



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

TÕHUSUSE TÕSTMINE TOOTMISETTEVÕTTE EOLANE TALLINN AS TARNEAHELAS

IMPROVING EFFICIENCY IN A MANUFACTURING COMPANY EOLANE TALLINN LTD SUPPLY CHAIN

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Urmas Uudemets

Üliõpilaskood: 183112EALM

Juhendaja: Jelizaveta Janno, PhD

Tallinn 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

(kuupäev digiallkirjas)

Autor: Urmas Uudemets

/digitaalselt allkirjastatud/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Jelizaveta Janno

/digitaalselt allkirjastatud/

Kaitsmisele lubatud

(kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jelizaveta Janno

/digitaalselt allkirjastatud/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Urmas Uudemets (sünnikuupäev: 16.02.1986.)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Tõhususe tõstmine tootmisettevõtte Eolane Tallinn AS tarneahelas,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Jelizaveta Janno, PhD

(juhendaja nimi)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

Urmas Uudemets, /digitaalselt allkirjastatud/

(kuupäev digiallkirjas)

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Urmas Uudemets, 183112EALM

Õppekava, peeriala: EALM02/18 – Logistika, tarneahela juhtimise suund

Juhendaja(d): Jelizaveta Janno, PhD

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Tõhususe tõstmine tootmisettevõtte Eolane Tallinn AS tarneahelas

(inglise keeles) Improving Efficiency in a Manufacturing Company Eolane Tallinn

LTD Supply Chain

Lõputöö põhieesmärgid:

Leida tõhusaim varude juhtimise ja tootmise planeerimise strateegia optimeerimaks ettevõtte kogukulusid.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Magistritöö kavandi välja töötamine ja kaitsmine	26.11.2019
2.	Magistritöö koostamine ja esitamine	25.05.2020
3.	Magistritöö kaitsmine	01.06.2020

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "25"Mai 2020.a

Üliõpilane: Urmas Uudemets, /digitaalselt allkirjastatud/, (kuupäev digiallkirjas)
/allkiri/

Juhendaja: Jelizaveta Janno, /digitaalselt allkirjastatud/, (kuupäev digiallkirjas)
/allkiri/

Programmi juht: Jelizaveta Janno, /digitaalselt allkirjastatud/, (kuupäev digiallkirjas)

/allkiri/

Käesolevale magistritööle kehtestada avaldamispiirang 5 aastat alates kaitsmisest tulenevalt uuritava ettevõtte ärisaladuse iseloomuga andmete kasutamisest töös.

Avaldamispiirangu aluseks on ettevõtte juhatuse liikme allkirjastatud avaldus 25. märtsi 2020. aasta kuupäevaga, mille tekst on järgnevalt välja toodud all.

Avaldus

Palun seada Urmas Uudemets-a magistritööle „Tõhususe tõstmine tootmisettevõtte Eolane Tallinn AS tarneahelas“ avaldamispiirang 5 aastat alates kaitsmisest.

Avaldamispiirangu põhjuseks on töös kasutatavate andmete ärisaladuse iseloom.

25.03.2020

Tuuli Tromp

Eolane Tallinn AS juhatuse liige

/Digitaalselt allkirjastatud/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	10
1 TEOREETILINE OSA	13
1.1 Klienditeeninduse tase kui ettevõtte peamine tulemusnäitaja	13
1.2 Piirangute teooria	15
1.3 Koostöö ja strateegia tarneahelas	18
1.4 Laovarude omamise kulud ning kulukomponendid	21
1.5 Materjalivarude juhtimine	23
1.6 Tootmisliinid ja tootmise planeerimine	26
1.7 Ülevaade varasematest uuringutest	29
2 LÄHTEÜLESANNE	32
2.1 Eolane Tallinn AS	32
2.2 Ettevõtte põhistrateegiate kitsaskohad	37
2.3 Lähteolukord	39
2.4 Uurimisülesanne	42
3 METOODIKA	44
3.1 Uurimisstrateegia ja valim	44
3.2 Tootmise planeerimine ja tootmise seisakud	48
3.3 Tootmisliinide seisaegade kulu	51
3.4 Varude omamise kogukulu	53
4 ANALÜÜS JA SÜNTEES	56
4.1 Tootmise seisakute kestvus ja kulu	56
4.2 Defitsiidiga tootmisplaani ning puuduvate materjalide hind	58
4.3 Laokulud	60
4.4 Tootmise planeerimise üksus	62
4.5 Tootmisliinide seisakud	63
4.6 Tulemuste formuleerimine	67
4.7 Järeldused ja ettepanekud	69
KOKKUVÕTE	72
SUMMARY	74
Kasutatud allikad	76

EESSÕNA

Käesoleva töö pealkiri on „Tõhususe tõstmine tootmisettevõtte Eolane Tallinn AS tarneahelas“.

Käesoleva magistritöö uurimisobjektiks on elektroonika tootmisteenus (inglise keeles *Electronics Manufacturing Services*, edaspidi *EMS*) pakkuva ettevõtte Eolane Tallinn AS varude juhtimise ja tootmise planeerimise strateegia. Uurimisprobleem seisneb ettevõtte tootmise planeerimise ja varude juhtimise ebatõhususes. Töö eesmärk oli optimeerida ettevõtte tootmise kulude ja laovarude omamise kogukulu, muutes tootmise planeerimise alusprintsipi reaalsel laoseisul baseeruvaks. Uurimistöö tulemusena tehakse ettepanek ettevõtte tarneahela strateegia muutmiseks, mis läbi suureneb ettevõtte tootmistegevuse kulutõhusus.

Teoreetilise tausta läbitöötamise ja ettevõtte hetkeolukorra kaardistamise teel tuvastas autor varude juhtimise ja tootmise planeerimise meetodid, mida rakendades on ettevõttel potentsiaali ettevõtte tarneahela ja tootmise kogukulu optimeerimiseks. Uurimustöö läbi viimiseks kasutati juhtumiuuringu strateegiat. Töö resultaatidini jõudmiseks analüüsis töö autor erinevaid tänases situatsioonis ettevõttes tekkivaid kulukomponente ning andmeid tootmisliinide seisakute kohta leidmaks kulud, mida oleks võimalik vähendada. Teiselt poolt analüüsiti tootmiseseisakute kestvuse vähendamise kaasa tuuva kõrgema laovaru kulu, saamaks teada, kumma kulu eelistamine oleks ettevõtte tulemuslikkusele positiivsema mõjuga.

Analüüsist selgus, et uuritud strateegia muutmine võimaldaks ettevõttel optimeerida tootmise ja tarneahela kogukulusid. Teostatud analüüsi tulemusena osutus optimaalseks strateegiaks tootmise planeerimine vastu reaalsel laoseisul. Tuginedes analüüsi tulemustele sõnastas autor ettepanekud täiendavateks parendustegevusteks.

Märksõnad: varude juhtimine, tootmise planeerimine, tõhusus, tarneahela kogukulud.

LÜHENDITE LOETELU

<i>BOM</i>	Toote retsept (<i>Bill of Material</i>)
<i>BSSH</i>	Tagurpidi tootmise planeerimise meetod (<i>Backward Synchronized Scheduling Heuristic</i>)
<i>DDMRP</i>	Nõudluse juhitud materjalivajaduse planeerimine (<i>Demand Driven Material Requirements Planning</i>)
<i>DOS</i>	Varude käibekiirus (<i>Days of Supply</i>)
<i>EDI</i>	Elektroniline andmevahetus (<i>Electronic Data Interchange</i>)
<i>EMS</i>	Elektronika tootmisteenus (<i>Electronics Manufacturing Service</i>)
<i>EOL</i>	Toote elukaare lõpp (<i>End of Life</i>)
<i>ERP</i>	Ettevõtte majandustarkvara (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
<i>FTE</i>	Täistööajaga töötava töötaja ekvivalent (<i>Full Time Equivalent</i>)
<i>IKT</i>	Info- ja Kommunikatsioonitehnoloogia (<i>Information and Communication Technology</i>)
<i>JIC</i>	Igaks juhuks varem (<i>Just in Case</i>)
<i>JIT</i>	Täppisajastamine (<i>Just in Time</i>)
<i>KPI</i>	Tulemuslikkuse võtmenäitaja (<i>Key Performance Indicator</i>)
<i>LTB</i>	Viimane tellimus (<i>Last Time Buy</i>)
<i>MPS</i>	Peamine tootmisplaan (<i>Master Production Schedule</i>)
<i>MRP</i>	Tootmisressursside planeerimine (<i>Manufacturing Resource Planning</i>)
<i>MRP</i>	Materjalivajaduse planeerimine (<i>Material Requirements Planning</i>)
<i>MTO</i>	Tellimuspõhine tootmine (<i>Make to Order</i>)
<i>MTS</i>	Lattu tootmine (<i>Make to Stock</i>)

<i>NPI</i>	Uue toote juurutamine (<i>New Product Introduction</i>)
<i>OPT</i>	Optimeeritud tootmisgraafikute loomise tarkvara (<i>Optimized Production Timetables</i>)
<i>OTIF</i>	Õigeaegne tarne tellitud koguses, tarnetäpsuse mõõdik (<i>On Time In Full</i>)
<i>PCB</i>	Trükkplaat (<i>Printed Circuit Board</i>)
<i>PPF</i>	Tootmisplaani täitmise mõõdik (<i>Production Plan Fulfillment</i>)
<i>R&D</i>	Tootearendus (<i>Research and Development</i>)
<i>SMT</i>	Pindpaigaldustehnoloogia (<i>Surface Mount Technology</i>)
<i>TCO</i>	Varude omamise kogukulu (<i>Total Cost of Ownership</i>)
<i>THT</i>	Läbiviikitehnoloogia (<i>Through Hole Technology</i>)
<i>TOC</i>	Piirangute teooria (<i>Theory of Constraints</i>)
<i>WACC</i>	Kaalutud keskmine kapitali hind (<i>Weighted Average Cost of Capital</i>)
<i>VMI</i>	Tarnija juhitud varu (<i>Vendor Managed Inventory</i>)

SISSEJUHATUS

Tiheda konkurentsi ning piiratud ressursside tingimustes on olulisemaks muutumas ettevõtte kulutõhusus, mistõttu on vajalik ettevõtte kõigi protsesside tõhustamine. Ettevõtte sisemiste protsesside tõhustamise aluseks on ühene ja kõigi protsessi osapoolte poolt kokku lepitud käitumisstrateegia olemasolu ning selle järgimine. Koostöö tootmise planeerimise, varude juhtimise ja tootmise teostamise vahel tagavad ettevõttele kõrgema tõhususega tootmise ning seeläbi ka klienditellimuste täitmise, mis kajastub ettevõtte finantstulemustes.

Tootmise tõhususe tõstmine on aktuaalne tulenevalt asjaolust, et tootmise kulud moodustavad ettevõtte kulubaasist suure, 2019. kalendriaastal lausa 11,7% suuruse (Finantsosakond, 2019) osa. Tootmise kogukulude langetamise eesmärgil tehtavate parendustegevuste käigus ei tohi jätta tähelepanuta materjalide omamisega seotud kogukulude võimalikku suurendamist. Seda enam, et materjalide kulu moodustab ettevõtte Eolane Tallinn AS kogu kulubaasist üle $\frac{3}{4}$. Viimane tähendab seda, et materjalide varudesse on igal hetkel paigutatud märkimisväärne kogus kapitali ning varudesse paigutatud kapitali mahu optimeerimine on käesoleval perioodil ettevõtte üks peamisi eesmärke.

