



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

POLÜMEERMATERJALIDE INSTITUUT  
PUIDUTÖÖTLEMISE ÕPPETOOL

## **COMBILINK OÜ TOOTLIKKUSE SUURENDAMINE**

**Magistritöö**

**Taavi Kunz**

Juhendaja: Üllar Luga  
Puidutöötlemise õppetool, Lektor

Materjalitehnoloogia õppekava KAOM12

Tallinn 2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev magistritöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrikraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud või (avaldamata tööde korral) toodud autorlus välja põhitekstis.

.

.....

Taavi Kunz

# SISUKORD

<i>Sissejuhatus</i> .....	1
<b>1 Ettevõttest</b> .....	2
<b>2 Tootmisprotsessi kirjeldus</b> .....	4
<b>3 Kasutatav materjal</b> .....	7
3.1 Valmistoodang ning sellele kehtestatud nõuded .....	7
3.2 Töökorraldus ettevõttes .....	10
3.3 Palgasüsteem .....	11
<b>4 Seadmepark</b> .....	12
4.1 Saematerjali pakilammutusliin - System TM Opti-Feed 6000 - Concept3 .....	12
4.2 Nelikanthöövel – Weinig Hydromat 23C .....	14
4.3 Skanner - Luxscan Combiscan C 400 .....	16
4.4 Optimeeriv kappsaag – Dimter Opticut 450 Quantum II.....	17
4.5 Sõrmjätkamise seade - Grecon Combipact 4.....	18
<b>5 Tootmise kitsaskohad</b> .....	21
5.1 Autoripoolne lahendus .....	22
<b>6 Uue tootmishoone kirjeldus</b> .....	25
6.1 Seadmete valik .....	25
6.2 Valmiva tehase tootmise kirjeldus .....	26
<b>7 Investeeringute analüüs</b> .....	31
<b>8 Tootlikkusarvutused</b> .....	37
8.1 Sõrmjätkamise seadme - Grecon Combipact 4 tootlikkus.....	37
8.2 Sõrmjätkamise seadme – Grecon Profijoint tootlikkus.....	40
8.3 Kappimissae Dimter OptiCut 450 Quantum II tootlikkus .....	42
8.4 Nelikanthöövelpingi Weinig Hydromat 23C tootlikkus .....	44
<b>Kokkuvõte</b> .....	45
<b>Summary</b> .....	47
<b>Kasutatud kirjandus</b> .....	49
<b>Lisad</b> .....	51

# LÜHENDITE LOETELU

2kov – Materjali kaks külge oksavaba

Alus – Aluste tootmiseks kasutatav materjal

AROR – Projekti arvestuslik rentaabluse kriteerium (Accounting Rate of Return)

ARR – Arvutuslik rentaablus (Accounting Rate of Return)

IRR – Investeeringiprojekti sisemine tulusus (Internal Rate of Return)

JM – Jooksev meeter

KT – Projekti keskmise tulukuse kriteerium (Average Return)

Lapik-pk – Lapikpinna poomkant

MIRR – Modifitseeritud sisemine rentaablus (Modified Internal Rate of Return)

NPV – Nüüdispuhasväärtus (Net Present Value)

OV – Oksavaba

PI – Kasumiindeks (Profitability Index)

PK – Kvaliteedi liik (number selle taga näitab kvaliteedi laiuse ulatust)

TM – Tihumeeter

Tvah – Vahetuse kestvus

# SISSEJUHATUS

Käesolev magistritöö on kirjutatud teemal: „Combilink OÜ tootlikkuse suurendamine“. Antud teema valiti, kuna autor töötab selles ettevõttes ja soovib kaasa aidata ettevõtte arengule. Uue tootmishoone projekteerimine ning seadmete lisamine suurendaks ettevõtte tootlikkust, läbi mille tõuseks ka ettevõtte konkurentsivõime konkureerivate firmade seas. Teema on aktuaalne, kuna üha enam on suurenenud nõudlus sõrmjätkatud materjali järele ning olemasolev tootmishoone on kitsaks jäämas. Autori arvates võiks rajada olemasoleva tootmishoone külge uus tootmishoone, koos sinna lisanduvate kaasaegsete seadmete ja liinidega. Rajatava tootmishoone pindala saaks olema 1000 m<sup>2</sup> ning sinna tulevate seadmete valikul tuleb silmas pidada seadmete töökindlust, tootlikkust ja integreeritavust olemasoleva tootmisliini külge. Kuna nii kasutuses olevad kui ka juurde tulevad seadmed on enamasti ühe tootja toodang, siis selle tõttu on nende seadmete hooldamine ja varuosade kättesaadavus lihtsustatud.

Autori töö eesmärgiks on leida tehnoloogiline lahendus seadmete paiknemisele Combilink OÜ nii vanas kui ka uues projekteeritud tootmishoones. Lähtudes töö teemast, tuleb teostada tootlikkuse arvutused, valida välja sobilikud seadmed. Tuleb välja selgitada investeeringute analüüsi põhikriteeriumid, teostada riskianalüüs.

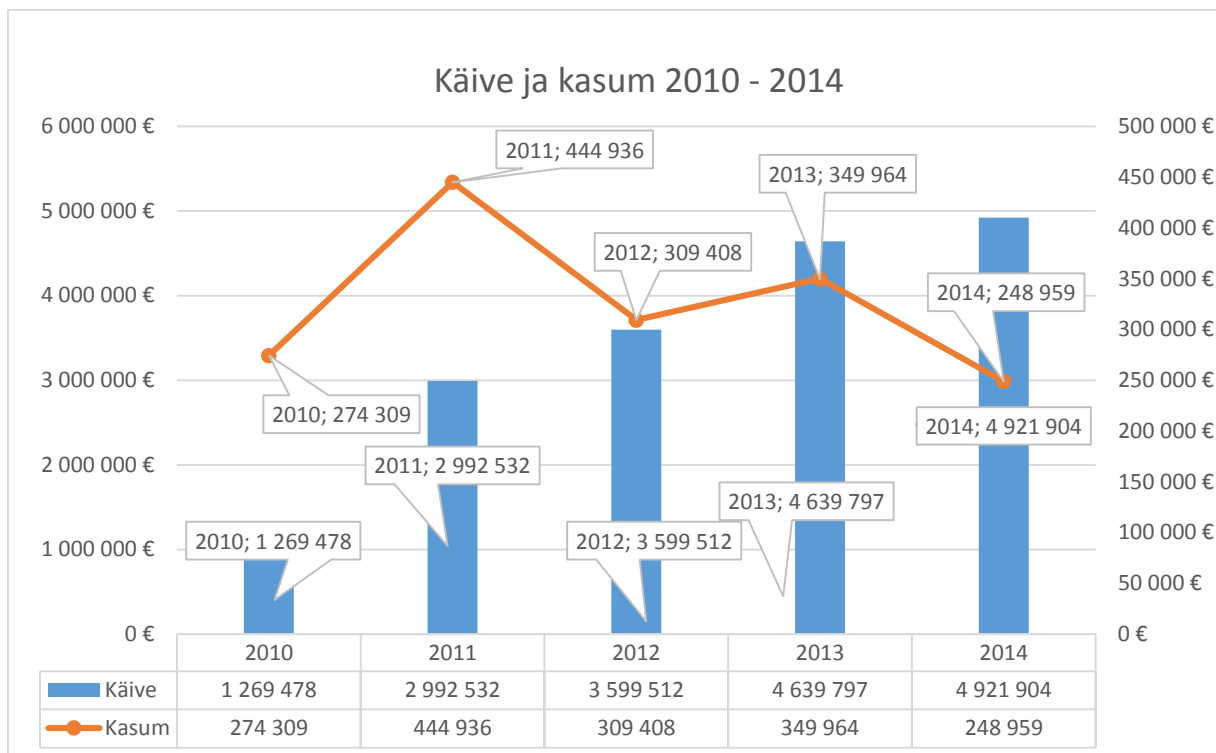
# 1 ETTEVÕTTEST

Combilink OÜ on Eesti kapitalil põhinev ettevõte, mis alustas oma tegevust 2010 aasta maikuu ning mis on Combiwood OÜ tütarfirma. Ettevõtte puhul on tegemist tellimispõhise männipuidust sõrmjätkatud materjali tootmisega liistu-, akna-, ukse- ja mööblitööstustele<sup>[1]</sup>. Firma põhitoodanguks on oksavaba sõrmjätkatud männipuidust liistutoorikud. Kõrvaltoodanguna valmivad ka pooltooted, mida kasutatakse aluslaudade, ukse- ja aknatoorikute ning puitliimkilbi tootmiseks. Vähesel määral saadakse lisaks eelnevalt mainitud toodangutele ka karkassidetaile puitmoodulmajadele.

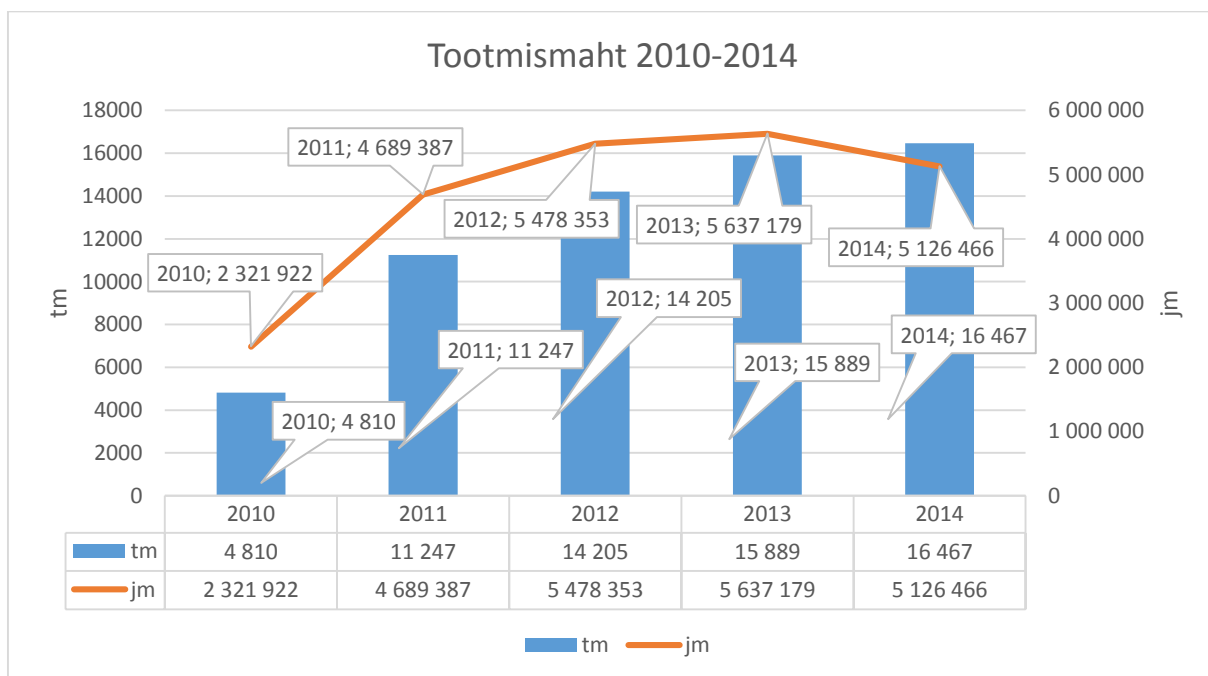
Ettevõtte kogu tootmispindala on 25 747 m<sup>2</sup>, millest 1600 m<sup>2</sup> on tootmistsehhi pindala. Laopindala on ~1800 m<sup>2</sup>, millest ~800 m<sup>2</sup> on varjualune pindala. FIRMAS TÖÖTAB kolmes vahetuses kokku 34 töölisi.

Ettevõtte on suutnud kogu oma tegutsemise aja jooksul suurendada tootmismahu, mille tõttu on suurenenud ka ettevõtte käive. Joonisel 1 on välja toodud ettevõtte käive ja kasum aastatel 2010 – 2014. Jooniselt 1 võib välja lugeda kasumi languse aastail 2011 – 2012, mis oli tingitud käibevahendite reinvesteeringu uue optimeeriva kapsae ostmisest. Aastal 2013 tehti uus investeering ja ehitati valmis uus materjalikuur, millest on ka tingitud mainitava aasta madal kasuminumber. 2010 aasta oli ettevõtte omanikele enim kasumit toov aasta.

Kui ettevõtte alustas 2010. aastal oma tegevust, ulatus firmas töödeldava saematerjali maht ~700 tm ühes kuus. Tingituna aina suurenevast nõudlusest sõrmjätkatud materjali järele ja pidevale arengule ning arendustööle on jõutud punkti, kus ühes kuus töödeldakse juba keskmiselt 1500 tm saematerjali. Maht on saavutatud tänu paremale planeerimisele, lisatööjõu värbamisele, kitsaskohtade likvideerimisele ja lisainvesteeringutele, mis on muutnud tootmise efektiivsemaks ning jätkusuutlikumaks. Jooniselt 2 võib välja lugeda, et aastatel 2010–2011 ja 2011–2012 on toimunud tootmismahu hüppeline tõus. Aastate 2011–2012 tõus on tingitud vana optimeeriva kapsae väljavahetamisest uue, täpsema, kiirema ja töökindlama vastu. Võib eeldada, et aastal 2013 oli tootmismahu tõus võrreldes aastaga 2012 väiksem ja ei vastanud mõningatele ootustele. Aasta 2013 kasi tõus on tingitud sellest, et tootmine hakkas jõudma punkti, kus oleks vaja teostada lisainvesteering näiteks uute seadmete ning tootmishoone näol. Aasta 2014 üllatas oma tootmistulemuste poolest, kuna esines palju tehnilisi probleeme.



Joonis 1. Ettevõtte käive ja kasum 2010 – 2014. a.



Joonis 2. Ettevõtte tootmismahd 2010 – 2014. a.

## 2 TOOTMISPROTSESSI KIRJELDUS

Combilink OÜ -s algab tootmisprotsess materjali ladustamisest materjalikuuri, mille mahutavus kokku on ~1000 m<sup>3</sup>. Materjal liigub materjalikuurist lattu, kus eemaldatakse pakendilt kile ja aluspuud. Vajadusel liigub materjal edasi lintsaagimisse, kus toimub ebasümmeetrilise materjali pikikiudu lahti lõikamine (Näide1: tootmises on vaja materjali laiusena 75 mm, kuid saadav materjali laius on 138 mm. Lahtilõikamisega saadakse 2 prussi laiusena 63 ja 75 mm. Materjal laiusena 75 mm liigub edasi liinile ja materjal laiusena 63 mm suundub tagasi pakkimisse ja ladustamisse ning jääb ootama oma aega).

Peale seda viiakse materjal pakilammutusliinile (vt. Joonis 3) 1, kuhu mahub kolm pakki korraga. Esimene pakk kallutatakse umbes 45° nurga alla, seejärel tõstetakse üles kuni paki esimene rida ulatub üle piiraja, ning edasi kukutatakse materjal liinile. Kui materjali vahel on vaheliistud, siis kukutamise käigus korjatakse need liini all asuvasse konveierisse, mis toimetab lipid lipikogujasse. Järgmisena toimub materjali tasandamine otste järgi vastu piirajat. Edasi liigub materjal liini tasapinnast allpool asuvasse pessa, kust materjal tuuakse haaratsite abil tagasi liinile. Selline alla-üles liikumine tagab materjali edasise kulgemise vastavalt soovile (kas lapiti või serviti, olenevalt materjali ristlõikest). Edasi liigub materjal liinil, kus vastavalt vajadusele kontrollitakse selle kaardumist ja pööratakse materjal ümber telje. Seejärel kulgeb materjal nelikanthöövli sissesöötjasse. Selline automatiseeritud tootmisetapp mugavdab ja kiirendab tootmisprotsessi ent vähendab töötaja koormust. Lisaks võimaldab seade edukalt kasutada saeveskist tulnud kuivatuslipil olevat sorteerimata saematerjali.

Järgmisena läbib materjal nelikanthöövli 2, kus toimub materjali kalibreerimine nõutavate ristlõikemõõtudega toorikusse. Mõningate ristlõigete puhul toimub lisaks kalibreerimisele selles pingis ka pikikiudu materjali lahti saagimine. Peale kalibreerimist liigub materjal liinil edasi läbides niiskusmõõtjat, kus mõõdetakse ja registreeritakse iga laua niiskus. Vastavalt materjali niiskusele märgistatakse pihustamise teel liialt kuivad või märjad lauad.

