko v prihodnosti prevažalo AMR vozilo.

Na koncu sledi še analiza transporta z AMR vozili. Podani so predlogi transporta polizdelkov z AMR vozili, analiziran je postopek izdelave programa za avtonomno materialno oskrbo, sledi analiza izvajanja programa in nazadnje podajam še prednosti in slabosti, ki sem jih opazil med vpeljevanjem AMR vozila v transportni sistem.

3.2 Predstavitev podjetja BSH Hišni aparati Nazarje

Podjetje se na spletni strani predstavi takole: »BSH Hausgeräte GmbH je eno od vodilnih podjetij na svetu v tej industriji in največji proizvajalec hišnih aparatov v Evropi. BSH želi ugoditi posamičnim potrebam uporabnikov po vsem svetu in si prizadeva, da bi s svojimi vrhunskimi blagovnimi znamkami, inovativnimi proizvodi in izjemnimi rešitvami nenehno izboljševal kakovost življenja ljudi.« (BSH-group, 2020).

»Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1967 kot skupno podjetje družb Robert Bosch GmbH (Stuttgart) in Siemens AG (München) ter je od januarja 2015 100-odstotno v lasti Skupine Bosch. Skozi svojo 50-letno zgodovino je BSH iz nemškega izvoznika zrasel v drugega največjega proizvajalca hišnih aparatov na svetu. Z več kot 61.000 zaposlenimi po vsem svetu je BSH svoj prihodek v letu 2017 povišal na okoli 13,8 milijard evrov. BSH proizvaja celotno paleto sodobnih hišnih aparatov v okoli 42-ih tovarnah po vsem svetu. Portfelj proizvodov vključuje štedilnike, pečice, nape, pomivalne stroje, pralne in sušilne stroje, hladilnike in zamrzovalnike ter male hišne aparate, kot so sesalniki, kavni aparati in kuhinjski aparati.« (BSH-group, 2020).

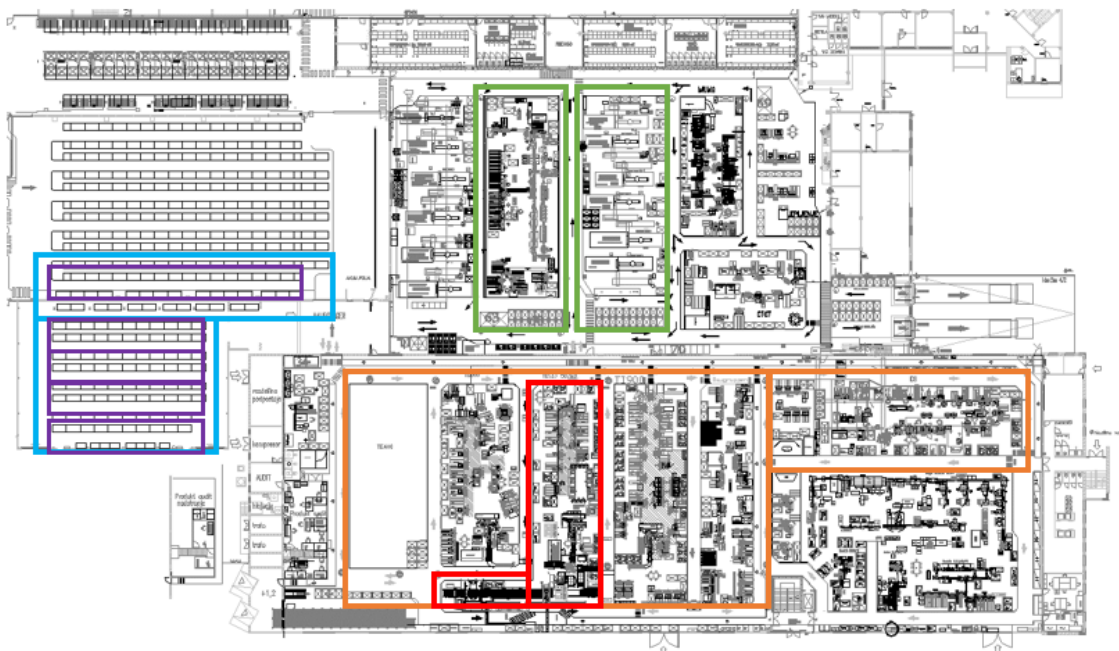
»Podjetje BSH Hišni aparati d. o. o. Nazarje je specializirano za razvoj in proizvodnjo malih gospodinjskih aparatov za pripravo hrane in napitkov. Kot del mednarodnega koncerna BSH Home appliances Group so s svojo prodajno službo v Ljubljani odgovorni tudi za prodajo bele tehnike v JV Evropi. So največji proizvajalec malih gospodinjskih aparatov v Evropi, eno največjih podjetij v Sloveniji in tudi med najpomembnejšimi podjetji v koncernu BSH.« (BSH-group, 2020).

Podjetje je razdeljeno na dve proizvodnji, in sicer na proizvodnjo aparatov za hrano ter proizvodnjo aparatov za napitke, vse pa uvrščamo med male gospodinjske aparate. Aparati, ki jih izdelujejo za pripravo hrane, so palični mešalniki, ročni mešalniki, kuhinjski roboti MUM, večnamenski napredni kuhinjski aparati Cookit in smuti makerji. V drugi proizvodnji pa izdelujejo aparate za pripravo napitkov, to so kavni aparati. Izdelujeta se dve vrsti kavnih aparatov: vgradni in prostostoječi kavni aparati. V vsakem od teh dveh vrst so še različni tipi.

3.3 Proizvodna celica in oskrba z materialom

Obravnavana proizvodna celica se nahaja v proizvodnji aparatov za pripravo napitkov, bolj natančno kavnih aparatov. Proizvodnja je vidna na sliki 5, kjer so označena vsa področja, ki so pomembna za mojo magistrsko delo. Z oranžnim pravokotnikom so označene proizvodne celice kavnih aparatov. Skupno število proizvodnih celic je šest in na vsaki se izdeluje drug kavni aparat. Tu je z rdečim pravokotnikom označena celica, ki jo bom obravnaval. Na področju zelenega pravokotnika se nahaja predmontaža. V predmontaži so postavljene manjše proizvodne celice, ki so namenjene za sestavo polizdelkov. Z modrim pravokotnikom je označeno skladišče, kjer se nahajajo materiali, potrebni za oskrbo proizvodnih celic kavnih aparatov. Skladišče pa je razdeljeno na nakladalna območja, označena z vijoličnimi pravokotniki.

Slika 5: Predstavitev proizvodnje kavnih aparatov



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Obravnaval bom proizvodno celico, kjer se izdeluje prostostoječi kavni aparat EQ6, vidna na sliki 5, označena z rdečim kvadratom. Ta kavni aparat ima več različnih tipov. Večina

materialov je za vse tipe kavnega aparata enaka, najdemo pa tudi nekatere materiale, ki se med seboj razlikujejo, npr. v barvi. Takšne materiale imenujemo menljivi materiali in jih moramo pri menjavi tipa na proizvodni celici zamenjati. Delovna mesta so postavljena v celično obliko, tako je materialna oskrba veliko lažja. Vsako delovno mesto ima enega ali dva valjčna trakova. Nanje so postavljeni različni materiali, potrebni za izdelavo kavnega aparata. Ob valjčnih trakovih so postavljene palete z materiali, ki jih dostavljajo transporterji iz skladišča. Teh palet je okoli proizvodne celice veliko. Z uvedbo »milk run« sistema bom skušal število palet zmanjšati, kar bo omogočilo več prostora, boljše transparentnost in materialno oskrbo proizvodne celice.

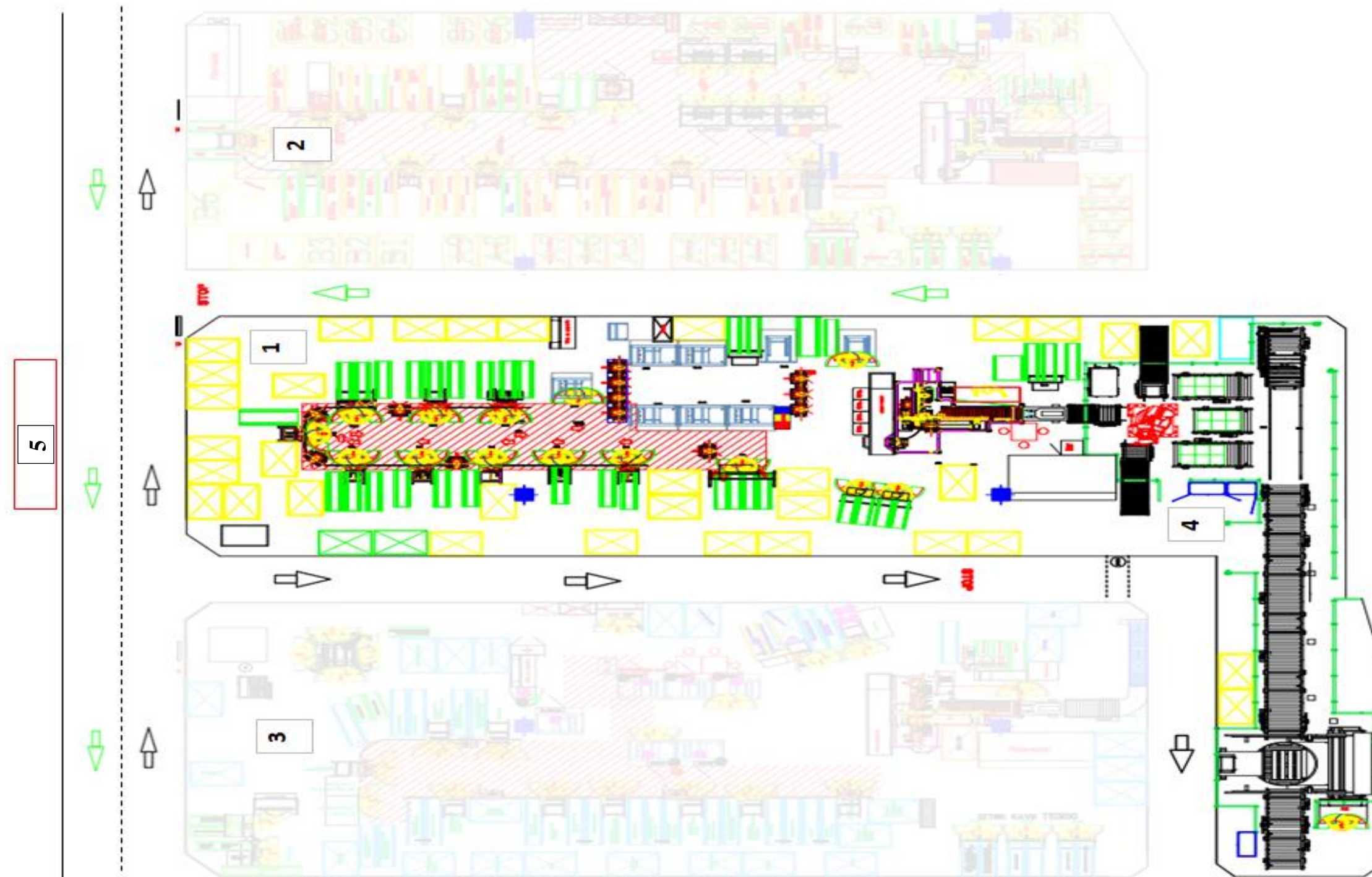
Proizvodna celica je podrobneje prikazana na sliki 6. Na sredini se nahaja izbrana proizvodna celica, označena s številko 1, na levi in desni strani se nahajata drugi proizvodni celici, označeni s številka 2 in 3, na spodnji strani pa je postavljena robotska celica, označena s številko 4, ki končni izdelek zapakira in zloži na paletu. Okoli celice je transportna pot, ki služi za dostop vlečnih vlakov, ki oskrbujejo celico z materialom. Prav tako je vidna smer vožnje na transportni poti, označujeta jo črna in zelena puščica. Ker je celica obdana z leve in desne strani, smo zelo omejeni s prostorom.