Käesoleva magistritöö uurimisobjektiks on elektroonika tootmisteenus (inglise keeles *Electronics Manufacturing Services*, edaspidi *EMS*) pakkuva ettevõtte Eolane Tallinn AS varude juhtimise ja tootmise planeerimise strateegia. Uurimisprobleem seisneb ettevõtte ebatõhusas tootmistegevuse juhtimises ja planeerimises, arvestamata tootmistegevuseks vajalike materjalide olemasolu ja saadavust ning mis väljendub tootmisliinide seisakute poolt põhjustatud kuludes ning tootmise planeerimise meeskonna poolt tehtavates pidevates tootmisplaani ümberplaneerimise tegevustes. Tulenevalt tegevusvaldkonnast on ettevõtte väga suurel määral sõltuv kliendi nõudluse planeeritud kulubaasiga täitmisest, mistõttu on oluline rakendada ettevõtte tarneahelale konkreetne strateegia tagamaks tarneahela ja tootmise tulemuslikkust ja tõhusust pikemas perioodis.

Käesoleva magistritöö raames uuritav ettevõtte on oma sisemiste eesmärkidena püstitanud erinevaid tulemusnäitajaid (inglise keeles *Key Performance Indicator*, edaspidi *KPI*), olulisemadena nende hulgas on bilansis oleva laovarude suurus ning

tootmise, eeskätt pindpaigaldustehnoloogia (inglise keeles *Surface Mount Technology*, edaspidi *SMT*) masinladumislainide kulutõhusus. Kogemuslikult igapäevaselt nimetatud eesmärgi täites on käesoleva magistritöö autoril tekkinud hinnang, et nimetatud kaks eesmärki lähevad omavahel konflikti, kui mõlemat eesmärki üritada maksimaalselt saavutada. Eelnevast tulenevalt väidab käesoleva töö autor, et ettevõttele summaarselt on kulutõhususam pigem hoida kõrgemat laovarude ning läbi vähema arvu tootmisliinide seisakute tõhustada tootmisliinide tööd ning vähendada tootmisplaani ümberplaneerimisele kuluvat tööjõukulu. Ehk kõrgema laovarude omamise kogukulud on madalamad kui madala laovarude poolt põhjustatud tootmisliinide ja tootmise planeerijate välditav kulu tänases toimimismudelil.

Magistritöö eesmärk on optimeerida ettevõtte tarneahela kogukulu, minimeerides materjalide puudujäägi tõttu tekkivate tootmisliinide seisakute aega ja kulu. Eesmärgist lähtuvalt on püsitatud neli uurimisküsimust, millele töös vastust otsitakse:

1. Millistest komponentidest koosneb fookusettevõtte laovarude kogukulu?
2. Mil määral kasvab ettevõtte kogukulu kõrgema laovarude hoidmise korral?
3. Milline on *SMT* tootmisliini seisaku kulu ettevõttele?
4. Kui suur hulk tootmisliinide seisakutest on põhjustatud materjalide defitsiidi olukorrast ning milline on nende seisakute kulu ettevõttele?

Uurimistöö esimeses peatükis annab autor ülevaate ettevõtte juhtimisel kasutatavatest tulemusmõõdikutest, töö aluseks oleva tootmise piirangu teoreetilisest käsitlusest, erinevatest tootmise planeerimise, varude ning piirangute juhtimise käsitlustest ning annab põgusa sissevaate *SMT* tootmisliini loogikasse. Peatüki lõpus tehakse teemakohased järeldused lähtudes varasematest uuringutest ja teoreetilisest taustast.

Töö teises peatükis tutvustab autor uurimisobjektiks olevat ettevõtet ning lähtesituatsiooni. Antakse ülevaade ettevõttes hetkel kehtivast tarneahela juhtimise strateegiast. Seejärel püstitab autor uurimisprobleemi mitmekülgseks avamiseks uurimisküsimused. Peatüki lõpus sõnastab autor uurimisprobleemi ja püstitab eesmärgi.

Kolmandas peatükis on kirjeldatud magistritöö uurimisstrateegiat, töös kasutatavat metoodikat, valimit ja kasutavaid andmeid. Selgitatud on erinevate väärtuste leidmiseks kasutatud valemeid ning arvutuste lahenduskäike.

Neljandas peatükis analüüsitakse erinevaid andmeid vastavalt varasemalt kirjeldatud metoodikale. Peatüki lõpus luuakse andmeanalüüs erinevate strateegiate vahel, leidmaks tõhusaim tarneahela juhtimise mudel. Viimaks võetakse kokku tehtud analüüs ja selle tulemused. Antakse ülevaade võimalikust strateegia muudatusest ning selleks vajalikest edasistest lisaanalüüsides.

Antud uurimustöö tulemus on ennekõike kasulik uuritavale ettevõttele Eolane Tallinn AS enesele, seda peamiselt varude juhtimises ja tootmise planeerimises. Koostöö tarneahela kõigi lülide vahel aitab tuvastada kulutõhususe aspektist probleemseid tööloike ning neid tõhustada, parandades ettevõtte rentaablust ja luues eeldused tulemuslike kliendisuhete hoidmiseks ja arendamiseks. Töö tulemusena on valitavat strateegiat võimalik kasutada ka teistes tootmisettevõtetes, kuid suuresti baseerub see ettevõttel Eolane Tallinn AS, tema eripärasid arvestades.

1 TEOREETILINE OSA

1.1 Klienditeeninduse tase kui ettevõtte peamine tulemusnäitaja

Uurimustöö esimene peatükk, teoreetiline osa avab ettevõtte tegevust ning tema strateegiate kujunemise tausta akadeemilisest ning teoreetilisest küljest lähtuvalt. Järgnevalt selgitatakse klienditeeninduse näitajate olemust, ettevõtte tegevuse tulemuslikkust ning tõhusust piiravate tegurite identifitseerimise ning parendamise, materjalide varude ja tootmise planeerimisega seotud teooriaid ning antakse põgus ülevaade *SMT* tootmisliini olemusest.

Käesolevas töös uuritava ettevõtte tulemuse määrab suurel määral tema klientide tellitud toodete tarnekindlus ehk ettevõtte klienditeeninduse tase. Käesoleva uurimustöö raames uuritava ettevõtte klienditeenindustaseme põhimõõdikuks on määratletud tarnete õigeaegse ja täiemahulise toimumise (inglise keeles *On Time in Full*, edaspidi *OTIF*) eesmärgina protsent (%). *OTIF*-it arvutatakse kasutades alljärgnevat valemit (1.1) (Oberhausen & Plapper, 2017):

$$OTIF = \frac{\text{Õigel ajal ja täpselt koguses tarnitud tellimusread}}{\text{Kõik tellimusread}} \times 100 \quad (1.1)$$

Ehk nagu valemist nähtub, siis *OTIF* peegeldab täpselt õigel hetkel ning täpselt tellitud koguses tarnitud tellimuste osakaalu kogu tellimuste arvust. Oluline on siinjuures silmas pidada, et tellimusaegst varem tarnitud tellimused loetakse samuti õigeaegseteks.

Ettevõtte tulemuslikkuse põhinäitajad *KPI*-d on ettevõtte tulemuslikkuse jaoks kriitilise tähtsusega näitajate kogumik, mida kasutatakse ettevõtte protsesside juhtimiseks ning nimetatud protsesside tulemuslikkuse hindamiseks (Gjerdrum, Shah, & Papageorgiou, 2010) (Christopher, 2016). Tulemuslikkuse põhinäitajad on indikaatorid, mis peegeldavad ettevõtte protsesside tulemuslikkust efektiivsuse, läbilaskevõime, kättesaadavuse, tootlikkuse, kvaliteedi ning hoolduse tulemuslikkuse näitajate läbi. Tulemuslikkuse põhinäitajad on nii kogu ettevõtte kui ka selle osadele strateegilise tähtsusega mõõtarvud, mis näitavad möödunud perioodil tehtud otsuste

tulemuslikkust ning aitavad määrata suunda tulevikuks. Katkematu jälgimise ja mõõtmistegevuse teel kogutakse väärtuslikke andmeid ettevõtte tegevuse kohta ning tuvastatakse edasiseks arenguks kriitilisi tegureid ettevõtte protsessidest. Asjakohased ja kohaldatud *KPI*-d peaksid olema lihtsasti mõistetavad, olukorda iseloomustavad, arusaadavad, tähenduslikud ning stabiilselt ja korratavalt mõõdetavad. (Kang, Zhao, Li, & Horst, 2016)

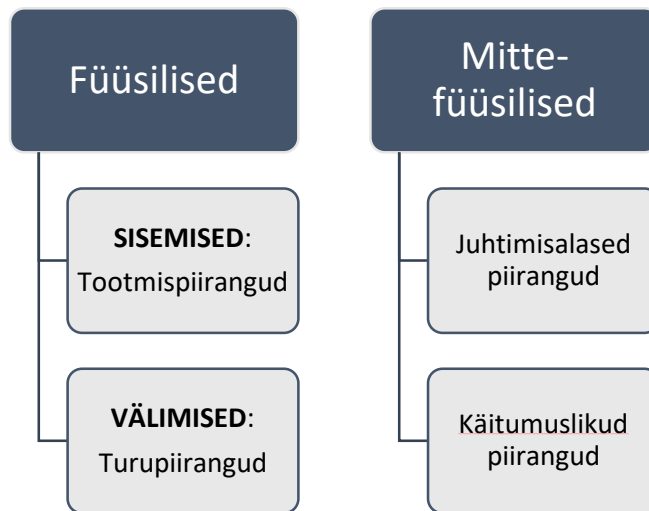
Lisaks *OTIF*-ile kuuluvad teiste seas ettevõtte strateegilise juhtimise *KPI*-de hulka *SMT* tootmisliinide käitamise efektiivsus (inglise keeles *Overall Equipment Efficiency*, edaspidi *OEE*), tootmisplaani täitmine (inglise keeles *Production Plan Fulfillment*, edaspidi *PPF*), ettevõtte bilansis olev varude maht ning lao üksuse kulutõhusus.

Kokkuvõtvalt on oluline välja tuua, et ettevõtte protsesside tõhusust ilmestab komplekt erinevatest tulemusnäitajatest. Ning ühtegi neist ei saa teistest tähtsamaks pidada, nad kõik on vajalikud erinevate protsesside tulemuslikkuse hindamiseks. Protsesside, mis oma koostoimes õigesti juhitud tagavadki ettevõtte tulemuslikkuse. Näiteks vajalikus koguses ja õigete materjalide olemasolu tootmistegevuseks on üks olulisemaid tegureid ettevõtte nõutava klienditeeninduse taseme saavutamisel. (Sui, Gosavi, & Lin, 2010) Ning materjalide olemasolu taseme ja täpsuse mõõtmiseks ongi käesolevas uurimustöös uuritavas ettevõttes kasutuses laovarude suuruse ning üleliigse laovarude (inglise keeles *Excess Stock*) tulemusmõõdikud.

Tootmise, ettevõtte tarneahela ning mõlemas eksisteerivate piirangute juhtimiseks on alates 1980-ndatest aastatest välja töötatud erinevaid teooriad ja filosoofiaid. Põhilisemate ja tuntuimatena olgu siinkohal välja toodud tootmisressursside planeerimine (inglise keeles *Manufacturing Resource Planning*, edaspidi *MRP*), täppisajastamine (inglise keeles *Just-In-Time*, edaspidi *JIT*) ja piirangute teooria (inglise keeles *Theory of Constraints*, edaspidi *TOC*). Ehkki kõik nimetatud filosoofiad on seadnud eesmärgiks saavutada sama – tõhus planeerimise ja kontrollimise süsteem, läbi mille parendada organisatsiooni tulemuslikkust, käituvad nimetatud teooriad kõik mõnevõrra erinevalt ning kasutavad erinevaid meetodeid tulemuseni jõudmiseks. Käesoleva töö teoreetilises osas tuuaksegi välja, milles seisnevad nende filosoofiade peamised erinevused ning mida tuleks neist ühildada, et saavutada uuritava organisatsiooni suurim võimalik tõhusus.