Peale niiskusmõõtmist liigub materjal edasi enne skannerit asuvalle puhveralale 4, kus operaator keerab käsitsi lauad aastarõnga avanemisega ülespoole. Edasi liiguvad lauad läbi skanneri 3. Skanner tuvastab välgikiirusel olulised andmed puidu kohta (oksakohad, säsi, mädanikud, vaigupesad, putukahjustused jne.) ning edastab need ilma liini töökiirust vähendamata järgnevale seadmele (optimeerivale kappimissaele). Peale skannerit toimub



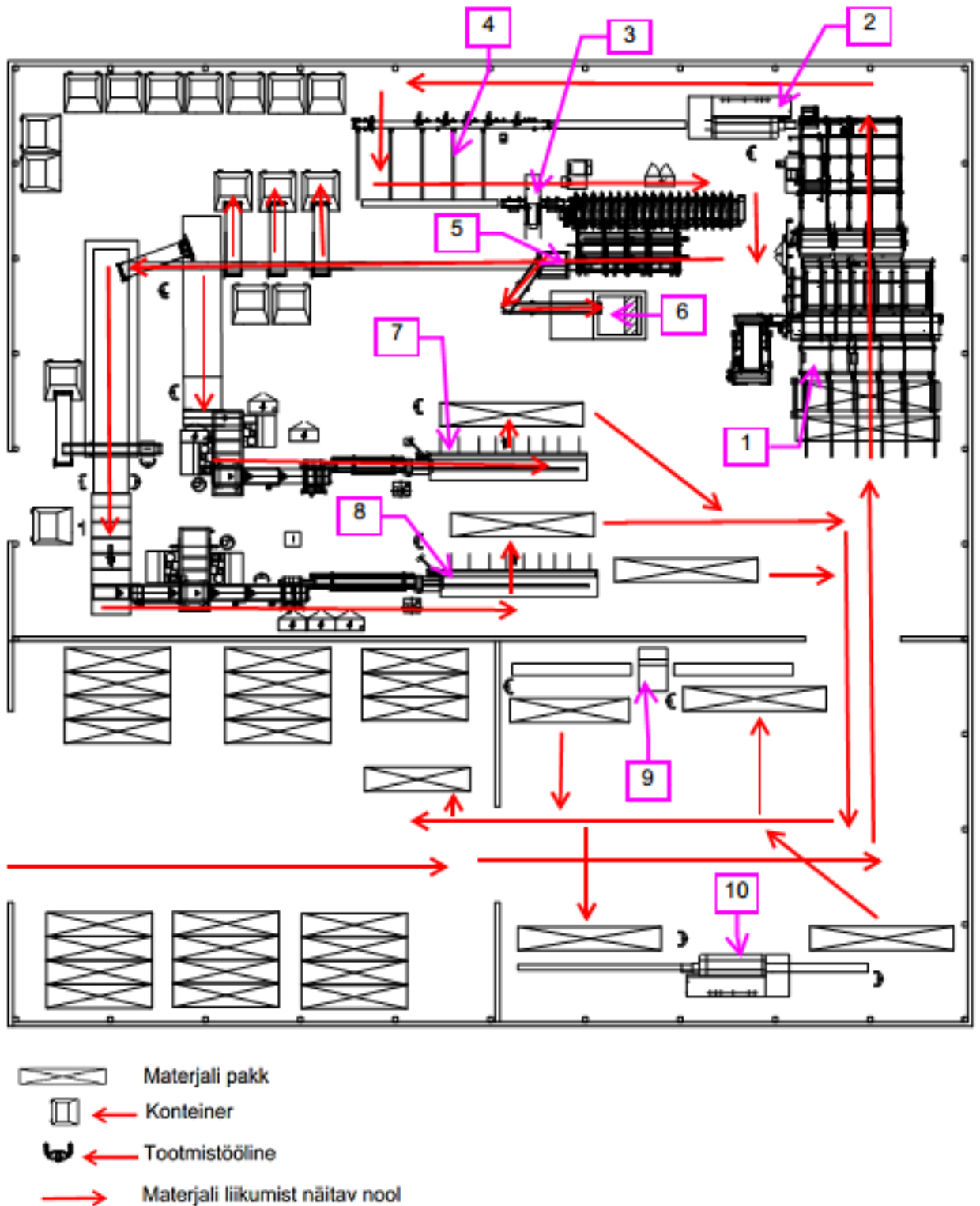
veel materjali märgistamine peitsi pihustamise teel. See on vajalik edaspidises tootmisetapis, lihtsustamaks materjali sorteerimist.

Seejärel liigub materjal edasi kappsae puhveralale ja sealt edasi kappsae 5. Vastavalt skanneri andmetele liiguvad defektiks määratud detailid kappsaest purustajasse 6. Kappsaeaga toimub optimeeriv lõikus vastavalt skanneri koostatud optimeerimiskavale. Selline optimeerimisviis tagab materjali väärtustamise ehk suurema tootlikkuse ja parema kvaliteedi ning –puidu kasutuse tootmises.

Skaneeritud ning kappsae poolt optimeeritud materjal liigub edasi mööda liini. Põhitoodang, mis on oksavaba, liigub ühest lintkonveierist teise lintkonveierisse, kus toimub materjali kogumine. Kõrvalkvaliteedid kogutakse kastidesse ning kastidest valatakse materjal kõrvaltoodangut kokku panevale sõrmjätküliliinile 7, kus sorteeritakse vastav materjal ning toimub selle edasine töötlemine.

Oksavaba materjal ehk põhitoodang liigub edasi sorteerijateni, kes teostavad materjali sorteerimise. Sorteerimist teostavad kaks töölist, kellel on abiks ka üks lisatööline.

Peale sorteerimist asetatakse sorteeritud laudad serviti sahtlitesse, märgistusjoonega sorteerijate poole. Märgistusjoon hõlbustab sorteerija tööd, tagamaks kiirema ja tõhusama sorteerimise. Sahtlitest liigub materjal edasi materjalipakkidena sõrmjätkamisse 8, kus töödeldakse materjalipakile tapid ja kantakse tapile liim. Peale materjali liimimist liigub materjalipakk puhverkonveierisse, kus sõrmjätkupingi operaator tuvastab ja eemaldab materjali otste kildumise, liimi puudumise või selle vähesuse, ning eemaldab defektsed detailid või viib sisse näiteks muudatused liimi puudumise parandamiseks. Edasi liigub materjal ühest konveierist teise konveierisse, kus materjal pööratakse kukutamise käigus servpinnast lapikpinnale kettkonveierisse. Kettkonveieri eesmärk on laua koostamine, ühendades detaili tapid omavahel. Kettkonveieris koostatud laud toimetatakse edasi pressimisüksusesse, kus toimub materjali pikkusele lõikamine ja lõpuks pressimine. Pressist väljastatakse laud puhveralale, kus toimub liimi eelkõvenemine ja pakiladuja poolne kvaliteedikontroll. Vastava kvaliteediga laudad pannakse pakki ning ebakvaliteetsel laual märgistatakse defektsed kohad ja viiakse ümberlõikamiseks. Vastavalt vajadusele liigub pakk edasi kas pakkimisse või kolmekümneminutilise liimi järelkuivamise ajal järeltöötlemisse 9; 10.



Joonis 3. Praeguse tehase tootmisplaan. Joonisel tähistatud; 1 – Pakilammutusliin System TM Opti-Feed 6000 – Concept3<sup>[2]</sup>, 2 - Nelikanthöövelpink Weing Hydromat 23C<sup>[3]</sup>, 3 - Skanner Luxscan Combiscan C400<sup>[4]</sup>, 4 – Puhverala, 5 - Kappimissaag Dimter OptiCut 450 Quantum II<sup>[5]</sup>, 6 – Purustaja, 7 - Sõrmjätkamise seade - Grecon Profijoint<sup>[6]</sup>, 8 - Sõrmjätkamise seade - Grecon Combipact 4<sup>[7]</sup>, 9 – Lintsaag BKS, 10 – Nelikanthöövelpink Grama.

### 3 KASUTATAV MATERJAL

Ettevõtte kasutab oma valmistoodangu saamiseks saematerjali, mis hangitakse erinevatest saeveskitest: Toftan AS<sup>[8]</sup>, Barrus AS<sup>[9]</sup>, Combimill Sakala OÜ<sup>[10]</sup>, Laesti AS<sup>[11]</sup> ja Stora Enso Eesti AS<sup>[12]</sup> saeveskitest. Saematerjali niiskussisaldus peab olema vahemikus 12 - 14%.

Tabelis 1 on välja toodud tootmises kasutatava saematerjali ristlõiked.

Tabel 1. Tootmises kasutatava saematerjali ristlõiked

Saematerjali paksus, mm	Saematerjali laius, mm							
	65	75	100	125	138	150	175	
16		x	x	x	x	x	x	
19		x	x	x	x	x	x	
22		x	x					
32	x	x	x	x	x	x		
38	x	x	x	x	x	x		

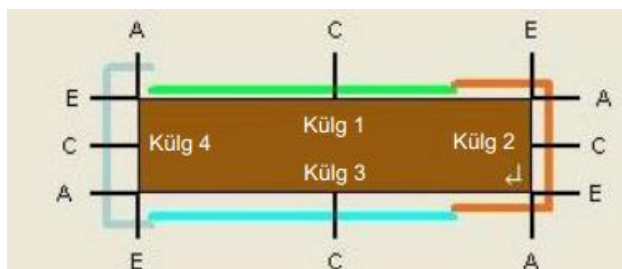
#### 3.1 Valmistoodang ning sellele kehtestatud nõuded

Maailmas hakatakse üha enam väärtustama puitu, mida teeb ka Combilink OÜ, tootes oksavaba sõrmjätkatud materjali. Tootmises töödeldavast saematerjali hulgast saadakse ligikaudu 60% neljast küljest oksavaba materjali, mida kasutatakse tootmises põhitoodangu valmistamiseks. Lisaks sellele saadakse ligikaudu 20% ulatuses tooret, mida kasutatakse kõrvaltoodanguna. Ülejäänud 20% moodustab materjali osa, mis ei sobi defektide või tehnoloogiliste erisuste tõttu tootmisse (näiteks defektsed kohad ja lühikesed mõõdud). Kõik peatükis 3.1 mainitavad kvaliteedid on Combilink OÜ ettevõttesisesed ning nende eesmärgiks on töö hõlbustamine.

Lisaks põhitoodangule, mis on neljast küljest oksavaba materjal, saadakse ka kõrvaltoodanguna kvaliteete: PK, Lapik-PK, Alus, 2KOV, Lamell, ning Leng-30. Kõrvaltoodangu kvaliteet PK on enim esinev materjali kvaliteet, mis moodustab kõrvaltoodangust ligikaudu 10%. Ülejäänud 10% jaguneb ära teiste materjalikvaliteetide vahel.

Valmistoodangu kokkuliimimiseks kasutatakse DIN EN 204 spetsifikatsiooniga ning D3 gruppi kuuluvat liimi ( liimi spetsifikatsioon vt. Lisa 3 ).

Joonisel 4 on näidatud materjali kvaliteeti PK 20. Number kvaliteedi järel näitab lubatud poomkandi laiust millimeetrites ning järgmises tootmisetapis materjali lõiketöödeldavat osa, mis on muutuv ning sõltub materjali laiusest.



Joonis 4. Kvaliteet PK-20

Tabel 2. Kvaliteet PK-20

Positsioon	Kvaliteet	Kvaliteeti tähistav värv
Kõlg 1	Oksavaba	
Kõlg 2	Alus	
Kõlg 3	Tagakõlg	
Kõlg 4	OV-Serv	

Joonisel 4 on näidatud ristlõikes materjal kvaliteediga PK-20. Selles kvaliteedis on lubatud kasutada järgnevaid alamkvaliteete, need on näidatud Tabelis 2 : “oksavaba”, “alus”, “tagakõlg” ja “oksavaba serv” kvaliteediga materjal. Alamkvaliteedis „alus“ lubatud defektid ja nende ulatus on näha

Tabelis 4 on kujutatud lubatud defektid ja nende ulatus alamkvaliteedis „tagakõlg“. Alamkvaliteedis „oksavaba serv“ ja „oksavaba“ pole lubatud ühtegi puiduriket (Joonisel 4 ja Tabelis 2 on tähistatud värviga hall ja roheline).

Tabel 3. Kvaliteedi PK-20 alamkvaliteedi “Alus“ defektide loend.

Positsioon	Defekti nimetus	Defekti pikkus, mm	Defekti laius, mm
1	Auk	15	10
2	Must oks	50	40
3	Väljakukkuv oks	40	40

Tabel 4. Kvaliteedi PK-20 alamkvaliteedi „Tagakülg“ defektide loend.

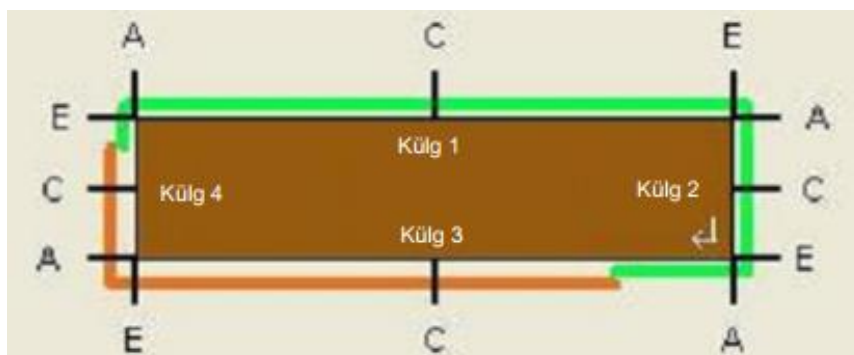
Positsioon	Defekti nimetus	Defekti pikkus, mm	Defekti laius, mm
1	Elus oks	6	5
2	Must oks	3	3
3	Väljakukkuv oks	2	2

Kõrval kvaliteedi lapik-PK, alus ja 2 kov kirjeldus:

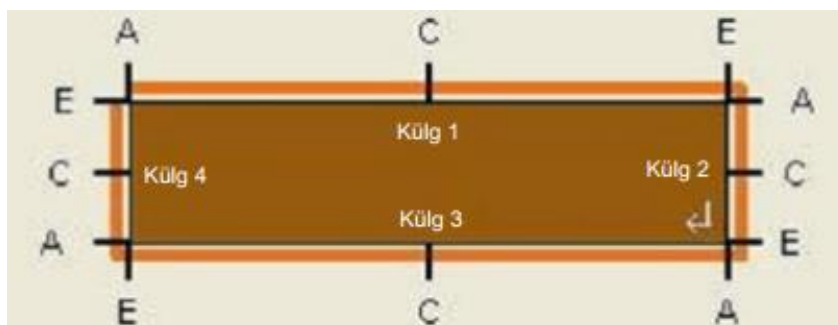
Joonisel 5 on kujutatud valmistoodangu kvaliteeti „2 kov“. Rohelise joonega tähistatud ala on „oksavaba“ ning pruuniga tähistatud ala näitab alamkvaliteeti „alus“ lubatust.

Joonisel 6 on kujutatud valmistoodangu kvaliteeti „alus“, kus on üleni lubatud alamkvaliteeti „alus“. Seda kvaliteeti reeglina kasutatakse ristlõigete puhul: 16\*75 mm , 16\*100 mm, 19\*75 mm, 19\*100 mm, 32\*75 mm, 38\*75 mm. Kui on tegu ristlõigetega 38\*100 mm , 22\*100 mm ning 50\*75 mm, nimetatakse valmistoodangu kvaliteeti „ehituslikuks“ kvaliteediks.

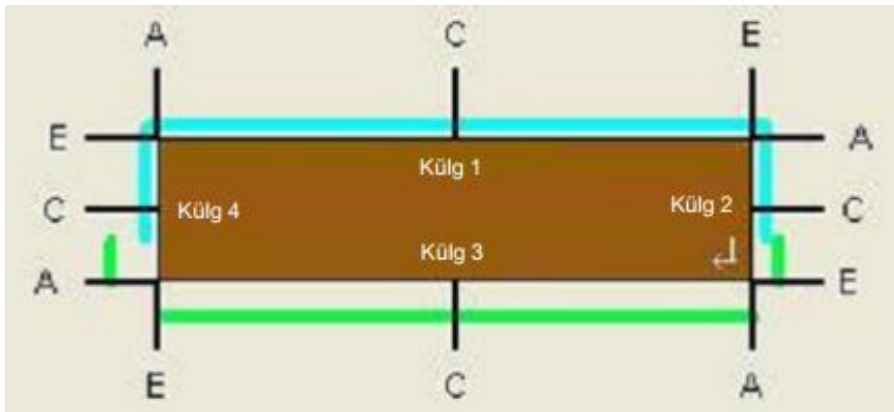
Joonisel 7 on kujutatud valmistoodangu kvaliteeti „lapik PK“, kus sinise joonega tähistatud alal pole lubatud ühtegi defekti ning rohelise joonega tähistatud alal ei ole lubatud samuti ühtegi defekti, välja arvatud vaigupesa ja lõhenemist.



Joonis 5. Kvaliteet 2kov



Joonis 6. Kvaliteet alus



Joonis 7. Kvaliteet lapik-PK

### 3.2 Töökorraldus ettevõttes

Tabel 5 on välja toodud Combilink OÜ tööaja graafik

Tabel 5. Tööaja graafik

I vahetus (öine)	23:00-06:00	14:30-23:00	06:00-14:30
II vahetus (hommikune)	06:00-14:30	23:00-06:00	14:30-23:00
III vahetus (õhtune)	14:30-23:00	06:00-14:30	14:30-23:00

I vahetus (öine) alustab töönädalat pühapäeva õhtul kell 23:00 ja vahetus kestab kella 06:00ni. Öise vahetuse töönädal kestab viis päeva ja lõpeb reede hommikul kell 06:00. Esimese vahetuse kestvus on kuus töötundi.

II vahetus (hommikune) alustab töönädalat esmaspäeva hommikul kell 06:00 ja see kestab kella 14:30ni. Hommikuse vahetuse töönädal kestab samuti viis päeva ja lõpeb reede pärastlõunal kell 14:30.

Teise vahetuse kestvus on kaheksa töötundi.

III vahetus (õhtune) alustab töönädalat esmaspäeva pärastlõunal kell 14:30 ja see kestab kella 23:00ni. Õhtuse vahetuse töönädal kestab viis päeva ja lõpeb reede hilisõhtul kell 23:00. Kolmanda vahetuse kestvus on kaheksa töötundi.

Eelnevatel aastatel praktiseeriti ettevõttes vahetuste liikumist - hommik, õhtune ja öine, kuid 2014. aastast muudeti töövahetus vastupidiseks (öine, õhtune, hommikune). Selline muudatus on inimestele meelepärsem ja pole nii kurnav, kuna vahetuste üleminek on väiksem võrreldes eelneva süsteemiga.