Okoli celice so postavljena paletna mesta, ki jih prikazujejo rumeni prečrtani pravokotniki, in dva zelena (namenjena za smetiščne zaboje). Prazni zeleni pravokotniki pa predstavljajo valjčne trakove, na katere se odlagajo materiali v zabojih.

Obravnavano celico sestavlja 30 dvovišinskih valjčnih trakov, na katerih se nahajajo vnaprej določeni zaboji z materialom, ki jih dostavlja transporter z nakladalnega območja. Ob valjčnih trakovih je prostor za odlaganje palet. Skupno število paletnih mest je 35. V podjetju se vsi materiali, ki jih uporabljamo za izdelavo končnega izdelka (kavnega aparata), klasificirajo po ABC klasifikaciji. To je metoda, ki razvršča materiale glede na pomembnost, in sicer tako, da jih razdelimo v tri skupine, A, B in C. Mi smo to metodo uporabili tako, da smo jih razdelili glede na njihovo pakiranje. Med A materiale uvrščamo materiale, ki so zloženi v zaboje in jih do proizvodne celice vlečni viličar pripelje na paleti. Med A materiale štejemo tudi tiste, ki so zloženi v kovinsko mrežasto paletu (angl. gitterbox), to je npr. ohišje.

Dodali smo materialno skupino AB, to so tisti materiali, ki so trenutno klasificirani kot A, vendar jih nameravamo v prihodnje uvrstiti med B materiale. V zaboju je največ 10 kosov, kar pomeni, da se hitro porabijo, zato je transporterju lažje, da pripelje celo paletu, kot pa več zabojev naenkrat. Te materiale označimo kot visoko frekventne materiale. Potrebno je poudariti, da imamo pri oskrbi materiala proizvodne celice dva načina, in sicer direktno oskrbo z vlečnih vlakov na valjčne trakove in indirektno oskrbo, pri kateri do proizvodne celice pripeljemo polno paletu zabojev z materialom in nato s palet zaboje prelagamo na valjčne trakove. Za prelaganje je zadolžen proizvodni delavec, ki prav tako oskrbuje proizvodno celico s polizdelki. Oskrba s polizdelki je razložena v poglavju 3.6. Z direktno materialno oskrbo oskrbujemo B materiale, z indirektno pa AB materiale.

Slika 6: Postavitev proizvodne celice



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Materiali ali kosi, ki jih prevažajo vlečni viličar, so zloženi v različne embalaže, npr. plastične zaboje in kartonske škatle, ki se med sabo razlikujejo po velikosti. Embalarne predpise bom opisal spodaj. Kose, ki so v plastičnih zabojih in kartonskih škatlah, uvrščamo med B materiale. Pakirani so od 12 do 150 kosov skupaj, kar pomeni, da se ne porabljajo tako hitro in jih transporter ne dostavlja tako pogosto. Ostali manjši kosi, kot so vijaki, podložke, silikonske cevi, pa so pakirani v manjših kartonskih škatlah ali vrečkah. Locirani so v regalu ob proizvodni celici, označenem z rdečim pravokotnikom in številko 5. Do te lokacije jih iz skladišča vsako jutro dostavijo transporterji. Ker so ti kosi pakirani od 200 do 300 skupaj, jih s te lokacije do proizvodne celice enkrat do dvakrat prinese operativni vodja. Operativni vodja je vodja proizvodne celice, ki skrbi, da proizvodna celica nemoteno dela. Te kose, ki so pakirani v večjih količinah, uvrščamo med C materiale. Proizvodno celico oskrbujemo tudi s polizdelki. To so izdelki, ki jih sestavljamo v podjetju in jih nato vstavimo v sam končni izdelek. Locirani so v predmontaži, ki se nahaja nekaj metrov stran od proizvodne celice. Lokacijo polizdelkov lahko vidimo na sliki 5, označeno z zelenim pravokotnikom.

Embalirni predpisi so predpisani za zaboje in so standardni. Povedo nam, kakšnih dimenzij so zaboji, v katerih se nahaja material. Pomen embalarnih predpisov, ki jih je mogoče zaslediti v magistrskem delu:

- S33 – Plastični zaboj dimenzij 600 × 400 × 320 mm.
- S31 – Plastični zaboj dimenzij 600 × 400 × 220 mm.
- 19 – Plastični zaboj dimenzij 400 × 300 × 220 mm.
- G01 – Kovinska mrežasta paleta dimenzij 1200 × 800 × 970 mm.
- P03 – Euro paleta dimenzij 1200 × 800 × 140 mm.
- 20 – Kartonska škatla dimenzij 600 × 400 × 260 mm.

Podjetje ima veliko zunanjih skladišč, kamor dobavitelji dostavljajo materiale. Dostavljeni materiali se skladiščijo v teh skladiščih, ki so zunaj podjetja, in čakajo, da se izvrši potreba po njih. V zunanjih skladiščih se oblikujejo palete različnih materialov, odvisno od naročila, in se nato dostavijo v notranje skladišče. Material prihaja v notranje skladišče vsako uro v določenih količinah. Tam ga nato skladiščni delavci razmestijo po regalih in supermarketih. V skladišču mora biti vedno dovolj materiala, da zadosti potrebam proizvodnje. Glede na naročila proizvodnih celic vlečni vlaki oskrbujejo proizvodne celice z materialom.

Največji problem je v neurejenosti proizvodne celice. Okoli nje je preveč polnih palet materiala, zaradi česar nastaja precejšnja gneča. B materiale, ki jih direktno z vlečnega viličarja oskrbujemo na valjčne trakove, je težko prenašati mimo palet. Cilj je, da se skušamo znebiti palet okoli celice. Tu bo potrebno dobro analizirati AB materiale in poskušati zagotoviti direktno materialno oskrbo na valjčne trakove. S takšnim načinom bi se lahko znebili večine palet in tako izboljšali transparentnost proizvodne celice. Obenem pa bi sprostili prostor, ki bi ga lahko porabili za AMR robote.

3.4 Uravnavanje materialnih potreb za oskrbo celice

Okoli proizvodne celice so postavljeni valjčni trakovi, na katere se odlagajo z nakladalnega območja dostavljeni zaboji ali kartonske škatle napolnjene z različnimi kosi. Prav tako se dostavljajo palete napolnjene z zaboji. Kosi se med seboj dimenzijsko in oblikovno razlikujejo in posledično je tudi število v vsaki embalaži drugačno. Za sestavo proizvoda proizvodni delavci porabljajo kose. Zaradi različne količine kosov v zabojih se le-ti neenakomerno praznijo, zato jih je potrebno nenehno opazovati, da jih lahko operativni vodja pravočasno naroči.

Vsak kos, pakiran v določeni embalaži, ima svojo črtno kodo, s pomočjo katere se vršijo naročila za materialne potrebe celice. Operativni vodja je zadolžen za spremljanje stanja zaloga materiala in naročanje materiala. Ko opazi, da je na enem valjčnem traku premalo zabojev za nemoteno delovanje proizvodne celice, mora skenirati črtno kodo in določiti želeno količino materiala, ki mu ga mora transporter dostaviti. To naredi s pomočjo brezžičnega čitalca črtnih kod. Po skeniranju transporter avtomatsko dobi naročilo na brezžični čitalec in točno vidi, katere kose mora pripeljati z nakladalnega območja do proizvodne celice.

Problem takšnega uravnavanja in naročanja materialnih potreb je v tem, da je zelo zamudno in neučinkovito. Operativni vodja mora nenehno opazovati in spremljati valjčne trakove. Z malo nepozornosti se lahko zgodi, da ne naroči pravočasno manjkajočega materiala, kar posledično privede do zastoja in na koncu vpliva na končno normo proizvodne celice. Takšen način naročanja materiala uporabljajo vse proizvodne celice, zato se večkrat pojavi problem s preobremenitvijo naročil transporterjem. Tako se je zgodilo, da proizvodna celica ni bila pravočasno materialno oskrbljena in je lahko zopet prišlo do zastoja. Z novim predlaganim načinom materialne oskrbe proizvodne celice se bom skušal takšnim motnjam izogniti. Za izboljšavo materialne oskrbe bom skušal uvesti in uporabiti »milk run« koncept.

3.5 Skladiščno območje

Skladišče in nakladalno območje (angl. loading zone) se nahajata v ločenem delu kot obravnavana proizvodna celica. To je vidno na sliki 7, kjer je skladišče označeno z modrim pravokotnikom, proizvodna celica pa z rdečim pravokotnikom. V skladišču se nahajajo vsi materiali, ki so potrebni za oskrbo vseh proizvodnih celic kavnih aparatov. Nakladalna območja so območja, kamor zapeljejo transporterji z vlečnimi viličarji in naložijo predhodno naročen material. Material je na paletah od dobavitelja ali iz zunanjih skladišč dostavljen v notranje skladišče. Nato skladiščni delavci zaboje s palet postavijo in knjižijo na mesto, kjer je prostor, lahko je to v regalu ali supermarketu. Večina dostavljenega materiala se postavi v regale ali supermarkete, nekateri materiali pa ostanejo na paletah.

Materiali v notranje skladišče prihajajo vsake 4 ure, v enakih količinah. Tu prihaja do ogromnih količin, ki pa niso najbolj optimalne, saj tako prihaja do velike gneče v skladišču.

Želja je, da bi notranje skladišče oskrbovali v krajšem času in manjših količinah. Odločili smo se, da čas skrajšamo za 2 uri. Tako bom v analizi preračunal, koliko materiala je potrebno pripeljati v 2 urah za izbrano proizvodno celico, in na podlagi tega izrisal nakladalno območje.

Material, ki ga potrebujemo za oskrbo obravnavane proizvodne celice, se nahaja na različnih nakladalnih območjih v skladišču, zato tu večkrat prihaja do dolgotrajnega iskanja materiala in odvečnega kroženja po skladišču, s tem pa tudi do izgube časa.

Na sliki 7 je prikazano nakladalno območje, kjer je razporejen večji delež materiala, ki ga potrebujemo za oskrbo obravnavane proizvodne celice. Na levi strani so postavljeni regali, na desni strani pa supermarketi. Na tem območju se nahajajo tudi drugi materiali proizvodnih celic, ki jih ne potrebujemo za obravnavano celico.

Slika 7: Nakladalno območje



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Ker je vsak vlečni viličar zadolžen za eno proizvodno celico, se zgodi, da v to območje vstopi več vlečnih viličarjev, ki dobijo naročilo od drugih proizvodnih celic, in tako prihaja do nepotrebnega čakanja. Materiali v regalih in supermarketih trenutno nimajo točno določene pozicije. V preteklih letih ni bilo nakladalnih območij in so bili vsi materiali zloženi v visokih regalih. S prenovo skladišča so vse materiale prestavili v manjše regale in

supermarkete, pri tem pa niso določevali točne pozicije materialov. Zato bo moja naloga, da sedaj določim točne pozicije. Materiali, ki ostanejo na paletah, so locirani na drugem nakladalnem območju, kjer je prostor samo za palete. Večkrat se zgodi, da je material, ki ga potrebujemo za oskrbo proizvodne celice, lociran povsem na drugi strani skladišča, na drugem nakladalnem območju in se zato porabi veliko časa, da se transporter pripelje do njega. To je seveda običajno, saj se materiali knjižijo na mesta, kjer je prostor.

