

Liis Liivamägi

ASENDIPLAANI ÜMBERKUJUNDAMINE ETTEVÕTTE DAGÖPLAST AS TEHASES

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Tootmise ja tootmiskorralduse õppekava
Juhendajad: Rein Roosmäe, Jaak Lavin

Tallinn 2022

Mina, Liis Liivamägi, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendajad Rein Roosmäe ja Jaak Lavin (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud ringmajanduse ja tehnoloogia instituudi direktori korraldusega nr 1-14/59 (kuupäev digiallkirjas).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Liis Liivamägi,

sünnikuupäev: 24.06.1993

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Asendiplaani ümberkujundamine Dagöplast AS tehases

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS.....	5
1.1 Toodetavad tooted	5
1.2 Ettevõtte positsioon turul võrreldes konkurentidega	5
1.3 Ettevõtte keskkonnajuhtimise, töötervishoiu ja tööohutuse alase tegevuse korraldus	6
2 TEOORIA	7
2.1 Planeeritud asendiplaani vajalikkus.....	7
2.2 Asendiplaani tüübid.....	7
2.2.1 Fikseeritud asendiplaan	7
2.2.2 Protsessipõhine asendiplaan	8
2.2.3 Tootepõhine asendiplaan.....	9
2.2.4 Kombineeritud asendiplaan.....	9
2.3 Spagetidiagramm	9
2.3.1 Spagetidiagrammi koostamine	10
2.4 Kasutatavate seadmete ja tehnoloogiate kirjeldus	11
3 ASENDIPLAANI ÜMBERKUJUNDAMINE	13
3.1 Hetkeolukorra kirjeldus	13
3.2 Alternatiivne asendiplaan 1	20
3.3 Alternatiivne asendiplaan 2	22
3.4 Materjali ladustamise parendamine	24
4 TULEMUSED.....	27
KOKKUVÕTE.....	28
SUMMARY	29
VIIDATUD ALLIKAD.....	30

SISSEJUHATUS

Läbimõeldud planeering, paigutus on tootmisettevõtete jaoks üks võtmetähtsusega detaile, mis aitavad tagada eduka tootmisprotsessi. Asendiplaani planeerimine aitab vähendada tootmiskulusid ning eri töö etappide jaoks kuluvat aega.

Lõputöö teema valik kujunes välja selliselt, et autor töötab ettevõttes üle kuue aasta ning koostöös ettevõtte tootmisjuhiga jõuti järelduseni, et on vaja analüüsida olemasolevat ruumipaigutust. Lisaks on ka igapäevatöös rohket materjalide käitlemisest tööülesannete täitmisel. Ruumipaigutuse analüüsimine oli vajalik, sest tehase praegune asendiplaan on kasutusel aastast 2011, kui ehitati tehasele uus suur hoone. Selle aja jooksul on aga paljud liinid uuendatud või välja vahetatud. Töö ülesandeks on kaardistada materjalide liikumine praeguse asendiplaani korral, kogutud andmeid analüüsida ning leida tehasele tõhusam ruumipaigutus.

Töö eesmärk on pakkuda välja tehasele uus asendiplaan, mis väldib masinate tööalade paiknemist tõstukite sõiduteel; vähendab materjalide teekondade pikkuseid vähemalt 10% ning võimaldab olemasolevat põrandapinda kasutada võimalikult optimaalselt.

Lõputöö on jagatud kolme suuremasse ossa, millest esimeses on ettevõtet lähemalt tutvustatud. Töö teises osas on kirjeldatud töö aluseks olevaid teoreetilisi teadmisi asendiplaani planeerimise vajalikkusest, tutvustatud spagetidiagrammi meetodil asendiplaani planeerimist ning kirjeldatud kile tootmise protsessi puhumis-ekstrusiooni meetodil. Lõputöö kolmandas osas on kirjeldatud tehase hetkeolukorda, probleemseid aspekte praeguse ruumipaigutuse juures ning on koostatud kaks uut asendiplaani varianti. Uusi asendiplaani variante on analüüsitud ning neist kahest leitud sobivaim. Lisaks masinate ümberpaigutamisele on analüüsitud materjalide ladustamist ning leitud lahendus ühe materjalilao mahutavuse parendamiseks.

Lõputöö tulemusena pakub autor ettevõttele välja uue ruumipaigutuse tehasele ning materjalilao mahutavuse parendamiseks kaks varianti.

1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Dagöplast AS on 1998. aastal rajatud ettevõtte Hiiumaal Käinas. Tootmishooned asuvad aadressidel: Spordi tn. 4 Käina vald, Nõmmeküla Käina vald. Alates aastast 2015 kuulub ettevõtte rahvusvahelisse BioBag kontserni. Ettevõttes töötab 87 inimest. Dagöplast AS on Plastitööstuse Liidu ja Eesti Kaubandus-Tööstuskoja liige.

Ettevõtte järgib kvaliteedi- ning keskkonnajuhtimissüsteemi, mis täidab standardi ISO 9001 ja ISO 14001 ning Hea Tootmistava nõudeid. Lisaks järgib ettevõtte toiduohutuse juhtimissüsteemi, mis täidab ISO 22000 nõudeid.

Ettevõtte peamised sihtturud asuvad Eestis, Rootsis, Norras, Iirimaa ning Ameerika Ühendriikides.

1.1 Toodetavad tooted

Dagöplast AS käsitusala on polüetüleenist (PE) kile, pakendite, prügikottide, kilepõlled, puidukattekil, kaablikaits, biolagunevast materjalist toodete, plasttorude tootmine ja plastmassjäätmete ümbertöötlemine.

1.2 Ettevõtte positsioon turul võrreldes konkurentidega

Alates 1998 aastast on Dagöplast AS Euroopas oluline kiletootja, kellel on innovatsiooni ja hea kvaliteedi maine. Ulatuslik tootevalik hõlmab prügikotte, sangakotte, rehvikotte, erinevaid kilesid ja kilesukkasid, kaablikaits linte, hoiatuslinte, kilepõllesid, biolagunevaid ja komposteeritavaid kilesid ja kilekotte, polüetüleenist torusid, ja muud. Koostöös klientidega valmistatakse eksklusiivseid ja kohandatud tooteid paljudele tööstusharudele. Tootmisüksuse asukoht on Euroopa turu jaoks logistiliselt soodne. [1]

Dagöplasti käive moodustas aastal 2019 turuosast ca 9 protsenti. Ettevõtte peamised konkurendid Eesti turul on Uniplast OÜ ning Estiko Plastar AS, kes tegelevad polüetüleenist kiletoodete tootmisega.

Kolme ettevõtte käibeid omavahel võrreldes saab edukaimana välja tuua Estiko Plastari, mille käive 2021. aasta teises kvartalis oli 16,7 miljonit. Estiko Plastar on samas aga spetsialiseerunud pigem pakendite tootmisele erinevatele tootmisettevõtetele. Näiteks toiduaine-, majapidamiskaupade ning tekstiilitööstusele pakendeid.

Kõige sarnasema tootevalikuga on Uniplast, mille käive oli 2021. aasta teises kvartalis 1,4 miljonit eurot, Dagöplastil aga 7,2 miljonit eurot. Uniplasti polüetüleenkile tootmine on oma tootevalikult Dagöplasti omale sarnane, kuid nagu võib käibest järeldada, on Uniplasti mahud palju väiksemad. Dagöplasti eelisena võib välja tuua ka selle, et Dagöplast kuulub rahvusvahelisse BioBag gruppi ning seetõttu on osa brändist, mis on lõpptarbijates üle maailma tekitanud usaldust juba paljusid aastaid.