1.2 Piirangute teooria

Tootmise ja tarneahela juhtimises on oluline mõista piiranguid, millega ettevõtte peab arvestama nii oma protsesside planeerimisel kui kogu äritegevuses laiemalt. Ilma piirangutega arvestamata ei ole võimalik ettevõtet tõhusalt juhtida. Käesoleva uurimustöö raames on uuritavale ettevõttele kohandatavate piirangutena välja toodavad nii ressursside kui ka käitumuslikud piirangud. Piirangute mõistmise ja juhtimise temaatika on teooriaks formuleerinud Eliyahu M. Goldratt ja Jeff Cox, kui nad 1979. aastal tulid välja optimeeritud tootmisgraafikute loomise tarkvaraga (inglise keeles *Optimized Production Timetables*, edaspidi *OPT*) (Spencer & Cox, 1995). Hiljem täiendas Goldratt oma teooriat, lisades tootmise graafikute optimeerimisele organisatsiooni printsiibi, milleks on terviklik süsteem. Lisaks kandis Goldratt tootmise temaatika üle kõikidesse olulistesse organisatsiooni lülidesse kogu organisatsiooni toimeahelas. Goldratt tõdes, et organisatsiooni tuleb käsitleda ühtse ahelana, mille tugevuse määrab ära tema kõige nõrgem lüli või nõrgimad lülid. (Cox & Goldratt, 2007) Piirangute teooriat saab seega käsitleda kui laiapõhjalist strateegilise juhtimise tööriista, mida saab edukalt rakendada igas spetsiifilises olukorras. Ning mis veel olulisem – tegu on korratava tõestatud protsessiga, millega saab lahendada organisatsiooni kroonilisi probleeme. Ehk piirangute teooria näol on tegemist juhtimisfilosoofiaga, mille eesmärk on süsteemselt lähenedes pakkuda organisatsioonile vastuseid küsimusele mitte ainult „mida“, aga ka „kuidas“. (Barnard, 2010)



Joonis 1.1 Piirangute jaotus Gupta ja Boydi (2008) käsitle kohaselt. Autori kohandatud.

Joonisel 1.1 välja toodud Gupta ja Boydi (2008) liigituse kohaselt liigituvad piirangud oma olemuselt füüsilisteks ja mittefüüsilisteks. Füüsilised piirangud jaotatakse omakorda sisemisteks piiranguteks ja välisteks piiranguteks. Sisemiste piirangute puhul ei kata ressursivõimsused nõudlust (näiteks tootmisvõimsuste nappus või tootmisaja piirang). Väliste piirangute puhul on nõudlus väiksem kui ressursivõimalused (näiteks turumahu puudumine). Mittefüüsilised piirangud jagunevad juhtimisega seotud piiranguteks ja käitumuslikeks piiranguteks. Juhtimisega seotud piirangute all peetakse silmas peamiselt halba või ebapädevat juhtimispoliitikat. Käitumuslike probleemide hulka loetakse nii tööülesannete eiramine ja tööluusid kui ka halb toodete kvaliteet ja halvad suhted tarnijatega. (Gupta, Chahal, Kaur, & Sharma, 2010)

Piirangute teooriat, mis kätkeb endas mõtteviisi, mõõtmisi ja metoodikat, nimetatakse kokkuvõtvalt tulupõhiseks maailmaks (inglise keeles *Throughput World Thinking*). See tähendab, et organisatsiooni kõik allüksused peavad koos identifitseerima ja optimeerima kõiki süsteemi piiranguid, et optimeerimiste läbi saavutada organisatsiooni eesmärk teenida raha, rikkumata sealjuures vajalikke tingimusi nii olevikus kui ka tulevikus. (Gupta, Kaur, & Chahal, 2013)

Piirangute teooria käsitleb organisatsiooni või protsessi ahela analoogia, kus kogu süsteemi tugevuse määrab ära tema nõrgima lüli tugevus. Piirangute teooria

eesmärgiks ongi identifitseerida antud nõrgim lüli ehk piirang ja tugevdada viimast senikaua, kuni antud piirang ei ole enam süsteemi piiravaks teguriks. Laiendades antud mõtteviisi, siis olgu kett kui tugev tahes, leidub selles alati vähemalt üks lüli, mis on teistest nõrgem ning piirab seeläbi kogu ahela sooritusvõimet. Seetõttu võib piirangute teooriat vaadelda kui pidevat täiustamise protsessi, sest ükskõik kui hästi organisatsioon areneb, on vähemalt üks kitsendus, mis piirab organisatsiooni tõhusust. Pideva parendamise protsessi identifitseeritakse järk-järgult nimetatud piirangud ning kõrvaldatakse need. (Pegels & Watrous, 2005)

Igas organisatsioonis eksisteerib minimaalselt üks, tavaliselt aga mitmeid füüsilisi piiranguid. Ning pideva parandamise protsessi loogika seisneb tegevustes, mida organisatsioon otsustab identifitseeritud piirangutega lõpuks ette võtta. Protsessiparandusteks on üheks enim kasutatud metodoloogiaks Goldratti poolt tema teoses „Eesmärk“ (inglise keeles „*The Goal*“) välja toodud viis protsessiparanduse sammu, millega piiranguid juhtida. Nendeks viieks sammuks on teose kohaselt (Goldratt & Cox, 2004):

1. Identifitseeri piirang. Piirang võib oma olemuselt olla nii füüsiline (materjalid, tehnilised seadmed, personaliga seotud), kui juhtimislik. Enamjaolt on organisatsioonide puhul tegu pigem juhtimislike piirangutega nagu protseduurid, regulatsioonid ja strateegiad.
2. Otsusta, kuidas piirangut muuta. Füüsilise piirangu korral peaks olema eesmärgiks piirang muuta võimalikult tõhusaks. Juhtimisliku piirangu puhul tasuks muuta strateegiat saavutamaks suurem läbilaskevõime.
3. Alluta ülejäänud tegevused eelnevale otsusele ehk kohanda kõik teised süsteemi (mittepiiravad) elemendid sobivaks, et need toetaksid eelnevalt muudetud piirava elemendi edaspidist tõhusat toimimist.
4. Tõsta piirangu läbilaskevõimet. Juhul kui käsitletud piirav tegur jääb endiselt ahelat piiravaks teguriks, siis tuleb tõsta selle läbilaskevõimet. Kui selle saavutamine on võimalik, siis seeläbi kasutatakse ka teisi ahela lülisid tõhusamalt ära. Pärast piirangu likvideerimist, kerkib suure tõenäosusega esile uus piirang.
5. Pärast piirangu kõrvaldamist pöördu tagasi esimese etapi juurde. Antud etapp muudabki piirangute teooria pideva parendamise protsessiks.

Seega on piirangute teooria laiendatav ka käesolevas magistritöös uuritavale probleemile, kus materjalide puudumised nii tootmisplaani loomise kui ka tootmise alustamise hetkedel on käsitletavad piirangutena ning antud piirangut tuleb autori hinnangul arvestada ettevõtte toimimisstrateegiate paika panemise hetkel ning nende piirangute mõjude leevendamise hinda ehk laovaru kasvu tuleb mõista kui vahendit. Ehk nagu Boyd ja Gupta (2004) on väitnud, siis piirangute teooria on peamiselt orienteeritud toodangu läbilaskevõimele ehk tootlikkuse suurendamisele. Ning viimane peab nende hinnangul olema ettevõtte peamiseks eesmärgiks tegevuskulude vähendamise asemel. Ehk käesoleva uurimustöö kontekstis tähendab viimati mainitu seda, et ettevõtte üldise kasumlikkuse tõstmiseks tuleks fokuseerida pigem tootlikkuse tõstmisele, mitte varude vähendamisele, ehkki ka viimane ei ole tähtsusetu või ebaoluline. Käesoleva uurimustöö raames rakendatakse piirangute teooriast tuleneva viie sammu protsessi kahte esimest – identifitseeri ning otsusta.

1.3 Koostöö ja strateegia tarneahelas

Ettevõtte, mis on oma ärimudeli üles ehitanud teistele ettevõtetele allhankijaks olemisele, vajab oma igapäevaseks efektiivseks toimimiseks stabiilset informatsioonivoogu ning kõigi osapoolte poolt kokku lepitud ning toimimise aluseks olevat ühist strateegiat. Koostöö tarneahelas või ettevõttes üldisemalt hõlmab endas kahte või enamat eraldiseisvat üksust, mis ühiselt planeerivad ja teostavad teatud funktsioone, tuues sealjuures kasu ja eeliseid nii endile kui ka oma partneritele terve tarneahela lõikes. (Cao & Zhang, 2011)

Paljud ettevõtted nagu ka käesoleva töö fookusettevõtte, tuginevad oma toodete tootmisel suures mahus tarnijatelt hangitavatele komponentidele ja materjalidele. Antud komponentide tarneajad ja nende saadavus sõltuvad otseselt tarnijate laovarudest ning tarnijate reageerimiskiirusest. Selleks, et tagada muutliku kliendinõudluse juures tootmistegevuseks vajalike materjalide olemasolu, hoiavad paljud tootjad oma laos varusid. Nende varude suurused on otseselt seotud ettevõtte varude juhtimise poliitikaga, kliendinõudluse mustriga, laovarude kandmise kuludega, tellimiskuludega jne. (Chauhan, Dolgui, & Proth, 2009) Ehk ettevõtte kulutõhusa toimimise jaoks on tarvis maandada materjalide defitsiidi risk läbi laovaru

hoidmise, samas tuleb tagada laovarude minimaalne tase vältimaks liigseid varude kandmisega seotud kulusid.

Üldises plaanis sobivad laos olevad komponentide varud ettevõtetele, kellel on märkimisväärne oht müügi kaotamises, kui toodete tootmiseks ei piisa komponente. Kuid ettevõtted, kelle kliendinõudlus on madala täpsusega ennustatav, riskivad suurte laovarude korral ka kõrge komponentide ülejäägi riskiga. Antud risk on eriti kõrge ettevõtetes, mis tegutsevad elektroonika- ja telekommunikatsiooni tööstuses, kuna nii komponentide hinnad kui ka nende omadused on ajas kõikumad ning lattu ette ostetud varu võib läbi tootmistehnoloogia väikese muutuse osutuda ühtäkki üleliigseks. (*Ibid*) Antud risk on autori hinnangul kohalduv ka käesoleva uurimistöö fookusettevõttele, mis on tegev elektroonika ja telekommunikatsiooni toodete tootmise valdkonnas ning mille kliendinõudluse prognoosimise täpsus on madal.