Tu nastaja velik problem s transparentnostjo, nelogično postavitvijo in razpršenostjo materiala po vseh nakladalnih območjih v skladišču. Transporterji, ki oskrbujejo proizvodne celice, dobijo na brezžični čitalec naročila materialov, ki jih je potrebno dostaviti do določene celice. Na čitalcu so izpisane tudi lokacije materialov. Ker so materiali poljubno locirani po skladišču, morajo transporterji narediti veliko nepotrebnih prevoženih metrov ali razdalj, da naložijo zelene materiale. Na tak način izgubljajo veliko časa. Takšen način lociranja materiala na nakladalnem območju ni najbolj primeren, zato smo se odločili, da spremenimo in preuredimo skladišče tako, da bo vsaka proizvodna celica imela svoje nakladalno območje, s tem bo iskanje materiala bistveno hitrejše in lažje.

3.6 Transport materiala z nakladalnega območja in predmontaže do proizvodne celice

Transport materiala za oskrbo proizvodne celice se z nakladalnega območja vrši z vlečnimi viličarji. Vlečni viličarji (slika 8) so sestavljeni tako, da imajo za sabo dva vozička za B materiale, ti materiali so v zabojih, in dva vozička za A in AB materiale, ki so na paletah ali v mrežasti paleti. Na en voziček za B materiale lahko postavimo 16 zabojev velikosti S33. Velikosti zabojev bom opisal v nadaljevanju. Transporter v nakladalnem območju, glede na naročilo operativne vodje proizvodne celice, poišče in naloži materiale v zabojih ali paletah na vozičke in jih dostavi do proizvodne celice. Ko pride do proizvodne celice, se mora peljati okoli nje in oskrbeti vse valjčne trakove, za katere je predhodno dobil naročilo za oskrbo. Če se okoli celice pojavijo prazne palete ali prazni zaboji, je njegova naloga, da le-te odpelje nazaj na odlagalno območje, in tako se cikel transporterja konča.

Polizdelke, ki se nahajajo v predmontaži, ročno prevažajo do proizvodne celice. Kot omenjeno že v poglavju 3.3, je za oskrbo polizdelkov zadolžen proizvodni delavec, ki skrbi tudi za materialno oskrbo valjčnih trakov s palet. Polizdelki so dani v plastične zaboje in postavljeni na voziček, viden na sliki 9, ki ga proizvodni delavec nato pripelje do same celice. Dostavljajo se takoj, ko je voziček poln. Na en voziček se lahko naloži največ 6 zabojev. V vsakem zaboju je 20 polizdelkov, kar pomeni skupno 120 proizvodov. Proizvodni delavec mora vsak dan potiskati oz. vleči polne vozičke polizdelkov iz predmontaže do proizvodne celice. Hkrati pa mora skrbeti še za oskrbo materiala s palet na valjčne trakove. V eni izmeni opravi veliko korakov in lahko si predstavljamo, da je njegovo delo naporno. Zato bomo tu predlagali drugačno rešitev, ki bo olajšala delo proizvodnega delavca in izboljšala materialno oskrbo proizvodne celice s polizdelki.

Slika 8: Vlečni viličar



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Na sliki 9 je prikazan voziček, naložen s 6 zaboji, v katerih se nahajajo polizdelki. Zaradi prevelikega števila polizdelkov v enem zaboju se je večkrat pojavila napaka na samem polizdelku, kar je vplivalo na celotno kakovost končnega izdelka. Pojavila se je zato, ker so se polizdelki med transportom med sabo drgnili. S predlagano optimizacijo embalaranja bom skušal to napako odstraniti, in sicer z drugačnim embalaranjem, tu mislim na to, da bi namesto plastičnih zabojev predlagal nekaj drugega.

Slika 9: Voziček s polizdelki



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

V podjetju uporabljamo MiR100 Hook robota (slika 10). To je mobilni industrijski robot z nakladalno kljuko, s katero lahko zagrabi določene predmete in jih vleče za sabo. V mojem primeru bo robot zagrabil namensko dvizžno omaro, jo peljal do določene točke in jo odložil. Maksimalna nosilnost MiR100 je 100 kg, ampak ker ima dodano kljuko in bo njegov namen, da predmete zagrabi in vleče, je njegova maksimalna vlečna zmogljivost 300 kg.

Slika 10: MiR100 Hook



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

4 PREDLOG OPTIMIZACIJE PROIZVODNE CELICE IN TRANSPORTA

4.1 Predlog vzpostavitve »milk run« koncepta oskrbe

V okviru obravnavanega procesa oskrbe se vrši oskrba proizvodne celice z materiali klasificiranimi v skupine A, AB in B. Ker se na proizvodni celici izdeluje aparat z več različnimi tipi, so nekateri materiali različni/menljivi, nekateri pa enaki. Po analizi sem ugotovil, da je od 18 A in AB materialov 11 enakih in 7 menljivih; od B materialov pa je 20 enakih in 5 menljivih.

Na celici se v vsaki izmeni izdelata 235 proizvodov. Iz tega podatka lahko izračunamo taktni čas proizvodne celice. Upoštevati je potrebno neto oziroma učinkoviti čas izmene, ki ga

dobimo tako, da od 8-urnega delovnika odštejemo odmor za malico, ki traja 25 min, in dva krajša odmora, ki trajata 10 min.

$$\text{Efektivni čas} = (480 \text{ min} - 25 \text{ min} - 2 * 10 \text{ min}) * 95 \% = 413,25 \text{ min} \quad (1)$$

Kot je razvidno iz enačbe (1), je pri efektivnem času upoštevana še celotna učinkovitost opreme (angl. Overall Equipment Effectiveness – v nadaljevanju OEE), ki znaša 95 %. OEE je standard za merjenje produktivnosti v proizvodnji in določa odstotek proizvodnega časa, ki je resnično produktiven. Celotna učinkovitost je sestavljena iz stopnje razpoložljivosti, stopnje zmogljivosti in stopnje kakovosti (De Ron & Rooda, 2005). Sedaj lahko izračunamo taktni čas proizvodne celice po enačbi, ki je vidna spodaj.

$$\text{Taktni čas} = \frac{\text{Efektivni čas}}{\text{Izmenska zahteva}} = \frac{413,25 \text{ min}}{235 \text{ kos}} = 1,76 \text{ min/kos} \quad (2)$$

Kot je razvidno iz enačbe (2), je mogoče taktni čas izračunati kot kvocient med efektivnim časom in izmensko zahtevo delodajalca. To je čas, ki mine med dokončanjem izdelave enega in naslednjega proizvoda.

Vse pomembne podatke in izračunane vrednosti navajam v tabeli 2.

Tabela 2: Podatki obstoječega stanja

	Količina	Enota
A in AB materiali	18	Paleta
B materiali	25	Zaboj
Menljivi materiali	12	Zaboj
Enaki materiali	31	Zaboj
Efektivni čas	413,25	Min
Izmenska zahteva	235	Kos/izmena
Taktni čas	1,75	Min/kos

Vir: lastno delo.

V tabeli 2 navajam količine materialov, ki predstavljajo skupno število materialov. Proizvodna celica ima 18 materialov, ki so klasificirani v skupini A in AB, in 25 materialov, ki so klasificirani v skupino B, kar skupaj znaša 43 različnih materialov. Od teh 43 materialov je 31 enakih in 12 menljivih.

Glavni cilj izboljšave bo, da se materialov, ki so postavljeni na paletah, znebimo in tako omogočimo več prostora okoli proizvodne celice, pri tem se bo izboljšala tudi transparentnost okoli celice. Sistem bomo poskušali postaviti tako, da bo večina materiala pripeljanega z vlečnim vozičkom, direktno na valjni trak.

Naloga sem se lotil tako, da sem zbral vse materiale, ki so potrebni za oskrbo proizvodne celice. Vsakemu od teh materialov sem določil embalirni predpis, količino kosov v enem zaboju in ABC klasifikacijo. Glede na embalirni predpis in število kosov v embalaži sem

določil, katere materiale bi uvrstil med A in katere med B. Zanimal me je tudi taktni čas, ki sem ga že izračunal v enačbi (2).

Vpeljava koncepta »milk run« temelji na tem, da en transporter (vlečni viličar) oskrbuje proizvodno celico z materialom v določenem časovnem ciklu, pri čemer se pelje po točno določeni poti.

Cikel »milk runa« smo določili glede na materialne kapacitete vlečnega viličarja. Daljši kot je cikel, več materiala hkrati mora vlečni viličar pripeljati do proizvodne celice, in obratno, če je cikel krajši, pripelje manj materiala.

Ker smo v proizvodnji zelo omejeni s prostorom in ne moramo razširiti transportnih poti, si ne moremo privoščiti, da bi bil vlečni viličar predolg. Če želi oskrbeti proizvodno celico, jo mora obkrožiti. V primeru, da bi bil predolg, ne bi mogel zvoziti ovinka na koncu celice. Naredili smo test in preizkušali, koliko vozičkov lahko največ pelje za sabo, da še zvozi ovinek. Prišli smo do zaključka, da lahko vlečni viličar za sabo vleče največ 4 vozičke. V primeru, da je cikel »milk runa« kratek, bi to pomenilo, da mora vlečni viličar pripeljati večkrat po manj materiala. Tu bi se srečali z večjimi stroški transporta in manjšimi stroški zaloga. Pri daljših ciklih pa bi bili transportni stroški manjši in stroški zaloga večji.

Ko smo določevali cikel »milk runa«, smo naredili izračune za več različno dolgih ciklov. Preračunali smo, koliko zabojev moramo pripeljati v ciklu, če je ta dolg 20 min, 30 min in 40 min. Ugotovili smo, da je najbolj optimalna dolžina cikla 30 min. Število zabojev v ciklu se nam pokrije s kapacitetami treh vozičkov. Četrty voziček pa ostane za prevažanje materialov na paletah. V nadaljevanju bom prikazal račune, kjer bom uporabljal 30-minutni cikel.

Na vozičkih, kjer so postavljeni zaboji, določimo točne lokacije oz. mesta. Enako kot na vozičku določimo točna mesta tudi na valjčnih trakovih proizvodne celice in na nakladalnem območju, tako ne bo prihajalo do zmede, na kateri valjčni trak je potrebno postaviti material, prav tako ne bo toliko iskanja materiala na nakladalnem območju. Skušal bom določiti še nekakšno logično zaporedje materialov na vozičku in valjčnih trakovih tako, da bodo npr. na prvem vozičku materiali za prvih 6 valjčnih trakov, na drugem za drugih 6 valjčnih trakov itd. S tem bi prihranili ogromno časa pri iskanju mesta na valjčnih trakovih za materiale.

V tabeli 3 bom prikazal izračunane podatke za tri izbrane materiale; od tega sta dva B materiala in en A material, ki sem jih potreboval za vpeljavo »milk runa«.

Tabela 3: Izračunani in določeni podatki za tri izbrane materiale

Naziv materiala	Embalirni predpis	ABC	Količina v zaboju	Čas porabe zaboja [min]	Št. kosov v ciklu	Št. zabojev v enem krogu
Posoda dranažna	S31	B	150	263,78	17,05	1
Posoda odcejevalna	S33	B	10	35,17	17,05	2
Okrov nosilni	G01	A	48	84,41	17,05	1

Vir: lastno delo.