1.3 Ettevõtte keskkonnajuhtimise, töötervishoiu ja tööohutuse alase tegevuse korraldus

Kvaliteedisüsteemi standardi EVS-EN ISO 9001:2008 nõuetele vastavuse kinnitamiseks on sertifitseerimisorganisatsioon AS Metrosert väljastanud Dagöplast AS-le kvaliteedisüsteemi sertifikaadi nr. K-001/E;C. Esmane sertifikaat anti välja 28.12.1998. [2]

Keskkonnajuhtimissüsteemi standardi EVS-EN ISO 14001:2004 nõuetele vastavuse kinnitamiseks on sertifitseerimisorganisatsioon AS Metrosert väljastanud Dagöplast AS-le sertifikaadi nr. KK-001/E;C. Esmane sertifikaat anti välja 27.augustil 2001. [2]

Kõigile töötajatele on väljastatud tööõiged ning turvajalanõud. Kohustuslik on kanda kõrvatroppe või mürasummutavaid kõrvaklappe. Iga kahe aasta tagant on ette nähtud töötervishoiu arsti külastus. Töökoha ergonoomika on pidevaks parendamiseks vaatluse all. 5S on tehases juurutamisel samuti parandamaks tööohutust ning tehases toimuvad kord kuus kontroll-ringkäigud, kus märgitakse üles täiustamist vajavad kohad ning määratakse vastutajad, kes paranduse eest hoolitsema peavad.

2 TEOORIA

2.1 Planeeritud asendiplaani vajalikkus

Tehase asendiplaani koostamine tegeleb tootmisressursside paigutuse korraldamisega, hõlmates endas tootmisseadmete, tööliste, materjalide ladustamise ja materjalivoo korraldamist sellisel viisil, et tegevuskulud oleksid võimalikult madalad. Hästi korraldatud tootmise asendiplaan tagab suurim kvaliteetse toodangu mahu vähimate kuludega. Sujuv ja kiire materjalide voog on hästikorraldatud tehase edu võtmeks. [3]

Asendiplaani planeerimise eesmärgid [3]:

- Saavutada kokkuhoid tooraine, pooltoodangu ja valmistoodangu käitlemisel;
- Vähendada pooltoodangu hulka;
- Tagada saadaoleva põrandapinna kõige efektiivsem ja optimaalseim kasutus;
- Minimeerida pudelikaelu ja takistusi erinevates tootmisprotsessides ja seeläbi vältida töö kuhjumist olulistes punktides;
- Tootmiskontrolli süsteemi juurutamine;
- Tagada töötajate ohutus ja mugavus;
- Tagada parema kvaliteediga tooted väiksema kuluga klientidele;
- Minimeerida õnnetuste võimalusi;
- Tagada vajalikud ladustamise- ja pakendamisevõimalused;
- Töötada välja võimalused tehase edasiseks laiendamiseks.

2.2 Asendiplaani tüübid

On olemas neli erinevat asendiplaani tüüpi. Fikseeritud asendiplaan, protsessipõhine asendiplaan, tootepõhine asendiplaan ning kombineeritud asendiplaan.

2.2.1 Fikseeritud asendiplaan

Fikseeritud asendiplaani kasutatakse vaid suurte konstruktsioonide tootmisel, mida on oma suuruse tõttu ebamugav ja raske liigutada, näiteks laevad, lennukid. Põhikomponent on fikseeritud asukohas ning materjalid ning tööriistad tuuakse töökohale. Fikseeritud asendiplaani eelised ja puudused on toodud Tabel 1. [3]

Tabel 1. Fikseeritud tootmise plussid ja miinused [3] [4].

Plussid	Miinused
Tootmine toimub ühes kohas.	Nõuab väga kõrge oskustasemega töölisi
Operatsioonide järjepidevus on tagatud, sest operaatorid täidavad oma ülesandeid teistest sõltumatult.	Varustuse liigutamine tootmiskeskusesse võib olla ajamahukas
Võimaldab efektiivse planeerimise ja laadimise, sest iga tootmiskeskus on teistest iseseisev. Kui kaks laeva on samaaegselt tootmises, on kumbki enda asukohas.	Teatud toimingute jaoks ei pruugi olla piisavalt ruumi.
Võimaldab suuremat paindlikkust tootedisainis.	Materjalide tellimine ja tegevused peavad olema väga täpsed ja õigeaegsed
Sobib massiivsete konstruktsioonide tootmiseks.	
Töötajaid, materjale ja lisatarvikuid saab liigutada vastavalt vajadusele.	

2.2.2 Protsessipõhine asendiplaan

Protsessipõhise asendiplaani korral on tootmisüksused jagatud osakondadesse sarnaste protsesside olemuse järgi. See asendiplaan on kohandatud väikese tootmismahu jaoks, kus on palju erinevaid protsesse. Protsessipõhise asendiplaani eelised ja puudused on toodud Tabel 2. [3]

Tabel 2. Protsessipõhise asendiplaani plussid ja miinused. [4]

Plussid	Miinused
Võimaldab muutusi partii suurustes ja tüüpides.	Tööprotsessi korraldamine on keeruline.
Paindlikkus tootmises.	Tootmisaeg on üldiselt pikem.
Töötajad saavutavad kõrge oskuste taseme ühe operatsiooni tüübi juures.	Tekivad pudelikaelad.
Teatud seadmete rikete korral saab töö sooritada teiste pinkide abil.	Töökoormuse tasakaalus hoidmine on keerukas.
Üksteisele olulised etapid asetsevad lähestikku.	Väiksem tootlikkus tihedate seadistuste tõttu

2.2.3 Tootepõhine asendiplaan

Tootepõhine asendiplaan grupeerib erinevad töökeskused omavahel vastavalt operatsioonide järjekorrale, mida toote tootmiseks vaja on teha. See paigutus on kasutusel suuremahulise ja standardsete toodete tootmisel. Toormaterjal alustab teekonda liini algusest liikudes ühest operatsioonist järgmisesse suhteliselt kiiresti. Pooleli olevaid tooteid, ladustamist ning materjalide käitlemist on minimaalselt. Üldiselt on tootmises korraga üht tüüpi toode. Tootepõhise asendiplaani eelised ja puudused on toodud Tabel 3. [3]

Tabel 3. Tootepõhise asendiplaani plussid ja miinused. [3] [4]

Plussid	Miinused
Madalamad materjalide käitlemise kulud.	Ühe masina rike võib põhjustada terve liini seiskumise.
Vähem põrandapinda kasutusel materjalide ja pooltoodangu all.	Madal paindlikkus.
Toodete liikumine on loogilises jadas.	Tootmiskulud suurenevad, kui partii suurus kahaneb.
Väikesed seadistusajad suurte koguste tõttu.	Vajalik range kontroll tagamaks kvaliteet.
Tootmisliinil on võimalik vältida pudelikaelu.	Vajab rohkem ruumi.
Operaatorid omandavad kiirelt vajalikke oskusi.	

2.2.4 Kombineeritud asendiplaan

Paljud tootmisettevõtted on enda jaoks leidnud tõhusaimaks oleva kombineeritud asendiplaani. Selle puhul kasutatakse erinevate asetuste tugevaid aspekte ning rakendatakse need enda vajadustele vastavalt. Sellise asetuse korral jääb põhiküsimuseks, millise paindlikkuse- ning automatiseerituse astmega tehast soovitakse ning on vaja võtta arvesse tootmiskoguseid. [4]

2.3 Spagetidiagramm

Spagetidiagramm, tuntud ka kui spagetimudel, on visuaalne vahend näitamaks materjalide ja tegevuste kulgemist protsessis, et tuvastada parendamist vajavaid aspekte. Tegu on visuaalse lahendusega näitamaks inimeste, materjalide ja protsesside voogu. [5]

Spagetidiagramm on üks laialdasemalt kasutatud LEAN tööriistu tootmise- teenuste-, ning logistikasektoris, mis aitab välistada või vähendada mõningaid raiskamisi, üldiselt transporti ja liikumisi. [5]

Spagetidiagrammid, tundud ka kui asendiplaani mudelid, on väga kasulikud analüüsima tootmises inimeste ja materjalide voogu. [6]

Spagetidiagramm annab ülevaate sellest, mis liikumised protsessis toimuvad. See võib pakkuda olukorra kaardistamisel üllatusi, kui palju tegelikkuses toimub liikumist ning kui tihti toimub edasitagasi liikumine. See tehnika aitab tuvastada raiskamisi ja annab visuaalse sisendi töökoha parendamiseks. [7]

Spagetidiagrammi koostades on võimalik mõõta liikumiste vahemaid ja põhjuseid. Nende sisendite abil on võimalik väikeseid muudatusi ellu viies vähendada olulisel määral läbitavaid vahemaid. Ebavajalik liikumine raiskab väga palju aega. Paigutades seotud seadmeid üksteisele lähemale, on see hea viis vähendada raiskamisi ja tootmisele kuluvat aega. [7]