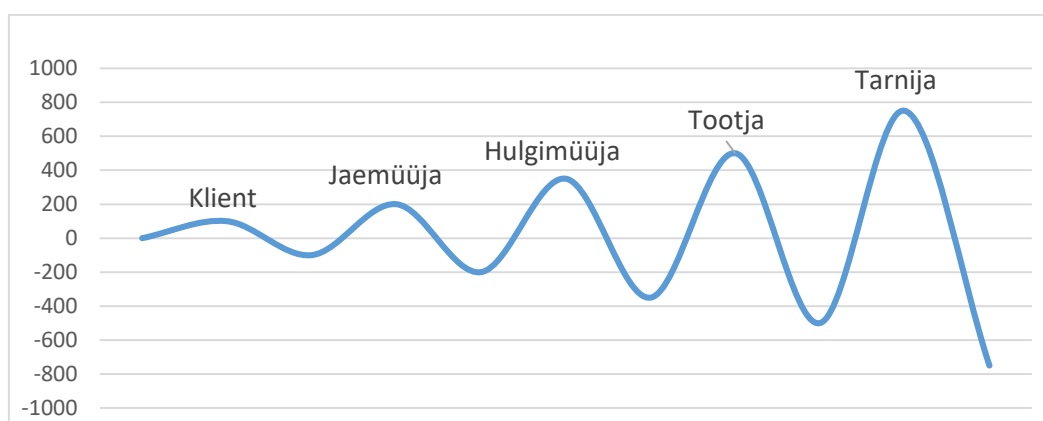
Koostöö tarneahelas pakub võimalusi kulude vähendamiseks ning kasumlikkuse suurendamiseks. (Lee, Padmanabhan, & Whang, 2004) Koostöö tarneahela erinevate lülide vahel võimaldab reageerida muutuvale kliendinõudlusele ning tagab ettevõttele võimekuse täita klientide vajadused efektiivseimal võimalikul viisil. (Simatupang & Sridharan, 2005)

Tootmise planeerimise strateegia on ettevõtte finantstulemuse määramisel võtmetähtsusega. Tulenevalt asjaolust, et elektroonika tootmine nii Eestis kui ka maailmas laiemalt on suhteliselt kõrge konkurentsiga valdkond, on tootmise planeerimine otseselt seotud ettevõtte finantsplaneerimisega ning seeläbi ettevõtte strateegilise planeerimise üks osa. (Papke-Shields, Malhotra, & Grover, 2006) Ehk ebaefektiivse planeerimise läbi on võimalik ettevõtte tootmisefektiivsus viia kas konkurentsipüsimiseks liialt madalaks või vastupidi tõsta konkurentsieelisena piisavalt kõrgeks.

Tulenevalt info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) viimaste aastakümnete suurtest arengutest on varude juhtimine muutunud läbipaistvamaks. Kasutades ära infotehnoloogia arenguid on paljud ettevõtted suutnud oma tarneahelaid efektiivistada ning varudega seotud kulusid madalamaks tuua. Ettevõtted on hakanud mõistma, et reaajas partnerite vaheline vahetamine infovahetus saab tuua tulu kõigile osapooltele. (Jung & Jeong, 2018) Peamiste näidetena infotehnoloogia

lahendustest on tänasel päeval fookusettevõttes kasutuses juba tarnija juhitud varude (ingl. k . *Vendor Managed Inventory*, edaspidi *VMI*) lahendus, konsignatsioonilao kasutamine ning läbi ettevõtte majandustarkvara (inglise keeles *Enterprise Resource Planning*, edaspidi *ERP*) tarnijatele ostutellimuste saatmine ja/või nende tarnete ajas nihutamine klientide ja tarnijatega elektroonilise andmevahetuse (inglise keeles *Electronic Data Interchange*, edaspidi *EDI*) pidamine. Samuti tootmisplaani loomine ettevõtte *ERP* süsteemis ning otse süsteemist tarneahela ja tootmise erinevatele tööloikudele reaalajas kuvamine, *SMT* tootmisliinide jälgimine ning liini andmete põhjal majandustarkvaras finantskannete sisestamine.

Üksustevaheline koostöö ning partneritega arvestamine on eriti oluline planeerimise ning strateegiate loomise faasis, kuna tarneahela- ja tootmisprotsessides allavoolu liikudes võimenduvad ahela alguses tehtud juhtimisotsused kordades tänu piitsaplaksu efekti (inglise keeles *Bullwhip Effect*) mõjule. (Li, Disney, & Gaalman, 2014) Ehk piitsaplaksu efekt võib viia suurte tarneahela ebaefektiivsusteni, näiteks liigsed investeeringud varudesse, madal kliendi-teenindustase, kaotatud müük, vale tootmisressursi vajadus, planeeritust kõrgemad transpordikulud, ebatõhusad tootmisplaanid ning nii edasi. Piitsaplaksu efekti minimeerimisega on võimalik vähendada laovarude võimendumist, vähendada lisakulude teket ning tõhustada tootmisprotsesse. (Zhao, et al., 2018) (Almeida, Marins, Salgado, & Santos, 2014) Joonisel 1.2 (Joonis 1.2) on näitlikustatud piitsaplaksu efekti toimimist kliendinõudluse muutlikkuse baasil, kus sõltumata skaalast toimub võimendumine.



Joonis 1.2 Piitsaplaksu efekt. Allikas (Chatfield & Pritchard, 2013). Autori kohandatud.

Käesoleva uurimustöö fookuse raames on piitsaplaksu efekt märgatav kliendi poolt esitatava nõudluse prognoosi ebatäpsuses, mille ebatäpsus võimendub kordades varude juhtimises ning tootmistegevuse planeerimises. Konkreetse näite puhul tekitab kliendi nõudluse prognoosi ebatäpsus varude hankimises probleeme, mis omakorda realiseeruvad materjalide defitsiidis tootmisplaani loomisel.

1.4 Laovarude omamise kulud ning kulukomponendid

Ebaühtlane ning suurel määral kõikuv kliendi nõudlus võib põhjustada ettevõttes olukorra, kus ettevõtte peab hoidma materjalide ja komponentide võrdlemisi kõrget turvavaru (inglise keeles *Safety Stock*), vältimaks materjalide puudujääki tootmiseks ning hoidmaks klienditeeninduse nõutud taset. See kõik toob endaga ettevõttele kaasa varude omamisega seotud lisakulusid. (Kamalapur, Lyth, & Houshyar, 2013)

Varude omamise kogukulu (inglise keeles *Total Cost of Ownership*, edaspidi *TCO*) on finantsarvestuse kontseptsioon tarneahelas, mis arvestab lisaks mingi konkreetse vara või teenuse hinnale ka kõiki teisi selle varu omandamise, omamise, kasutamise ning ka utiliseerimisega seotud kulusid kogu varu kasuliku eluea vältel (Ellram L. M., 1993). Omamise kogukulu kontseptsioon on progressiivne ja süstemaatiline lähenemine, mis aitab ettevõtte juhtkonnal mõista, analüüsida, juhtida ja vähendada omamise kogukulu materjalide, teenuste või mistahes muude omandatud varade puhul (Ellram & Siferd, 1993). Omamise kogukulu kontseptsioon põhineb peamiselt tegevuspõhisel kuluarvestusel, kus omamise kogukulu tuletatakse kokku erinevate kulukäituri näitajatest (M., Anderson, & Wynstra, 2005) ning on avaldatav valemina

$$TCO = \text{Püsikulude summa} + \text{Muutuvkulude summa} \quad (1.2)$$

Eelnevalt välja toodule baseerudes väidab käesoleva töö autor, et ettevõtte poolt eesmärgiks seatud klienditeeninduse taseme saavutamiseks vajalike varude hoidmine kätkeb endas ettevõtte jaoks märkimisväärset kulu ning see on vältimatu.

Varude juhtimise koha pealt on oluline mõista, et minimaalsed varud ei tähenda tingimata vähimat võimalikku kulu, sest ettevõtte riskib minimaalsete varude korral saamata jääda võivast müügist tulenevate negatiivsete mõjudega. Varude juhtimises seostatakse varude omamise kogukuluga peamiselt nelja alljärgnevat kululiiki (Waters, 2019):

- Materjalikulu
- Tellimiskulu
- Varude säilituskulu
- Laodefitsiidi kulu

Materjalikulu koosneb kõigist materjalide omandamise ja hankimisega seotud kulukomponentidest. Sinna kuuluvad materjalide soetushind, hankekulud, tarnimisega seotud kulud, tollikulud ning transpordikulud. Viimase all võivad peituda nii ekspedeerimis-, kui ka veokulud. (Waters, 2019)

Tellimiskulud koosnevad kõigist ostutellimuse käsitlemisega seotud kuludest. Siia hulka kuuluvad nii ostutellimuse koostamise, esitamise, töötlemise, monitoorimise kui järelkäitlemise kulud. Samuti kuuluvad antud käsitluse kohaselt tellimiskulude alla ostutellimuse vastuvõtmise, kvaliteedikontrolli teostamise ning raamatupidamissüsteemi kannete käsitlemise kulud. (Waters, 2019)

Säilituskulud koosnevad peamiselt varude füüsilise ladustamisega seotud hoiukuludest ning varudesse paigutatud kapitali kulust. Kuna ettevõtte on teinud varude hoidmise näol otsuse investeerida teatava koguse kapitali, siis kaasneb sellega automaatselt kapitalikulu. Hoiukulud kätkevad endas kõiki materjalide füüsilise ladustamisega seotud kulusid. Nende hulka kuuluvad laopinna kui ressursi kasutamisega seotud kulud, muuhulgas võimalikud rendi- ja kommunaalkulud, varude käitlemise kulud, halduskulud, varude inventeerimisega seotud kulud ning kõik varude säilitamisega seotud tööjõukulud. Kapitalikulu all mõistetakse loobumiskulu ehk tulumäära, mida ettevõtte oleks võinud teenida vahendite investeerimisel alternatiivsetesse tehingutesse varude asemel. Või juhul, kui ettevõtte ei ole kasutanud varude soetamisel mitte oma kapitali, vaid laenukapitali, siis loetakse kapitali kuluks laenu intressimäär. Säilituskulude hulka kapitalikulude kõrval

loetakse veel teeninduskulu, mis koosneb kindlustuskuludest ning varudele kehtivatest maksudest (kui on kohaldatavad asukohamaal). (Waters, 2019)

Laodefitsiidi kulu esineb juhul, kui varude defitsiidi ehk puudujäägi tõttu jääb ettevõttel täitmata kliendi- või tootmistellimus. Laodefitsiidi kulu jaguneb tegemata müügist tulenevaks teostamata jäänud müügi kuluks ning tellimuse hilisema järeltarnega seotud järeltellimuse kuludeks. Teostamata müügi kulu esineb juhul, kui klient tühistab õigel hetkel tarnimata jäänud tellimuse ning sellega ettevõtte kaotab potentsiaalse tulu ning siia võivad lisanduda veel võimalikud tarnetrahvid. Järeltellimise kulu esineb juhul, kui esialgu täitmata tellimus kuulub hilinemisega täitmisele ning millega kaasnevad täiendavad tellimuse käsitlemise ja tarnimise kulud. Laodefitsiidi kulu määratlemine ja mõõtmine on keerukas ning osaliselt subjektiivne tulenevalt asjaolust, et antud kulugrupp kätkeb endas mitmeid mittemateriaalseid ning otseselt mittemõõdetavaid kaasnevaid kulusid. (Ballou, 2004)

Käesoleva magistritöö analüütilises osas keskendub töö autor varude omamisega seotud kogukulude osas peamiselt viimasele kahele punktile: varude säilitus- ja laodefitsiidi kuludele. Seda seetõttu, et materjalide tellimiskulu ja varude hind ei muutu uuritava ettevõtte tootmise planeerimise tsükli loogikast lähtuvalt, vaid on pigem seotud ettevõtte üldisema varude juhtimise strateegia ja selle eesmärkidega.

1.5 Materjalivarude juhtimine

Tootmistegevuseks vajalike materjalide sisseostu ajastamise strateegia määrab suuresti ära ettevõtte riskide talumise võimekus ning juba eelnevalt mainitud tarnijatega tehtava koostöö määr ning selle tulemuslikkus. Ehk kui kindel on ettevõtte oma tarnijate võimes reageerida kiiresti muutunud materjalide vajadusele ning kui täpselt ja stabiilseks hindab ettevõtte oma materjalivajaduse prognoosi. Eelnevast tulenevalt on suuresti kaks peamist varude juhtimise käsitlust – täppisajastatud (*JIT*) ja igaks juhuks varem (inglise keeles *Just in Case*, edaspidi *JIC*) varude ostmine (Srinidhi & Tayi, 2004).