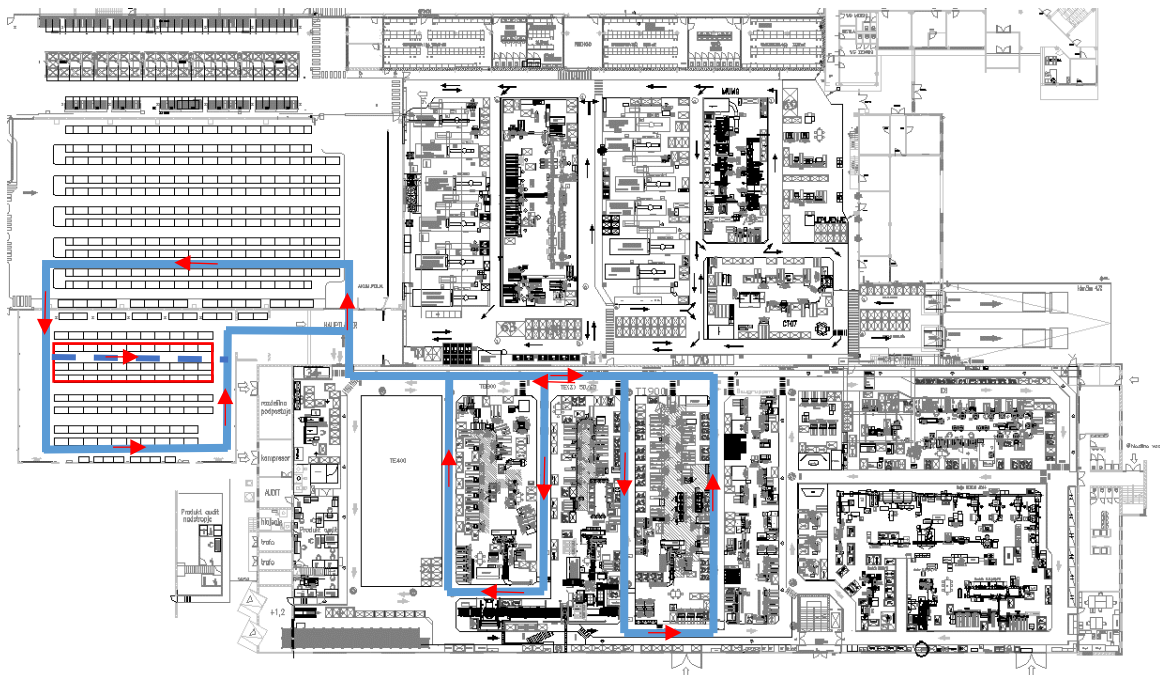
Kot omenjam v poglavju 3.3, se zaboji med seboj dimenzijsko razlikujejo. Ta podatek bom potreboval, ko bom določeval pozicije zabojev na vlečnem vlaku. S pomočjo ABC klasifikacije hitro ugotovim, ali je material na paleti ali v zaboju. Da sem določil, koliko zabojev oz. palet vsakega materiala mora vlečni viličar pripeljati vsak krog, sem moral izračunati, koliko kosov se porabi v 30 min (to je čas enega kroga oz. cikel »milk runa«). To sem izračunal tako, da sem čas cikla »milk runa« delil s taktnim časom.

$$Poraba\ kosov\ v\ času\ cikla = \frac{Cikel}{Taktni\ čas} = \frac{30\ min}{1,76\ \frac{min}{kos}} = 17,05\ kos \quad (3)$$

S pomočjo dobljenega rezultata sem določil, koliko zabojev oz. palet mora vlečni viličar pripeljati v enem krogu. To sem določil tako, da sem primerjal količino materiala v zaboju in porabo kosov v pol ure. Ker je pri dranažni posodi v zaboju 10 kosov, je potrebno v enem krogu pripeljati 2 zaboja. Če bi pripeljal samo enega, bi bilo za en cikel premalo materiala in bi proizvodna celica imela zastoj. Glede na čas cikla »milk runa« sem določil število krogov, ki jih vlečni viličar opravi v eni izmeni. Krog se začne na nakladalnem območju, kjer naloži material, nato se pelje do proizvodne celice in okoli nje, da oskrbi celico z materialom, nato se vrača nazaj na nakladano območje. Tako se krog vlečnega viličarja zaključi. Za določitev števila krogov sem izhajal iz cikla »milk runa«. Tako sem tudi izmeno, ki traja 8 ur, razdelil na cikle. Iz tega sledi, da vlečni viličar opravi 14 krogov v eni izmeni.

Na sliki 11 je vidna pot (krog), ki jo opravlja vlečni viličar vsak cikel. Z rdečimi puščicami je označena tudi smer vožnje. Če želi vlečni viličar oskrbeti izbrano proizvodno celico, se mora peljati okoli sosednjih celic, saj mu robotska celica ne omogoča prehoda, da bi naredil pot okoli celice. Nakladalno območje proizvodne celice se nahaja na območju, označenem z rdečim kvadratom, do njega vlečni viličar prihaja po poti, ki je označena z modro črtkano črto. To je dejanska pot, ki jo opravlja vsake pol ure. Pot, ki je označena z modro črto, pa je pot, ki jo bom uporabljal pri izračunih in je daljša. Tako bom pri izračunu dejanskega cikla »milk runa« dobil višji rezultat in pri tem zagotovil dodatno varnost.

Slika 11: Krog vlečnega viličarja



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Število krogov, ki jih vlečni viličar opravi v eni izmeni, in število zabojev/palet, ki jih mora pripeljati v enem krogu, sem že izračunal, sedaj moram izračunati še čas, v katerem se zaboj/paleta porabi. Enačba (4) za izračun časa porabe zaboja dranažne posode je vidna spodaj.

$$\text{Čas porabe zaboja} = \text{taktni čas} \times \text{količina v zaboju} \times \text{št. zabojev na krog} = 1,75 \frac{\text{min}}{\text{kos}} \times 150 \text{ kos} \times 1 = 262,5 \text{ min} \quad (4)$$

Čas porabe zaboja sem izračunal tako, da sem taktni čas pomnožil s številom kosov v zaboju in številom zabojev v enem krogu.

Nato sem oblikoval tabelo, kjer sem označeval, kdaj in koliko zabojev/palet mora pripeljati vlečni viličar v določenem krogu. Kdaj mora pripeljati zaboj oz. paleta, sem določil na podlagi čase porabe zaboja. Torej, zaboj dranažne posode (Material 1) se porabi v času 262,5 minut in ker vemo, da je čas enega cikla 30 minut, pomeni, da mora vlečni viličar pripeljati nov zaboj v devetem krogu. V tabeli 4 je vidno, koliko zabojev oz. palet mora vlečni viličar pripeljati vsak krog. Tabela je prikazana za potrebe zabojev v drugi izmeni.

Tabela 4: Potreba zabojev/palet na krog vlečnega viličarja

Material	Krog vlečnega viličarja														Vsota vrstic
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Material 1								1							1
Material 2				1									1		2
Material 3	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		12
Material 4	1		1		1	1		1	1		1		1	1	9
Material 5	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		24
Material 6		1							1						2
Material 7	1	1	1		1	1		1	1	1		1	1		10
Material 8	1			1				1			1				4
Material 9	1			1				1			1				4
Material 10	1			1				1			1				4
Material 11	1			1			1			1			1		5
Material 12		1					1					1			3
Material 13			1						1				1		2
Material 14		1					1					1			3
Material 15	1			1			1			1			1		5
Material 16	3	3	3		3	3		3	3	3		3	3		30
Material 17	2	2	2		2	2		2	2	2		2	2		20
Material 18	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		12
Material 19		1			1			1			1			1	5
Material 20	2	2	2		2	2		2	2	2		2	2		20
Material 21	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	26
Material 22	3	3	3		3	3		3	3	3		3	3		30
Material 23	3	3	3		3	3		3	3	3		3	3		30
Material 24	1	1		1		1		1	1		1		1		8
Material 25	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	13
Material 26	1	1		1		1		1	1		1		1		8
Material 27	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4		48
Material 28	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	26
Material 29	1		1			1			1			1			5
Material 30	1	1		1		1		1	1		1		1		8
Material 31		1	1		1		1		1		1		1		7
Material 32				1				1					1		3
Material 33		2	2		2		2		2		2		2		14
Material 34	1			1			1			1			1		5
Material 35	1				1					1					3
Material 36	1		1		1			1		1		1			6
Material 37	1				1					1					3
Material 38		1			1				1				1		4
Material 39					1										1
Material 40													1		1
Material 41	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	13
Material 42			1									1			2
Material 43	1														1

2 IZMENA															
B material	39	40	34	23	38	26	13	37	39	32	24	31	41	8	425
A material	3	0	2	1	1	1	1	1	1	2	0	2	2	0	17
Povprečje B	30														
Povprečje A	1														

Vir: lastno delo.

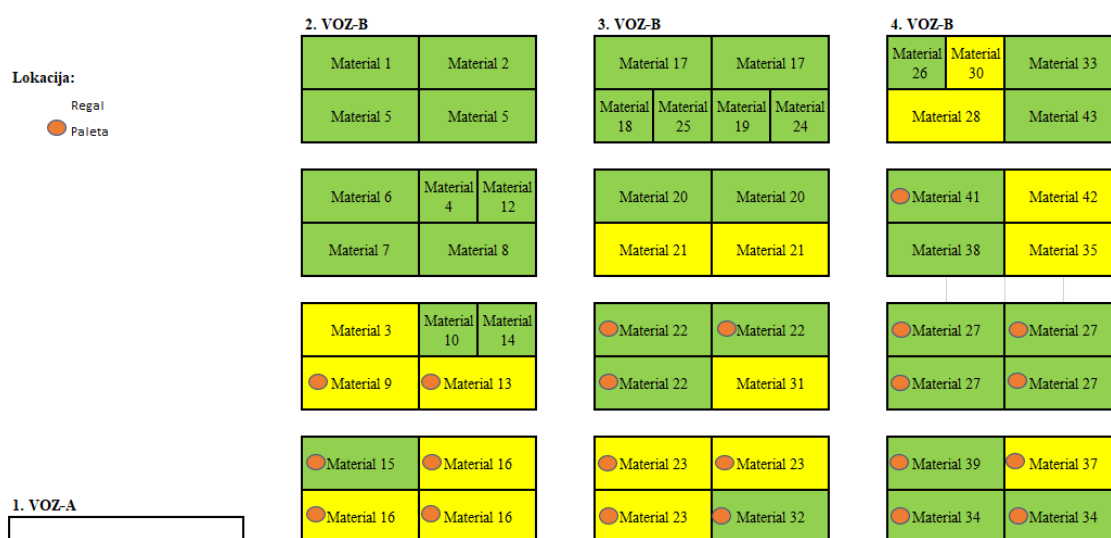
V tabeli 4 je navedenih 43 A in B materialov. To so vsi materiali, ki jih celica potrebuje za sestavo enega končnega proizvoda. Materiali, ki so označeni s svetlo zeleno barvo, so A materiali, ostali so B materiali. Za vsak material je označeno, koliko zabojev oz. palet mora

vlečni viličar pripeljati v vsakem krogu. Če pogledamo material 28, mora vlečni viličar vsak krog (razen kroga 6) pripeljati 2 zaboje. Pri materialu 40 pa vidimo, da vlečni viličar pripelje v celi izmeni samo 1 paleto.