2.3.1 Spagetidiagrammi koostamine

Spagetidiagrammid on kõige kasulikumad kaardistamiseks tööliste liikumisi nii kõndides kui sõites (näiteks töstukiga). Vaja läheb ala plaani või joonist, kirjutusvahendit, vaatlejat ning vaadeldavat. Soovi korral võib kasutada ka ajamõõtmiseks stopperit ning vahemaa mõõtmiseks mõõtevahendit. Vaatluse eesmärgiks on vaadeldavale järgnemine ning läbitud distantide märkimine joonisele. Võib kasutada lihtsalt jooni või ka nooli, märkimaks liikumiste suunda. Üles märkida tuleks kõik liikumised, ka vähetähtsana näivad. Korduvate tsüklite puhul tuleb kindlasti vaadelda rohkem kui üht tsüklit. Ühele diagrammile võib märkida mitme vaadeldava liikumised, kasutades selleks erinevaid värve. [8]

Järgnevalt on vaja koostatud diagrammi analüüsida. Spagetidiagramm eraldiseisvana ei ole optimeerimise meetod, see annab vaid aimu hetkeolukorrast ja vahemaadest. See, mida spagetidiagrammi andmetega edasi tehakse on oluline. Olukorra analüüsimiseks on kõige kasulikum hinnata kogu läbitud vahemaa pikkust. [8]

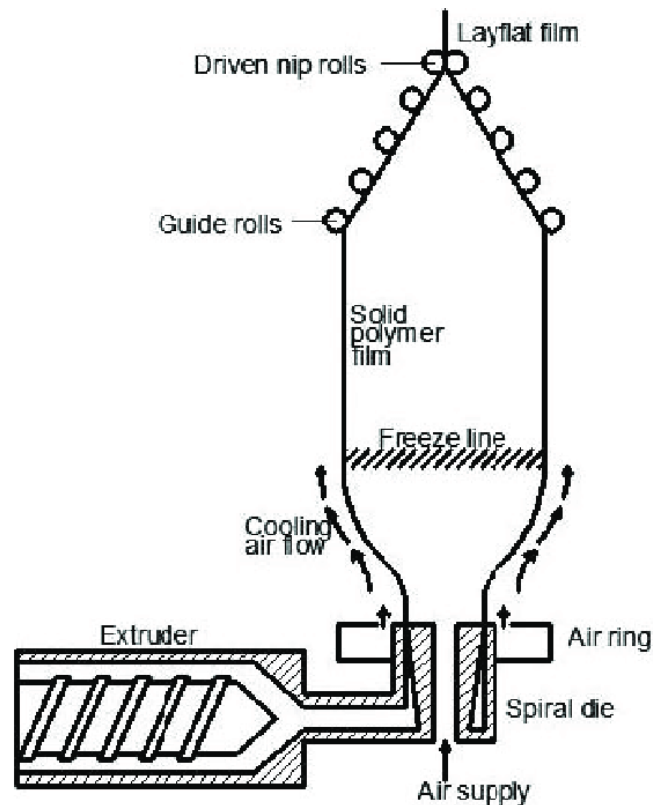
Senimaani tehtud sammud on vaid aidanud olemasolevat olukorda mõista. Edasine on parenduste variantide leidmine ja parima tegevuskäigu koostamine. Kindlasti tasub küsida igapäevaselt analüüsitud tööetappe tegevate tööliste arvamust, kuidas portsessi parendada. [8]

Võimalikud järgmised sammud vähendamaks läbitud vahemaid ja tööaega: [8]

- Komponentide lähemale liigutamine;
- Masinate ja protsesside ümberkorraldamine nii, et nad oleksid järjestikku või vähemalt teineteisele lähemal kui siiani (seda tehes peab jälgima, et ülejäänud protsessid seejuures ei kannataks);
- Protsesside lihtsustamine, näiteks komponendi asukoha tuvastamise asemel märkida tooteinfo lehel komponendi asukoht;
- Veenduda kõigi tegevused on vajalikkuses – ehk saab mõnda osa automatiseerida või üldse välja jätta;
- Töömahu ümberjaotamine vähendamaks läbitud vahemaid;
- Määrata kas on võimalik kasutada visuaalset juhtimist, et muuta protsess kiiremaks või usaldusväärsemaks.

2.4 Kasutatavate seadmete ja tehnoloogiate kirjeldus

Dagöplastis toodetakse kilet puhumis-ekstrusiooni meetodil. Puhumis-ekstrusiooni meetodil kile tootmine saab alguse plastikugraanulitest, mis masinas juhitakse silindrikujulisse köetud torusse, mille sees keerleb teo-nimeline kruvi. Tigu suunab mööda silindrit sulavat plastikumassi edasi, jõudes ekstruuder peani, kus surutakse sulaplast ekstruuderist välja läbi ümmarguse huuliku. Peale huulikust väljumist, puhutakse moodustunud torukujuline kilesukk õhku täis ning sellega venitatakse vajalikesse parameetritesse ning jahutatakse sulakile õhuga maha, et see oma vormi hoiaks. Samal ajal tõmbavad kilesukka ülespoole kummist nipirullikud, mis ümmarguse kilesuka omakorda lapikuks suruvad.



Joonis 1. Puhumis-ekstrusiooni meetodi joonis [9]

Peale kilesuka moodustumist töödeldakse see olenevalt tellimusest. *Online*- tellimused töödeldakse otse ekstruuderist tootmise järgselt, kilele volditakse vajalike mõõtmetega sisseviigid või pooleksvoldid, lisatakse vajadusel trükimasinal trükk, keevitajas perforeeritakse kilesukk õigesse kotipikkusesse ning keevitatakse kottidele põhjad ja peale keevitajat keritakse kerijal rullidesse. *Offline* kile puhul ei ole lõpptoodanguks pisikesed kilekotirullid, vaid hülsile keritud kilesukk. Ka see vajadusel viigitakse, trükitakse või lõigatakse pooleks, kuid üldiselt on vaja seda kilet hiljem veel edasi töödelda. *Offline* kilede edasi töötlemiseks on lisamasinad, mida Dagöplastis on 13 erinevat. Kõigil neil on oma spetsiifilised võimalused ning sobivad kilepaksused.

3 ASENDIPLAANI ÜMBERKUJUNDAMINE

3.1 Hetkeolukorra kirjeldus

Dagöplasti Spordi tänaval asuv tehas koosneb kahest omavahel ühendatud hoonest, mida kutsutakse uueks ja vanaks osaks. Tehases on kokku 15 ekstruuderit, neist kümme on uues ja viis vanas osas. Lisamasinaid on tehases kokku 13. Neist kaheksa on uues, viis vanas osas. Ekstruuderid ja lisamasinad on jagatud erinevatele tehasepooltele. Seda seetõttu, et ekstruuderid on palju kõrgemad masinad, kuni 15 meetrit, lisamasinate kõrgus ei ulatu üle 2,5 meetri.

Dagöplastis on kasutusel nelja eri liiki materjalid:

- Biolaguneva materjali puhas materjal – sellest materjalist ei ole veel toodangut tehtud ja tegu on esimesel töötlusel oleva materjaliga;
- Biolaguneva materjali regranulaat – ümbertöödeldud biolagunev materjal;
- LDPE regranulaat – ümbertöödeldud polüetüleen;
- Puhas materjal – Esimesel töötlusel olev polüetüleen.

Biolaguneva materjali puhas materjal on hoiustatud papist oktabinides ning asuvad eraldi laos, mida kutsutakse Novamondi laoks. Biomaterjali ümbertöödeldud regranulaati hoiustatakse samuti oktabinides ning see asub tootmiskontori trepi juures (Foto 1). LD-Regranulaat (LD-REG) on hoiustatud suurtes silodes, millest liigub materjal vajalike masinateni imurite süsteemide abil. Puhas materjal on 25-kilogrammiste kottidega ladustatud alustel.