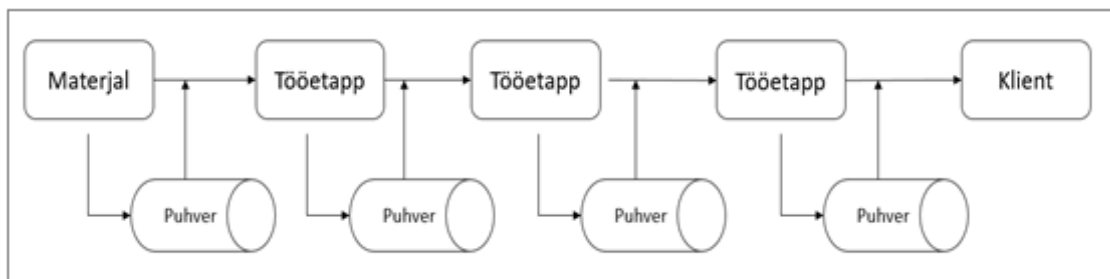
Viimastel kümnenditel populaarsust kogunud *JIT* strateegia aitab ettevõtetel kuluefektiivselt töötada, kuid vajab tõhusaks kasutuseks stabiilset ning täpselt prognoositavat tuleviku prognoosi. *JIT* tähendab, et tuleb teha seda, mida on vaja, just sel hetkel, kui on vaja ning täpselt vajalikus koguses. *JIT* eesmärgiks on luua tootmisprotsess, mis tagab toodetava toote sujuva ja takistusteta liikumise läbi terve tootmisprotsessi, sealhulgas sidudes protsessiga minimaalse vajaliku koguse varusid. Ettevõtte varustatakse tootmisprotsessis vajaminevate materjalidega täpselt optimaalses koguses ning seda vahetult enne vastava tootmisoperatsiooni algust. Sellise lähenemise tulemusena väheneb oluliselt varude suurus. *JIT* on olemuselt nõndanimetatud tõmbav süsteem (inglise keeles *Pull System*) kus nõudlus saab alguse ahela kõige esimesest lülist. Selleks on kliendi tellimus ehk tarnevajadus. Samamoodi käivitatakse iga järgnev lüli vastavalt vajadusele, mitte varem. Ehk kokkuvõtvalt tähendab *JIT* metodoloogia kogumikku ideid, kuidas elimineerida protsessidest raiskamine (Hirano, 2010)

JIT strateegia kasutamise vastu räägivad olukorrad, kus ettevõtte nõudluse varieeruvus on suur, sisaldab märkimisväärsed prognoosimisvigu ja/või kui tootmisressursi maht on piiratud. Nimetatud olukorrad põhjustavad süsteemi jõudluse halvenemist, kuna *JIT* strateegia ei tule tõhusalt toime süsteemivälistele ja/või planeerimata sündmustele reageerimisega. Sellest probleemist jagu saamiseks rakendatakse „lohaka“ ressursikapatsiteedi kasutamist. (Wei & Kern, 1996) Viimane tähendab, et olemasolevat ressursi ei koormata saajaprotsendiliselt, vaid jäetakse alati teatud maht ressursidest reservi. Antud tegevuse mõistlik kasutamine planeerimises aitab süsteemil pehmendada *JIT* süsteemidele tüüpilist jäikust, kuid on käsitletav puhvrite loomisena.

Puhvrite juhtimine on oluline tegevus ennetamaks võimalikke probleeme tootmissüsteemis. Tootmisgraafiku kindlatel ette määratud ajahetkedel tegelike ja planeeritud puhvrite ning nende suuruste võrdlemine aitab identifitseerida probleeme veel enne, kui need muutuvad kriitiliseks. Puhvrite juhtimise kaudu saab suunata fookuse just nendele protsessidele, millel on kõige negatiivsem mõju graafikust kinnipidamisele. (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007)

Tootmis- ja/või tarneahela töövoogu ühtlustamiseks tekitatakse iga ahela etapi vahele materjalide varud – puhvrid – nagu illustreeritud joonisel 1.3 (Joonis 1.3). Puhvrid

on ette nähtud silumaks protsessi häiretest tingitud ahela viivitusi. Antud tegevus läheb küll vastuollu JIT mõtlemisega, kuid aitab leevendada ahelas tekkida võivaid häireid.



Joonis 1.3 Puhvite asetus ahela etappide vahel. Allikas: (Rodrigues & Mackness, 1998). Autori kohandatud.

Puhvrite loomist legaliseerib JIC strateegia kasutus, kus selgelt planeeritaksegi ahela etappide vahele nii ajaliste kui füüsiliste ressursside puhvreid. Viimane on kooskõlas ka varem nimetatud piirangute teooriaga, mis keskendub toodangu läbilaskevõimele süsteemis, paigutades varud piirangute ette ehk strateegilistesse kohtadesse. Viimase mõtte on vähendada varieeruvust süsteemis ning kasutada ära efektiivsemalt piirangute ressursse. (Boyd & Gupta, 2004) Joonisel 3 kujutatu näitel ei pruugi tegelikkuses piirangute teooria kohaselt iga tööetapp omada puhvrit, kuna puhvreid ei paigutata mittepiiravate tööetappide ette.

Puhvrite loomine võib tõsta varude mahtu protsessis ning viimane võib sattuda konflikti varude juhtimise ringluskiiuse eesmärgiga. Varude ringluskiiirus on sagedasti kasutatud tulemusmõõdik, mis aitab hinnata varude juhtimise kvaliteeti. Varude ringluskiiirus ehk laovaru piisavus ehk varude käibekiirus (inglise keeles *Days of Supply*, edaspidi *DOS*), mis näitab, kui mitmeks päevaks käibe tegemiseks piisab laos olevast varust keskmiselt (Stangl & Thonemann, 2017). Käibekiiruse arvutamiseks kasutatakse järgmist valemit (1.2) (Lemghari, Okar, & Sarsri, 2018):

$$DOS = \frac{\text{Varude väärtus}}{\text{Müüdud toodete omahind}} \quad (1.3)$$

DOS-i väärtust kuvatakse kalendripäevades, ning tegu on suhtarvuga. *DOS*-i väärtuse sagedase muutumise taga on peamiselt müügi mahu ebastabiilsus, kuivõrd

suurtes tootmisettevõtetes nagu antud uurimustöö fookusettevõtte on, varude maht lühikeses ajavahemikus märkimisväärselt ei muutu. Küll aga on müügitulu kõikumine antud uurimustöö fookusettevõtte tegevusvaldkonnas tellimuspõhisusest tootmisest tingituna sage nähe.

1.6 Tootmisliinid ja tootmise planeerimine

Tootmise planeerimise traditsiooniliseks ülesandeks on planeerida ja kontrollida toodete tootmist vastavalt juhtkonna suunistele, olgu nendeks siis kas tellimused, lattu tootmise strateegiad või muud juhised. Tootmise planeerimine kätkeb endas järgmiseid etappe: tootmise põhiplaan, materjalide vajaduste planeerimine, ressursside planeerimine, tootmise kontrollimine ja varude juhtimine ning kontrollimine. Enamus tootmisettevõtteid kasutavad antud tegevuste teostamiseks mingisugust tarkvara, olgu selleks siis kas väiksemate ja lihtsamate tootmiste ja tarneahelate puhul *MS Office Excel* tabelarvutusprogramm või mõni suurem *ERP*-süsteem. (Halevi, 2014)

Materjalivajaduse planeerimise (inglise keeles *Material Requirements Planning*, edaspidi *MRP*) süsteemil on viis (5) sisendit: peamine tootmisplaan (inglise keeles *Master Production Schedule*, edaspidi *MPS*), toote materjalide sisaldus (inglise keeles *Bill of Material*, edaspidi *BOM*), toote põhiparameetrid (inglise keeles *Masterdata*), toodete tellimused ning materjalivajadused. *MRP* süsteem kombineerib neid omavahel saavutamaks toimiv süsteem. (Gaspersz, 2004) *MRP* süsteem baseerub eeldusel, et nõudlus ja tarneajad on alati deterministlikud, kuid tegelikkuses on enamus tootmissüsteeme stohhastilise iseloomuga. Eelnevast tulenevalt on *MRP* süsteemi deterministlik eeldus liialt piirav. (Louly, Dolgui, & Al-Ahmari, 2012)

Oluline on siinkohal silmas pidada, et osad ettevõtted kasutavad *MRP*-süsteemi, teised ettevõtted kasutavad *ERP*-süsteemi ning mõned mõlemaid. Uuritav ettevõtte kasutab *ERP*-süsteemi *SAP*, millel on ühe sisemise moodulina kasutuses *MRP*-loogikad. Peamine erinevus *ERP*-i ja *MRP* vahel seisneb nende hõlmavuses. Kui *MRP* süsteem keskendub vaid materjalide planeerimisele ning nende vajaduste ajastamisele, siis *ERP* süsteem ühendab eelnimetatud tegevustele lisaks ka veel teisi

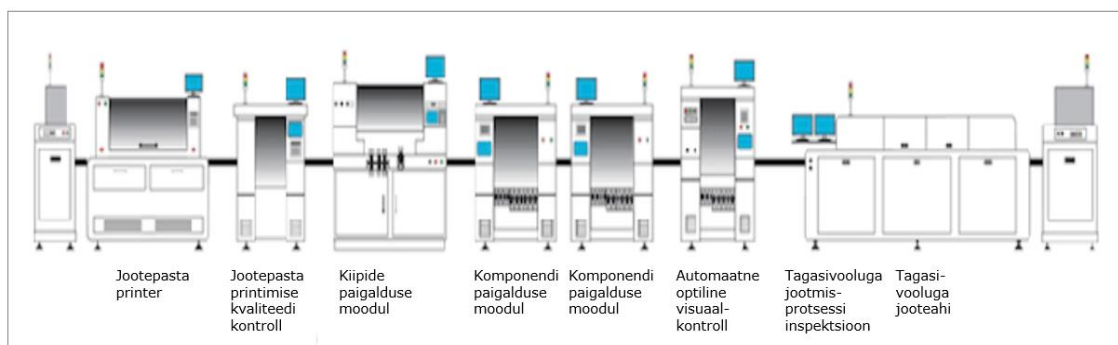
ettevõtte valdkondi, näiteks personaliarvestus, finantsarvestus jne. (Lambert, Calvasina, Bee, & Woodworth, 2017)

Käesolevas uurimustöös uuritav ettevõtte nagu paljud teisedki tellimuspõhise tootmisega tegelevad tootmisettevõtted, kasutab oma tootmise planeerimiseks niinimetatud tagurpidi (inglise keeles *Backward Synchronized Scheduling Heuristic*, edaspidi *BSSH*) tootmisoperatsioonide planeerimise meetodit. Antud metodoloogia seisneb loogikas, et planeerimist alustatakse saabunud kliendi tellimuse tarnimise kuupäeva fikseerimisest. Antud kuupäevast tuletatakse kõige viimase tootmisetapi lõpetamise kuupäev ning sealt edasi arvutatakse vastavalt tootmisetappide kestvusele iga eelneva tootmisetapi lõpetamise ning alustamise kuupäevad kuni kõige esimese tootmisetapi alustamise momendini. (Li & Sivakumar, 2007)

Olles tuvastanud tootmisvajaduse igale eraldiseisvale tootmistellimusele, algab järgmine planeerimistegevuse etapp – tootmistellimuste järjestamine tootmisliinile vastavalt nõutavatele valmimise aegadele arvestades seejuures nii tootmisliini tehniliste kui ressursipiirangutega. Eriti oluline on tootmistellimuste kvaliteetne järjestamine *SMT* tootmisliinidele, kuna nende seadistamisajad ning üleminekuprotsessid on pikad ning tegevused tehniliselt keerukad ning igasugune üleliigne viivitus tootmise jätkamises suurendab liini ebatõhusust. (Golmohammadi, 2015) Ehk ühesuguseid materjale kasutavaid tootmistellimusi üritatakse planeerida järjest, väikesed üksikud tootmistellimused konsolideerida võimalusel suuremateks partiideks ning võimalusel vähendada ühelt tootelt teisele üleminekute arvu. Samuti planeeritakse juba tootmisplaani luues tehniliste hoolduste kestvused plaani sisse, et reserveerida tootmisliini vaba ressurss ära vältimaks olukorda, et hoolduse toimumise ajale oleks võimalik planeerida tootmistellimuste tootmist. (Chen, Xiao, Zhang, Xiao, & Li, 2015)

SMT ehk pindpaigaldustehnoloogia on oma olemuselt edasiarendus vanemast läbiviikitehnoloogiast (inglise keeles *Through Hole Technology*, edaspidi *THT*). Tegu on robotiseeritud elektrooniliste komponentide trükkplaatidele (inglise keeles *Printed Circuit Board*, edaspidi *PCB*) ladumise tehnoloogiaga. Tüüpiline *SMT* tootmisliin koosneb mitmest järjestikusest moodulist, mis teevad kas erinevaid või samu operatsioone. Esimese etapina kantakse trükkplaatidele komponentide hilisemaks plaadile kinnitamiseks etteantud jooniste kohaselt jootepasta. Pasta kandmisele

järgnevad üks kuni mitu moodulit komponentide paigaldamist robotitega, seejärel kontrollietapid ning viimasena ahi, mis kuumutamise teel joodab paigaldatud komponendid trükkplaadile. (Smed, 2002) Sarnase loogikaga SMT liini paigutust on kujutatud ka all järgneval joonisel (Joonis 1.4).