### **3.3 Palgasüsteem**

Ettevõttes on kasutusel tükitöö. Iga vahetus teenib oma palga välja vastavalt vahetuses valmistatud valmistoodangu meetritele. Sõrmjätkamise liini ja nelikanthöövli pingioperaatorid teenivad iga valmistatud meetri pealt 0,06 euro senti. Neid abistavad sorteerijad ning abitöölised, kes teenivad iga valmistoodangu meetri pealt 0,03 euro senti.

## **4 SEADMEPARK**

Tootlikkuse kasvu aluseks on kaasaegne seadmepark. Ettevõttes on kasutusel tänapäevane tootmistehnoloogia, mida ettevõtte on proovinud mehhaniseerida, tagamaks suurema ning efektiivsema tootmise ja ka soovitud toodangu kvaliteedi. Ettevõtte seadmepark on hangitud tuntud seadmete tootjatelt. Olemasolev kümnest seadmest koosnev seadmepark võimaldab toota erinevate mõõtmetega ja erinevatest puuliikidest sõrmjätkatud materjali.

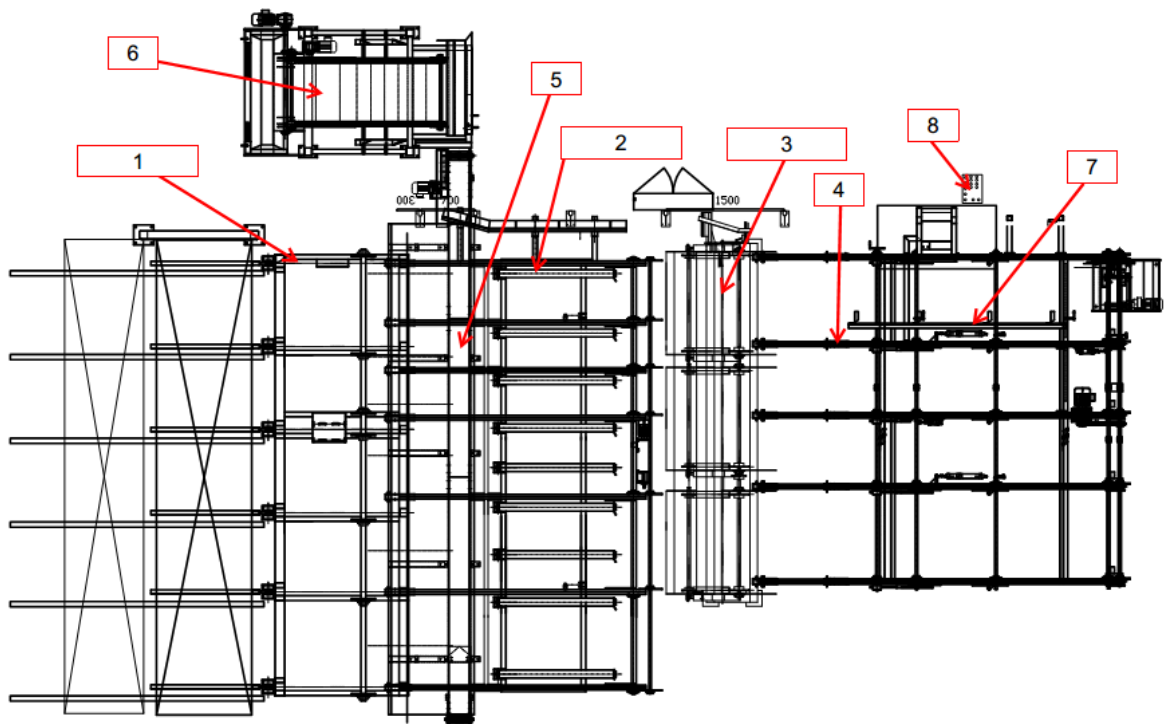
### **4.1 Saematerjali pakilammutusliin - System TM Opti-Feed 6000 - Concept3**

Liini System TM Opti-Feed 6000 – Concept3 tööpõhimõte:

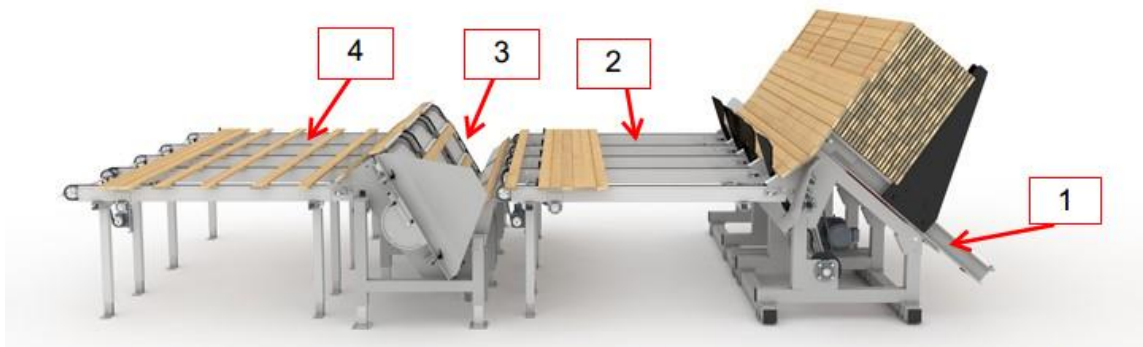
Pakilammutusliinile mahub kolm saematerjali pakki korraga. Esimene pakk kallutatakse umbes 45° nurga alla, seejärel tõstetakse see üles kuni paki esimene rida ulatub üle piiraja, ning edasi kukutatakse materjal liinile. Kui materjali vahel on vaheliistud, siis kukutamise käigus korjatakse need liini all asuvasse konveierisse, mis toimetab lipid lipikogujasse. Järgmisena toimub materjali tasandamine otste järgi vastu piirajat. Edasi liigub materjal liini tasapinnast allpool asuvasse pessa, kust materjal tuuakse haaratsite abil tagasi liinile. Selline alla-üles liikumine tagab materjali edasise kulgemise vastavalt soovile (kas lapiti või serviti, see oleneb materjali ristlõikest). Edasi liigub materjal liinil, kus vastavalt vajadusele kontrollitakse materjali kaardumist ja pööratakse see ümber telje. Seejärel kulgeb materjal nelikanthöövli sissesöötjasse. Selline automatiseeritud tootmisetapp mugavdab ja kiirendab tootmisprotsessi ent vähendab töötaja koormust. Lisaks võimaldab seade edukalt kasutada saeveskist tulnud kuivatuslipi peal sorteerimata materjali.



System TM Opti-Feed 6000 – Concept3 koosneb järgmistest elementidest, mis on näidatud Joonisel 8 ja Joonisel 9:



Joonis 8. Pakilammutusliin System TM Opti-Feed 6000 – Concept3 Pealtvaade. Joonisel tähistatud 1 – Kallutustõstuk. 2 – Rullkonveier. 3 – Materjali eraldaja. 4 – Kettkonveier. 5 – Lintkonveier lippide eemalduseks. 6 – Lipikoguja. 7 – Materjali pööraja. 8 – Juhtpult.



Joonis 9. Pakilammutusliin System TM Opti-Feed 6000 – Concept3 <sup>[2]</sup>

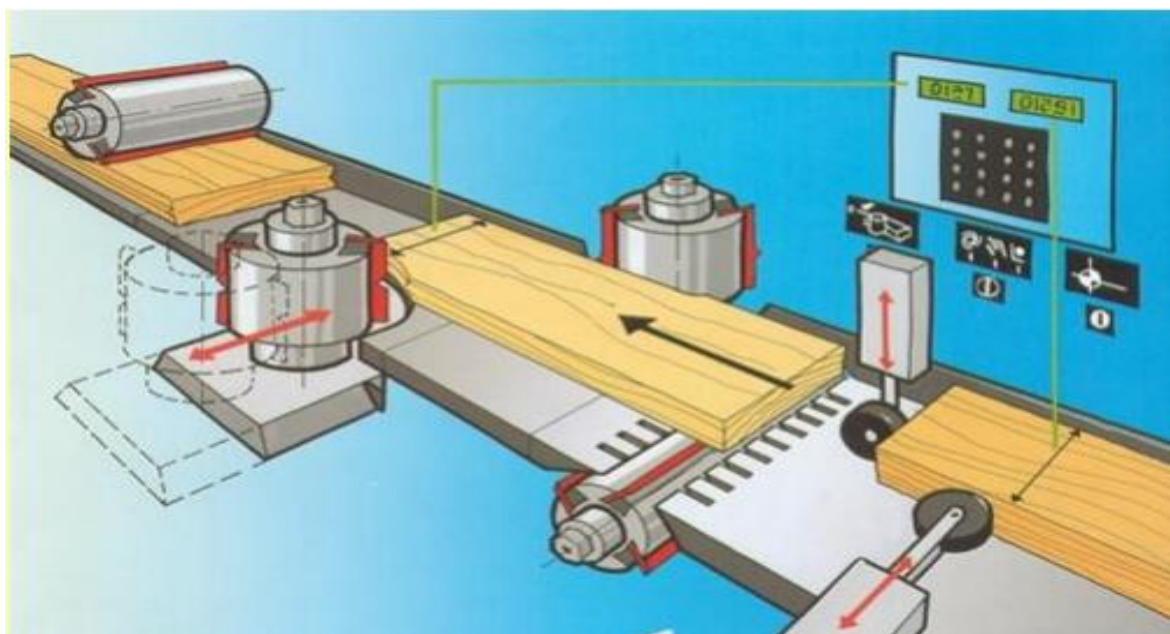
## 4.2 Nelikanthöövel – Weinig Hydromat 23C

Suurte tootmahahtude juures on mõistlik kasutada materjali nelikülgselt hõõeldamiseks nelikanthöövelpink. Sellises seadmes toimub materjali hõõveldus kõigist neljast küljest ühe läbimisega. Tänu seadme suurele tootlikkusele väheneb valmistoodangu omahind ja suureneb ettevõtte kasum.

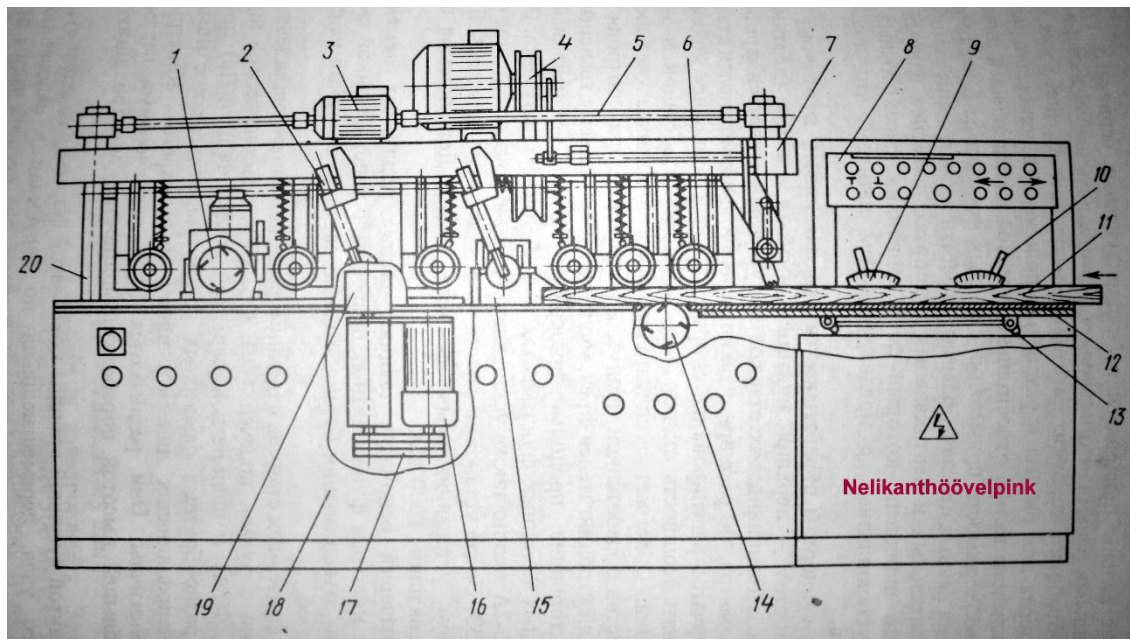
Combilink OÜ kasutab oma toodangu hõõveldamisel nelikanthöövelpink Weinig Hydromat 23C. Seade, mida ettevõtte kasutab, võimaldab töödelda detaile kiirusega kuni 80 m/min. Nelikanthöövelpingi tööpõhimõtte on kujutatud Joonisel 10<sup>[13]</sup>, tehnilised andmed on välja toodud Tabelis 6 ning nelikanthöövelpingi kinemaatiline skeem on näidatud Joonisel 11<sup>[14]</sup>.

Tabel 6. Weinig Hydromat 23C tehnilised andmed

Kriteerium	Näitajad
Höövlipede arv	5 tk
Eendekiirus	Kuni 80 m/min
Spindlite paiknemise järjekord	All, parem, vasak, üleval, all
Höövlipede pöörlemise kiirus	6000 p/min
Esimene horisontaalne hõõvlipede	11 kW
Parem vertikaalne hõõvlipede	12 kW
Vasak vertikaalne hõõvlipede	13 kW
Teine horisontaalne hõõvlipede	18 kW
Kolmas horisontaalne hõõvlipede	15 kW



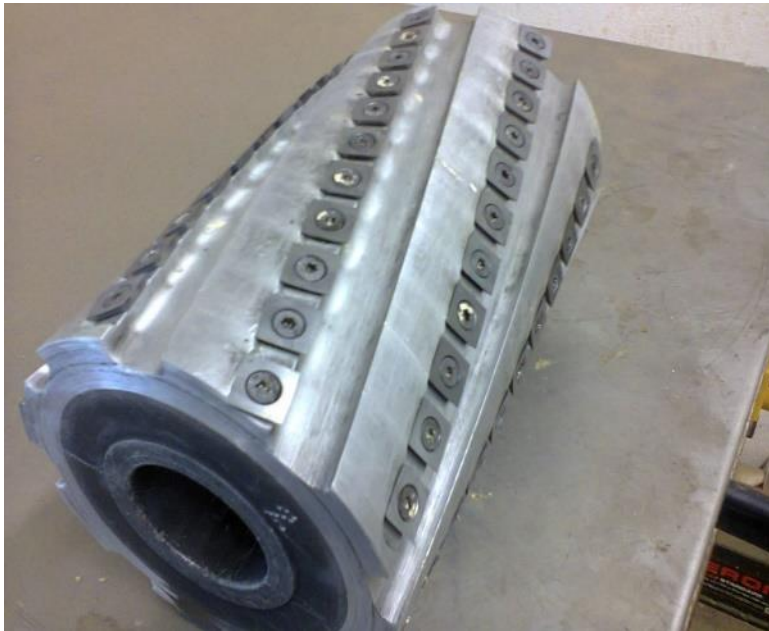
Joonis 10. Nelikanthöövelpingi tööpõhimõte.<sup>[13]</sup>



Joonis 11. Nelikanthöövelpingi kinemaatiline skeem<sup>[14]</sup>

- |   |  |
|---|--|
| 1. Horisontaalne noavõll <sup>[14]</sup>                                  | 11. Toorik ehk töödeldav detail <sup>[14]</sup>                            |
| 2. Surverullik ehk survevalts <sup>[14]</sup>                             | 12. Töölaud <sup>[14]</sup>  |
| 3. Elektrimootor <sup>[14]</sup>  | 13. Ekstsentrisk töölauda nihutamiseks <sup>[14]</sup>                     |
| 4. Variaator <sup>[14]</sup>  | 14. Esimene horisontaalne noavõll baaspinna hõõveldamiseks <sup>[14]</sup> |
| 5. Võll <sup>[14]</sup>   | 15. Vertikaalne noavõll või freespea <sup>[14]</sup>                       |
| 6. Etteandevalts <sup>[14]</sup>  | 16. Elektrimootor <sup>[14]</sup>  |
| 7. Traavers <sup>[14]</sup>   | 17. Kiilrihmülekanne <sup>[14]</sup>                                       |
| 8. Juhtimispuht <sup>[14]</sup>   | 18. Tööpingi kere ehk korpus <sup>[14]</sup>                               |
| 9. Käsikang ristlõike muutmiseks <sup>[14]</sup>                          | 19. Vertikaalne noavõll <sup>[14]</sup>                                    |
| 10. Käsikang esimese töölauda tõstmiseks ja langetamiseks <sup>[14]</sup> | 20. Traaversi samm <sup>[14]</sup>   |

Joonisel 12 on näidatud ettevõtte nelikanthöövli kasutusel olev 8 spiraalseis reas paiknevate lõikuritega hõõvelpea, mis annab sobiva eendekiiruse kasutamisel hõõveldatavale materjalile kvaliteedinõuetele vastava pinnakareduse ning väikese kinemaatilise lainetuse.