Foto 1. Biomaterjali regranulaadi ladustamisala

Pooltoodang ladustatakse ruumi olemasolul vastava lisamasina taha või kõrvale, millele ta mõeldud on. Kui ruumi lisamasina juures ei ole, siis ladustatakse see võimalikult masina lähedusse. Vahel aga ei panda tähele, et üht artiklit juba on ühes kohas ladustatud, ning siis satuvad pooltoodangu alused läbisegi. Suureks probleemiks on ka Joonis 2 punase kastiga märgitud ala. Sinna paigutatud lisamasinad on liialt pikad, ning seetõttu on seadme pakendamise alas toodangu- ning jäätmealused tõstuki sõiduteel (Foto 2) ning seal on väga kitsas manööverdada. See muudab ka töökeskkonda ohtlikumaks, kuna praegu on masinate tööalad võimalikult kokku pressitud ja see suurendab töötaja jaoks ohtu end vigastada. Ühe tootmisliini rullivahetuse ala on täpselt sõidutee ääres (Foto 3), ning käsikahveltõstukiga seal alas liikudes on tööline siiski sõiduteel. Rullivahetuse ajal peab seega pingsalt jälgima, et ei oleks oht sõitvale tõstukile ette astuda.



Foto 2. Masina pakendamise tööala paiknemine tõstuki sõiduteel

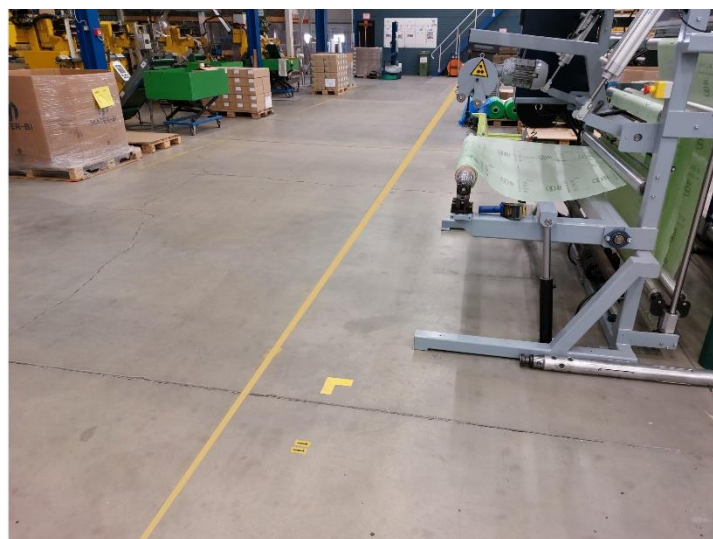
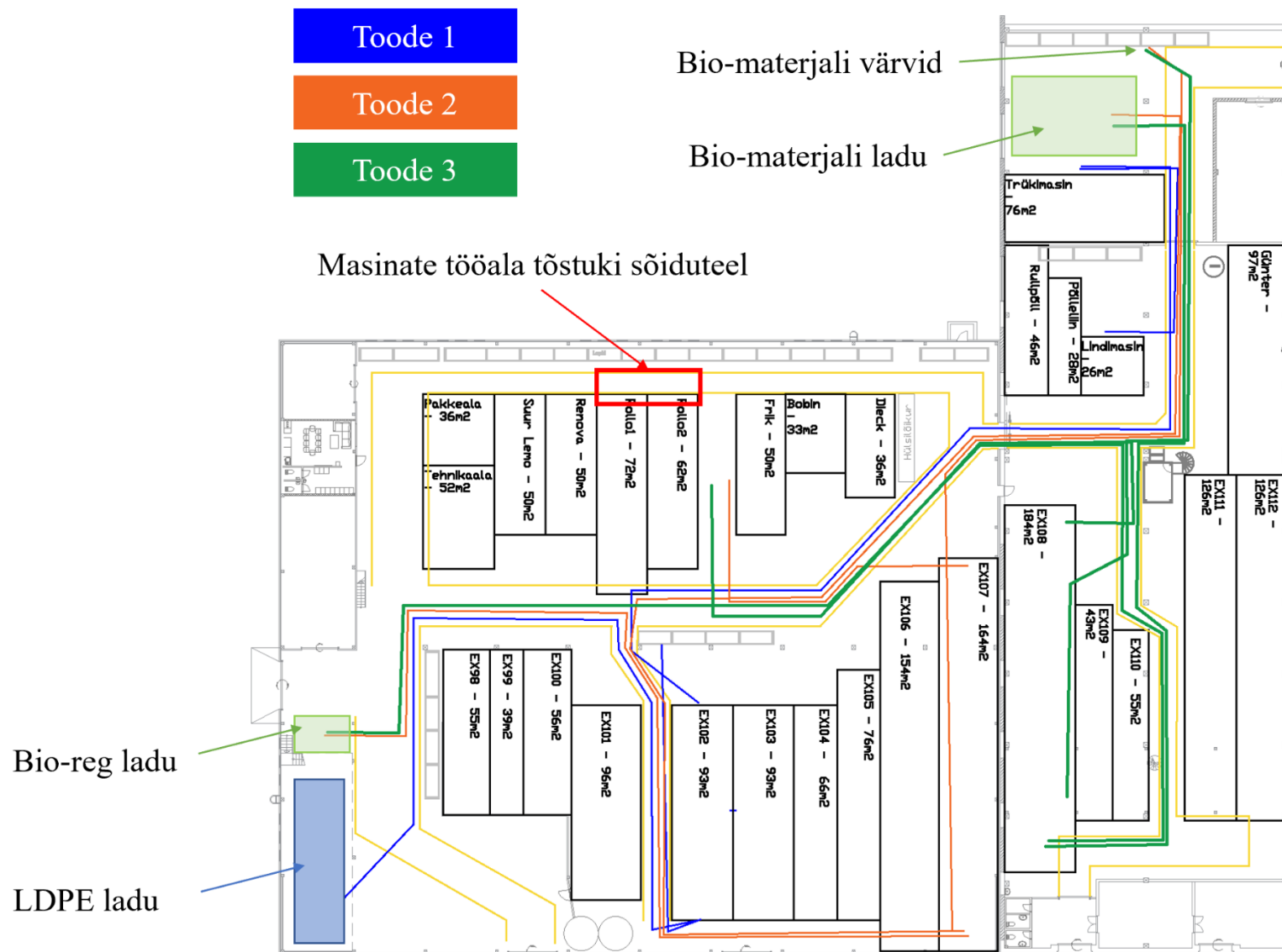


Foto 3. Masina rullivahetuse tööala paiknemine tõstuki sõiduteel

Praeguse asendiplaani suurimateks puudusteks on peamiselt pikad materjalide liikumisteed, risti-rästi materjalide liikumine, masinate tööalade käiguteel paiknemine. Asendiplaani ümberkujundamisega soovib autor saavutada sujuvama materjalide voo, sarnaste põhimaterjalidega masinate lähestikku paigutuse, ohutuma töökeskkonna, lühemad liikumisteed. Asendiplaani muutmisega ei muutu toodangu hulk, sest masinate tootlikkus ei muutu.



Joonis 2. Tehase praegune asendiplaan

Kuna tootmises olevaid artikleid on palju, nagu ka masinaid ja seetõttu on ka masinate kombinatsioone väga palju. Töö raames on vaatluse all kolme toote liikumised tehases tootmisprotsessi käigus. Joonis 2 on toodete liikumised märgistatud eri paksusega joontega, et illustreerida toote liikumise mahtusid. Toode 1 (Foto 4) on polüetüleenist kaablikaitselint, mis kaabli maa alla kaevamisel paigaldatakse teatud kõrgusele kaabli kohale. Antud toode on tootmises umbes 6 korda aasta jooksul ning valituks osutus seetõttu, et on üks pikima tootmise teekonnaga tooteid tooteportfellis. Joonis 2 on kujutatud Toote 1 liikumisi tootmisprotsessis sinist värvi joonega.



Foto 4. Toode 1 [10]

Toode 2 (Foto 5) on igakuiselt tootmises olev standardtoode, biolagunevast materjalist 20-liitrine sangakott. Igakuiselt tootmises olevaid standardartikleid, mis sama teekonda järgivad on tooteportfellis 15. Toode 2 liikumised on Joonis 2 märgistatud oranži värvi joonega.



Foto 5. Toode 2 [11]

Toode 3 (Foto 6) on biolagunevast materjalist toodetud sangakott, sarnane tootega 2. Toode 3 ja selle väga sarnased alternatiivid on tootmises orienteeruvalt kord kuus. Tavaliselt on tegu suurte, mitme tonniste tellimustega. Joonis 2 on toote 3 liikumised märgistatud rohelist värvi joonega.