S pomočjo izdelane tabele sem nato lahko določil povprečno število zabojev/palet, ki jih vlečni viličar pripelje v enem krogu. Na koncu tabele sem računal, koliko zabojev in palet mora pripeljati vsak krog, in izračunal povprečje. Ugotovil sem, da vlečni viličar povprečno pripelje 30 zabojev in 1 paleto v enem krogu.

Za sestavo kompozicije vlečnega viličarja nam je v pomoč tabela 4. Iz nje razberemo, koliko zabojev oz. palet vsakega materiala moramo pripeljati v enem ciklu. Kompozicijo vlečnega viličarja sem sestavil tako, da ima 1 voziček za A material, torej za palete, in 3 vozičke za B material (zaboje). Glede na velikosti in število zabojev, ki jih mora pripeljati v enem krogu, sem določil pozicije na vozičku. Prav tako sem označil pozicije, kam se odloži kateri material. To vidimo na sliki 12.

Slika 12: Sestava vlečnega viličarja



Vir: lastno delo.

Vidimo, da je voziček označen z zeleno in rumeno barvo. Rumena barva označuje menljiv, zelena pa enak material. Na vozičku sem označil tudi lokacijo materiala na nakladalnem območju, ali se ta nahaja v regalu ali na paleti. Tako se lahko transporter hitro orientira, kje je postavljen material. Materiali, ki so na paletah, imajo zraven oranžen krog.

V nadaljevanju sem izdelal tabelo 5, s pomočjo katere sem izračunal, ali vlečni viličar sploh lahko opravi krog v enem ciklu. Za to pa je bilo potrebno narediti nekaj meritev, ki jih bom predstavil v naslednjem odstavku.

Tabela 5: Časovni prikaz operacij vlečnega viličarja

	Material	Operacije transporterja	Ponovitev operacije v enem ciklu	Čas trajanja operacije [sec]	Skupni čas operacij [sec]
Nalaganje materiala	B	Iskanje materiala	30	2	60
	B	Scan	0	10	0
	B	Nalaganje materiala na voz	30	10	300
	B	Premik MR + ustavljanje (nakladalno območje)	3	5	15
	B	Ustavi in hoja do voza (nakladalno območje)	3	5	15
	A	Iskanje materiala	2	2	4
	A	Scan	0	10	0
	A	Prıklap (s škatlami)	2	60	120
Okoli celice	A in B	Vožnja do celice (krog MR)	1	357	257
	A in B	Premik MR + ustavljanje	8	5	40
	A in B	Ustavi in hoja do voz	8	5	40
	B	Razlaganje materiala na valjčne trakove (+hoja+nalaganje)	30	10	300
	B	Vzame prazen zaboj (+hoja+nalaganje na voz)			
	A	Odklop voza	0	12	0
	A	Prıklap (s škatlami)	0	60	0
Razlaganje materiala	A in B	Ustavi in hoja do voza	2	5	10
	B	Razlaganje praznega zaboja na loakcijo (+hoja+nalaganje)	30	10	300
	A	Odklop voza	2	12	24
	A in B	Premik MR + ustavljanje	2	5	10
				SKUPAJ	1495

Vir: lastno delo.

Tabela 5 je razdeljena na tri dele. Prvi del se navezuje na nakladalno območje, kjer transporter išče in nalaga različne A in B materiale na voz. Analiziral sem delo, ki ga opravlja transporter, in meril, koliko časa porabi za posamezno operacijo. Gledal sem tudi, kolikokrat transporter ponovi posamezno operacijo, npr. za operacijo iskanje B materiala sem napisal število 30, ker sem v tabeli 4 izračunal, da v enem krogu pripelje povprečno 30 zabojev. Prav tako sem gledal, kolikokrat se viličar premakne in ustavi, ter hojo, ki jo opravi med ustavljanjem. Enake operacije opravlja v drugem in tretjem delu. Operacije v drugem delu so vezane na delo, ki ga opravlja transporter pri proizvodni celici, operacije v tretjem delu pa na delo, ko se vlečni viličar vrne na nakladalno območje in razloži prazne zabojnike. Tako sem na koncu tabele izračunal skupni čas oz. čas enega cikla, ki ga vlečni viličar porabi v enem krogu. Čas enega cikla je torej 1495 sekund, kar je 24,92 minut.

Podatka, ki sta bila tudi pomembna, sta hitrost vožnje in dolžina poti, ki jo opravi viličar v enem krogu. Izmeril sem, da je pot dolga 257 metrov, viličar pa se lahko pelje največ 5 km/h, kar je v zakonodaji podjetja. Kot sem že omenil, je čas, ki ga vlečni viličar opravi v enem krogu, 24,92 minut, kar pomeni, da je transporter sposoben narediti krog v enem ciklu, pri čemer mu ostane še 5,08 minut. Izračunan čas ne upošteva motenj v transportu, npr. zastoja na transportni poti; če bi prišlo do motenj, bi porabljal čas, ki mu je ostal. Naloga transporterja je kroženje po vnaprej določeni poti, kjer nabira materiale na nakladalnem območju za oskrbo proizvodne celice. Pri tem ne potrebuje več skenerjev za naročilo materiala, saj mu določimo točno število zabojev, ki jih mora pripeljati vsak krog. Na podlagi izračunanega časa porabe zaboja določenega materiala smo določili, kdaj mora transporter

oskrbeti celico. Na takšen način smo vzpostavili neke vrste kanban. Signal za ponovno oskrbo je prazen zaboj.

4.2 Predlog postavitve materiala v skladišču

Kot sem omenil že v poglavju 3.4, se material za obravnavano proizvodno celico v skladišču/nakladalnem območju nahaja na različnih lokacijah. Naš cilj pa je prikazati in postaviti nakladalno območje tako, da bo celoten material, potreben za oskrbo proizvodne celice, na enem mestu. Material, ki ga potrebujemo za oskrbo celice, sem zbral in analiziral že v poglavjih 4.1 in 4.2. Da sem lahko označil in predlagal lokacije materialov na nakladalnem območju, sem moral prej določiti še, kateri materiali bodo na paletah in kateri v regalu. Upoštevati sem moral, da vsi materiali, ki so na nakladalnem območju, prihajajo iz zunanjih skladišč vsaki 2 uri in vedno v enakih količinah, bodisi celotna paleta bodisi en zaboj.

Oblikovali smo dve enačbi, s pomočjo katerih smo določili, ali bo material na nakladalno območje prihajal na paleti ali v zaboju in v kakšnih količinah. Iz enačb spodaj smo izračunali število zabojev, ki so potrebni za celico v 2 urah, in število mest za zaboje, ki jih potrebujemo na nakladalnem območju za 2 uri. Izračun bom prikazal za material grelec pretočni.

$$\text{Potreba zabojev v 2 urah} = \frac{\text{Izmenska zahteva}}{\text{Količina v zaboju}} = \frac{\frac{235 \text{ kos}}{4 \text{ h}}}{\frac{32 \text{ kos}}{32 \text{ kos}}} = 1,8 \text{ zabojev} \quad (6)$$

Iz enačbe (6) je razvidno, da se porabo zabojev v 2 urah izračuna kot kvocient med dvournno izmensko zahtevo in količino kosov v zaboju.

$$\begin{aligned} \text{Število mest za zaboje} &= \text{Potreba zabojev v 2 urah} - \\ &(\text{število zabojev na proizvodni celici} + \text{število zabojev na vlečnem viličarju}) + \\ \text{potreba zabojev v 2 urah} &= 1,8 - (1 + 1) + 1,8 = 1,6 \end{aligned} \quad (7)$$

Število zabojev oz. število mest za zaboje sem izračunal po enačbi (7). Od porabe zabojev v 2 urah sem odštél število zabojev na proizvodni celici oz. na valjčnem traku in število zabojev na vlečnem viličarju (števili sem določil glede na število pripeljanih zabojev v enem krogu) ter prištél porabo zabojev v 2 urah za naslednje naročilo (zaradi varnosti).

V tabeli 6 spodaj so navedene izračunane vrednosti za 3 različne materiale. Na podlagi izračunanih vrednosti sem določil število zabojev, ki bodo na policah v regalu, in število palet.

Tabela 6: Prikaz izračuna števila palet in števila zabojev


Material	Št. kosov v zaboju na paleti	Št. zabojev/palet v enem krogu	Poraba zabojev v 2 h	Število zabojev	Paleta	Zaboj
Grelec pretočni	32	1	1,8	1,6		2
Črpalka	16	2	2,2	3,4		4
Dno	12	2	4,9	5,8	1	

Vir: lastno delo.

V tabeli 6 zgoraj je na desni strani določeno, ali bo material prihajal kot paleta ali kot zaboj. Ta števila smo dobili tako, da smo število zabojev, ki bi jih morali pripeljati v notranje skladišče, zaokrožili navzgor. Na odločitev, da bo material prihajal na paleti, je prav tako vplivalo to število. Če je izračunana vrednost znašala več kot 5, smo določili, da bo material v notranje skladišče prihajal na paleti. Ves material, ki prihaja v zabojih, je potrebno postaviti v regale, kar pomeni dodatno prelaganje. Zato smo določili mejo 5, saj predvidevamo, da lahko delavec 5 zabojev preloži brez večjih težav, prav tako pa večje število zabojev zavzame več prostora v regalu. Na takšen način smo določili števila še za vse preostale materiale.

Na koncu sem izračunal vsoto vseh palet in vsoto vseh zabojev. Na nakladalno območje je potrebno umestiti 36 palet in 74 zabojev. Zaboji bodo postavljeni na policah v regalih. V en regal lahko postavimo 28 zabojev, iz tega lahko izračunamo, da potrebujemo 3 regale. Regali so označeni s številkami 1, 2 in 3. Iz teh podatkov sem nato oblikoval in narisal nakladalno območje. Narisano nakladalno območje je vidno na sliki 13 spodaj. Na sliki vidimo točno določene lokacije palet in postavitvev regalov.

Slika 13: Nakladalno območje za proizvodno celico

Menjava	Menjava	Menjava	Material 16	Regal 1			Regal 2			Regal 3			Material 34	Material 37	Material 39	Material 41
																
	Stiropor	Material 9	Material 13	Material 15	Material 22	Material 22	Material 23	Material 23	Material 32	Material 32	Material 27	Material 11	Material 29	Material 36	Material 40	Material 40
Smeti	Stiropor	Material 9	Material 13	Material 15	Material 22	Material 22	Material 23	Material 23	Material 32	Material 32	Material 27	Material 11	Material 29	Material 36	Material 40	Material 40

Vir: lastno delo.

Na sliki 14 lahko vidimo postavitvev zabojev v posameznem regalu. Vsak material je označen s številko, ki se nahaja tako na vozičku vlečnega viličarja kot tudi na valjčnih trakovih proizvodne celice. Tako ima transporter manj dela z iskanjem materiala na nakladalnem območju, prav tako točno ve, kam mora postaviti material na proizvodni celici.

Slika 14: Postavitev zabojev v posameznem regalu

Regal 1

Material 1	Material 1	Material 1	Material 1	Material 2	Material 2	Material 7
Material 5	Material 5	Material 5	Material 6	Material 6	Material 6	Material 6
Material 8	Material 8	Material 4	Material 4	Material 4	Material 4	
Material 3	Material 3	Material 3	Material 3	Material 12	Material 12	Material 10

Regal 2

Material 14	Material 14	Material 17	Material 17	Material 18	Material 18	Material 18
Material 19	Material 19	Material 19	Material 25	Material 25	Material 25	Material 24
Material 20	Material 20	Material 21	Material 21	Material 31		
Material 26	Material 26	Material 26	Material 26	Material 26	Material 26	

Regal 3

Material 28	Material 28	Material 28	Material 30	Material 30	Material 30	Material 30
Material 42	Material 42	Material 42	Material 33	Material 33	Material 33	
Material 38	Material 38	Material 38	Material 38	Material 43	Material 43	Material 43
Material 35	Material 35	Material 35				

Vir: lastno delo.