Joonis 12. 8 spiraalseis reas paiknevate lõikuritega hõvlipea

Tabel 6. Weing Hydromat 23C tehnilised andmed

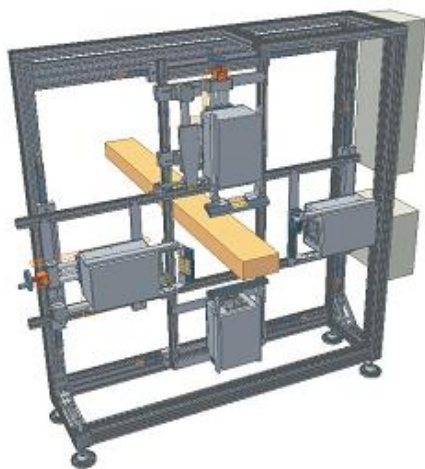
Kriteerium	Näitajad
Hõvlipeade arv	5 tk
Eendekiirus	Kuni 80 m/min
Spindlite paiknemise järjekord	All, parem, vasak, üleval, all
Hõvlipea pöörlemise kiirus	6000 p/min
Esimene horisontaalne hõvlipea	11 kW
Parem vertikaalne hõvlipea	12 kW
Vasak vertikaalne hõvlipea	13 kW
Teine horisontaalne hõvlipea	18 kW
Kolmas horisontaalne hõvlipea	15 kW

### 4.3 Skanner - Luxscan Combiscan C 400

Skanner tuvastab välkkiirelt hõveldatud saematerjali puidurikked ( välja kukuvad oksad, elusoksad, mustad oksad, poomkandi, säsi, lõhenemise, mädanikud, vaigupesad, vaigususe, sine, putukkahjustused, materjali muljumise ning materjali alammõõdu nii laiuses kui ka paksuses jne.) ning koostab andmestiku vastavalt kehtestatud kvaliteedi nõuetele järgnevas automaatseks optimeerivaks rikete väljalõikuseks sael. Eelpool mainitud puidurikete tuvastamiseks skaneerimise teel kasutatakse värvilisi kaameraid, IR- ning laserandureid, mis tuvastavad rikked materjali kõigist neljast küljest. Seadme tehnilised andmed on välja toodud Tabelis 7.

Tabel 7. Skanneri Luxscan Combiscan C400 tehnilised andmed <sup>[4]</sup>

Kriteerium	Näitaja
Töödeldava laua pikkus	1,2 - 6,0 m
Töödeldava laua laius	25 - 310 mm
Töödeldava laua paksus	12 - 125 mm
Tööala kõrgus	920 mm
Seadme kõrgus	2215 mm
Seadme laius	2300 mm
Seadme pikkus	670 mm
Nõuded elektrisüsteemile	380 V / 50Hz - 480 V / 60 Hz
Suruõhu rõhk süsteemis	3 baari
Etteande kiirus	210 – 700 m/min



Joonis 13 - Skanner Luxscan Combiscan C400 <sup>[4]</sup>

#### 4.4 Optimeeriv kappsaag – Dimter Opticut 450 Quantum II

Väidetavalt on tegu ühe maailma kiireima optimeeriva kappsaaga, mis suudab teostada 450 lõiget minutis. Sellest on ka tingitud seadme nimes olev number. Seadme juurde kuulub ka automaatne eendemehanism Variospeed, mis tagab pausideta kappimise ning kuni 20 protsendilise tootlikkuse tõusu võrreldes ilma eendemehanismita. Seadme tehnilised andmed



on välja toodud Tabelis 8. Joonisel 14 on näha ketassaagi, seadme etteveorullikud materjali peal (tumedad rullikud), ning materjali positioneerimist seadmes mõõtev mõõterullik (helehall rullik).

Tabel 8. Dimter Opticut 450 Quantum II tehnilised andmed <sup>[5]</sup>

Kriteerium	Näitaja
Minimaalsed nominaalsed materjali ristlõikemõõdud	30 x 12 mm
Minimaalne laua pikkus	900 mm
Maksimaalne laua pikkus	6,3 m
Max eendekiirus	415 m/min
Lõiketäpsus 1 m kohta	±0,8 mm
Lõiketäpsus 2,5 m kohta	±1,5 mm
Minimaalne laua pikkus peale lõikust	110 mm

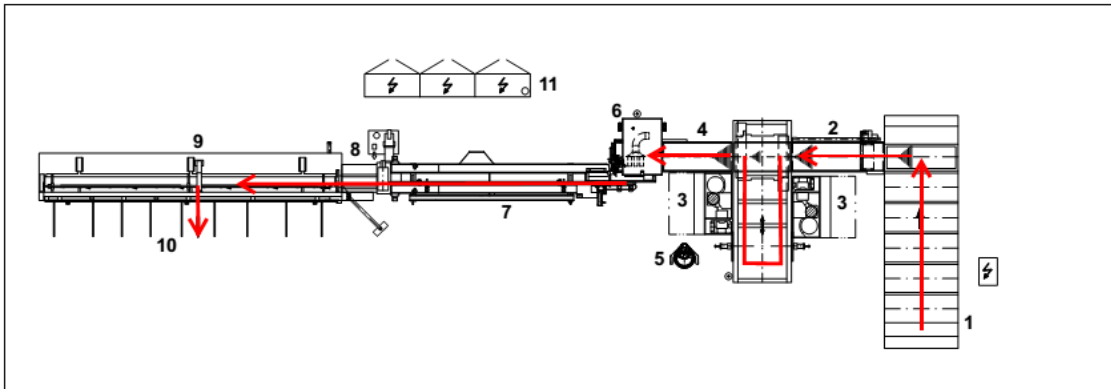


Joonis 14 - Optimeeriv kappsaag Dimter OptiCut 450 Quantum II <sup>[5]</sup>

#### 4.5 Sõrmjätkamise seade - Grecon Combipact 4

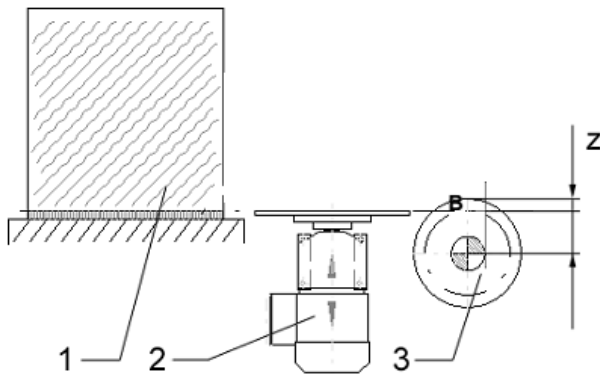
Joonisel 15 on näidatud seadme olulisemad tööorganid. Materjali liikumine algab liiniosast 1, kus toimub materjali pakkide koostamine ja nende asetamine sahtlitesse. Seejärel liigub materjal edasi tapitöötlemisse. Tapitöötlus on näidatud Joonisel 16. Peale tapitöötlust liigub materjal freeskelgu ühest otsast teise, mille järel toimub materjali teiste otste tapitöötlus ja tappide liimimine liimkammi abil. Järgmisena liigub materjal liiniossa 6, sealt edasi liiniossa 7. Üleminekul toimub materjali pööramine kukutamise teel, servpinnast lapikpinnale. Edasi liigub

materjal pressimistsooni 9, kus toimub materjali vajalikku mõõtu töötlemine ning seejärel materjali kokku pressimine. Peale pressimist väljastatakse soovitud pikkusega materjal.



Joonis 15 – Sõrmjätkamise seadme Grecon Combipact 4 skeem<sup>[7]</sup>.

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Pakkimine                       | 7. Reastusüksus           |
| 2. Sissetõukeüksus                 | 8. Ettenihe               |
| 3. 2-st freesist koosnev liitfrees | 9. Press                  |
| 4. Transportlint                   | 10. Pressi väljallaskeava |
| 5. Liimivarustusseade              | 11. Seadme lülituskilp    |
| 6. Transpordiüksus                 |                           |



Joonis 16. Tappide töötlemine seadmel Grecon Combipact4. Joonisel tähistatud 1 – Puitmaterjalipakk, 2 – Otsatasandussaa, 3 – Sõrmtapifrees<sup>[7]</sup>.

Puitmaterjalipakk liigub kahest freesist koosneva üksuse etteande mehhanismile, kus toimub materjali otspinna tasandamine. Tasandatud materjal survestatakse nii küljelt kui ka pealt. Survestatud materjali pakk liigub koos etteande mehhanismiga edasi, kus toimub otspinna

ühtlaseks saagimine. Sealt liigub puitmaterjalipakk üksusesse, kus toimub materjali otspinna sõrmtapi töötlemine.

Sõrmjätkamise seadme Grecon Combipact 4 tehnilised andmed on toodud välja Tabelis 9.

Tabel 9. Sõrmjätkamise seadme Grecon Combipact 4 tehnilised andmed <sup>[7]</sup>

<b>Kriteerium</b>	<b>Näitaja</b>
Detaili (tooriku) pikkus	150-1000 mm
Detaili (tooriku) laius	30-205 mm
Detaili (tooriku) paksus	14,5-100 mm
Väljastuslaudade pikkused	3000-6100 mm
Pressimisjõud	120 (145) kN
Tootlikkus vertikaalühendusel mõõtmetega 30 x 90 x 400 mm	41,8 m/min
Tootlikkus horisontaalühendusel mõõtmetega 22 x 50 x 350 mm	19,25 m/min



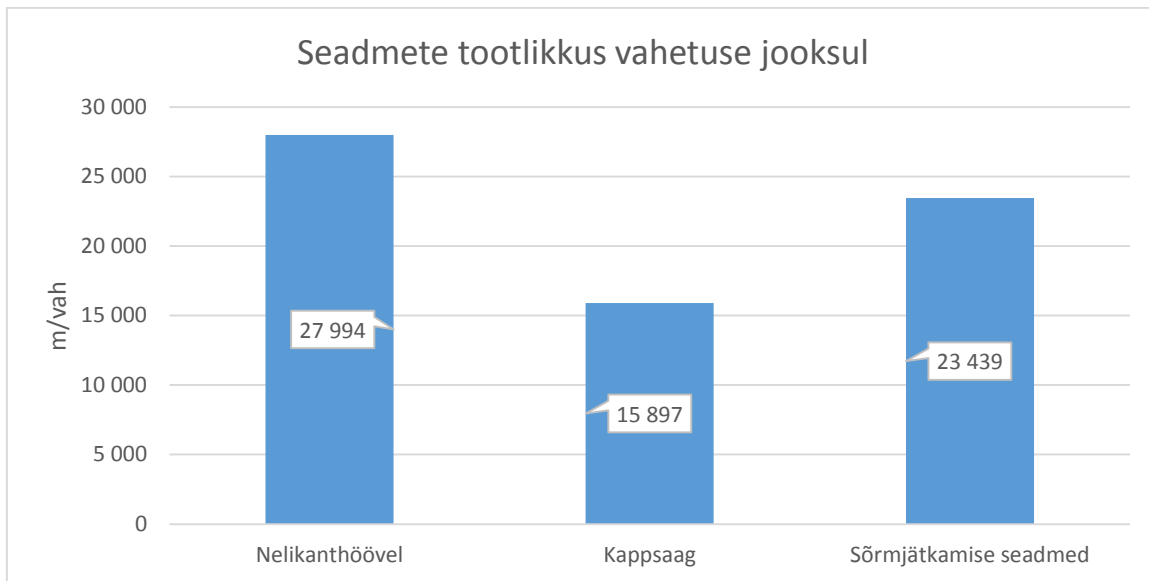
## 5 TOOTMISE KITSASKOHAD

Kuna tootmismahud aina suurenevad ja tuleb päevast-päeva tegeleda tootmise efektiivsemaks muutmisega, siis selle põhjal analüüsiti olemasolevat ettevõtte tootmisprotsessi. Analüüsimisel kasutati mitmeid meetodeid. Arvutati välja pinkide tootlikkus (vt. Peatükk 8). Seadmete tootlikkus on välja toodud Tabelis 10. Lisaks analüüsiti autori poolt tootmisstatistikat ning vaadeldi materjali liikumist erinevates liinietappides.

Tabel 10. Seadmete tootlikkus

Seadmete tootlikkus, m/vah			
Nelikanthöövel	Kappsaaag	Sõrmjätkamise seadmed	
		Combipact 4	Profijoint
27 994	15 897	14 878	8 561
Tootlikkus kokku:			
<b>27 994</b>	<b>15 897</b>	<b>23 439</b>	

Joonis 17 näitab seadmete tootlikkust vahetuse jooksul. Joonise 17 järgi on kõige kõrgema tootlikkusega seade nelikanthöövel, mis on ka ühtlasi tootmisprotsessi teiseks seadmeks. Tehnoloogiliselt järgmine seade on kappsaaag. Joonis 17 järgi on see kõige madalama tootlikkusega. Kappsaele järgnevad tehnoloogiliselt sõrmjätkamise seadmed Profijoint ja Combipact 4, mille mõlema arvutuslik tootlikkus kokku on 23 439 m/vah. Seadmete tootlikkuse analüüsimise põhjal järeldati, et kappsaaag jääb tootmises kitsaskohaks, mis ei jõua põhitoodanguks vajaminevat kogust neljast küljest „oksavaba“ kvaliteediga materjali lõigata. Enne ja peale seda paiknevad seadmed on võimelised tootma rohkem toodangut.



Joonis 17. Seadmete tootlikkus vahetuse käigus

Teiseks kitsaskohaks osutub skanner. Kuna skanner on vananenud ja amortiseerunud, siis skanneri seisakutest tulenevad seisakud kanduvad üle nii nelikanthöövlile kui ka kappsaele.

Lisaks eelnevalt mainitule, on üheks kitsaskohaks ka materjali liikumine liinil, kuna ruumi puudumise tõttu ei ole võimalik korjata liinilt enne nelikanthöövlisse sattumist välja ebasobivat saematerjali (liialt kuiv, märg materjal; kaardus materjal, mis võib põhjustada materjali kinnijäämise nelikanthöövlis). Ruumi puudumise tõttu pole võimalik paigaldada lisapuhverala, mis aitaks ära hoida tootmisseisakut (põhjuseks materjali kinnijäämine nelikanthöövlis, skannerist või kappsast tingitud seisakud ning materjali ristumine pakilammutusliinil jne.).

## 5.1 Autoripoolne lahendus

Esimese kitsaskoha likvideerimiseks oleks mõistlik juurde lisada teine optimeeriv kappsaaag. Tänu teise sae lisamisele, tõuseks tehase tootlikkus ligikaudu 60 %, mis omakorda jaguneb mitme aasta peale laiali, ning sae olemasolu annaks ka kindluse, et kui ühe kappsaaega peaks midagi juhtuma, saaks teine jätkata töötamist. Uus kappsaaag tuleks vana kappsae kõrvale ja nende vahele materjali jaotusliin (vt. Joonis 19 ja Joonis 20 mäрге 9).

Teise kitsaskoha likvideerimiseks tuleks vana skanner välja vahetada uue, võimsa ja töökindlama vastu. Uus skanner asendatakse vanaga, tänu millele tema tehnoloogiline koht tootmises jääb samaks (vt. Joonis 19 ja Joonis 20 mäрге 7). Uue skanneri soetamine tõstaks tootlikkust vähemalt 2% võrra ( lisa 2% teeb aasta 2014 tootmiskahtu arvestades 247 tm aastas juurde).

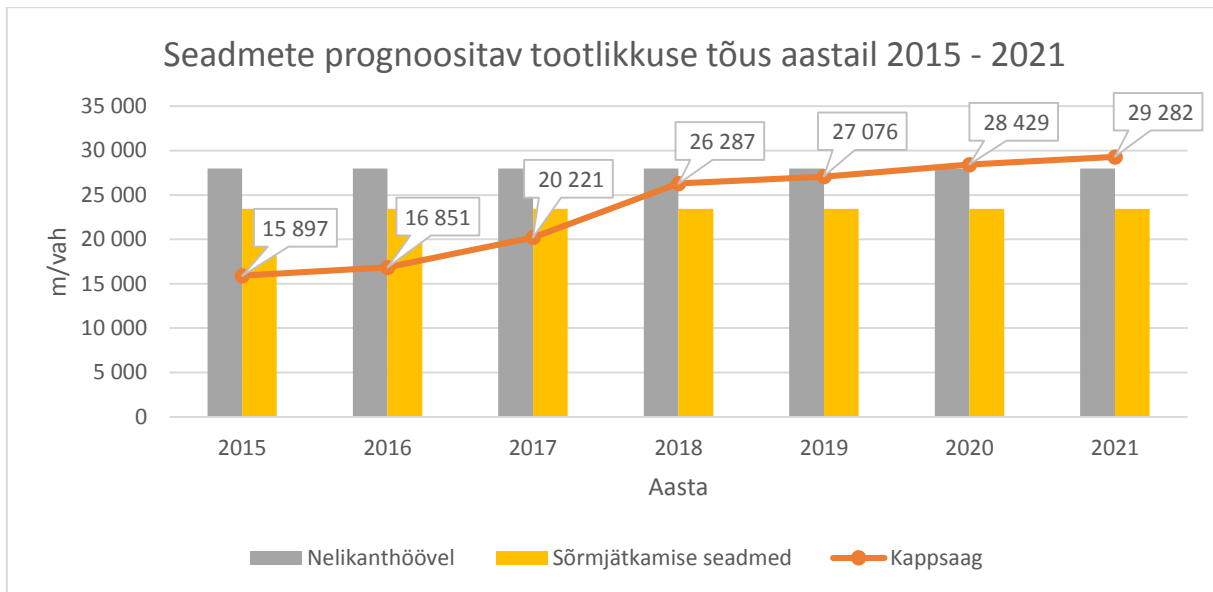
Et materjali liikuvus oleks liinil sujuvam, tasub enne nelikanthöövliit sorteerida välja defektne saematerjal (liialt kuiv ja liialt märg materjal; liialt kaardus materjal). Seda seetõttu, et ei tekiks nelikanthöövliis materjalist tingitud seisakuid. Enne nelikanthöövliit ja enne skannerit peaks lisama juurde ka puhverala (vt. Joonis 19 märke 6). Puhveralad tagavad seadmete (kappsaa ja nelikanthöövli) väiksemate seisakute olemasolul töö jätkamise tootmisliinil. Peale nelikanthöövliit tuleks lisada liin, mis võimaldab maha korjata või peale panna hööveldatud saematerjali (vt. Joonis 19 ja Joonis 20 märke 5). Materjali maha korjamine on vajalik ebasümmeetrilise saematerjali töötlemisel nelikantöövliitpingis. Tänu selle liini olemasolule võib ära jätta ebasümmeetrilise saematerjali töötlemise lintsaaagimisel. Ebasümmeetrilise materjali töötlemine nelikanthöövliil annaks ka suurema materjali väljatuleku, kui töödelda seda eelnevalt lintsael (vt. Joonis 19 ja Joonis 20 märke 12).