Foto 6. Toode 3 [12]

Tabel 4 on toodud nende kolme artikli teepikkused, mis toode tootmisprotsessi jooksul läbib. Materjali kogu teepikkuse juures on arvestatud, et biomaterjali oktabin mahutab 900 kg materjali ja LD materjali alus kaalub 1375 kg. Samuti on arvestatud juurde värvainete toomise teepikkus. Pooltoodangu liigutamise kordade arv on leitud keskmise pooltoodangu rulli kaalu järgi ning arvestades, et alusel on korraga kaks rulli. Teepikkuse mõõtmisel on arvestatud tõstuki parkimiskohaga ja seetõttu on osad teepikkused arvestatud kahekordse pikkusena, osad ühekordse pikkusena. Mõõtes liikumistele kuluva aja, on võimalik välja arvutada toodete liigutamisele kuluva tööaja maksumus Eesti keskmise tunnitasu alusel, mis lõputöö kirjutamise hetkel oli 9,1€, mis tööandja kuluks tunnis teeb 12,17€. [13]

Tabel 4. Kolme toote läbitavad teepikkused praeguse asendiplaani korral

Toode 1							
Tellimuse kaal, kg	2695		Rulli kaal, kg	195			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Liikumise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	77	00:00:50	65%	1752	2	154	00:01:40
Värv/Lisaained	33	00:00:20	1%	27	2	66	00:00:40
Pooltoodang trükimasina juurde	184	00:01:45			7	1288	00:12:15
Pooltoodang lisamasina juurde	33	00:00:45			7	231	00:05:15
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				1739
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				00:19:50
			Tööaja maksumus ettevõtjale				4.02 €
Toode 2							
Tellimuse kaal, kg	3302		Rulli kaal, kg	180			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	262	00:02:25	65%	2146	3	786	00:07:15
Regranulaat	180	00:01:35	34%	1123	2	360	00:03:10
Värv/Lisaained	186	00:01:45	1%	33	1	186	00:01:45
Pooltoodang lisamasina juurde	52	00:00:55			6	312	00:05:30
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				1644
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				00:17:40
			Tööaja maksumus ettevõtjale				3.53 €
Toode 3							
Tellimuse kaal, kg	34008		Rulli kaal, kg	210			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	70	00:00:50	65%	22105	25	1750	00:20:50
Regranulaat	260	00:02:25	34%	11563	13	3380	00:31:25
Värv/Lisaained	180	00:01:39	1%	340	14	2520	00:23:06
Pooltoodang lisamasina juurde	130	00:01:40			81	10530	02:15:00
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				18180
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				03:30:21
			Tööaja maksumus ettevõtjale				42.60 €

Tabelist selgub, et materjalide liikumise vahemaad on üpris pikad. Teekondade vähendamiseks on võimalik ümber korraldada kas materjalide ladustamine või masinate paigutus. Materjalide ladustamise ümberkorraldamine on keeruline, sest sama materjali tarbivad masinad on tehase erinevates otstes ning see tähendaks sama materjali ladustamist kahes kohas. See tekitaks laotöötajatele rohkem tööd, kuna materjalid tulevad tehasesse sisse ühest otsast ning siis on suur osa laotöötaja päevast hõivatud mõlema materjalilao varustamisega.

Ekstruuderite ümberpaigutamine on võimalik vaid sellel joonel, kus nad ka praegu asuvad. Seda seetõttu, et pool tehast on ehitatud kõrgemana, et mahutada ekstruuderite torne. Kogu ülejäänud tehases on võimalik vajaduse järgi muudatusi teha.

Analüüsides olemasolevat asendiplaani leidis autor, et ekstruudereid toodangu liigi järgi ringi paigutada ei ole võimalik, sest hoone torni kõrgused ja hoone mõõtmed ei võimalda mahutada ühe materjali masinaid lähestikku ning ühte ruumi. Lisaks seab masinate ekstruuderite paigutusele piirangu asjaolu, et ISO 22000 kehtib tehase ühes majas. Käiguteed on samuti hetkel kõige toimivama lahendusena organiseeritud.

3.2 Alternatiivne asendiplaan 1

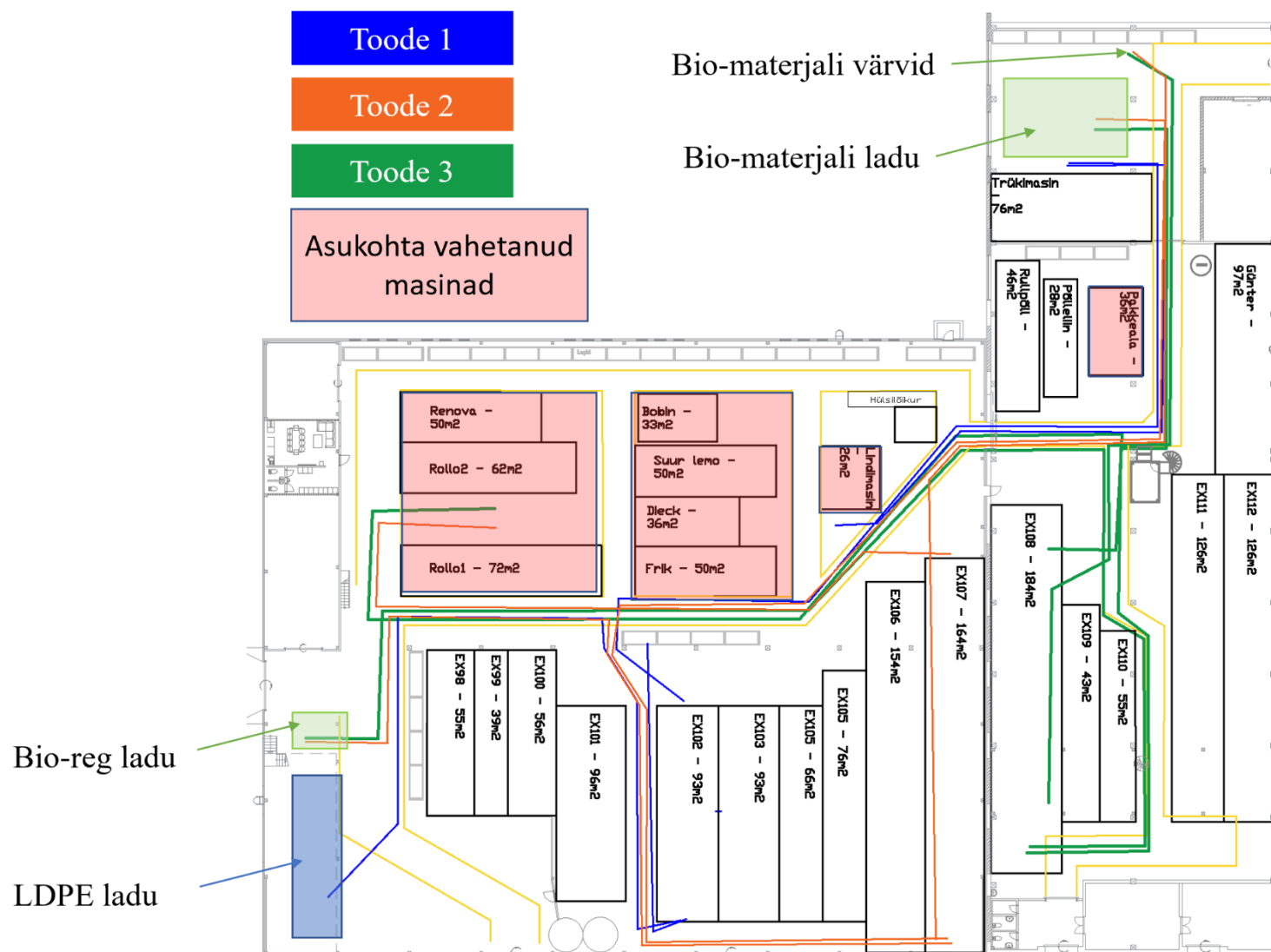
Autor töötas välja kaks uut asendiplaani. Neist esimesel paigutas ringi lisamasinad ning kõrvaldas selle käigus probleemi, kus kahe liini tööala on tõstuki sõiduteel. Joonis 3 on helepunase värviga näidatud masinad, mille asukoht on muutunud. Tabel 5 on toodud toodete liikumisteedade pikkused uue ruumipaigutuse korral. Võrdlevast tabelist (Tabel 6) aga selgub, et selle asendiplaaniga materjali liikumise teekonnad pikenesid. Teepikkuste läbimiseks kuluva aja leidis autor, arvutades selleks keskmised liikumiskiirused praeguse asendiplaani teepikkuseid mõõtes.