Da sem dokazal, da s tako postavitvijo nakladalnega območja res prihranimo dosti časa, sem opravil meritve, in sicer pred predlagano postavitvijo in po predlagani postavitvi. Izmeril sem čas, ki ga transporter porabi od vstopa na nakladalno območje do izstopa z nakladalnega območja. Medtem pa odloži prazne zabojnike, ki jih je pobral pri proizvodni celici, ter poišče in naloži materiale, potrebne za oskrbo proizvodne celice. Rezultati meritev so zapisani v tabeli 7 spodaj.

Tabela 7: Meritve porabe časa na nakladalnem območju pred in po optimizaciji

	Pred optimizacijo	Po optimizaciji
Meritev 1 [min]	11:32	10:30
Meritev 2 [min]	12:25	9:45
Meritev 3 [min]	11:12	8:05

Vir: lastno delo.

V tabeli 7 so prikazane meritve časa, ko transporter zapelje na nakladalno območje in ko z njega izstopi. Meritve so narejene po tednih. Meritev ena predstavlja prvi teden, meritev dve drugi teden in meritev tri tretji teden. Vidimo, da so časi po optimizaciji krajši in se vsak teden tudi krajšajo. To je učinek krivoljke učenja. Transporterji so se zaradi prehoda na nov sistem morali navaditi. Material za proizvodno celico je sedaj postavljen na enem nakladalnem območju, prav tako ima vsak material točno določeno pozicijo. Tako si je

transporter skozi teden zapomnil, kje je postavljen material, in je nakladalno območje zapustil vedno hitreje. Meritve pri starem sistemu nihajo, to je pojav razpršenosti materiala po skladišču, saj material ni vedno na enaki lokaciji in prihaja do daljših prevoženih razdalj in daljše porabe časa.

4.3 Predlog izboljšanega embaliranja polizdelkov

Kot omenjam že v poglavju 3.6, prihaja pri trenutni oskrbi in embaliranju polizdelka do težav. V tabeli 8 spodaj sem zbral ključne podatke o trenutnem embaliranju polizdelkov, ki jih bom kasneje primerjal z na novo zastavljenim embaliranjem.

Tabela 8: Podatki trenutnega embaliranja polizdelkov

	Količina
Število zabojev [kos]	6
Število polizdelkov v zaboju [kos]	20
Transport polizdelkov	Ročno
Teža polnega vozička [kg]	60
Teža praznega vozička [kg]	10
Morebitne napake	Napaka v kakovosti

Vir: lastno delo.

Na tem mestu bom skušal v transport uvesti tudi AMR vozilo. Poskušal ga bom uporabiti za transport polizdelkov iz predmontaže do proizvodne celice. Tako ne bo več potrebno ročno prevažati polizdelkov, posledično bo tudi delavec, ki skrbi za transport polizdelkov, bolj razbremenjen in bo lahko opravljal drugo delo.

Cilj na novo zastavljene oblike embaliranja je, da zmanjšamo napake v kakovosti polizdelkov, olajšamo delo proizvodnih delavcev v celici in obenem pripravimo takšno obliko embaliranja, da jo bo lahko prevažalo AMR vozilo.

Ideja, ki sva jo skupaj z mentorjem v podjetju zastavila, je, da bi naredila neke vrste dvižno omaro s sedmimi predali, v katerih bi bili zloženi polizdelki. Vsak predal bi bil opremljen s stiroporno podlogo, na kateri bi bile oblike polizdelka. Tako bi lahko polizdelke postavili v to obliko in se med samim transportom ne bi premikali. Na takšen način bi odpravili težave s kakovostjo. Omara bi bila zasnovana tako, da bi se konstrukcija s predali pomikala gor in dol. Naravno/prazno stanje dvižne omare bi izgledalo tako, da bi bili vsi predali vidni. Najnižji predal bi bil na višini 1,3 m, kar je optimalna višina jemanja polizdelkov, gledano z vidika proizvodnega delavca. Z vsakim polnim predalom pa bi se konstrukcija s predali pomikala navzdol. V polnem stanju bi se konstrukcija premaknila tako nizko, da bi bil zgornji predal na višini 1,3 m, enako kot v praznem stanju najnižji predal. In obratno, ko bi proizvodni delavec porabljal polizdelke, bi se z vsakim praznim predalom konstrukcija pomaknila navzgor, tako bi bil predal, iz katerega vzame polizdelke, vedno na enaki višini.

S takšno zasnovo dvižne omare bi razbremenili delo delavca na proizvodni celici, znebili bi se plastičnih zabojev, s tem tudi odvečnega prelaganja zabojev na valjčne trakove, prav tako pa bi odstranili napake pri kakovosti ter zmanjšali odpadni karton, ki se trenutno polaga v plastične zaboje.

Idejo in funkcije zelene dvižne omare smo predstavili že prej izbranemu dobavitelju, ki nam jo bo izdelal. Pred tem pa je bilo potrebno narediti še nekaj meritev. Začeli smo z načrtom predala. Za osnovno mero tlorisa predala smo vzeli enake mere, kot jih ima zaboj, v katerem so trenutno postavljeni polizdelki. To je 600 mm × 400 mm. Takšne mere bi imela stiroporna podlaga, na kateri bi bile izrezane oblike polizdelka. Na to podlago smo nato postavili polizdelke in jih skušali obrniti tako, da bi nanjo prišlo postavljenih kar se da največ polizdelkov. Po nekaj poskusih smo prišli do postavitve, ki smo jo ovrednotili kot najbolj optimalno. Vidna je na sliki 15 spodaj.

Vidimo, da se polizdelki med sabo ne dotikajo, s tem bi odpravili napake v kakovosti. To bo vidno, ko bomo opravljali analizo dvižne omare med vožnjo. Prav tako je razvidno, da bo v enem predalu lahko postavljenih 12 polizdelkov. Glede na višino polizdelka smo nato določili višino predala, ki bi meril 150 mm.

Slika 15: Postavitev polizdelkov v predalu



Vir: lastno delo.

Višina celotne dvižne omare v praznem stanju ne sme presegati višine 2 m, prej pa smo tudi določili višino zadnjega predala v polnem stanju, ki meri 1,3 m, in višino zadnjega predala v praznem stanju, ki meri 1 m. Na koncu smo določili še želeno število predalov, ki je 7.

Glede na to, da bo te omare v prihodnosti prevažal AMR robot, mora imeti omara spodaj odprtino, da jo bo lahko robot s svojim prijemalom prijel in jo peljal do proizvodne celice.

Vse te podatke smo posredovali dobavitelju, ki nam bo izdelal dvižno omaro. Če se bo izkazalo, da je bila to dobra zamisel, bomo dali v izdelavo večje število omar, ki bi zadostovale za vse proizvodne celice.

Dvižna omara, ki nam jo je izdelal dobavitelj, je vidna na sliki 16 spodaj. Ima 7 predalov, v katere se polagajo polizdelki. Spodaj so vidna kolesa, ki omogočajo, da se dvižna omara lahko prevaža, zadaj pa ima prijemalo, ki je namenjeno za potiskanje.

Na sliki spodaj vidimo polno in prazno dvižno omaro. Na desni strani je prikazana prazna omara, na levi pa polna. Vidimo, da se pri polni omari konstrukcija s predali spusti nižje, in sicer na želeno višino 1,3 m. Na desni strani slike pa vidimo omaro, prikazano s strani, kjer se vidi prijemalo za potiskanje.

Slika 16: Prikaz polne in prazne dvižne omare za polizdelke



Vir: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje (2021).

Iz podatkov, ki sem jih že prej omenil, sem izdelal primerjalno tabelo, v kateri sem primerjal prejšnjo in zdajšnjo zasnovo embalaranja polizdelkov. Tabela 9 je vidna spodaj.

Tabela 9: Primerjalna tabela embalaranja polizdelkov

	Voziček s polizdelki	Dvižna omara
Število kosov	120	84
Teža polnega vozička/omare [kg]	60	140
Teža praznega vozička/omare [kg]	10	60
Transport	Ročno	Z AMR roboti
Morebitne napake	Napaka v kakovosti	Brez napak
Odpadki	Odpadni karton	Brez odpadkov

Vir: lastno delo.

Iz tabele je razvidno, da je dvižna omara precej težja od vozička, kar pa ne bo imelo večjega vpliva, saj jih bo prevažal AMR robot. Opazimo tudi, da se je število polizdelkov zmanjšalo, kar posledično privede do tega, da bo proizvodno celico s polizdelki potrebno pogosteje oskrbovati. Vendar smo zaradi zmanjšanja števila izdelkov odpravili napake v kakovosti, prav tako smo odpravili odvečni karton, tako ne prihaja več do odpadkov.

V naslednjem poglavju bom opisal in analiziral transport dvižnih omar do proizvodnih celic z AMR roboti.

4.4 Analiza transporta polizdelkov z AMR vozili

Predlog transporta polizdelkov z AMR roboti je dokaj enostaven. Proizvodnega delavca, ki trenutno ročno dostavlja polizdelke do proizvodne celice, zamenja AMR robot. Na takšen način bi razbremenili delo delavca, obenem pa naredili korak k avtomatizaciji transporta. Da bom uvedel robota v transportni sistem, bo potrebno zastaviti predvideno pot, po kateri se bo vršil transport, analizo celotnega transporta na tej poti in predlagati morebitne spremembe, ki bodo zadostovale za nemoteno vožnjo AMR robota.

Pot, ki bi jo opravljal AMR robot, sem prikazal na sliki 18 spodaj. Na označeni poti sem začel opazovati, koliko transportnih sredstev se prevažajo, kje je največja frekventnost vožnje ter kje bi prihajalo do največ srečanj med AMR robotom in vlečnim viličarjem. Glede na opaženo sem označil kritična območja, kjer mislim, da bi lahko prihajalo do največ motenj v transportu. Tu mislim predvsem na motnje, ki bi se pojavile pri srečanju AMR robota z drugim prevoznim sredstvom, npr. z električnim čelnim viličarjem ali vlečnim viličarjem. Kritična območja so vidna na sliki 17, označena so z rdečim kvadratom.

Zbral sem 6 predlogov, ki bi se morali narediti/izvesti pred uvedbo AMR robota v transportni sistem. Vse naštetih predloge sem prikazal tudi na sliki 17. Ti predlogi so naslednji:

- označiti območje pobiranja in odlaganja polizdelkov, tako pri proizvodni celici kot na območju predmontaže;
- na transportni poti označiti območje, v katerem AMR izvaja operacijo pobiranja in odlaganja polizdelkov;
- s puščicami označiti pot, po kateri se AMR robot vozi;
- kjer je dvosmerni promet, s črto označiti sredino transportne poti;
- pri prehodih za pešce označiti opozorilno nalepko za AMR robote;
- ob transportni poti postaviti ograjo, po kateri se bo lahko AMR robot lažje orientiral.

S potrditvijo in uspešno izvedbo vseh predlogov smo lahko začeli vpeljevati AMR robota v transportni sistem. Za ročno vožnjo in sestavljanje misij, ki jih bo opravljal robot, sem uporabljal tablični računalnik, preko katerega sem se z WiFi povezavo povezal z robotom.