Kuna tootmises on ruumi vähe, siis tuleb uute seadmete ning liinide ära mahutamiseks juurde ehitada ka uus tootmishoone, mis jätkaks ruumi ka edaspidisteks laiendusteks (vt. Joonis 19 ja Joonis 20).

Teisest kappsaaest tuleneva tootlikkuse tõusu parema ülevaate andmiseks koostas autor graafiku, mis kajastab seadmete tootlikkust (nelikanthöövli, sõrmjätkamise seade), ning kappsae tootlikkuse tõusu (vt. Joonis 18). Teise kappsae lisamisega prognoositakse tootlikkuse tõusu kuni 60 %, mis on jagatud ära 7 aasta peale. Joonis 18 näeb, et esimestel aastatel on kappimis tootlikkuse tõus suurem. Aastast 2017 väheneb tõusu kasv. See on tingitud sellest, et jõutakse punkti, kus rakendatakse seadmeid peaaegu täiel võimsusel.

Jooniselt 18 on näha, et aastal 2016 hakkab puudu jääma sõrmjätkamise seadmete tootmisvõimsusest, töötlemaks ära kahe kappsae poolt lõigatava hööveldatud saematerjali hulga. Seega, aastal 2016 hakkavad jääma kitsaskohtadeks sõrmjätkamise seadmed. Et kitsaskohta vältida, tuleks investeerida. Investeerimisel pidas autor silmas kahte lahendust: üheks lahenduseks oleks välja vahetada olemasolevad sõrmjätkamise seadmed ning asendada need uue ja tootlikumaga. Uue seadme ligikaudseks maksumuseks oleks 250 000 eurot. Teiseks pakutavaks lahenduseks oleks forsseerida olemasolevaid seadmeid: lisada seadmetele rohkem puhveralasid, asendades kasutusel olevad mootorid võimsamate vastu või tõstes freeside pöörlemissagedust vahetades välja olemasolevad rihmarattad suurema läbimõõduga rihmaratate vastu. Asendada teatud seadme liini osa uue seadme osaga. Teisena väljapakutud lahendus ei osutu nii kulukaks kui seda oleks esimesena pakutud lahendus. Nende meetodite rakendamine peaks tagama piisava tootlikkuse, töötlemaks ära kappsae poolt töödeldava materjali mahu.

Autori eelduse kohaselt on 2016 aastal kappsaele vajaminev sõrmjätkamise seadmete tootlikkus saavutatud. Jooniselt 18 aga näeme, et aastal 2018 hakkab puudu jääma hoopiski nelikanthöövli tootlikkusest. Hõõveldamiseks materjali kappsaaigide tootlikkusega on välja pakkuda selleks jällegi kaks lahendust. Üheks lahenduseks oleks välja vahetada hõõvelpink uue ja tootlikuma vastu ning teiseks tuleks moderniseerida olemasolevat seadet.



Joonis 18. Seadmete prognoositav tootlikkuse tõus aastail 2015 – 2021

## 6 UUE TOOTMISHOONE KIRJELDUS

Uus tootmishoone rajatakse olemasoleva tootmishoone külge, mis asub Võrumaal Varese külas saetööstus AS Toftan –i<sup>[8]</sup> kõrval ning saab olema mõõtmetega 25 x 40 meetrit. Sellised mõõtmed on tingitud sellest, et eelpool mainitud mõõtmetega tootmistehase detailplaneering on ettevõttele kättesaadav ning kulude kokkuhoiu mõttes plaanitakse kasutada seda detailplaneeringut mõningate muudatustega. Uue tootmishoone kogupindalaks saab 1000 m<sup>2</sup>. Tootmishoone ehitusmaterjalina kasutatakse „sandwich-paneeli“. Tehase maksumuseks kujunes 300 000 eurot, mis teeb ühe ruutmeetri ehitusmaksumuseks 300 eurot.

Kuna töö autor pakkus omaltpoolt välja kahe eri lahendusega tootmisprotsessi, siis üks võimalikust tootmishoonest hakkaks tööle läbiva tootmishoonena, mis tähendab, et tootmises liigub materjal ühest tehaseotsast sisse ja teisest tehaseotsast välja (vt. Joonis 20). Vanas ning autoripoolse teise tootmishoone puhul liiguks saematerjal ja valmistoodang sama teed pidi, mis mõnelgi korral tekitas materjali liikumisel ummistusi või seisakuid mõnes tootmisetapis ( vt. Joonis 21 ja Joonis 3).

### 6.1 Seadmete valik

Uude tootmishoonesse pakuti välja kolme erineva tootja kappsage: System TM-i Opti-kap 5003 [15], PAUL Maschinenfabrik-u Cross-Cut Line Series C14 [16] ja Dimter OptiCut 450 Quantum II [5], millest osutus valituks viimane OptiCut 450 Quantum II. Seda põhjusel, et System TM Opti-kap ning optimeeriv kappsag PAUL töötlevad materjali 45° nurga all. Nende kasutuselevõttuga tuleks välja vahetada materjali üleande sõlmed, mis eeldaks järjekordset investeeringut. Ühtlasi oli see ka juhtkonna soov ning seadet on hea ja lihtne integreerida olemasoleva liini külge. Seda seetõttu, et ka teised tootmisseedmed pärinevad „Weinig Group“ tootjatelt.

Valitud seadme OptiCut 450 Quantum II tehnilised andmed on Tabelis 8.

Teiseks uude tootmishoonesse valitud seadmeks on skanner, mille valik tuli teha kahe skannerit valmistava tootjafirma vahel: WoodEye ja Luxscan. Selliste seadmete valimine on äärmiselt keeruline, kuna väidetavalt mõlemad töötavad sama hästi ning ka nende maksumus on peaaegu võrdne. Valituks osutus Luxscan Combiscan +, kuna seadet on lihtne käsitleda ning on hästi ühilduv uue tootmisliiniga.

Seadmete omavaheliseks ühendamiseks, puhverala tekitamiseks või materjali maha ja peale korjamiseks vajalikud liiniosad tuleb uude tootmishoonesse ise projekteerida ning valmistada.

Valituks osutunud kappsaele tuleb juurde hankida ka materjali sissesöötmissiin.

Seadmete maksumus on ära toodud alljärgnevas Tabelis 11

Tabel 11. Seadmete hinnakiri

<b>Nimetus</b>	<b>Investeering</b>
Uus kappsag	170 000 €
Sae etteande liin	170 000 €
Uus skanner	250 000 €
Materjali mahavõtja	10 000 €

## 6.2 Valmiva tehase tootmise kirjeldus

Allpool on välja toodud kaks erinevat tehase tootmisplaani (Joonis 19 - Uus tootmishoone, Joonis 20. Uus tootmishoone 2). Esimese tehaseplaani kirjeldus on lahti seletatud järgnevalt.

Uues tootmishoones algab tootmisprotsess materjali ladustamisest materjali kuuri. Tootmisesse minev materjal viiakse kuurist sooja lattu. Materjali soojas hoidmine on väga oluline talvistes tingimustes, kuna materjal peab saavutama edasiseks töötlemiseks keskkonna temperatuuri, kus teda töödeldakse. Combilink OÜ puhul on selleks temperatuuriks 18°C. Enne sooja lattu ladustamist võetakse vajadusel materjalipakkide ümbert kile ning aluspuud ja alles seejärel ladustatakse materjal lattu.

Peale seda viiakse materjal pakilammutusliinile 1, kuhu mahub kolm pakki korraga. Esimene pakk kallutatakse umbes 45° nurga alla, seejärel tõstetakse üles kuni paki esimene rida ulatub üle piiraja, ning edasi kukutatakse materjal liinile. Kui materjali vahel on vaheliistud, siis kukutamise käigus korjatakse need liini all asuvasse konveierisse, mis toimetab lipid lipikogujasse. Järgmisena toimub materjali tasandamine otste järgi vastu piirajat. Edasi liigub materjal liini tasapinnast allpool asuvasse pessa, kust materjal tuuakse haaratsite abil tagasi liinile. Selline alla-üles liikumine tagab materjali edasise kulgemise vastavalt soovile (kas lapiti või serviti, see oleneb materjali ristlõikest). Edasi liigub materjal liinil, kus vastavalt vajadusele kontrollitakse materjali kaardumist ja pööratakse see ümber telje. Seejärel kulgeb materjal sissesöötjasse, mis lükkab materjali edasi järgmisele liinile. Konveierliini alguses toimub materjali niiskumõõtmine 2. Tootmisesse ebasobiva niiskussisaldusega materjal lükatakse liinilt maha kogumissahtlisse 3. Sobiv materjal liigub liinil edasi nelikanthöövli-eelsele puhveralale 6. Puhverala lõpus toimub nelikanthöövli sissesöötmine.

Järgmisena läbib materjal nelikanthöövli 4, kus toimub materjali kalibreerimine vastavasse mõõtu. Mõningate ristlõigete puhul toimub lisaks kalibreerimisele pingis ka piki kiudu materjali lahti lõikamine ehk splittimine. Peale kalibreerimist liigub materjal edasi liinile, mis võimaldab ebasümmeetrilise materjali mahavõtmist 5 või tootmises olevale materjalile juurde lisamist. Peale kalibreerimist liigub materjal edasi puhveralal, kus operaator keerab käsitsi lauad aastarõnga avanemisega ülespoole. Edasi liiguvad lauad läbi skanneri 7. Skanner tuvastab välgukiirusel olulised andmed puidu kohta (oksakohad, säsi, mädanikud, vaigupesad, putukkahjustused jne.) ning edastab need ilma liini töökiirust vähendamata järgnevatele seadmetele (optimeerivad kappimissaed). Peale skannerit toimub veel materjali märgistamine peitsi peale pihustamise teel.

Seejärel liigub materjal edasi liinile, mis jagab materjali kappimissaagide 9 vahel laiali. Vastavalt skanneri andmetele liiguvad defektiks määratud detailid mõlemast kappsast purustajasse 8. Kappimissaagides toimub optimeerimine vastavalt skanneri andmetele. Selline optimeerimisviis tagab materjali väärtustamise ehk suurema tootlikkuse ja parema kvaliteedi ning –puidu kasutuse tootmises.

Skaneerimisega määratud kappsaaigide poolt optimeeritud materjal liigub edasi liini mööda. Põhitoodang, mis on oksavaba, liigub ühest lintkonveierist teise lintkonveierisse, kus toimub materjali kogumine. Kõrvalkvaliteedid kogutakse kastidesse ning kastidest valatakse materjal kõrvaltoodangut kokku panevale sõrmjätkuliinile 10; 11, kus sorteeritakse vastav materjal ning toimub selle edasine töötlemine. Oksavaba kvaliteet ehk põhitoodang liigub edasi sorteerijateni, kes teostavad materjali sorteerimise. Sorteerimist teostavad kaks töolist, kellel on abiks ka üks lisatööline. Peale sorteerimist asetatakse sorteeritud lauad serviti sahtlitesse, märgistusjoonega sorteerijate poole. Märgistusjoon hõlbustab sorteerija tööd, tagamaks kiirema ja tõhusama sorteerimise. Sahtlitest liigub materjal edasi materjalipakkidena sõrmjätkkamisse, kus töödeldakse materjalipakile tapid ja kantakse tapile liim. Peale materjali liimimist liigub materjalipakk puhverkonveierisse, kus sõrmjätkupingi operaator tuvastab ja eemaldab materjali otste kildumise, liimi puudumise või selle vähesuse, ning eemaldab defektsed detailid või viib sisse näiteks muudatused liimi puudumise parandamiseks. Edasi liigub materjal ühest konveierist teise konveierisse, kus materjal pööratakse kukutamise käigus servpinnast lapikpinnale kettkonveierisse. Kettkonveieri eesmärk on laua koostamine, ühendades detaili tapid omavahel. Kettkonveieris koostatud laud toimetatakse edasi pressimisüksusesse, kus toimub materjali pikkusele lõikamine ja lõpuks pressimine. Pressist väljastatakse laud puhveralale, kus toimub materjali eelkuivamine ja pakiladujapoolne kvaliteedikontroll. Vastava kvaliteediga lauad pannakse pakki ning ebakvaliteetsel laual märgistatakse defektsed kohad ja

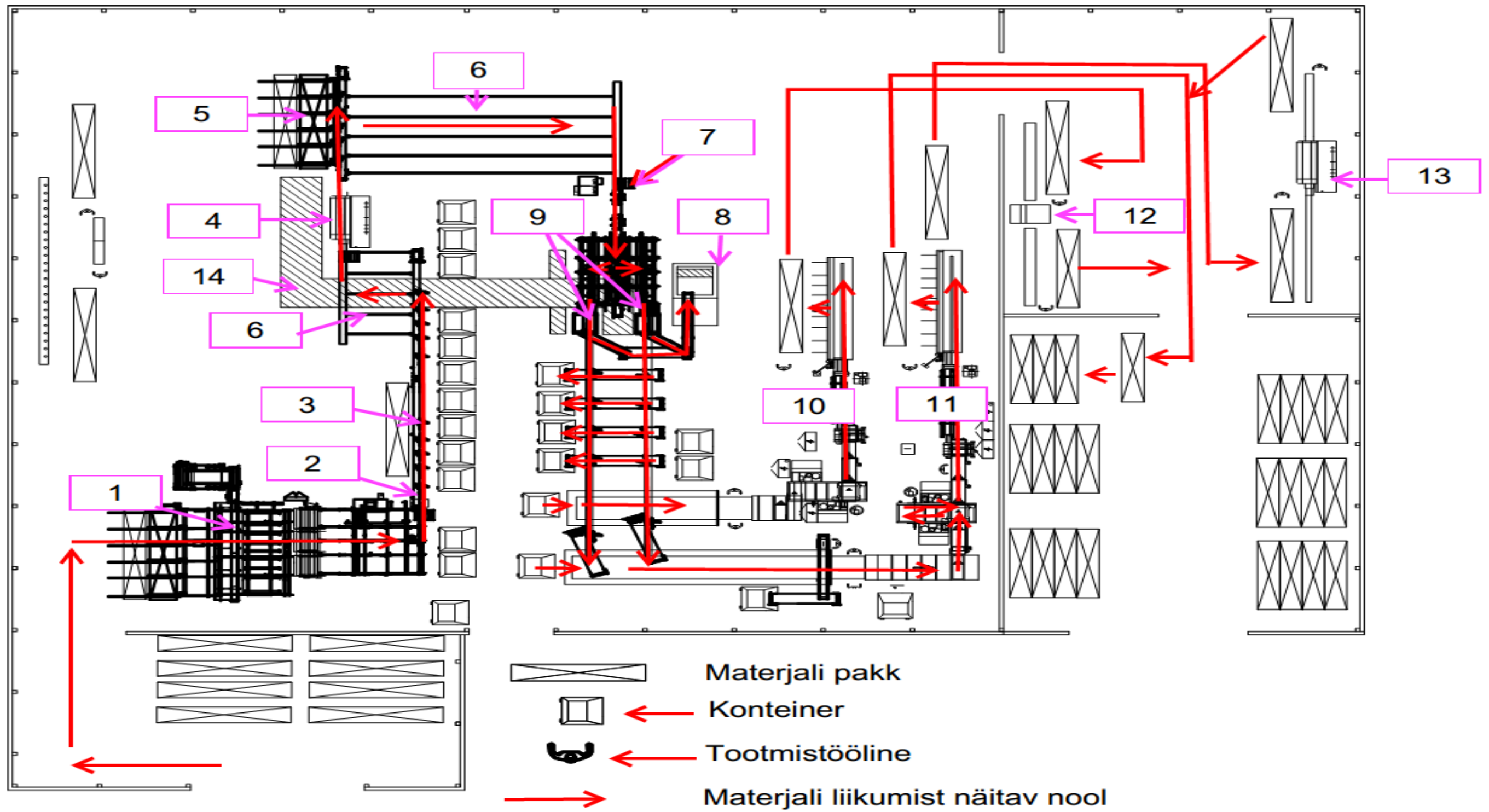
viiakse ümberlõikamise. Vastavalt vajadusele liigub pakk edasi kas pakkimisse või kolmekümneminutilise liimi järelkuivamise ajal järeltöötlemisse 12. Eelnevalt mainitud etapi puhul on tegu lintsaaugimisega.

Antud töö autor ei pidanud vajalikuks Joonis 20 tootmisplaani kirjeldada, kuna see ei erine oluliselt praegu kasutuses olevast tootmisest (vt. Joonis 3).