Tabel 5. Toodete läbitavad teepikkused alternatiivse asendiplaani nr 1 korral

Toode 1							
Tellimuse kaal, kg	2695		Rulli kaal, kg	195			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	77	00:00:50	65%	1752	2	154	00:01:40
Värv/Lisaained	33	00:00:20	1%	27	2	66	00:00:40
Pooltoodang trükimasina juurde	184	00:01:45			7	1288	00:12:15
Pooltoodang lisamasina juurde	66	00:01:10			7	462	00:08:10
Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus							1970
Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h							00:22:45
Tööaja maksumus ettevõtjale							4.55 €
Toode 2							
Tellimuse kaal, kg	3302		Rulli kaal, kg	180			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	262	00:02:25	65%	2146	3	786	00:07:15
Regranulaat	180	00:01:35	34%	1123	2	360	00:03:10
Värv/Lisaained	186	00:01:45	1%	33	1	186	00:01:45
Pooltoodang lisamasina juurde	62	00:01:05			6	372	00:06:30
Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus							1704
Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h							00:18:40
Tööaja maksumus ettevõtjale							3.74 €
Toode 3							
Tellimuse kaal, kg	34008		Rulli kaal, kg	210			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	70	00:00:50	65%	22105	25	1750	00:20:50
Regranulaat	260	00:02:25	34%	11563	13	3380	00:31:25
Värv/Lisaained	180	00:01:39	1%	340	14	2520	00:23:06
Pooltoodang lisamasina juurde	210	00:02:05			81	17010	02:48:45
Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus							24660
Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h							04:04:06
Tööaja maksumus ettevõtjale							49.41 €

Tabel 6. Võrdlev tabel 1

	Praegune asendiplaan, m	Asendiplaan 2, m	Teepikkuse muutus, %
Toode 1	1739	1970	+13%
Toode 2	1644	1704	+4%
Toode 3	18180	24660	+36%



Joonis 3. Alternatiivne asendiplaani nr 1

3.3 Alternatiivne asendiplaan 2

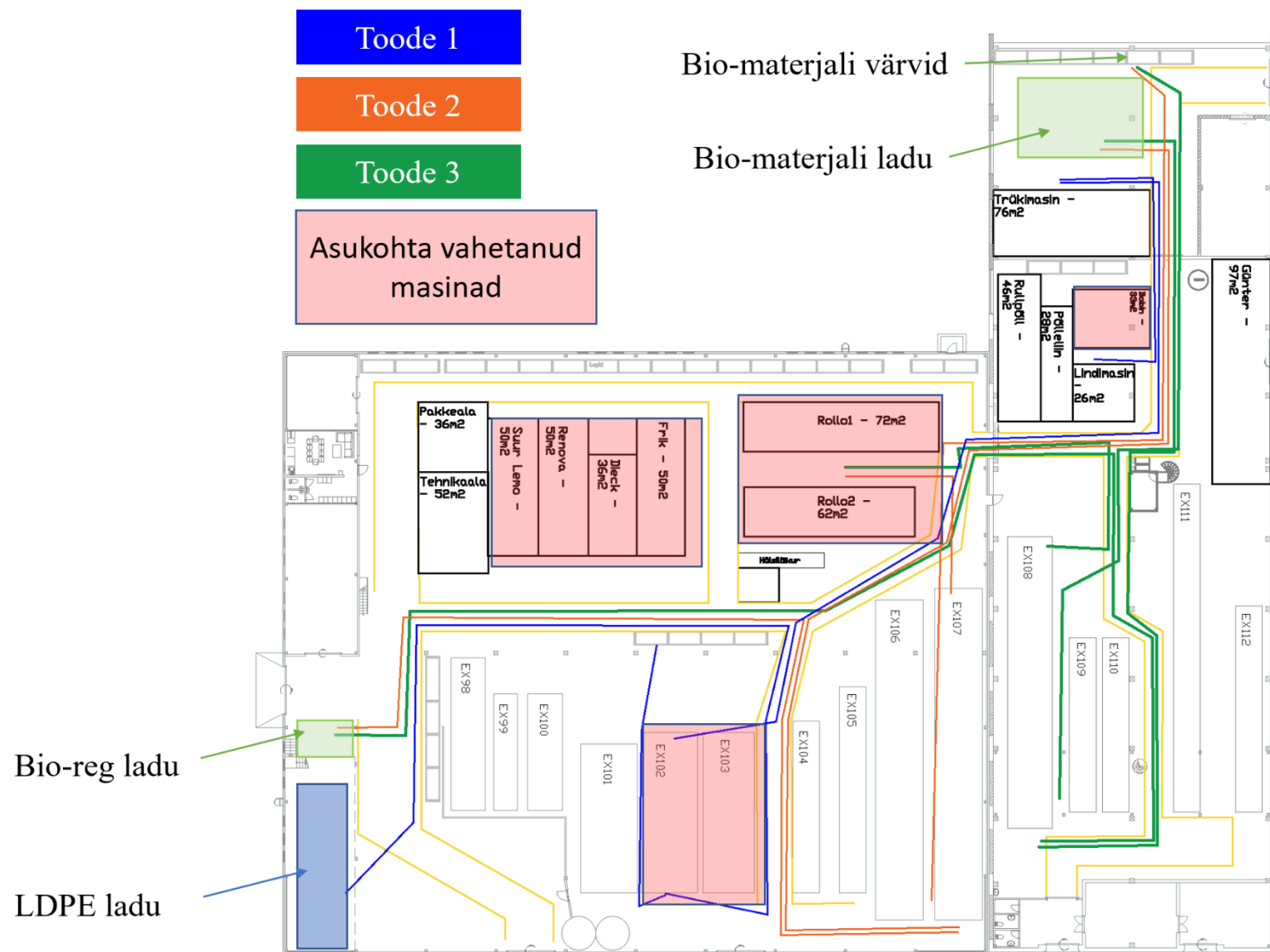
Teise asendiplaani väljatöötamisel muutis autor ekstruuderite taha mineva sõidutee asukohta liigutades selleks kahte ekstruuderit. Samuti paigutas autor ringi lisamasinad, pöörates tähelepanu sellele, et kaks liini, mis on põhiliselt käigus, on võimalikult lähedale paigutatud nendele kilet tootvatele ekstruuderitele ning vältis masinate tööala sattumist sõiduteele. Joonis 4 on helepunase värviga näidatud masinad, mille asukoht on muutunud. Selle ruumipaigutuse korral läbitavad vahemaad on toodud Tabel 7. Võrdlevas tabelis (Tabel 8) on näidatud teepikkuste muutumine originaalse asendiplaaniga. Teepikkuste läbimiseks kuluva aja leidis autor, arvutades selleks keskmised liikumiskiirused praeguse asendiplaani teepikkuseid mõõtes.