Pred začetkom vožnje je bilo potrebno posneti pot in okolico, kjer se bo AMR robot peljal. Kot sem navajal že v poglavju 2.5, je to ključno za nemoteno vožnjo in lociranje robota. Po zaključenem snemanju se na tabličnem računalniku izriše mapa. Mapo sem nato uredil, označil vse potrebne elemente, kot so nevarna območja, prepovedana območja, pot vožnje itd. Nadaljeval sem s kreiranjem točk, ki mi bodo v pomoč pri sestavljanju misije transporta dvizne omare. Mapa, kreirane točke, nevarna območja in začrtana pot vožnje robota so vidni na sliki 17.

Na sliki 17 vidimo zelene in modre kroge; to so točke, ki sem jih kreiral za pomoč pri sestavljanju omenjene misije. Zelene točke se navezujejo na lokacijo dvizne omare. Tako na območju predmontaže kot na območju proizvodne celice sem kreiral 2 točki. Eno sem uporabil za odlaganje dvizne omare, drugo za pobiranje. Modre točke pa sem postavil na transportno pot; te mi bodo v pomoč, da bom robota usmeril iz ene točke v drugo. Na sliki vidimo tudi zeleno črto, ki je postavljena po transportni poti. To je območje, po katerem se robot pelje. Rdeči kvadrati opozarjajo na nevarno območje; ko robot zapelje v to območje, upočasni vožnjo in se z upočasnjeno vožnjo pelje skozi rdeče območje. Območje označeno z roza kvadratom označuje območje, kjer robot odlaga in pobira dvizne omare. V tem območju robot upočasni vožnjo in začne spuščati zvok, da opozori okolico o svojem prihodu.

Po določitvi vseh karakteristik sem lahko pričel s sestavljanjem misije. Cilj je, da po zagonu misije robot pripelje na območje predmontaže, pobere polno dvizno omaro in jo transportira do območja pri proizvodni celici. Tam odloži polno dvizno omaro in pobere prazno ter jo transportira nazaj na območje predmontaže.

Slika 17: Kreirana mapa in pot AMR robota



Vir: lastno delo.

Da lahko robot pobere dvižno omaro, sem moral v programu napisati dimenzije omare (dolžina, širina in višina). Na omaro je potrebno namestiti tudi QR kodo, s pomočjo katere jo robot zazna in pobere. Misijo sem lahko nato enostavno sestavil. Robot se pripelje do točke T1, pobere polno dvižno omaro v točki V1.1, nato se pelje do proizvodne celice v

točko T2, odloži polno omaro na točko V2.1 in pobere prazno dvižno omaro v točki V2.2 zraven. Prazno dvižno omaro pelje nazaj v predmontažo, kjer jo v točki V1.2 odloži.

Po kreiranju misije sem začel z opazovanjem robota med transportom. Zamislil sem si dve situaciji: prva je idealna proizvodnja, druga pa realna proizvodnja. V idealni proizvodnji bi za transport uporabljali samo AMR robote, ostalih motenj, kot so npr. vlečni viličarji, v transportu ne bi bilo. Realna proizvodnja pa je proizvodnja, kot jo imamo sedaj.

Vsak dan sem izvajal enako misijo in jo ponavljal 10-krat dnevno. Med tednom sem lahko simuliral vožnjo v realni proizvodnji, idealno proizvodnjo pa sem uprizoril ob sobotah, ko proizvodnja ni potekala. Tako sem lahko odstranil vse motnje v transportu. Kreiral sem tabelo 10, ki sem jo naredil na osnovi opažanj AMR robota med transportom.

Tabela 10: Primerjalna tabela med ročnim in AMR transportom polizdelkov

	Transport z AMR robotom		Ročni transport polizdelkov z vozički
	Realna proizvodnja	Idealna proizvodnja	
Čas transporta polizdelka do celice [min]	7:02	4:15	0:45
Celoten čas kroga [min]	15:58	9:20	1:30
Napake	<ul style="list-style-type: none"> - Ustavitev AMR robota zaradi vlečnih viličarjev - Napake pri odlaganju zaradi objektov na transportni poti - Ozke transportne poti 	<ul style="list-style-type: none"> - Ozke transportne poti 	<ul style="list-style-type: none"> - 0
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> - Avtonomna vožnja - Razbremenjenost proizvodnih delavcev - Korak k avtomatizaciji 		<ul style="list-style-type: none"> - Hitrejši
Slabosti	<ul style="list-style-type: none"> - Počasneje - Potreben nadzor nad transportom 		<ul style="list-style-type: none"> - Obremenitev proizvodnih delavcev zaradi potiskanja vozička s polizdelki

Vir: lastno delo.

Tabela 10 je razdeljena na dva dela, in sicer se prvi del navezuje na transport polizdelkov z AMR robotom, drugi del pa na transport polizdelkov z vozičkom, kakor se trenutno dela v proizvodnji. Transport z AMR robotom sem nato razdelil na dva dela: na transport v realni

proizvodnji in na transport v idealni proizvodnji. To sem naredil zato, da sem videl in primerjal, kako se AMR robot obnaša v proizvodnji, kjer deluje samo on. Kar lahko ugotovimo iz tabele, je, da se napake in čas transporta v realni proizvodnji povečajo, kar je logično, saj so prisotne motnje v transportu. Vidimo, da je ročni transport polizdelkov hitrejši, vendar prihaja do velikih obremenitev pri proizvodnem delavcu, ki prevažna polizdelke.

Največ napak se pojavi takrat, ko AMR robot naleti na vlečni viličar, ki stoji na transportni poti. Zaradi omejenosti prostora ga AMR robot ne more obvoziti, zato se ustavi in čaka, da se transportna pot sprostí. Večkrat je prihajalo do težav, da je robot predolgo čakal in po sprostitvi transportne poti ni nadaljeval misije.

Če bi primerjal ročni in avtomatizirani transport, bi lahko na podlagi časa materialne oskrbe proizvodne celice dejal, da uvedba AMR robotov ni smiselna. Morda je to glede na trenutno stanje proizvodnje res. Proizvodni delavec bistveno hitreje oskrbi celico, vendar se pri potiskanju vozičkov tudi precej utrují. Če bi gledali s tega vidika, bi bila avtomatizacija smiselna. Z nenehnimi optimizacijami proizvodnih celic se skuša zmanjšati velikost celic in pridobiti prostor za širše transportne poti. Tako bo v prihodnosti prihajalo do manj napak v transportu. Posledično se bo zmanjšal čas materialne oskrbe. Mislim, da sta razmišljanje o uvedbi in raziskava o avtomatizaciji notranjega transporta smiselna, saj se bo skozi čas pojavljalo vedno manj napak in čas oskrbe se bo pohitрил.

Kot sem že omenil, smo v proizvodnji zelo omejeni s prostorom, zato je zelo pomembno, da so transportne poti prazne, še posebej tiste, ki potekajo med dvema proizvodnima celicama, tako lahko AMR robot nemoteno oskrbuje proizvodno celico. V realni proizvodnji je zaradi palete ali kakšne druge ovire, ki se je nahajala na transportni poti, prihajalo do motenj v transportu. Medtem ko je robot skušal obvoziti oviro, je večkrat zapeljal na rdečo črto, ki označuje prepovedano območje, in se zato ustavil. Nato ga je potrebno ročno zapeljati nazaj v območje delovanja.

Za odlaganje polizdelkov smo uporabili metodo vzratnega odlaganja, ki v idealni proizvodnji deluje brezhibno, v realni pa prihaja do težav. Tu je glavni vzrok človeški faktor. Na odlagalnem območju so se pojavljali zaboji, palete, prazni vozički, ki so ovirali vzratno odlaganje in jih je potrebno nato odstraniti, da lahko robot nemoteno odloži dvižno omaro in konča misijo.

Ugotovil sem, da vpeljava AMR robota v transportni sistem ni tako enostavna. Veliko je motenj, ki se pojavljajo tekom transporta, prav tako sem ugotovil, da je proizvodne delavce in transporterje težko navaditi na spremembe v procesu. Zaenkrat je težko pustiti robota, da sam opravlja transport polizdelkov, potrebna je nenehna prisotnost človeškega faktorja, da lahko ob morebitnem obstoju robota takoj urgira. Transportne poti so zelo obremenjene, zato lahko že pri manjšem zastoju robota prihaja do težav in motenj v celotnem procesu. Za uspešno uvedbo AMR robotov v sistem bo potrebno izvesti razna izobraževanja za

proizvodne delavce in transporterje, določiti tudi osebo v proizvodnji, ki bo lahko urgirala ob nepredvidljivih obstojih robota, predvsem pa navaditi delavce na nov sistem v transportu polizdelkov ter skrbeti, da bodo za nemoteno vožnjo AMR robota transportne poti proste.

4.5 Predstavitev rezultatov

V tem poglavju bom strnil ugotovitve analize magistrskega dela. Z odgovori na podvprašanja, ki sem si jih zastavil v uvodu, bom skušal odgovoriti na glavno raziskovalno vprašanje.

Material, potreben za oskrbo obravnavane proizvodne celice, se nahaja na različnih mestih v skladišču. Ni določene točne lokacije kje bi naj bil material lociran. Zaradi tega prihaja do daljših časov iskanja materiala, daljših in nepotrebnih voženj vlečnega viličarja po skladišču in posledično tudi do višjih stroškov transporta. S predlagano novo postavitvijo, bi ves material postavil na eno mesto in sicer v nakladalno območje. Vsakem materialu bi določil točno mesto bodisi na paleti bodisi v regalu. S tem bi bistveno skrajšal čas iskanja materiala, saj se vlečni viličar ne bi vozil po celotnem skladišču in iskal material. S tako postavitvijo bi se materialna oskrba bistveno skrajšala in bila bolj zanesljiva.

Z novo postavljenim sistemom materialne oskrbe bi se v prvi meri znebil ročnega naročanja materiala in tako razbremenil proizvodnega delavca, ki trenutno skrbi za to. To bi dosegel na podlagi časovnega oskrbovanja proizvodne celice. Vlečni viličar bi materialno oskrboval proizvodno celico vsake 30 min. S tem bi tudi zmanjšal možnost pomanjkanja materiala in potencialnih zastojev proizvodne celice.

Embaliranje smo spremenili za polizdelke. Oblikovali smo neke vrsto dvižno omaro, kamor proizvodni delavci na predmontaži zlagajo polizdelke. Oblikovana je precej ergonomsko. Ko omaro polnimo s polizdelki, se ta spušča in nam omogoča, da je predal kamor zlagamo polizdelke vedno na enaki višini. Tako se proizvodnem delavcu ni potrebno sklanjati. Obratno je pri praznjenju, ko delavec v proizvodni celici jemlje polizdelke iz omare, se ta dviga in zopet omogoča, da je predal na enaki višini. Prav tako smo se s to dvižno omaro znebili prelaganja zabojev iz vozička na valjčne trakove (tako se prej izvajala materialna oskrba).

Ideja je bila, da se oskrba polizdelkov avtomatizira s pomočjo AMR vozil. Z avtomatiziranim notranjim transportom polizdelkov bi razbremenil delo proizvodnega delavca, ki je zadolžen za materialno oskrbo proizvodne celice s polizdelki. Z uspešno uvedbo AMR vozil bi podjetje naredilo korak k avtomatizaciji transporta. Vendar se je izkazalo, da avtomatizacija ni tako enostavna. Potrebno bi bilo narediti veliko sprememb v proizvodnji, da bi interakcija med AMR vozili in vlečnimi viličarji brezhیبno delovala, to pa si zaradi trenutne postavitve proizvodnih celic ne moremo privoščiti.