Joonis 1.4 SMT liini etappide järjestus. Allikas: (Pambudi, Hariadi, & Arsyad, 2017). Autori kohandatud.

Nagu eelmainitust ilmneb, siis on SMT liinil töö alustamisel äärmiselt oluline, et kõik materjalid oleksid olemas, et ei oleks tehnilisi tõrkeid ning operaatorid oleksid korraliku väljaõppega. Kui näiteks alustada suure komponentide artikliarvuga tööd ning näiteks kolmanda või neljanda paigaldusmooduli kasutatav komponent peaks ootamatult otsa lõppema, siis see tähendab suurt hulka kasutult tehtud tööd ning kasutatud materjale. Seda seetõttu, et selleks momendiks on trükkplaadile kantud pasta ning laotud juba suur kogus komponente. Need kõik lähevad viimati nimetatud näite puhul mahakandmisele ning võivad tekitada teoreetiliselt järgmise materjalidefitsiidi uuesti tootmisprotsessi alustamisel.

Lisaks mõjutab igasugune ootamatu seisak tootmisliini efektiivsusnäitajaid. Kõige klassikalisemalt neist seadmete käitamise üldise tõhususe näitajat OEE-d (inglise keeles *Overall Equipment Efficiency*). OEE arvutamiseks kasutatakse alljärgnevat valemit, mis koondab endas kolme näitajat – kasutatavus, tootlikkus ja kvaliteet ning koosneb omavahelisest korrutisest (1.3). (Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016)

$$OEE = \frac{\text{Tegelik tööaeg}}{\text{Planeeritud tööaeg}} \times \frac{\text{Tegelik kogus}}{\text{Teoreetiline kogus}} \times \frac{\text{Kvaliteetselt toodetud kogus}}{\text{Kogu toodetud kogus}} \quad (1.4)$$

OEE peamiseks eesmärgiks on tõsta tõhusust, vähendada kulusid ning pikendada seadme kasulikku eluiga. (Stamatis, 2017) Järjepidev *OEE* väärtuse mõõtmine ning iga tootmisveisaku põhjuste analüüs võimaldab välja selgitada tootlikkust piiravad tegurid seadme või tootmisprotsessi tasemel ning annab sisendit tootmise tõhususe tõstmiseks vajalike parendustegevuste teostamiseks. Tõhususe parendamise seisukohalt on oluline vaadelda kõigi kolme komponendi väärtuseid eraldi. Seda selleks, et kui mõni komponentidest omab teistest tuntavalt madalamat väärtust, siis tasuks esimesena leida just seda komponenti mõjutavad tegurid ning esmajärjekorras tegeleda nendega. Ehk kokkuvõtvalt on *OEE* näol tegu mõõdikuga, mis toob nähtavale seadme kasutamata potentsiaali, identifitseerib ja toob nähtavale raiskamist põhjustavad protsessietapid.

1.7 Ülevaade varasematest uuringutest

Varasemaid uuringuid sarnases kombinatsioonis ei õnnestunud tuvastada. Küll on tuvastatavad järgnevas tabelis (Tabel 1.1) presenteeritavad 2019. aastal M. Kostapi ja 2020. aastal K. Paaveli poolt koostatud uurimused käesolevas töös uuritavast ettevõttest. Lisaks neile on käesoleva uurimustöö fookusettevõtet uurinud ka A. Sørås (2015) ning V. Zahharova (2014), kuid need ei lange kokku käesoleva uurimustöö fookusega. M. Kostapi ja K. Paaveli uurimustööd käsitlevad küll varude juhtimist uuritavas ettevõttes, kuid käesoleva uurimustöö fookusest hoopis teises võtmes. Lisaks on tootmise planeerimist ning tootmistegevuse tõhustamist oma magistritöodes käsitlenud T. Joala oma 2019. aastal kaitstud töös „Nõudluspõhine materjalivajaduste planeerimine Saku Õlletehases“ ning M. Säinas 2014. aastal Tartu Ülikoolis kaitstud töös „Timmitud tootmise ja piirangute teooria koosrakendamine tootmisprotsesside juhtimises AS Saku Metall Allhanketehase näitel“.

Tabel 1.1 Varasemad sarnastel teemadel kaitstud magistritööd. Allikad: (Paavel, 2020), (Kostap, 2019), (Joala, 2019) ja (Säinas, 2014). Autori koostatud.

Autor	Kaitsmise aasta	Uurimustöö pealkiri	Õppeasutus
Kristi Paavel	2020	Nõudluse prognoosimise parandamine tellimustootmisega tegelevas ettevõttes	Tallinna Tehnikaülikool
Marko Kostap	2019	Tarneaahela koostöövormide rakendamine ettevõttes Eolane Tallinn AS	Tallinna Tehnikaülikool
Tanel Joala	2019	Nõudluspõhine materjalivajaduste planeerimine Saku Õlletehases	Tallinna Tehnikaülikool
Meelis Säinas	2014	Timmitud tootmise ja piirangute teooria koosrakendamine tootmisprotsesside juhtimises AS Saku Metall Allhanketehase näitel	Tartu Ülikool

Ettevõtet Eolane Tallinn AS uurinud K. Paaveli ja M. Kostapi tööde fookus varude juhtimise osas erineb käesolevas uurimustöös käsitletust. Kostapi poolt uuritud ning välja pakutud koostöövormid ettevõtte ning tarnijate vahel, peamiselt konsignatsioonilao loogika ja tarnija juhitud varude (VMI) näol aitaks kindlasti ettevõtte varude mahtu ettevõtte enese bilansis vähendada ning käesoleva uurimustöö autori hinnangul aitaks vähendada füüsilist materjalide tarneaega tarnijalt tootmisse. Kuid välja pakutud lahendused töötavad vaid korrektse ning kvaliteetse sisendi pealt. Sisendi kvaliteedi tõstmist uuriski oma magistritöös K. Paavel, kes leidis, et sisendina käsitletav kliendi poolt ettevõttele antav tuleviku müügiprognoos on ebatäpne ning vajab lisatöötlemist. Samuti tuvastati võimalikud meetodid nii prognoosi kõikumise ekstreemumite vähendamiseks kui ka prognoosi mitterealiseerunud osa tellimusteks materjaliseerimise võimalused. Kõik nimetatu on tegelikkuses aluseks käesolevas uurimustöös täna eksisteeriva olukorra lahendamisele kaasa aitamiseks, kuna peamine materjalide defitsiidi põhjus tootmisplaani loomisel ongi kliendi tellimuste ning varasema MRP ja materjalide ostu aluseks oleva kliendi prognoosi lahknevus.

T. Joala uuris Saku Õlletehase AS tootmise näitel erinevusi *MRP* ja *DDMRP* (nõudluse poolt juhitud *MRP*, inglise keeles *Demand Driven Material Requirements Planning* (Miclo, Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2016)) süsteemide vahel ning üritas välja selgitada, kas ja millistel tingimustel võimaldab *DDMRP* süsteem võrrelduna *MRP* süsteemiga madalamaid keskmisi kaubavarusid ning kõrgemat tootmisplaani stabiilsust sama teenindustaseme juures. M. Säinase uuritud Saku Metall AS Allhanketehase tootmisprotsesside juhtimine üritas vastata küsimusele, kas on võimalik tehase tootmisprotsesse parendada kombineerides selleks timmitud tootmise ja piirangute teooria põhimõtteid ning tehnikaid.

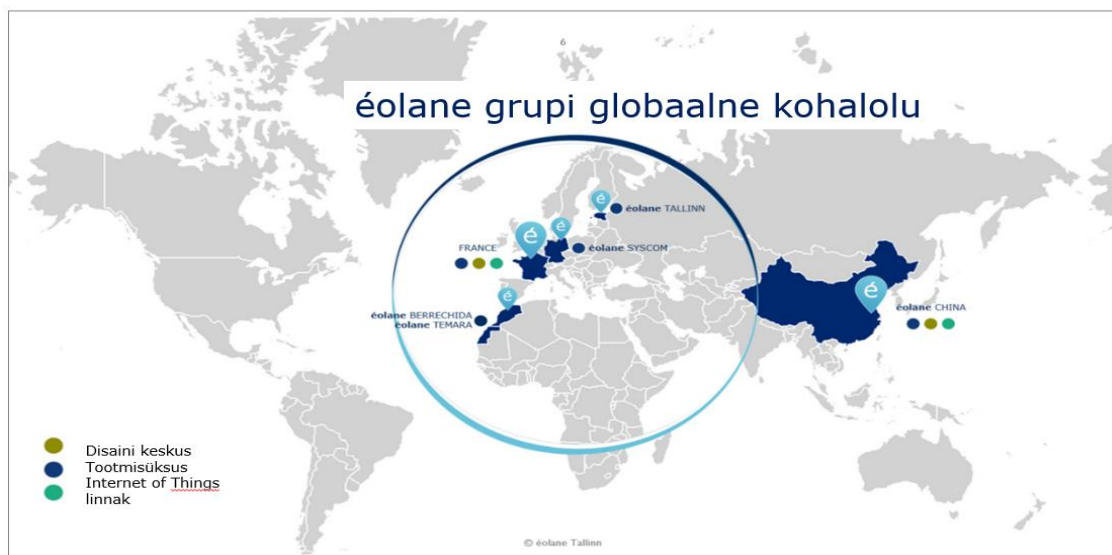
M. Säinase ja T. Joala uurimustööde fookus oli erinevalt käesoleva magistritöö fookusest varude vähendamisel. Käesoleva uurimustöö eesmärk on pigem tõsta fookusettevõtte laovaru ning seeläbi tõhustada tootmisprotsesse. Ehk kui M. Säinas ja T. Joala keskendusid piirangute teooria kasutamisel timmitud ning täppisajastatud tootmise printsiipide rakendamisele ja nõudluse poolt juhitud materjalivajaduste planeerimisele ning seeläbi varude vähendamisele, siis käesoleva töö autor käsitleb lisanduvat laovaru tõhusa tootmistegevuse tagamiseks vajalike puhvrite loomise ning nende juhtimisena. Ühisosana lähtuvad nii käesolev uurimustöö kui M. Säinase ja T. Joala tööd parendamist vajavate aspektide identifitseerimisel piirangute teooriast.

2 LÄHTEÜLESANNE

2.1 Eolane Tallinn AS

Käesolevas peatükis kirjeldatakse põhjalikult käesoleva uurimustöö fookusettevõtet, ettevõtte tegevusvaldkonda ning peamisi konkurentettevõtteid. Lisaks uuritakse ettevõtte tootmise- ning tarneahela juhtimise strateegiat ning varude ja tootmise juhtimise hetkeolukorda. Peatüki lõpus esitatakse käesoleva uurimustöö uurimisülesanne.