Tabel 7. Toodete läbitavad teepikkused alternatiivse asendiplaani nr 2 korral

Toode 1							
Tellimuse kaal, kg	2695		Rulli kaal, kg	195			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	98	00:00:55	65%	1752	2	196	00:01:50
Värv/Lisaained	30	00:00:20	1%	27	2	60	00:00:40
Pooltoodang trükimasina juurde	88	00:00:50			7	616	00:05:50
Pooltoodang lisamasina juurde	33	00:00:45			7	231	00:05:15
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				1103
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				00:13:35
			Tööaja maksumus ettevõtjale				2.71 €
Toode 2							
Tellimuse kaal, kg	3302		Rulli kaal, kg	180			
	Teepikkus , m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	112	00:01:05	65%	2146	3	336	00:03:15
Regranulaat	129	00:01:15	34%	1123	2	258	00:02:30
Värv/Lisaained	186	00:01:45	1%	33	1	186	00:01:45
Pooltoodang lisamasina juurde	15	00:00:15			6	90	00:01:30
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				870
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				00:09:00
			Tööaja maksumus ettevõtjale				1.83 €
Toode 3							
Tellimuse kaal, kg	34008		Rulli kaal, kg	210			
	Teepikkus, m	Kulunud aeg, h	Osakaal, %	Materjalikulu, kg	Toomise korrad	Läbitud maa, m	Ajakulu kokku, h
Puhas materjal	70	00:00:50	65%	22105	25	1750	00:20:50
Regranulaat	260	00:02:25	34%	11563	13	3380	00:31:25
Värv/Lisaained	180	00:01:39	1%	340	14	2520	00:23:06
Pooltoodang lisamasina juurde	37	00:00:25			81	2997	00:33:45
			Kogu tellimuse jooksul läbitud teepikkus				10647
			Tellimuse jooksul materjali käitlemisele kulunud aeg, h				01:49:06
			Tööaja maksumus ettevõtjale				22.03 €

Tabel 8. Võrdlev tabel 2

Läbitud teepikkus	Praegune asendiplaan, m	Asendiplaan 3, m	Muutus, %
Toode 1	1739	1103	-37%
Toode 2	1644	870	-47%
Toode 3	18180	10647	-41%



Joonis 4. Alternatiivne asendiplaan nr 2

3.4 Materjali ladustamise parendamine

Materjali ladustamine toimub tehases kahes kohas. Üks neist on tootmiskontori all, ning teine Novamondi laos. Tootmiskontori alune materjalide ladustamine on ala mõõtmeid arvesse võttes hetkel võimalikult efektiivselt lahendatud (Foto 7).



Foto 7. Tootmiskontori alune materjaliladu

Novamondi laos kasutatakse oktabinide ladustamiseks virnastamise süsteemi. Biomaterjale on erinevaid sorte ning oktabinid on ladustatud sordi järgi rivedesse ning virnastatud. Virnastada tohib oktabine aga vaid kahekordselt. Seetõttu on kasutusel ainult ruumi alumine pool (Foto 8). Praeguse ladustamissüsteemi korral mahub Novamondi lattu 80 oktabini nii, et ruumi tagaseinas oleva riiuli juurde on ligipääs tagatud. Samas on vaja ladustada rohkem, kui nelja eri liiki biomaterjali ning seetõttu on tihti blokeeritud ligipääs tagaseinas asuvale riiulile ning lao maksimaalne mahutavus on 120 oktabini.



Foto 8. Novamondi materjaliladu

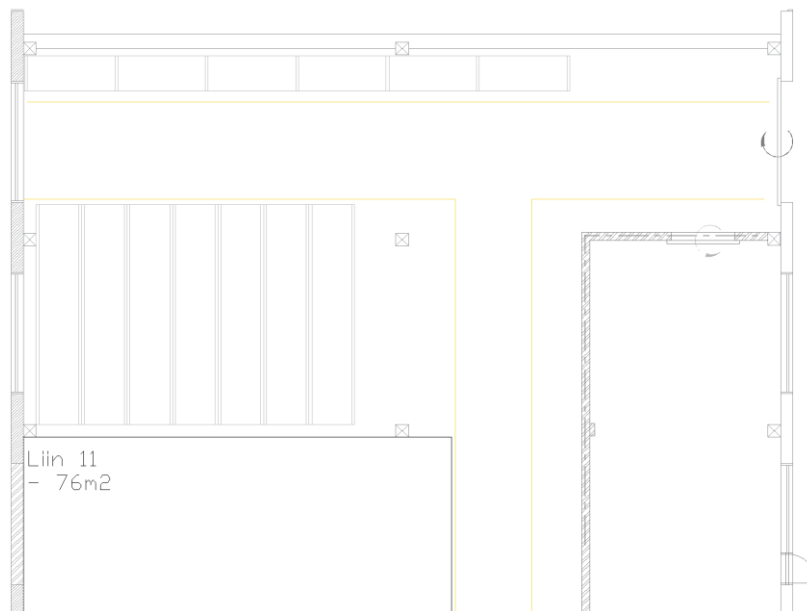
Novamondi laoruumikasutuse tõhustamiseks leidis autor võimaluse kasutada rullikutel tagasilükke-laoriulite süsteemi (Joonis 5). Ruumi on võimalik paigutada tagasilükke riiuleid kahes suunas. Kuna laos tagaseinas on riiulid, on vaja tagada nendele ligipääs ja jätta sinna ette tõstukile sõidutee. Väljatöötatud kahe variandiga on tõstuki sõidutee riiulite vahel mõlema puhul võimaldatud. Maksimaalne ladustamissügavus rullikutel tagasilükkeriulite korral on 9 alust. [14]



Joonis 5. Rullikutel tagasilükke riiulite süsteem

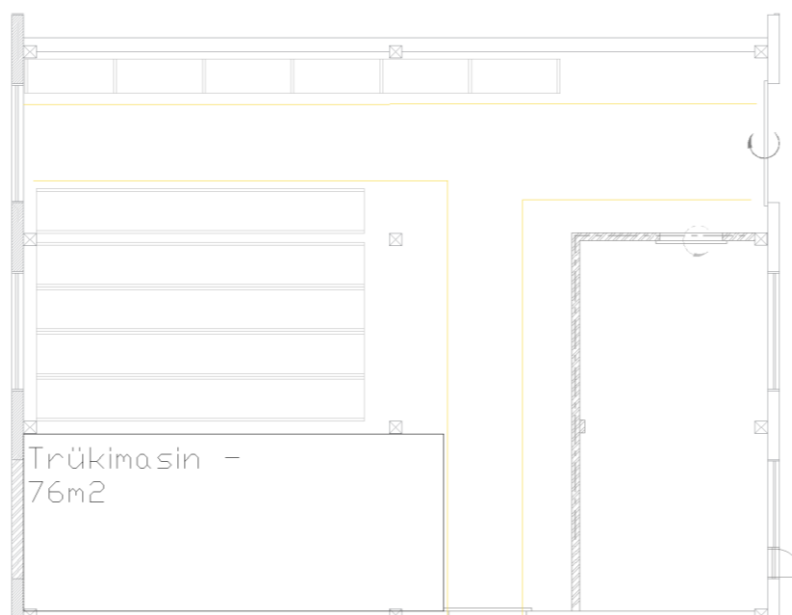
[15]

Esimese variandi korral (Joonis 6) on tagasilükke riuli sügavuseks viis oktabini, kõrvuti on paigutatud seitse riulit, kokku kolm kõrgust. Lao maksimaalseks mahutavuseks sellise paigutuse korral on 105 oktabini ning tagatud on ligipääs tagaseinas asuvatele riulitele.



Joonis 6. Oktabini riulite paigutusviis 1

Paigutades tagasilükke riulid sama pidi, nagu praegu on oktabinide rivid (Joonis 7), on ladustamissügavuseks üheksa oktabini, kõrvuti viis riulit, kokku kolme riuli kõrguselt. Sel viisil on lao maksimaalne mahutavus 135 oktabini ning sõidutee tagaseinas asuvate riulite ees on tagatud.



Joonis 7. Oktabini riulite paigutusviis 2

4 TULEMUSED

Autor pakub ettevõttele Dagöplast AS välja võtta kasutusele teine uus ruumipaigutus. Antud asendiplaani abil on võimalik saavutada püstitatud eesmärgid ning lahendada olemasolevaid probleeme. Vaadeldud kolme toote läbitavad teepikkused vähenesid keskmiselt 42%. Teepikkuste vähenemise tõttu vähenes ka tööaeg, mis kulub materjalide liigutamisele. Keskmiselt vähenes materjalide liigutamisele kuluv aeg 39 minutit ühe tellimuse kohta, tehes ühe tellimuse kohta kokkuhoitud tööaja maksumuseks keskmiselt 474,69€. Aastas on hinnanguliselt 1800 tellimust. Hinnanguliselt on võimalik aasta jooksul kokku hoida 1170 töötundi, maksumusega 14 238,90€.