Gledano kot celoto bo predlagan »milk run« sistem v notranji transport bistveno spremenil proizvodni proces in notranjo logistiko. Z analizo izboljšav sem ugotovil, da se je zastavljen sistem dokazal kot bolj učinkovit. Razbremenil bi delo operativnih vodij, ki so skrbeli za naročanje materiala proizvodne celice, tako da transporterji opravljajo polurne kroge z nakladalnega območja do proizvodne celice, pri čemer v vsakem krogu dostavljajo manjkajoči material. S tem sem tudi odstranili naročanje materialov s pomočjo brezžičnega čitalnika. Za materialno oskrbo proizvodne celice sem predlagal enega transporterja oz. en vlečni viličar, s tem bi se organizacija materialne oskrbe izboljšala. S ponovno ABC klasifikacijo materialov, bi se znebil nekaterih A materialov, posledično paletnih mest in tako pridobil več prostora okoli proizvodne celice.

SKLEP

V podjetjih s proizvodnjo, kjer je veliko notranjega materialnega pretoka, imata notranja logistika in notranji transport veliko vlogo. Notranja logistika je ključna za nemoten pretok materiala skozi podjetje, pri čemer je za optimalno delovanje potrebno urediti notranji transport. Pri tem pa je potrebno upoštevati različne zahteve in specifične proizvodnega procesa (Križman & Križman, 2008).

Cilj tega magistrskega dela je bil predlagati nov sistem materialne oskrbe izbrane proizvodne celice in notranjega transporta v podjetju BSH Nazarje ter tako izboljšati proizvodni proces in notranjo logistiko. Zbral sem vse podatke obravnavane proizvodne celice. Ti podatki so materiali, ki jih celica potrebuje za izdelavo končnega proizvoda, embaliranje in količine. Opazoval sem, kako transporterji oskrbujejo proizvodno celico z materialom. Pri tem sem naredil tudi ABC klasifikacijo materialov in jih razvrstil v 4 skupine; A, B, C in AB. Kasneje sem začel s popisom skladišča. Pogledal sem, kje se material skladišči in kako transporterji do njega dostopajo. Predlagal in izrisal sem novo nakladalno območje ter določil novo postavitev in lokacijo materialov. Nadaljeval sem z oblikovanjem vlečnega viličarja in postavitvijo materialov na vozičke. Na koncu sem začel z uvedbo AMR vozil v notranji transport. Več tednov sem prakticiral vožnjo AMR vozila v proizvodnji in spremljal njegovo obnašanje v določenih situacijah.

Gledano kot celota mislim, da je predlagan sistem oskrbe z materialom bistveno spremenil proizvodni proces in notranji transport. V celotni analizi sem se skušal osredotočiti na podvprašanja, ki sem si jih zastavil na začetku magistrskega dela. V vsakem poglavju sem v analizi povzel, kaj so pomanjkljivosti v trenutno zastavljenem sistemu oskrbe materiala, in navedel tudi predlagane izboljšave. Skozi implementacijo izboljšav v sistem sem ugotovil, da se je predlagan/zastavljen sistem dokazal kot bolj učinkovit.

Razbremenili smo delo operativnih vodij, ki so skrbeli za naročanje materiala proizvodne celice, tako da transporterji opravljajo polurne kroge z nakladalnega območja do proizvodne

celice, pri čemer v vsakem krogu dostavljajo manjkajoči material. S tem smo tudi odstranili naročanje materialov s pomočjo brezžičnega čitalnika.

V skladišču smo zagotovili večjo transparentnost materiala za obravnavano proizvodno celico, tako da smo ves material postavili na eno nakladalno območje in mu določili točne pozicije. Za lažje in hitrejše iskanje smo vsak material tudi označili.

S spremembo načina embaliranja polizdelkov sem dosegel, da so se zmanjšale napake pri kakovosti, prav tako je lažje jemanje polizdelkov iz dvižnih omar na proizvodni celici. Tako sem razbremenil proizvodno delavko, prav tako sem razbremenil delavca, ki je polizdelke z vozičkom pripeljal do celice in jih zložil na valjčni trak.

S poskusom uvedbe AMR robota sem ugotovil, da je avtomatizacija notranjega transporta v proizvodnem podjetju mogoča, vendar precej zapletena. Izkazalo se je, da interakcija med AMR roboti in vlečnimi viličarji ni najboljša. Predvsem bi bilo potrebno proizvodne delavce in transporterje naučiti in privaditi na prisotnost in način delovanja AMR robotov. Uspešna in hitrejša implementacija AMR robotov v notranjo logistiko oz. notranji transport bi se zgodila, če bi vsa transportna sredstva zamenjali z AMR roboti. Kot že omenjam, je interakcijo med AMR in vlečnimi viličarji precej težko vzpostaviti. V proizvodnji, kjer bi delovali samo AMR roboti, bi transport potekal brez večjih težav, saj lahko s pomočjo različnih aplikacij centraliziramo nadzor nad roboti po proizvodnji.

Magistrsko delo lahko podjetju BSH Nazarje služi kot izhodišče za nadaljevanje implementacije novega sistema materialne oskrbe za ostale proizvodne celice. Prav tako je dobro izhodišče za preureditev in nadaljnjo optimizacijo celotnega skladišča. V delu je predstavljena začetna implementacija AMR robota v notranji transport. Mislim, da bi lahko podjetje to uporabilo za nadaljnje raziskovanje avtomatizacije v notranji transport.

LITERATURA IN VIRI

1. AllAboutLean. (2018, 25. september). *Introduction to Milk Runs*. Pridobljeno 18. avgusta 2021 iz <https://www.allaboutlean.com/milk-run-intro>
2. Antunes, D. S. L., Sousa, S. & Nunes, E. P. (2013). Using project six sigma and lean concepts in internal logistics. *Proceedings of the world congress on engineering Vol. 1* (str. 3–5). London: WCE.
3. Ballard, G. & Howell, G. (1995). *Toward construction JIT. Lean construction*. New York: CRC press.
4. Baudin, M. (2005). *Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: CRC press.
5. BSH-group. (2020). *Dobrodošli v BSH*. Pridobljeno 14. aprila 2021 iz <https://www.bsh-group.com/si/>
6. BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje. (2021). *Layout proizvodnje in proizvodnih celic* (interno gradivo). Nazarje: BSH Hišni aparati d.o.o. Nazarje.

7. Bizjak, J. Šketa, J. & Skarza-Žerovnik, M. (1997). *Organizacija proizvodnje 1*. Ljubljana: Lesarska založba.
8. Brar, G. S. & Saini, G. (2011, July). Milk run logistics: literature review and directions. *Proceedings of the world congress on engineering Vol. 1* (str. 6–8). London: WCE.
9. Conveyco. (brez datuma). *Autonomous Mobile Robots (AMRs)*. Pridobljeno 5. maja 2021 iz <https://www.conveyco.com/technology/autonomous-mobile-robots-amrs>
10. Correia, N., Teixeira, L. & Ramos, A. L. (2020). Implementing an AGV system to transport finished goods to the warehouse. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(2), 241–247.
11. Dennis, P. (2017). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. New York: CRC press.
12. De Ron, A. J. & Rooda, J. E. (2005). Equipment effectiveness: OEE revisited. *IEEE transactions on semiconductor manufacturing*, 18(1), 190–196.
13. DF Automation & Robotics. (2019). *Advantages and Disadvantages of Autonomous Mobile Robot (AMR)*. Pridobljeno 5. novembra iz <https://www.dfautomation.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-automated-guide-vehicle-agv>
14. Flexqube. (2021). *What is Milk Run in Logistics?*. Pridobljeno 24. septembra 2021 iz <https://www.flexqube.com/news/what-milk-run-logistics/>
15. Goldsby, T. J. & Martichenko, R. (2005). *Lean six sigma logistics: Strategic development to operational success*. Lexington: J. Ross Publishing.
16. Herakovič, N. (2018). *Strega materiala in sredstev*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
17. Hyer, N. & Wemmerlov, U. (2001). *Reorganizing the factory: Competing through cellular manufacturing*. New York: CRC Press.
18. Hobbs, D. P. (2003). *Lean manufacturing implementation: a complete execution manual for any size manufacturer*. Lexington: J. Ross Publishing.
19. Javadian Kootanaee, A., Babu, K. N. & Talari, H. (2013). *Just-in-time manufacturing system: From introduction to implement*. Available at SSRN 2253243.
20. Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M. & Husak, E. (2015). The application of service robots for logistics in manufacturing processes. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4).
21. Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B. & Baskak, M. (2012). Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62(9/12), 1135–1146.
22. Klenk, E., Galka, S. & Günthner, W. A. (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1882–1887.
23. Križman, A. (2010). *Poslovna logistika*. Ljubljana: Zavod IRC.
24. Križman, A. & Križman, D. F. (2008). *Logistika v gospodarskih družbah*. Ljubljana: Zavod IRC.
25. Kušar, J. (2016). *Načrtovanje in vodenje proizvodnje*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
26. Kušar, J. & Berlec, T. (2016). *Priprava proizvodnje*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

27. Lević, B. (2016). *Notranja logistika in zaloge v proizvodnem podjetju* (diplomsko delo). Ljubljana, B&B višja strokovna šola.
28. Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje*. Maribor: Založba Moderna organizacija v okviru Fakultete za organizacijske vede.
29. Logožar, K. (2004). *Poslovna logistika*. Ljubljana: GV izobraževanje.
30. Marchwinski, C. & Shook, J. (ur.). (2003). *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
31. Meyer, A. (2017). *Milk run design: Definitions, concepts and solution approaches (Vol. 88)*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
32. Millegård, J. & Kurzbach, S. (2016). *Internal logistics: Optimizing the flow of goods with milk runs*. Borås: University of Borås.
33. Mobile Industrial Robots A/S. (2019–2020). *AGV vs. AMR – What's the Difference?* Pridobljeno 5. maja 2021 iz <https://www.mobile-industrial-robots.com/en/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference>
34. Nagel, L., Roidl, M. & Follert, G. (2008, March). The internet of things: on standardisation in the domain of intralogistics. *Proceedings of the First International Conference on The Internet of Things, Zürich* (str. 16–21). Zurich: University of St. Gallen.
35. Polajnar, A., Buchmeister, B. & Leber, M. (2002). *Organizacija proizvodnje*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
36. Schmidt, T., Meinhardt, I. & Schulze, F. (2016). *New design guidelines for in-plant milk-run systems*. Karlsruhe: Georgia Southern University.
37. Shahrukh, I. A. (1999). *Handbook of cellular manufacturing systems*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
38. Sheldon, D. H. (2007). *Lean Materials Planning and Execution: A Guide to Internal and External Supply Management Excellence*. Lexington: J. Ross Publishing.
39. Steblovník, Z. (2001). *Organizacija proizvodnje 3*. Ljubljana: Lesarska založba.
40. Theunissen, J., Xu, H., Zhong, R. Y. & Xu, X. (2018, November). Smart AGV system for manufacturing shopfloor in the context of industry 4.0. *25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)* (str. 1–6). Stuttgart: IEEE.
41. Van der Meer, R. (2000). Operational control of internal transport (No. 1). Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.
42. Versabox. (2020). *Top 3 processes to be automated using AMRs*. Pridobljeno 27. septembra 2020 iz <https://versabox.eu/intralogistyka/top-3-processes-to-be-automated-using-amrs/>
43. Vorina, A. (2010). *Poslovna logistika*. Ljubljana: Zavod IRC.