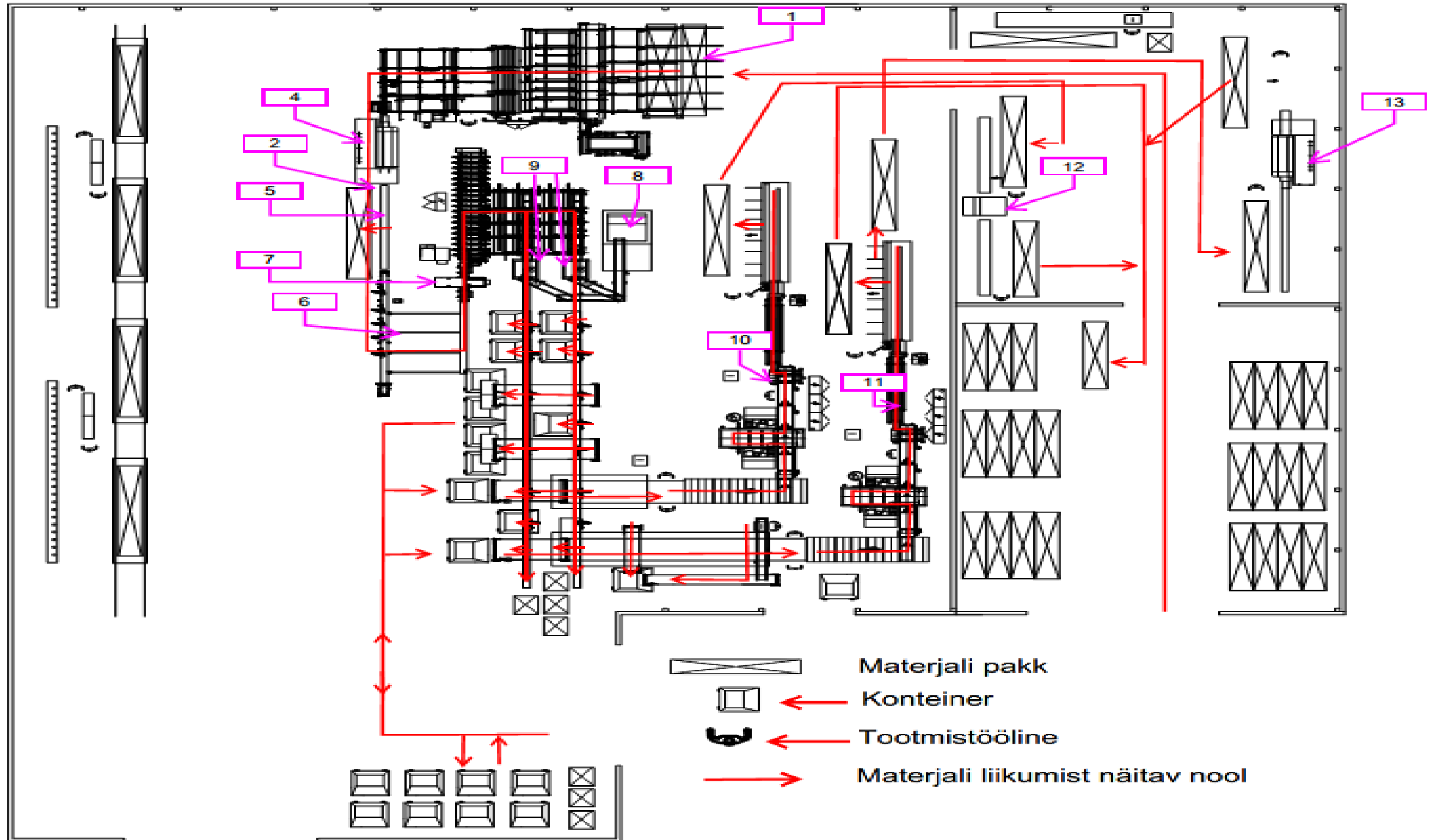
Joonis 19 ja Joonis 20 on näidatud valmiva tehase tootmisplaani. Numbrid Joonisel 19 ja Joonisel 20 viitavad tootmises kasutuses olevatele seadmetele:

- |  |   |        |
|--|---|--------|
| 1. Pakilammutusliin System TM Opti-Feed 6000 - Concept3 <sup>[2]</sup> | 4. Nelikanthöövelpink<br>Hydromat 23C <sup>[3]</sup>        | Weinig |
| 2. Niiskusmõõtja   | 5. Materjali mahavõtja                                      |        |
| 3. Ebasobiva niiskussisaldusega materjali mahavõtja                    | 6. Puhverala  |        |
| 8. Purustaja   | 7. Skanner Luxscan Combiscan + <sup>[4]</sup>               |        |
| 9. Kappimissaag Dimter OptiCut 450 Quantum II <sup>[5]</sup>           | 11. Sõrmjätkamise seade - Grecon Combipact 4 <sup>[7]</sup> |        |
| 10. Sõrmjätkamise seade - Grecon Profijoint <sup>[6]</sup>             | 12. Lintsaaug BKS   |        |
|  | 13. Nelikanthöövel Grama                                    |        |
|  | 14. Tootmistöölise käiguala                                 |        |





Joonis 19 - Uus tootmishoone



Joonis 20- Uus tootmishoone 2

## 7 INVESTEERINGUTE ANALÜÜS

Eesmärkide realiseerimiseks vajamineva investeeringu suuruseks kujunes kokku 900 000 eurot. Investeering sisaldab uut tootmishoonet, uut kappsäge ja skannerit, sae etteande mehhanismi ning materjali mahavõtmisliini. Planeeritud tootmishoone suurus on 1000 m<sup>2</sup> ja maksumus 300 000 eurot, mis teeb ruutmeetri hinnaks 300 eurot. Kappsae maksumus on 170 000 eurot. Sae etteande mehhanismi maksumus on samuti 170 000 eurot. Uue skanneri maksumus on 250 000 eurot. Materjali mahavõtmisliini maksumus on 10 000 eurot.

Tabelis 13 kajastuvad andmed on prognoositud Combilink OÜ reaalsetest aasta 2014 andmetest. Investeering saaks teoks aastal 2015.

Tabelis 13 prognoositavad arvud, mis näitavad tootmismahtu aastatel 2015-2021 on reaalsed, kuna ettevõtte teostab lisainvesteeringuid ja tänu sellele tõuseb ka tootmismaht.

Tabel 12. Investeeringute loend

<b>Liik</b>	<b>Nimetus</b>	<b>Maksumus</b>
1	Tootmishoone	300 000 €
2	Skanner	250 000 €
3	Kappsag	170 000 €
4	Sae Etteande mehhanism	170 000 €
5	Materjali mahavõtmisliin	10 000 €
	<b>Kokku:</b>	<b>900 000 €</b>

Tabel 13. Investeeringute analüüs

	1	2	3	4	5	6	7
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Tootismaht (m3)	741	6 178	6 733	6 733	6 924	6 924	6 924
Hind (EUR/m3)	373	373	373	373	373	373	373
<b>Netokäive (tuh. EUR)</b>							
Müügikäive	276.50	2 304.21	2 511.59	2 511.59	2 582.79	2 582.79	2 582.79
Muu käive	19.18	19.18	19.18	19.18	19.18	19.18	19.18
Saepuru	314.48	471.72	485.87	485.87	490.73	490.73	490.73
<b>Äritulud kokku</b>	<b>610.17</b>	<b>2 795.11</b>	<b>3 016.64</b>	<b>3 016.64</b>	<b>3 092.70</b>	<b>3 092.70</b>	<b>3 092.70</b>
<b>Tootmine</b>							
Saematerjali hind (EUR/m3)	199	199	199	199	199	199	199
Saematerjali maht (m3)	1 090	8 701	9 484	9 484	9 753	9 753	9 753
Tehnoloogiline väljatulek	0.680	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710
<b>Tootmiskulud (tuh. EUR)</b>							
Saematerjali hind tootmisele	216.9	1 731.4	1 887.3	1 887.3	1 940.8	1 940.8	1 940.8
Kuivati kulud	16	16	16	16	16	16	16
Liim	4.2	35.0	38.2	38.2	39.2	39.2	39.2
Elektrienergia	6.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Pakend	2.8	23.5	25.6	25.6	26.3	26.3	26.3
Remondikulu	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Transpordikulu	4.5	37.1	40.4	40.4	41.6	41.6	41.6
Palgakulud	69.33	171.39	173.11	174.84	176.59	178.35	180.14
Maksud	23.4	57.9	58.5	59.1	59.7	60.3	60.9
<b>Tootmiskulud kokku</b>	<b>347</b>	<b>2 086</b>	<b>2 253</b>	<b>2 255</b>	<b>2 314</b>	<b>2 316</b>	<b>2 319</b>
Inflatsioon	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%
<b>Püsikulud (tuh. EUR)</b>							
Kulum	69.23	138.46	138.46	138.46	138.46	138.46	138.46
Kindlustus	6.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Kontorikulu, side	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37
Muud kulud (koolitus, lähetused, jms)	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22
<b>Püsikulud kokku</b>	<b>75.73</b>	<b>146.97</b>	<b>146.99</b>	<b>147.00</b>	<b>147.02</b>	<b>147.03</b>	<b>147.05</b>
<b>Kulud kokku</b>	<b>423.01</b>	<b>2 232.94</b>	<b>2 399.68</b>	<b>2 402.01</b>	<b>2 460.82</b>	<b>2 463.20</b>	<b>2 465.60</b>
<b>Kasum enne intresse (tuh. EUR)</b>	<b>187</b>	<b>562</b>	<b>617</b>	<b>615</b>	<b>632</b>	<b>629</b>	<b>627</b>
intress	32	55	55	55	55	55	55
<b>Puhaskasum (tuh. EUR)</b>	<b>155</b>	<b>507</b>	<b>562</b>	<b>560</b>	<b>577</b>	<b>574</b>	<b>572</b>
<b>Investeering</b>	<b>-900</b>						
<b>Uus tootmishoone</b>	<b>300</b>						
<b>Uus saag</b>	<b>170</b>						
<b>Sae etteande liin</b>	<b>170</b>						
<b>Uus skanner</b>	<b>250</b>						
<b>Materjali mahavõtja</b>	<b>10</b>						
<b>Tootja ülejääk</b>	<b>224</b>	<b>646</b>	<b>700</b>	<b>698</b>	<b>715</b>	<b>713</b>	<b>711</b>

Tabel 14. Investeeringute analüüsi tulemus

<b>NPV (2015 - 2021)</b>	<b>1 750 512.74 €</b>
<b>MIRR (2015 - 2021)</b>	<b>25.48%</b>
<b>KT</b>	<b>593.66%</b>
<b>Tasuvusaeg</b>	<b>2.04</b>
<b>IRR</b>	<b>36.51%</b>
<b>AROR</b>	<b>28%</b>
<b>PI</b>	<b>1.95</b>

Projekti riskianalüüsi käigus arvatati välja investeeringu tasuvuse hindamise meetodid, milleks on NPV, MIRR, KT, IRR, AROR, PI ning ka projekti tasuvusaeg. Arvutused teostati aastast 2015 alates, mil on planeeritud investeerida ettevõttesse. Vastavad tulemused on välja toodud Tabelis 14.

Nüüdispuhasväärtuse arvutamise valem NPV:

$$NPV = \sum [CF_n / (1+K)^n] - I_0 \text{ €} \quad [23] \quad (7.1)$$

$$NPV = CF_1 / (1+K) + CF_2 / (1+K)^2 + \dots + CF_n / (1+K)^n - I_0 = \text{€} \quad [23]$$

Kus  $K$  = Nõutud tulunorm

$CF$  = Rahavood

$I_0$  = Esialgsed kulud

Kui  $NPV > 0$ , siis võetakse projekt vastu;

Kui  $NPV < 0$ , siis ei võeta vastu;

Kui  $NPV = 0$ , siis pole mõtet selle projektiga tegeleda, sest tulu ei ole.

Modifitseeritud sisemise rentaablu arvutamise valem MIRR:

$$MIRR = \sqrt[n]{\frac{FV}{PV}} - 1 \text{ \%} \quad [23] \quad (7.2)$$

Kus  $FV$  = Diskonteeritud positiivsed rahavood

$PV$  = Investeeringu suurus koos finantseerimiskuludega nüüdisväärtuses

$n$  = Perioodi pikkus, (aasta, kuu)

Projekti keskmise tulukuse kriteeriumi arvutamise valem KT :

$$KT = CF/I_0 \% \quad [24] \quad (7.3)$$

Kus CF = Rahavood (summa)

I<sub>0</sub> = Esialgsed kulud

Tasuvusaja arvutamise valem T:

$$T = I_0/CF \quad [23] \quad (7.4)$$

Kus I<sub>0</sub> = Esialgsed kulud

CF = Rahavood

T = Tasuvusaeg

Sisemise intressimäära arvutamise valem IRR:

$$IRR = - I_0 + CF_1/(1 + I_0) + CF_2/(1 + I_0)^2 + \dots + CF_n/(1 + I_0)^n = \% \quad [23] \quad (7.5)$$

Kus I<sub>0</sub> = Esialgsed kulud

CF = Rahavood

Kui IRR > nõutud tulunormist, siis võetakse vastu;

Kui IRR < nõutud tulunormist, siis ei võeta vastu;

Kui IRR = nõutud tulunormiga, siis sellega ei tegeleta.

Arvestusliku rentaabluse kriteeriumi arvutamise valem AROR:

$$AROR = AK/(I_0/2) \% \quad [24] \quad (7.6)$$

Kus AK = Arvestuslik kasum

I<sub>0</sub> = Esialgsed kulud

Kasumiindeksi arvutamise valem PI:

$$PI = \sum [CF_n / (1+K)^n] / I_0 \quad [23] \quad (7.7)$$

Kus K = Nõutud tulunorm

CF = Rahavood

I<sub>0</sub> = Esialgsed kulud

Kui PI > 0, siis võetakse vastu;

Kui PI < 0, siis ei võeta vastu;

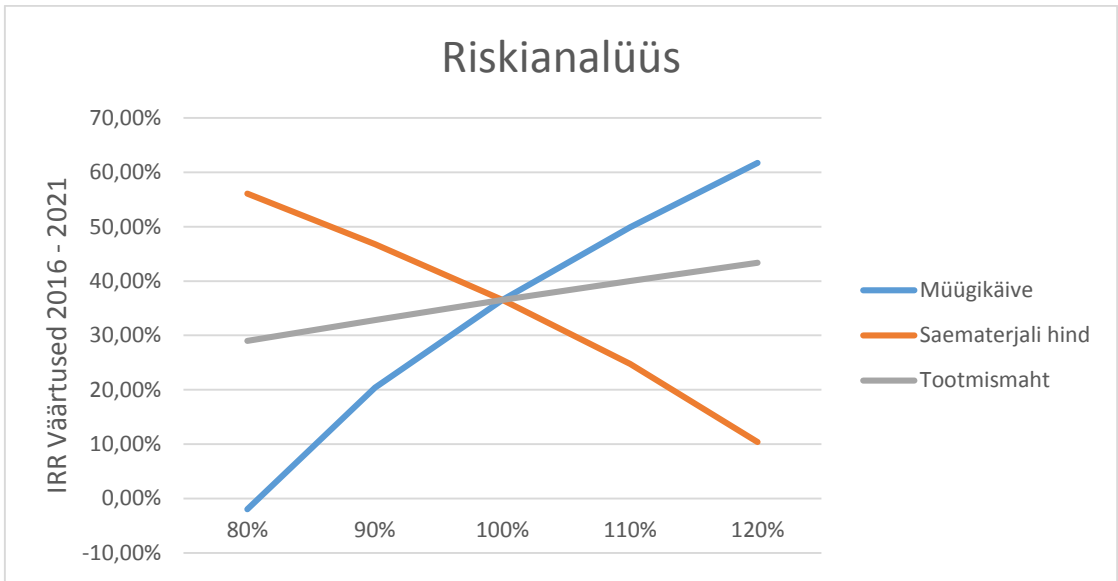
Kui PI = 0, siis pole mõtet tegeleda sellega.

Projekti kasumiindeks PI näitab seda, kas projekt tasub võtta vastu või lükata tagasi. Kui PI on suurem kui 0 või võrdne nulliga, siis on projekt tasuv ja see tuleks võtta vastu.

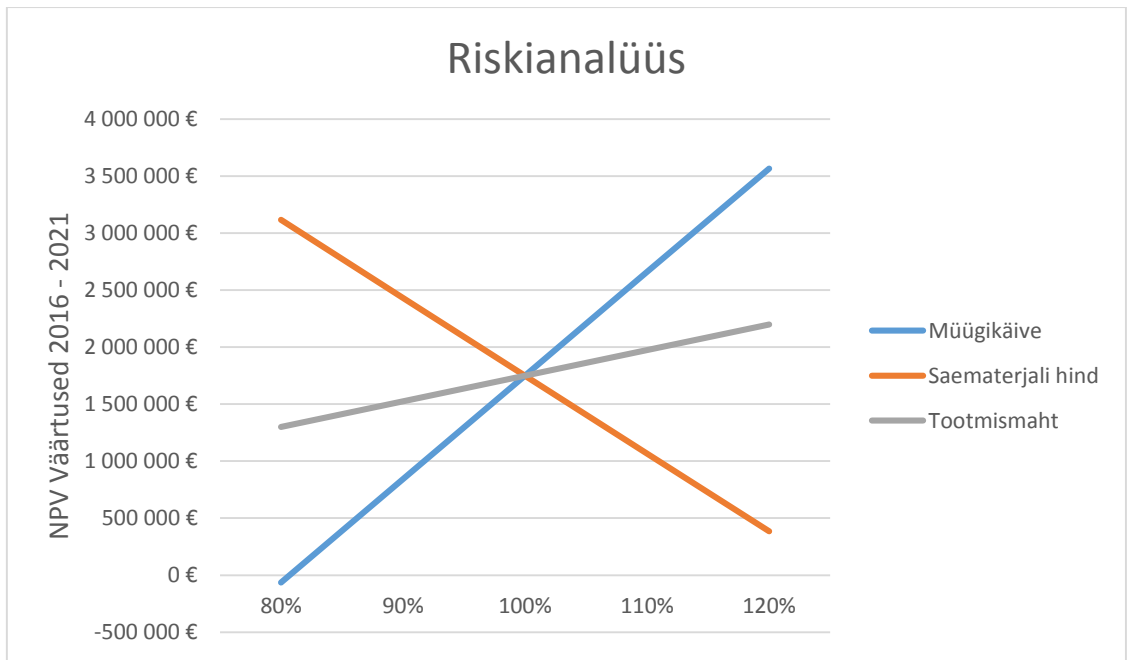
Projekti riskianalüüsi arvutamisel leiti põhikriteeriumid: Müügikäibe, saematerjali sisseostu hind ja tootmismahut, mida analüüsiti muutuja muutumise vahemikus -20% - +20%.