Lisaks lahenes probleem, kus masinate tööalad paiknevad tõstuki sõiduteel, mis omakorda muudab töökeskkonda ohutumaks. Masina pakendamise ala jaoks jääb rohkem ruumi ning see vähendab komistamiste ning ära löömiste ohtu. Suurem pakendamisele jääv ala võimaldab ka töökohta ergonoomikat parendada. Masina rullivahetuse ala ei paikne uue asendiplaani korral samuti enam tõstuki sõiduteel. Autor saab ettevõttes töötatud aja jooksul omandatud kogemustele tuginedes kinnitada, et alternatiivne asendiplaan 2 ei põhjusta ka teistele masinatele suurenenud teepikkuseid ega lisaprobleeme.

Biolagunevate materjalide pikkade vahemaade vähendamiseks on variandiks ka tihti ja suures koguses kasutusel olevate biolagunevate materjalide jaoks sarnane silo-süsteem, nagu on LD regranulaadil. Antud süsteemi väljaehitamisel autor lõputöös ei keskendunud vaid toob selle välja ühenda võimalustest tulevikus vähendada läbitavaid vahemaid.

Materjali ladustamist oli samuti võimalik parendada. Võrreldes praeguse lahendusega vähenes küll esimese väljapakutud lahenduse maksimaalne mahutavus 12.5%, kuid sellega võimaldatakse alati ligipääs ruumi tagaseinas asuvatele riiulitele. Kui praeguse lahenduse juures on tagatud ligipääs tagaseina riiulitele, paranes lao mahutavus esimese väljapakutud variandiga võrreldes 31%.

Teine väljapakutud variant on kallim teostada, kuna sügavamad tagasilükkeriulid nõuavad rohkem materjale ja on seetõttu kulukamad. Selle variandiga on samuti tagatud ligipääs tagaseinas asuvatele riiulitele. Võrreldes praeguse lahenduse maksimaalse mahutavusega paranes ruumi mahutavus 12,5% ning kui praeguse lahenduse juures on tagatud ligipääs tagaseina riiulitele, paranes mahutavus 68%.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli leida tehasele uus asendiplaan, mis kasutab tehase põrandapinda võimalikult optimaalselt, võimaldab vähendada materjalide liikumiste teepikkuseid vähemalt 10% ning lahendab probleemi, kus masinate tööalad paiknevad tõstuki sõiduteel.

Autor kaardistas hetkeolukorra tehases, valis välja tooteportfellist kolm toodet, mille liikumiste põhjal võrrelda asendiplaanide optimaalsust ning mis peegeldavad kõige laialdasemalt kogu tooteportfelli liikumisi. Järgnevalt koostas autor kaks uut asendiplaani varianti võttes arvesse masinate mõõtmeid ning ruumi poolt seatavaid piiranguid. Spagetidiagrammi meetodi abil analüüsis ning võrdles autor kaht uut asendiplaani ja leidis neist sobivaima tehase jaoks. Autor analüüsis ka materjalide ladustamist tehases ning leidis ühele materjalide ladustamise alale lahenduse, kus on põrandapind on kõige tõhusamalt kasutatud.

Uue asendiplaaniga õnnestus vähendada teepikkused keskmiselt 42%. Teepikkuste lühenemine võimaldab töötajal hoida kokku aega, mis kuluks väärtust mittelisava tegevuse teostamisele. Tööaja kokkuhoid keskmiselt 39 minutit tellimuse kohta võimaldab materjali liigutamisele kuluva ajana aastas säästa 1170 töötundi maksumusega 14 238,90 €

Uue asendiplaaniga lahendati probleemne piirkond praeguse tehase paigutuse juures, kus masinate tööalad paiknevad sõiduteel. Sellega paranes ka töökeskkonna ohutus ja on võimalik muuta töökohti ergonomilisemaks. Lisaks esitati kaks ettepanekut materjalide ladustamise tõhustamiseks Novamondi laos, mille tulemusel paraneks lao mahutavuse võimekus kuni 68%.

Autori hinnangul on lõputöö edukas ning saavutas püstitatud eesmärgid. Lõputöö tulemusel pakuti ettevõttele välja uus asendiplaan tehasele.

SUMMARY

The following graduation thesis *Redesigning Production Layout* is based on the example of Dagöplast AS located in Käina, Hiiumaa. The primary reasons for redesigning the current layout are that two production lanes are partially situated on the driveway for a forklift, the material traveling distances in production are long, and the current floor area is not used to the best efficiency possible.

The goal of this thesis is to propose a new, more efficient layout for the factory. The new layout should reduce the distances of material transportation by at least 10%, solve the problem, where the working areas of two production lines are situated on the driveway, and assure, that the available floor space is used most efficiently.

The graduation thesis is composed of six chapters. Chapter 1 is introductory and describes the main problems with the current layout, setting goals for the thesis. Chapter 2 introduces the production company, on which the thesis is based.

Chapter 3 covers the theoretical knowledge used for the thesis. The chapter is subdivided into three parts. Part 1 explains why it is important to plan production layouts and describes different types of layouts. Part 2 provides an overview of the spaghetti diagram method. Part 3 explains the blown film extrusion method for film production.

Chapter 4 contains the empirical part of this thesis and is divided into two parts. Part 1 concentrates on solving the layout problems in the production part of the factory. Three products and their regular batch sizes were selected from the product pool, which embodies the movements of different kinds of products the best. Their movements were measured and analyzed and using the spaghetti method two new layouts were drafted. Part 2 analyzed the storage of material in the factory and proposed two new solutions.

Chapter 5 describes the results achieved, one of the new layouts enabled to achieve an average decrease of 42% of the distance materials move in the production. The layout also solved the production areas on the driveway problem. The proposed solutions for material storage enable to increase the maximum capacity of the material storage up to 68%. Conclusions are drawn in Chapter 6. The aim of the graduation thesis has been reached. The author suggests that the proposed layout should be implemented in the factory.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] “Dagoplast kodulehekül,” [Online]. Available: <http://www.dagoplast.ee/dagoplast/?lang=et>. [Accessed 22 04 2022].
- [2] D. AS, “Kvaliteedi- ja keskkonnakäsiraamat DagöPlast AS,” 2020.
- [3] D. R. Kiran, Production Planning and Control, Butterworth-Heniemann, 2019.
- [4] T. OÜ, “Layout,” Tootmissüsteemid OÜ, [Online]. Available: <https://tootmissüsteemid.ee/layout/>. [Accessed 28 aprill 2022].
- [5] T. Hessing, “Spaghetti Diagram,” Six Sigma Study Guide, [Online]. Available: <https://sixsigmastudyguide.com/spaghetti-diagram/>. [Accessed 03 mai 2022].
- [6] B. W. Natalie J. Sayer, Lean for Dummies, Wiley, 2012.
- [7] M. B.-J. John Morgan, Lean Six Sigma for Dummies, Wiley, 2015.
- [8] C. Roser, “All about Spaghetti Diagrams,” AllAboutLean, 25 august 2015. [Online]. Available: <https://www.allaboutlean.com/spaghetti-diagrams/>. [Accessed 06 mai 2022].
- [9] “Blown film extrusion,” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-film-blowing-process_fig1_314014036. [Accessed 20 08 2021].
- [10] “Jula,” [Online]. Available: <https://www.jula.no/catalog/el-artikler-og-belysning/el-installasjon/kabelinstallasjon/installasjonskabler/markeringsband-402203/>. [Accessed 09 mai 2022].
- [11] BioBag Australia, [Online]. Available: <https://biobagworld.com.au/product/biobag-20l-roll-of-bags/>. [Accessed 09 mai 2022].
- [12] “Nye poser, sekker og brikker,” Avfall Sor, [Online]. Available: <https://avfallsor.no/tips-og-informasjon/nye-poser-sekker-og-brikker/>. [Accessed 09 mai 2022].
- [13] “Palk ja Tööjõukulu,” Eesti Statistikaamet, [Online]. Available: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/tooelu/palk-ja-toojoukulu>. [Accessed 11 mai 2022].
- [14] “Push Back Rollers /Pallet Racking,” Dexion, [Online]. Available: <https://www.dexion.com/products/pallet-racking/push-back-rollers/>. [Accessed 29 aprill 2022].
- [15] AR-Racking. [Online]. Available: <https://www.ar-racking.com/en/storage-systems/industrial-racking/pallet-racking/push-back-racking>. [Accessed 01 mai 2022].