Nagu Joonisel 21 näeb, on projekt kõige tundlikum müügikäibe ja saematerjali sisseostu hinna muutumise suhtes. Joonisel 21 on vastavate joonte tõus ning langus kõige järsem. Kuna toodetakse suuremahuliselt, mõjutab tootmismahu langus või tõus projekti kõige vähem. Projekti üheks suuremaks mõjuteguriks on aga müügikäibe langus või tõus, mis on suhtes valmistoodangu müügihinnaga. Teiseks mõjuteguriks on sisse ostetava saematerjali hind ning selle muutumine.

Joonisel 21 on näha, et projekt on kõige tundlikum müügikäibe langusele ning saematerjali hinna tõusule.



Joonis 21. Projekti riskianalüüs IRR väärtuste järgi



Joonis 22. Projekti riskianalüüs NPV väärtuste järgi



## 8 TOOTLIKKUSARVUTUSED

### 8.1 Sõrmjätkamise seadme - Grecon Combipact 4 tootlikkus

Tabelis 15 on arvatud sõrmjätkamise seadme Grecon Combipact 4 tootlikkus kolmest erinevast kohast: freesimisüksusest, ristilükkajast ning pressimisüksusest, selgitamaks välja seadme kõige madalama tootlikkusega koha. Seade suudab minutis töödelda viis lauatait detaile. See ei olene ristlõikest, kuna seadme töölaud on fikseeritud laiusel (600 mm).

Ristilükkaja kiirus antud tabelis näitab töödeldavate detailide arvu minutis. See kiirus on aga seotud materjali ristlõikega. Ristilükkaja tootlikkus oleneb ka materjali pikkusest: lubatud materjali minimaalne pikkus on 140 mm ja maksimaalne pikkus on 600 mm. Mida väiksem on töödeldava materjali paksusmõõde, seda väiksem võiks ka olla ristilükkaja kiirus. See on tingitud materjali töötlemise käigus tekkivate ummistuste vältimiseks seadmes. Suuremate paksusmõõtude puhul juhtub ummistusi harvem või ei juhtu üldse, ning kiiruse saab keerata piirini (max kiirus on 120 det/min).

Pressimisüksuse tootlikkust antud Tabelis 15 mõjutab kõige enam pressimisaeg ehk kui palju pressi tsükleid suudab seade teostada (max 8 pressimistsükli minutis) ning pressitava materjali pikkus. Minimaalne pressitav pikkus on 3 000 mm ning maksimaalne pressitav pikkus 6 100 mm. Tabelis 15 on arvestatud pressi mahutavus pikkusega 4 420 mm, mis on Combilink OÜ tootmises kasutatav standardpikkus.

Freeslaura tootlikkuse arvutamise valem Ft :

$$F_t = a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e / 1000 \text{ m/vah}^{[20]} \quad (8.1)$$

- Kus
- a = Töölaua kiirus, töölauda/min
  - b = Detailide mahutavus freeslaural (600/f), tk
  - c = Detaili keskmine pikkus, mm
  - d = Vahetuse kestvus, Tvah
  - e = Hooldusaja koefitsient
  - f = Detaili paksus, mm

Ristilükkaja tootlikkuse arvutamise valem  $R_t$  :

$$R_t = a \cdot c \cdot d \cdot e / 1000 \text{ m/vah}^{[20]} \quad (8.2)$$

Kus  $a$  = Ristilükkaja kiirus, tk/min  
 $c$  = Detaili keskmine pikkus, mm  
 $d$  = Vahetuse kestvus, Tvah  
 $e$  = Hooldusaja koefitsient

Pressimisüksuse tootlikkuse arvutamise valem  $P_t$  :

$$P_t = a \cdot b \cdot d \cdot e / 1000 \text{ m/vah}^{[20]} \quad (8.3)$$

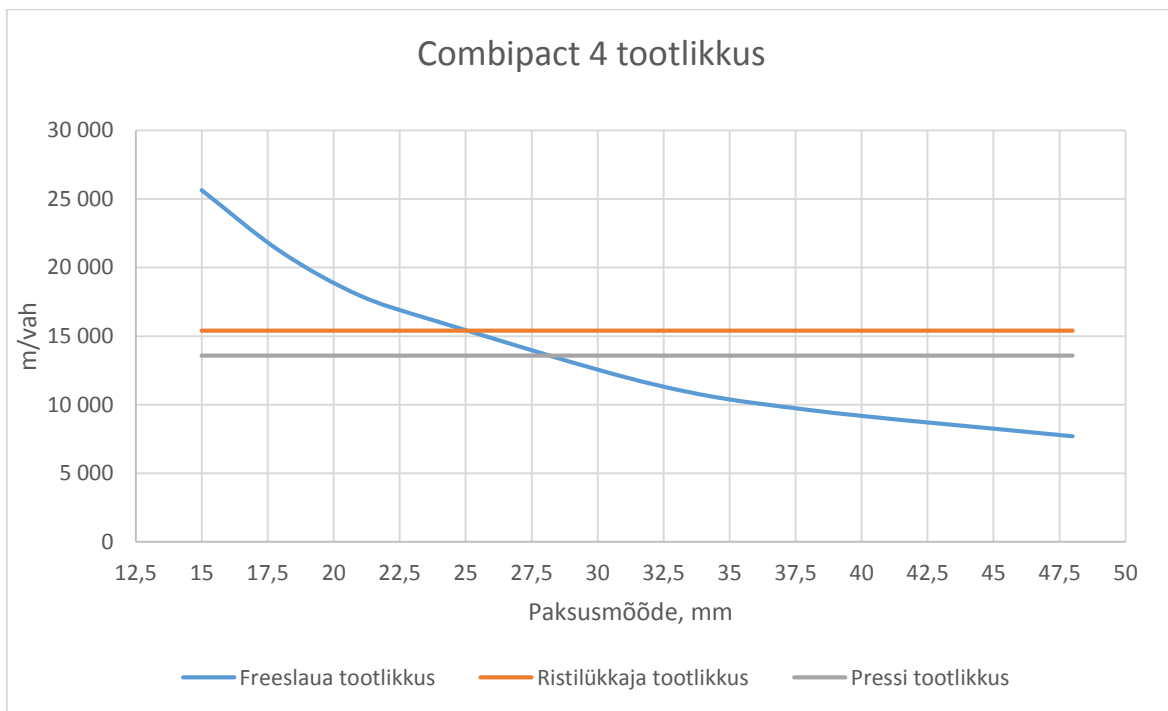
Kus  $a$  = Pressitava detaili pikkus, mm  
 $b$  = Pressi tsükel, tsükli/min  
 $d$  = Vahetuse kestvus, Tvah  
 $e$  = Hooldusaja koefitsient

Tabel 15. Seadme Combipact 4 tootlikkuse arvutused<sup>[20]</sup>

Jkr. Nr.	Materjali paksus, mm	Töölauda min	Ristilükkaja kiirus, tk/min	Pressitava det. Pikkus, mm	Pressi tsükel tsükli/min	Detaili laual, tk
1	15	5	120	4420	8	40
2	18	5	120	4420	8	33
3	21	5	120	4420	8	28
4	32	5	120	4420	8	18
5	38	5	120	4420	8	15
6	48	5	120	4420	8	12
Jkr. Nr.	Detaili keskmine pikkus, mm	Vahetuse kestvus, min	KT	Freeslaua tootlikkus, m/vah	Ristilükkaja tootlikkus, m/vah	Pressi tootlikkus, m/vah
1	334	480	0,8	25 651	15 391	13 578
2	334	480	0,8	21 162	15 391	13 578
3	334	480	0,8	17 956	15 391	13 578
4	334	480	0,8	11 543	15 391	13 578
5	334	480	0,8	9 619	15 391	13 578
6	334	480	0,8	7 695	15 391	13 578

Joonisel 24 on välja toodud tootmises kasutusel olevad ristlõiked ja nende suhe tootlikkusele, selgitamaks välja, millise paksusmõõduga materjal on seadmes kõige tootlikum. Jooniselt 24 on näha, et materjal paksusmõõduga 15 mm on kõige tootlikum freesimisüksusel. Kuid see ei mängi rolli, kuna ristilükkaja ning pressimisüksus on antud mõõdu puhul madalama tootlikkusega ning nemad osutuvad pudelikaelaks selle paksusega materjali töötlemisel.

Joonise 24 järgi kõige tootlikum paksusmõõduga materjal leiti kohast, kus toimub pressimisüksuse ja freesimisüksuse ristumine (ristumiskohast). See on kõige optimaalsem koht, kuna Joonis 23 järgi ei tohiks tekkida nii freesimisüksuses, pressimisüksuses kui ka ristilükkajas seisakuid näiteks materjali puudumise tõttu. Ristumiskoht jääb ristilükkaja tootlikkusele alla. Ristumiskoha järgi võib väita, et kõige suurema- ning efektiivsema tootlikkuse saame materjali paksusmõõduga 28 mm. Kuna sellise paksusmõõduga materjali tootmises ei kasutata, valiti mõõdule 28 mm tootmises kõige lähemal kasutusel olev mõõde, milleks on 32 mm. Sõrmjätkamise seadmele Combipact 4 kõige sobivam ning Joonise 24 järgi –tootlikum materjal on paksusmõõduga 32 mm. Lisaks on selle mõõdu eeliseks ka sorteerimine, mida tuleb teostada kaks korda vähem kui seda tehes paksusmõõduga 15 mm materjali puhul.



Joonis 23. Combipact 4 tootlikkus

## 8.2 Sõrmjätkamise seadme – Grecon Profijoint tootlikkus

Tabelis 16 on arvatud sõrmjätkamise seadme Profijoint tootlikkus kolmest erinevast kohast: freesimisüksusest, ristilükkajast ning pressimisüksusest, selgitamaks välja seadme kõige madalama tootlikkusega koha. Seade suudab töödelda maksimaalselt 4 töölauda minutis. Seadme töölaua laius on 500 mm.

Ristilükkaja kiirus antud tabelis näitab töödeldavate detailide arvu minutis. Maksimaalseks kiiruseks on 60 det/min, mis on poole aeglasem kui Combipact 4 seadme maksimaalne etteandekiirus. Ülejäänud ristilükkaja tootlikkust määravad kriteeriumid on samad mis Combipact 4 puhul.

Pressi tootlikkust antud tabelis mõjutab kõige enam pressimisaeg ehk kui palju pressi tsükleid suudab seade teostada (max 4 pressimistsükli minutis) ning pressitava materjali pikkus.

Minimaalne pressitav pikkus on 3 000 mm ning maksimaalne pressitav pikkus 6 100 mm on arvestatud pressi mahutavus pikkusega 4 420 mm, mis on Combilink OÜ ettevõtte tootmises kasutatav standartpikkus.

Freeslaua tootlikkuse arvutamise valem Ft :

$$F_t = a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e / 1000 \text{ m/vah}^{[21]} \quad (8.4)$$

- Kus
- a = Töölaua kiirus, töölauda/min
  - b = Detailide mahutavus freeslaual (500/f)
  - c = Detaili keskmine pikkus, mm
  - d = Vahetuse kestvus, Tvah
  - e = Hooldusaja Koefitsient
  - f = Detaili paksus, mm

Ristilükkaja tootlikkuse arvutamise valem Rt :

$$R_t = a \cdot c \cdot d \cdot e / 1000 \text{ m/vah}^{[21]} \quad (8.5)$$

- Kus
- a = Ristilükkaja kiirus, tk/min
  - c = Detaili keskmine pikkus, mm
  - d = Vahetuse kestvus, min/vah

e = Hooldusaja koefitsient

Pressimisüksuse tootlikkuse arvutamise valem Pt :

$$Pt = a*b*d*e/1000 \text{ m/Tvah}^{[21]} \quad (8.6)$$

Kus a = Pressitava detaili pikkus, mm

b = Pressi tsükkel, tsükli/min

d = Vahetuse kestvus, Tvah

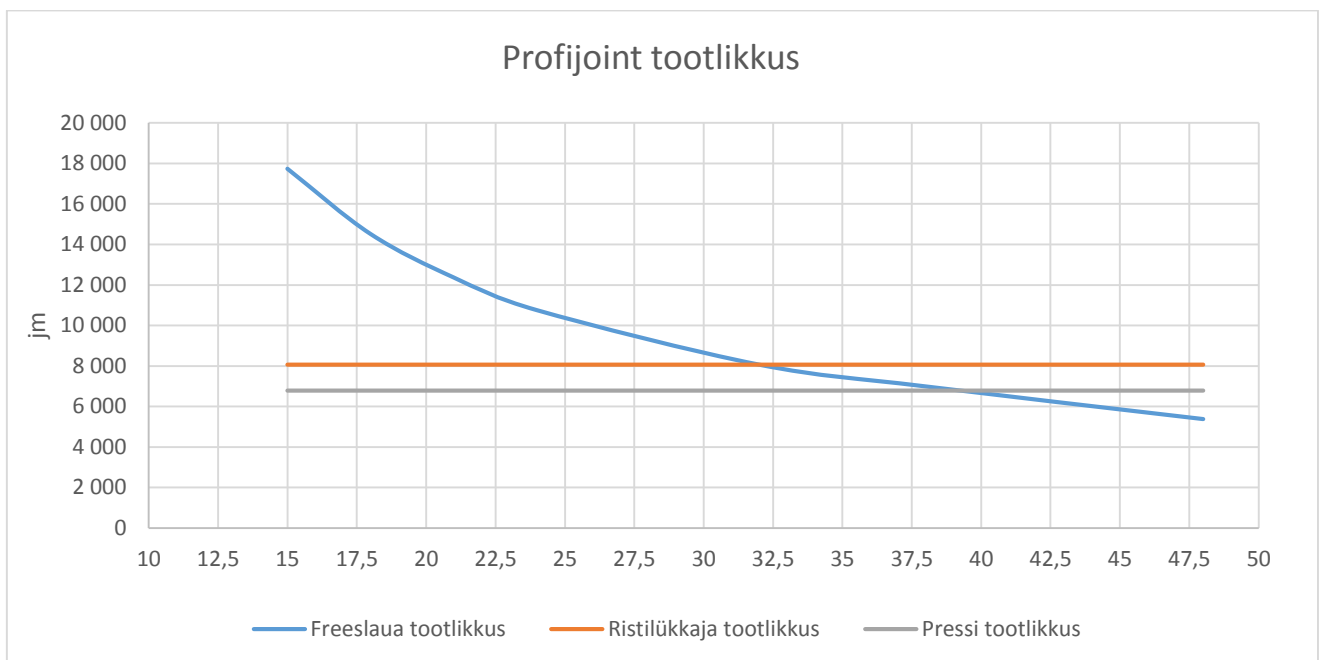
e = Hooldusaja koefitsient

Tabel 16. Seadme Profijoint tootlikkuse arvutused <sup>[21]</sup>

Jkr. Nr.	Materjali paksus, mm	Töölauda min	Ristilükkaja a kiirus, tk/vah	Pressi mahutavus, mm	Pressi tsükkel tsükli/min	Detaili laual, tk
1	15	4	60	4420	4	33
2	18	4	60	4420	4	27
3	21	4	60	4420	4	23
4	32	4	60	4420	4	15
5	38	4	60	4420	4	13
6	48	4	60	4420	4	10
Jkr. Nr.	Detaili keskmine pikkus, mm	Vahetuse kestvus, min	KT	Freeslaua tootlikkus, m/vah	Ristilükkaja tootlikkus, m/vah	Pressi tootlikkus, m/vah
1	350	480	0,8	17 741	8 064	6 789
2	350	480	0,8	14 515	8 064	6 789
3	350	480	0,8	12 365	8 064	6 789
4	350	480	0,8	8 064	8 064	6 789
5	350	480	0,8	6 989	8 064	6 789
6	350	480	0,8	5 376	8 064	6 789

Joonisel 25 on välja toodud tootmises kasutusel olevad ristlõiked ja nende suhe tootlikkuse, selgitamiseks välja millise paksusmõõduga materjal on seadmes kõige tootlikum. Jooniselt 25 võib lugeda välja, et Profijoint seadmel on samuti paksusmõõduga materjal 15 mm kõige tootlikum freesimisüksuses. See ei mängi rolli, kuna ristilükkaja ning pressimisüksus on madalama tootlikkusega ning nemad osutuvad pudelikaelaks selle paksusega materjali töötlemisel.

Joonise 25 järgi kõige tootlikum paksusmõõduga materjal leiti kohast, kus toimub pressimisüksuse ja freesimisüksuse ristumine (ristumiskohast). See on kõige optimaalsem koht, kuna joonise järgi ei tohiks tekkida nii freesimisüksuses, pressimisüksuses kui ka ristilükkajas seisakuid näiteks materjali puudumise tõttu. Joonise 25 järgi jääb ristumiskoht ristilükkaja tootlikkusele alla ning see ei osutu seadmel pudelikaelaks. Ristumiskoha järgi võib väita, et nii suurema tootlikkuse kui ka efektiivsusega materjaliks osutub materjal paksusmõõduga 38 mm.



Joonis 24. Profijoint tootlikkus

### 8.3 Kappimissae Dimter OptiCut 450 Quantum II tootlikkus

Kappsae Dimter OptiCut 450 Quantum II tootlikkuse arvutamiseks koostati tabel, mis kajastab sae 2014 aasta keskmisi statistilisi andmeid kuude lõikes. Tabelis 17 on välja toodud 2014 aasta töödeldava materjali keskmine pikkus ning keskmine ajakulu ühe laua töötlemiseks. Nende näitajate abil arvutatakse sae tootlikkus.

Kappsae tootlikkuse arvutamise valem:

$$a * (s/b) = m/min \quad [25] \quad (8.7)$$

Kus  $a$  = Materjali pikkus, m

b = töötlemise aeg laua kohta, s

s = 60 sekundit

Tvah = 480 min

$$4,14 * (60/6,56) = 37,85 \text{ m/min}$$

$$37,85 * 480 = 18\,168 \text{ m/tvah}$$

Arvutustehest loeb välja, et sae tootlikkus on 37,85 m/min, mis teeb vahetuses kokku 18 168 m. Ettevõtte saab sellest 18 168 m kätte 70% ehk 13 975,38 m. Protsent koosneb jäätmetest, teostavate lõigete arvust ja sõrmjätkamise tehnoloogilisest kaost.

Arvu 14 534,4m tuleks pidada seadme tootlikkuseks, kuna see on maht, mida saab ettevõtte peaaegu täielikult ära kasutada järgmises tootmisetapis.

Tabel 17. Kappsae tootlikkuse arvutamise näitajad 2014 aastal

<b>Kappsae keskmine tootlikkus</b>		
	laua pikkus, m	s laua kohta
jaanuar	3,98	6,21
veebruar	4,05	6,39
märts	4,06	6,72
aprill	4,08	6,55
mai	4,25	6,85
juuni	4,30	6,78
juuli	4,21	6,42
august	4,15	6,42
september	4,20	6,41
oktoober	4,12	6,51
november	4,11	6,60
detsember	4,14	6,83
<b>Kokku:</b>	<b>4,14</b>	<b>6,56</b>

## 8.4 Nelikanthöövelpingi Weinig Hydromat 23C tootlikkus

Antud nelikanthöövelpingi tootlikkuse arvutamisel kasutati kahte erinevat tootlikkuse valemit.

Nelikanthöövelpingi tootlikkuse arvutamise valem:

$$A = T_{\text{vah}} * K_t * K_m * K * u * n/L \text{ tk/vah}^{[17]} \quad (8.8)$$

Kus  $T_{\text{vah}}$  = vahetuse kestvus, min (480)

$K_t$  = tööaja ära kasutamise koefitsient = 0,9

$K_m$  = toorikule pikkusega kuni 0,5 m = 0,9; kuni 2 m = 0,95

$K$  = libisemist arvestav tegur = 0,9

$u$  = eendekiirus, m/min

$n$  = kordsus pikkuses

$L$  = tooriku pikkus, m

$$A = 480 * 0,9 * 0,9 * 0,9 * 60 * 4,14 * 1 / 4,14 = 27\,944 \text{ tk/vah}$$

Kui soovitakse teada saada seadme tootlikkust ühes tunnis, tuleks jagada arv 27 944 arvuga 8, mis näitab tundide arvu vahetuses.

$$27\,944 / 8 = 3\,499 \text{ tk/h}$$

Nelikanthöövli tootlikkuse arvutamise valem 2:

$$A = u * T_{\text{vah}} \text{ m/vah}^{[17]} \quad (8.9)$$

Kus  $u$  = eendekiirus, m/min

$T_{\text{vah}}$  = vahetuse kestvus, min (480)

$$A = 80 * 480 = 38\,400 \text{ m/vah}$$

$$38\,400 / 8 = 4\,800 \text{ m/h}$$

Valem 8.8 tundub olevat täpsem ja tulemus reaalsem ning autor kasutab seda ka edaspidi.



# KOKKUVÕTE

Käesolev magistritöö on kirjutatud teemal: Combilink OÜ tootlikkuse suurendamine. Töö lõpptulemusena täideti töö alguses püstitatud eesmärk töötada välja tehnoloogiline lahendus Combilink OÜ uuele tootmishoonele koos uute, kaasaegsete seadmete ja liinidega ning teostati tasuvusarvutused. Combilink OÜ tegeleb tellimispõhise männipuidust sõrmjätkatud materjali tootmisega liistu-, akna-, ukse- ja mööblitööstustele. Firma põhitoodanguks on oksavabast sõrmjätkatud männipuidust liistutoorikute valmistamine. Vajadus uue tootmishoone järgi oli tingitud suurenenud nõudlusest sõrmjätkatud materjali järele. Töö käigus analüüsiti olemasolevat tootmisprotsessi, uuriti tootmisstatistikat ja arvutati seadmete tootlikkused. Analüüsi käigus andis kõige parema ülevaate seadmete tootlikkuse võrdlusgraafik, kus oli selgelt näha milline seade on tootmises kitsaskohaks. Tootmise kitsaskohtade leidmisel ja nende likvideerimisel kasutati peamiselt statistilist metoodikat.

Analüüsi tulemuste põhjal pakkus autor lahenduseks lisada olemasoleva kappsae kõrvale uus kappsaa. Kuna lisatav seade ei mahu tootmishoonesse, tuleks juurde ehitada uus tootmishoone, mis mahutaks ära kõik juurde tulevad seadmed. Autor pakkus omaltpoolt välja kaks eri lahendusega tootmishoone plaani, millest üks ei erine hetkel kasutusel olevast tootmisplaanist. Teise tootmishoone plaani eeliseks on sinna sisse planeeritud materjalikuur ning lisa laopind. Lisaks sellele muutub tootmine läbivaks protsessiks, mis muudab materjali liikumise tootmises efektiivsemaks.

Arvestades väljapakutud rakenduse lahendust, tuleb teha 900 000 € investeering, mis hõlmab endas uut tootmishoonet, materjali mahavõtmissiini, skannerit, sae etteande liini ja kappsaa ning investeeringu amortisatsiooniks on planeeritud 7 aastat. Investeering loob 15le inimesele uue töökoha, kelle netopalgaks tuleks keskmiselt 952 € ning selle tulemusena peaks ettevõtte tootlikkus tõusma 2021 aastaks 24 141 m<sup>3</sup>, mis on 64% rohkem kui aastal 2014 (12 355 m<sup>3</sup>). Autori lahenduse põhjal sai koostatud ka ettevõtte investeeringute analüüs, mis hõlmas teostatava investeeringu tasuvusaja ning kasumiindeksi PI arvutust ning teisi analüüsiks vajaminevaid parameetreid (NPV, IRR, MIRR, AROR, KT).

Töö koostamisel kasutatud metoodika oli teemakohane ning andis hea ülevaate püstitatud eesmärkide lahendamisest. Töö koostamise käigus sai autor oma silmaringi laiendada lugedes teemapõhist kirjandust, rakendada töös olemasolevaid kogemusi ja teadmisi, lisaks koguda-, analüüsida- ning töödelda erinevaid tootmisandmeid ning uurides ja analüüsides tootmisprotsessi.

Magistritööle püstitatud eesmärgist selgus, et uue tootmishoone rajamine koos kaasaegsete seadmetega ja neile teostatud investeeringutega oleks projekt nii tootlikkuse kui ka investeerimise mõttes efektiivne. Lisaks annaks juurde olulise panuse ettevõtte edasisele arengule ning kulusäästlikumale tootmisele.

## SUMMARY

The topic of the master's thesis is: „Increasing the productivity of Combilink OÜ”. The theme was chosen by the author. The aim of the thesis was to accomplish a new technological solution for the new production unit with a new modern equipment and lines and these were all proposed with feasibility calculations. Combilink OÜ company is entirely based on Estonian capital and it produces order-based finger-jointed pine material for the molding, window, door and furniture industries. The Company's main product is the preform board of finger-jointed knot-free pine wood trim preform fabrication. The need for a new production unit is due to the fact, that there is an increased demand for finger-jointed material. The existing production work process was researched and afterwards analyzed with statistical methods. Production equipment productivity was calculated on the basis of production equipment productivity. The equipment productivity comparison chart was made in the analysis part of the thesis. This chart gave a better understanding which device is the production's bottlenecks. Analysis of production bottlenecks and their elimination was mainly done by statistical methodology.

Based on the results, the suggested solution is to add a new tamper saw next to the existing one. Since there is no room for the new device, a new production building should be built which will hold all the new coming devices. The advantage of the planned production facility is a material shed. In addition the production process becomes pervasive, which makes the movement of the material in the production more efficient.

Considering the proposed solution, there should be made an investment worth of 900 000 € which includes a new production building, material line, scanner, saw feeding unit and tamper saw. Investment amortisation is planned after 7 years. Investment brings 15 new jobs. Thanks to the result of investment the company's productivity should rise to 24 141 m<sup>3</sup> by the year 2021, which is 64% more than in 2014 (12 355 m<sup>3</sup>).

Based on the author's solutions of the author, company's new investments analysis was done which included calculation of planned investment payback period and return index and other parameters needed for the analysis (NPV, IRR, MIRR, AROR, KT).

Used methodology was appropriate and gave a good overview of solving the objectives. During the preparation of the master's thesis, the author was enabled to collect, analyze and proceed different productivity data.

From the purposes stated in the master's thesis and after making investment analysis it appeared that the construction of the new production facilities with modern equipment would be effective

in terms of productivity and investment, providing a significant contribution to the company's further development and cost-efficient manufacturing.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Combilink OÜ, Kodulehekülg, [WWW],  
<http://www.combilink.ee/mannipuidust-sormjatkatud-toorikute-tootmine/>. (28 05 2015).
2. System TM Opti-Feed 6000 Concept 3., Kodulehekülg, [WWW],  
<http://www.systemtm.com/Video-OptiFeed-6000---Concept-3.136.aspx>. (27 05 2015).
3. Originaalkasutusjuhend Weinig Hydromat 23C,
4. Luxscan, „Combi-Scan,“  
[http://www.luxscan.com/mmp/online/website\\_old/content/products/61/file\\_191/combi-scanen.pdf](http://www.luxscan.com/mmp/online/website_old/content/products/61/file_191/combi-scanen.pdf) . (7 05 2015).
5. Dimter OptiCut 450 Quantum II, [WWW],  
<http://www.weinig.com/C1256FAF0043EEBF/vwContentByKey/W26DRKGA635ALPADE/>.
6. Originaalkasutusjuhendi tõlge Sõrmjätkseade Profijoint, 2005..
7. Originaalkasutusjuhendi tõlge Sõrmjätkseade Combipact 4, 2006.
8. Toftan AS, Kodulehekülg, [WWW], <http://www.toftan.ee/>.(05 06 2015).
9. Barrus AS, Kodulehekülg, [WWW], <http://www.barrus.ee/>. (28 05 2015).
10. Combimill Sakala OÜ, Kodulehekülg, [WWW], <http://www.combimill.ee/>. (27 05 2015).
11. Laesti AS, Kodulehekülg, [WWW], <http://laesti.ee/>. (27 05 2015).
12. Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski, Kodulehekülg, [WWW],  
<http://buildingandliving.storaenso.com/>. (27 05 2015).
13. T. Eller, „Puidu järeltootmine E-Kursus Puidutöötlemise Tehnoloogia,“ 2010.  
[http://www.eope.ee/\\_download/euni\\_repository/file/2497/Puidut%C3%B6%C3%B6tlemise%20tehnoloogia%201.%20ja%202.%20osa%20TEller.pdf](http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/2497/Puidut%C3%B6%C3%B6tlemise%20tehnoloogia%201.%20ja%202.%20osa%20TEller.pdf).  
(27 05 2015).
14. T. Eller, „Nelikanthöövelpingi kinemaatilise skeem,“ [WWW],  
[http://eope.khk.ee/ek/2010/puidu\\_masintootlemise\\_tehnoloogia/Hoovelpingid/nelikanthvel.html](http://eope.khk.ee/ek/2010/puidu_masintootlemise_tehnoloogia/Hoovelpingid/nelikanthvel.html). (27 05 2015).
15. System TM Opti-Kap, Kodulehekülg, [WWW].  
<http://www.systemtm.com/Opti-Kap-5000.128.aspx>. (27 05 2015).

16. Paul CNC Optimizing Cross-Cut Line Series C14 II, Kodulehekülg, [WWW], <http://www.paul.eu/en/produkte/kreissaege-technik/kappsysteme/modellreihe-c14ii.html>. (27 05 2015).
17. Holzoptimierung Nord GmbH & Co. KG, „Sörmjätkseade Combipact 4.“ nr Originaalkasutusjuhendi tõlge , 2006.
18. T. Tering, „Puittoodete tehnoloogia,“ 2002.
19. R. Laen, Investeeringuarvutus, Külim, 1999.
20. Weinig, „Sörmjätkamise seadme Combipact 4 Tootlikkusarvutus“.
21. Weinig, „Sörmjätkamise seadme Profijoint Tootlikkusarvutus“.
22. V. Z. Sander Karu, Rahakäibe Juhtimine II osa, Tartu: Rafiko, 2001.
23. V. Aruste, Finantsanalüüs, Haabneeme: Forenia, 2007.
24. R. C. Higgins, Analysis for Financial Management, Homewood, Illinois, 1989.
25. Weinig, „Opticut 450 Quantum II“.

# LISAD

Lisa 1

## FOLCO LIT X 3000

### Üldised andmed.

Produkti iseloomustus: **FOLCO LIT X 3000** on täiteaineta, polüvinüülatsetaadil põhinev dispersioonliim.

Kasutus: Pinnaliimimine, s.h. HPL/CPL nii kuumpressides kui külmalt; tiseritööd; pehmest puust lamellide liimimine. Tugevamate puiduliikide korral on soovitatav teha eelnevad katsed.

Omadused: Kõrge veekindlus, vastavalt DIN EN 204 D3 grupi liim.; Kõrge kuumustaluvus: > 7N/mm<sup>2</sup>, vastavalt DIN EN 14257 ( WATT 91)

### Iseloomulikud näitajad:

Viskoossus (täitmispäeval): ca' 13.000 mPa.s ( Brookfield RVT, 20°C, Sp. 6, 20 Upm.)  
pH- väärtus: ca' 3

Valgepunkt: ca' +6°C  
Tihedus: ca\* 1,08 g/cm<sup>3</sup>  
Avatud oleku aeg: max 10-14 min.

### Kasutuseeskirjad:

Puidu ettevalmistus: Liimitavad pinnad peavad olema puhtad, tolmu- ja rasvavabad. Kui liimitavad pinnad ei ole täpselt töödeldud, pikeneb pressimise aeg ja väheneb liimivuugi tugevus.

Käsitlemine. Sellised faktorid nagu temperatuur, niiskus, materjali imamisvõime, peale kantud liimikogus, pinged materjalis avaldavad erinevat mõju nakkumis-, -pressimis- ja avatud oleku aegadele.

Soojus mõjul kiireneb nakkuvus ja vähendab avatud oleku aega. Heade töötulemuste saamiseks soovitame lähtuda järgmistest andmetest.

Ruumi-, materjali- ja liimitemperatuur 18-22 °C  
Relatiivne õhuniiskus: 60-70 %  
Puiduniiskus (peaks olema sarnane hilisema kasutuskohaga)

Sisetingimustes: ca' 6-10 %  
Välitingimustes: ca' 11-15 %  
Liimikogused:  
Pinnaliimimine: 80-150 g/m<sup>2</sup>  
Pinnaliimimine läbijooksuga pressides: 50-80 g/m<sup>2</sup>

Lamellide liimimine ja tislari tööd:	100-180 g/m <sup>2</sup>
Pressisurve pingvaba materjali puhul:	0,1-1 N/mm <sup>2</sup>
Minimaalsed pressimisajad:	
Pinnaliimimine 70°C	ca' 1,5 min.
20°C	45- 60 min.
Pinnaliimimine lühikese taktiga pressides:	7-15 sek.
Lamellide liimimine ja tislari tööd:	12-30 min.

Liim FALCO LIT X 3000 kantakse peale tavaliste liimimisvahenditega ühe-või kahepoolselt. Liimikogus sõltub liimitavate materjalide imamisvõimest ja nende pealispinnast. Liim ühtlaset peale kanda. Ei ole soovitatav liimida kui materjali- ja ruumi temperatuurid on alla +10°C.

Liimitavad detailid tuleb avatud aja jooksul kokku suruda ja pressida seni kui on saavutatud küllaldane algnakkuvus.

Liimivuugi lõpptugevus ja niiskuse taluvus saavutatakse 7 päeva möödudes.

**Puidu värvuse muutumine.** Tavaliselt kirjeldatud liim ei põhjusta puidu värvuse muutumist. Üksikutel juhtudel, sõltuvalt puidus sisalduvatest ainetest võib liim kutsuda esile värvimuutuse. Soovitatav on teha eelnevad katsetused.

**Puhastamine:** Enne liimi kuivamist tuleks tööriistad veega puhastada.

**Muud märkused:** Liim FOLCO LIT X 3000 ei vaja ohtlik aine ja ei vaja eraldi ohutähist.

**Ladustamine.:** Originaalpakendis ja normaalsete hoiutingimuste korral säilitab liim oma stabiilsuse 6 kuu vältel. Liimi tuleb hoida jahedas kohas, kaitstuna külma eest. Pikaajaline hoiustamine, temperatuuril üle +25°C, võib kaasa tuua liimi stabiilsuse vähenemise. Pärast pikaajalist seismist on soovitatav liim läbi segada.

Liim on enne tootmisest lahkumist tootja kvaliteedikontrolli poolt kontrollitud. Sõltuvalt hoiutingimustest ja – ajast võivad liimi omadused tema piirväärtustest erineda. Käesoleva produkti kasutamisvaldkond põhineb tootja põhjalikul arendustööl ja pikaajalisel praktilistel kogemustel. Mitmesugused teised kasutajapoolsed nõudmised, erinevatel tingimustel, nõuab kasutajalt täiendavaid katsetusi. Liimi kasutusvaldkond piirdub selles tehnilises informatsioonis toodud andmetega. Kõigil teistel soovitud kasutusjuhtudel on vajalik täiendav kirjalik kokkulepe müüja ja kasutaja vahel.

Tehniline seis: 03.06.2011