Käesoleva magistritöö uurimisobjektiks on juriidilisest isikust ettevõtte Eolane Tallinn AS varude juhtimise ja tootmise planeerimise strateegia. Ettevõtte Eolane Tallinn AS kuulub rahvusvahelisse Prantsuse päritolu *éolane* kontserni. Eolane Tallinn AS tegutseb elektroonika tootmisteenus (EMS) pakkujana. Eolane Tallinn AS on asutatud 2012. aastal pankrotistunud Elcoteq Tallinn AS ülevõtmise järgselt, kui *éolane* grupp omandas pankrotistunud Elcoteq SE grupilt AS Elcoteq Tallinna aktsiad. AS Elcoteq Tallinn oli asutatud 1992. aastal ning tegu oli samuti EMS teenust pakkuva tootmisettevõttega. *éolane* grupp on esindatud viies riigis kolmel kontinendil (nähtav joonisel 2.1). Grupi erinevad üksused on sagedasti teineteisele allhankijate rollis.



Joonis 2.1 *éolane* grupi asupaigad. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (Eolane Tallinn AS, 2020). Autori kohandatud.

éolane grupi kogukäive 2018. aastal ulatus 360 miljoni euroni ning grupi klientide koguarv küündis kuuesajani. *éolane* grupp oli 2018. aastal tööandjaks kolmele tuhandele töötajale. (Eolane Tallinn AS, 2020) Ettevõtte Eolane Tallinn AS pakkus tööd grupi kolmest tuhandest töötajast kolmesaja üheksakümnele ning ettevõtte müügikäive moodustas kuuskümmend neli miljonit Eurot, moodustades grupi 2018. aasta numbritest vastavalt kolmteist ja kaheksateist protsenti. Viimase pealt ilmneb, et grupi Tallinna üksus on töötaja kohta müügikäibe genereerimises tulemuslikum kui grupp keskmiselt.

Perioodil 2015 kuni 2018 on ettevõtte käive ning töötajate arv kasvanud märkimisväärselt. Eriti märgatav kasv toimus aastal 2017, kui ettevõtte kasvatas käivet ühe aastaga üle kuuekümne kolme protsendi. Sama on nähtav ka järgnevas tabelis (Tabel 2.1), koostatud ettevõtte majandusaastaruannete baasil. Samas 2018. aastal tuli vastu võtta käibe langus ning 2019. aasta veel mitte avaldatud andmete kohaselt võib juba etteruttavalt väita, et langustrend jätkus.

Tabel 2.1 Eolane Tallinn AS peamised majandusnäitajad 2015 - 2018. Allikad: Ettevõtte majandusaasta aruanded (Eolane Tallinn AS, 2018; Eolane Tallinn AS, 2017; Eolane Tallinn AS, 2016; Eolane Tallinn AS, 2015). Autori koostatud.

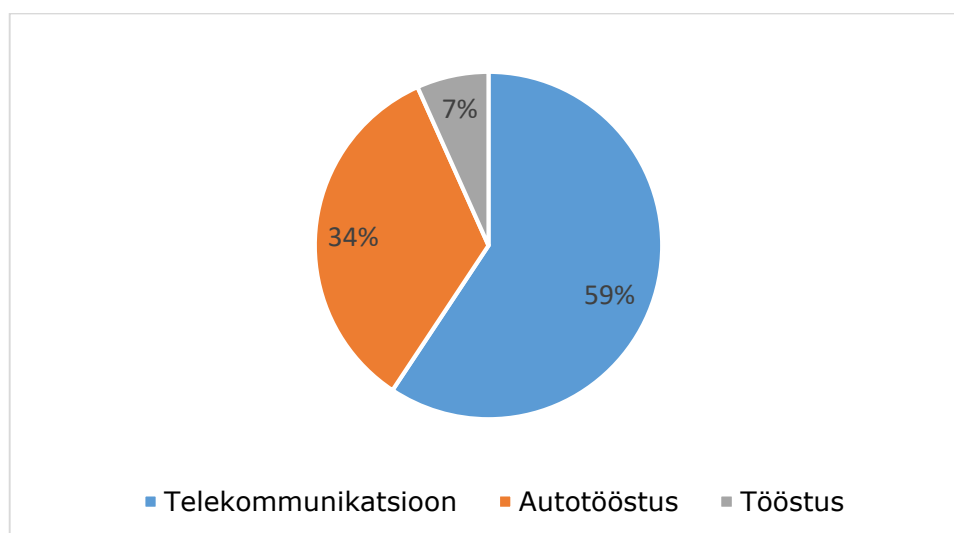
Näitaja	Aasta	2015	2016	2017	2018
Müügitulu (€)		32 303 890	43 391 846	68 399 880	64 033 257
Aruandeaasta kasum (€)		155 397	578 385	1 702 366	1 476 365
Puhasrentaabilus (%)		0,5	1,3	2,5	2,3
Kohustised (€)		11 532 188	20 188 271	28 345 823	22 381 750
Omakapital (€)		8 273 284	8 851 669	10 554 035	12 030 400
Töötajate arv (31.12 seisuga)		186	277	376	390

Eesti Vabariigis elektroonikatööstuse valdkonnas tegelevate ettevõtete 2018. aasta majandusaasta aruannete võrdlusest (Tabel 2.2) ilmneb, et Eolane Tallinn on oma segmendis müügikäibelt edetabeli eesotsas, jäädes alla vaid *Ericssonile*, *Enicsile* ja *Scanfilile*. (Ericsson Eesti AS, 2018) (Enics Eesti AS, 2018) (Scanfil OÜ, 2018) (Flir Systems Estonia OÜ, 2018) (Note Pärnu OÜ, 2018) (Ouman Estonia OÜ, 2018) (Incap Electronics Estonia OÜ, 2018) (Ordi AS, 2018) (Inission Tallinn OÜ, 2018) (Eolane Tallinn AS, 2018) Seega võib Eolane Tallinn AS-i lugeda Eesti mõistes suureks ettevõtteks elektroonikatööstuse vallas.

Tabel 2.2 2018. aastal Eesti suurima müügikäibega elektroonikatööstuse ettevõtted. Allikad: Tabelis välja toodud ettevõtete 2018. aasta majandusaasta aruanded. Autori koostatud.

Ettevõtte	Müügikäive (€)	Ärikasum (€)
Ericsson Eesti AS	701 637 000	6 386 000
Enics Eesti AS	107 882 781	5 929 968
Scanfil OÜ	73 823 054	4 599 145
Eolane Tallinn AS	64 033 257	1 772 955
Flir Systems Estonia OÜ	45 621 000	4 512 000
Note Pärnu OÜ	27 571 650	1 467 965
Ouman Estonia OÜ	17 790 131	178 319
Incap Electronics Estonia OÜ	15 524 299	528 346
Ordi AS	9 217 165	27 303
Inission Tallinn OÜ	6 130 497	43 927

Ettevõtte Eolane Tallinn AS kliendibaas on suhteliselt väikesearvuline ning peamiste kliendisegmentidena on esindatud kolm suuremat gruppi – telekommunikatsioon, autotööstus ning tööstussektor (Joonis 2.2). 2018. aasta müügikäibe järgi jaotades jaguneb ettevõtte müügitulu järgnevalt – kõige suurem osa, peaaegu kaks kolmandikku käibest pärineb ajalooliselt tugevast telekommunikatsiooni sektorist. Suuruselt teise osa moodustab autotööstus ning tööstussektori klientidele müüdud maht on väikseim, moodustades vaid seitse protsenti kogukäibest. (Eolane Tallinn AS, 2018)



Joonis 2.2 Eolane Tallinn kliendigrupid müügikäibe alusel. Allikas: Ettevõtte majandusaasta aruanne (Eolane Tallinn AS, 2018). Autori koostatud.

Ettevõtte Eolane Tallinn AS on omandanud ning järgib oma protsesside ning organisatsiooni juhtimises järgmiseid kvaliteedi- ja juhtimisstandardeid:

- IATF 16949:2016 autotööstuse kvaliteedijuhtimise standard
- ISO 9001:2018 kvaliteedijuhtimise standard
- ISO 14001:2015 keskkonnanõuete juhtimise standard
- OHSAS 18001:2007 töötervishoiu ja -ohutuse juhtimise standard

Nimetatud standardid tagavad ettevõtte protsesside ning juhtimisstruktuuride standardiseerituse, nende vastavuse kehtivatele normidele ning annavad uute klientide/projektide võitmiseks positiivse eelduse. Eriti oluline on standarditele vastavus autotööstusele allhankija rollis olles (Beske, Koplin, & Seuring, 2006). Seda seetõttu, et autotööstusele allhankijaks hakkamiseks on standardite olemasolu tihtipeale kohustuslik. Põhjus sellele nõudele peitub asjaolus, et seeläbi suudab autotööstuse ettevõtte vähendada tarnijast tulenevaid riske oma tarneahela toimimisele ehk tegu on suuresti eelselekttsiooni kriteeriumiga hankeprotsessis. Lisaks on tänasel päeval oluline, et ettevõtte tarnijad oleksid oma tegevustes jätkusuutlikud ning keskkonnasõbralikud. Viimast aitab tagada ka näiteks ISO 14001 keskkonnanõuete juhtimise standardi olemasolu.

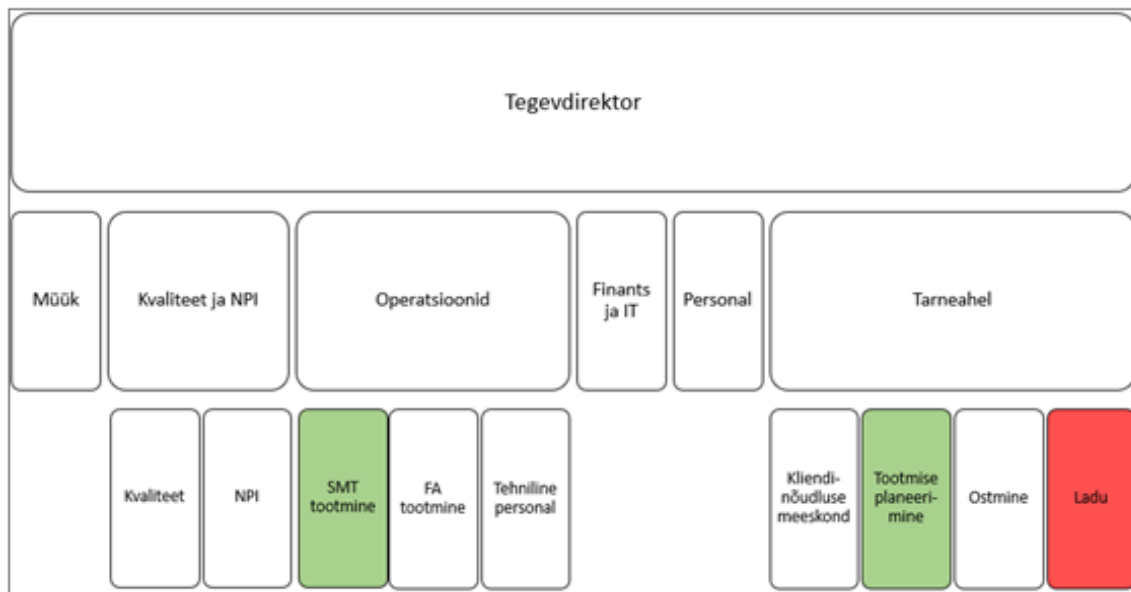
Ettevõtte Eolane Tallinn AS peamine fookus on tootmisteenuse osutamisel, kuid lisaks tootmisteenusele on ettevõtte oma põhivaldkondi kirjeldanud järgnevate peamiste gruppidenä:

- Inseneriteenused
 - Uue toote tutvustus (inglise keeles *New Product Introduction*, edaspidi *NPI*)
 - Testsüsteemide arendusteenus
 - Prototüüpimisteenus
- Tarneahela juhtimine
 - Hankimine
 - Tarneahela juhtimine
 - Logistika- ja tolliteenused
 - Toote elukaare lõpu (inglise keeles *End of Life, EOL*) haldamine

- Tootmine
 - Trükkplaatide (PCB) kooste
 - Lõpptoote kooste
 - Toote testimine
 - Süsteemi integratsioon
- Järelturu teenused
 - Parandusteenused
 - Toote ümbertöötlemine
 - Garantiiteenused (Eolane Tallinn AS, 2020)

Ettevõtte Eolane Tallinn AS organisatsiooni struktuuri kujutab järgnev joonis (Joonis 2.3). Sellelt nähtub, et nii varude juhtimise kui tootmise planeerimise funktsioonid asuvad tarneahela meeskonnas ning on eraldi *SMT* tootmise üksusest mis asub operatsioonide osakonnas. Mainitu ühelt poolt selgitab, miks ei ole käesoleva uurimustöö teemat ettevõttes varem uuritud. Seda seetõttu, et tootmise opereerimise probleemid ning nende kulu ulatus ei jõua tarneahela meeskonna teadvusesse ning kulu suurust ei osata hinnata piisavaks uurimaks võimalikke tarneahela ja tootmise juhtimise strateegia muutusi. Teisalt asuvad tarneahela meeskonnas koos antud uurimustöö lahenduse implementeerimiseks vajalikud võtmemeeskonnad – kliendinõudluse meeskond, ostu- ja hankemeeskond ning tootmise planeerimise meeskond ja laoüksus. Arvestades viimati nimetatud nelja meeskonna lähestikku positsioneeritust struktuuris ning tihedat igapäevast koostööd, siis käesoleva uurimustöö uurimisprobleemi lahenduse positiivse tulemuse korral peaks organisatsioonilise poole pealt lahenduse töölerakendamiseks olema vajalikud ressursid ühtse meeskonnana juba olemas.

Ehk vaadeldes joonisel 2.3 kujutatud struktuuriüksuste paiknemist, kus *SMT* tootmise ning varude juhtimisega tegelevad isikud asuvad erinevates üksustes, siis on mõisteta, miks ei tehta tõhusat koostööd.



Joonis 2.3 Eolane Tallinn AS struktuur. Allikas: Ettevõtte organisatsiooniline jaotus (2020). Autori koostatud.

Joonisel 2.2 on värviliselt markeeritud üksused, kus käesolevas uurimustöös uuritava strateegia muudatuse rakendamisel ilmneksid kulubaasis muudatused. Rohelisega markeeritud SMT tootmise ja tootmise planeerimise üksuste kulubaas väheneks ning punasega markeeritud lao üksuse nii püsikulude osa kui ka üldine laovarude suureneks ehk lisanduks kõrgema laovarude kandmise kapitalikulu.

2.2 Ettevõtte põhistrateegiate kitsaskohad

Eolane Tallinn AS on end positsioneerinud suuresti tellimuspõhise tootmisega EMS-teenuse pakkujaks. Sellele viitab ka tõsiasi, et ettevõttel endal puudub tootearenduse (inglise keeles *Research and Development*, edaspidi *R&D*) üksus. Mingil teataval määral kompenseerib seda grupi tasandil asuv R&D, kuid peamiselt on tegu kliendi poolt disainitud ja välja töötatud toote tootmisteenuse pakkumisega. Sarnaselt tootearendusele ei tegele ettevõtte ise ka nõudluse prognoosimisega, vaid võtab kliendi poolt antava endale üksüheselt sisendiks ning töötab sellega. Viimane tähendab, et ettevõtte on võtnud endale lepinguliselt kohustuse toota ja tarnida kliendi poolt prognoosis näidatud tooteid ning koguseid, on sunnitud antud prognoosi alusel ostma toodete tootmiseks vajalikud materjalid ning hankima vajamineva

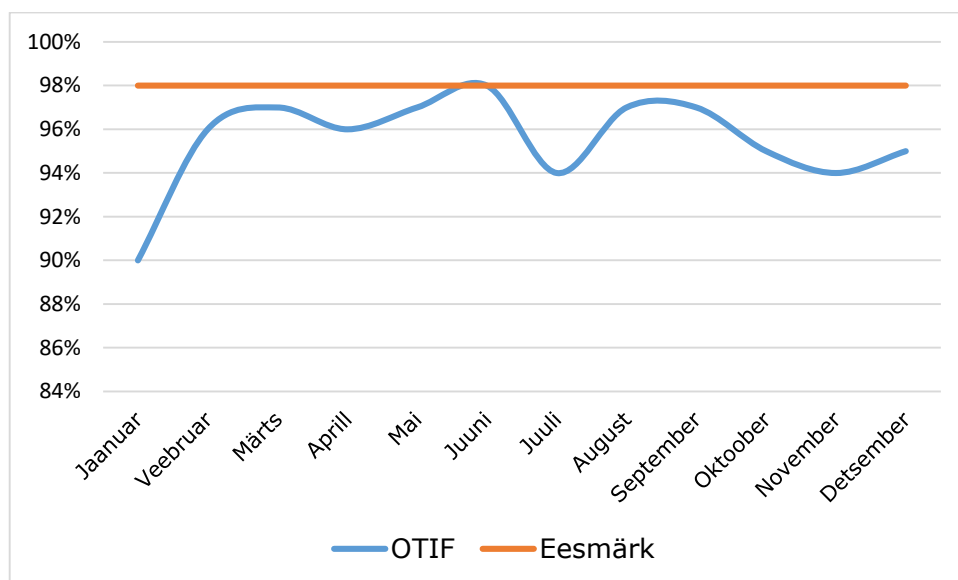
tootmisvõimsuse nii tehnilise kui isikkoosseisu ressursi näol. Kliendiproгноos antakse kliendi poolt ettevõttele ette keskmiselt kaheteistkümneks kuuks (Paavel, 2020) ning seda tootegruppide lõikes. Kliendil puudub vastutus, kui ta hiljem prognoosi täpselt ei realiseeri, tingimuste täitmiseks on piisav, kui prognoosi täpsus on nõutav tootegrupi tasemel. Igal uuel kalendrikuul kaetakse nii uut perioodi kui täpsustatakse juba esitatud perioodi prognoosi. Viimane tähendab nii seda, et ühelt poolt on materjalide ja ressursi planeerimiseks ning hankimiseks olemas info, kuid teiselt poolt on antud info ajas muutuv. Ning selleks hetkeks, kui kliendi poolt edastatakse ettevõttele reaalne tellimus, siis on materjalid tellimuse täitmiseks juba ostetud. Kui nüüd aga tulenevalt toote sortimendi variatsioonidest tellitakse midagi sellist, mida ennustatud ei olnud või ennustusest suurema kogusena, siis on materjale tootmise jaoks puudu ning on oht, et tootmisliinid võivad materjalide otsa lõppedes seiskuda.

Varem välja toodud kliendisegmentide lõikes erineb tootmise planeerimise ja tarneahela strateegia – telekommunikatsiooni segmenti kuuluvate klientide puhul on tootmises tegemist rangelt tellimuspõhise tootmisega (inglise keeles *Make to Order*, edaspidi *MTO*) ning autotööstuse puhul puhvrise tootmisega (inglise keeles *Make to Stock*, edaspidi *MTS*). Tööstussektori klientide tellimusi käsitletakse pigem tellimuspõhiselt ehk lattu midagi enne kliendilt tellimuse laekumist ei toodeta. Tellimuspõhine tootmine on tingitud suuresti asjaolust, et klientide toodete variatiivsus tooteportfellis on äärmiselt suur ning toodetele võib klient igal ajahetkel luua uuenduse, mis muudab varem puhvrise toodetud tooted müügikõlbmatuks. Autotööstuse puhul varem mainitud toodete muutumise oht suuresti puuduvad, küll aga puudub täna ettevõtte *SMT* tootmise üksusel jõudlus ja võimekus puhvreid valmis toota. Viimast suuresti tänu ebatõhusatele tootmise protsessidele, mis ei võimalda liine maksimaalselt ekspluateerida. Tarneahela strateegia kohaselt peaks autotööstuse klientidel olema laos valmistoodetele puhvervaru ning klienditellimuste lähetamine peaks strateegia kohaselt olema lahti sõlmitud tootmise suutlikkusest üksikuid tootmistellimusi õigeaegselt valmis toota. Samuti annab puhvrise tootmine võimaluse planeerida *SMT* tootmisliinidele optimaalse suurusega tootmispartiisid.

2.3 Lähteolukord

Ettevõttes mõõdetakse ning jälgitakse teatavaid tulemusmõõdikuid *KPI*-sid. Järgnevalt kirjeldatakse neist antud uurimustöö fookuses kolme olulisimat – kliendi tellimuste tarnekindlust *OTIF*, *SMT* liinide üldist tõhususnäitajat *OEE* ning varude ringluskiiirust *DOS*. Nimetatud mõõdikud kuuluvad ühtedena mitmetest ettevõtte tulemuslikkuse põhinäitajate hulka ning nende saavutamist jälgitakse igapäevaselt nii ettevõtte tarneahela üksuse siseselt kui ka ettevõtte juhtkonna tasandil.

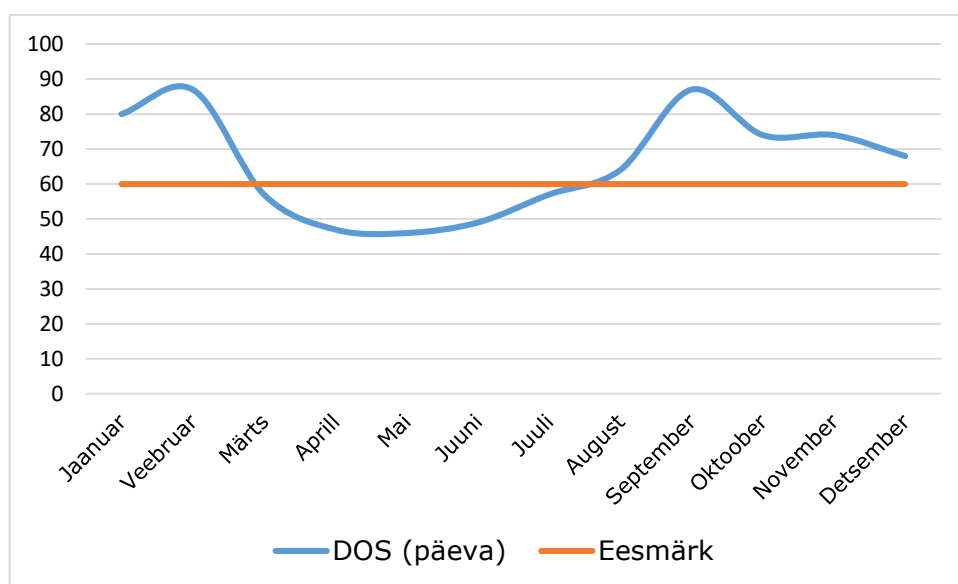
Kinnitatud tellimuste tarnekindluse *OTIF* eesmärgiks 2019. kalendriaastal oli ettevõttes 98% (Ettevõtte sisedokumentatsioon, 2019). Samas järgnevalt jooniselt (Joonis 2.4) ilmneb, et vaid juunikuus õnnestus eesmärk täita. Teistel kuudel jäi eesmärgi saavutamisest pidevalt puudu. 2019. kalendriaasta keskmisena mõõdeti klientidel kinnitatud müügitellimuse tarnekindluse näitajaks vaid 95,5%. Peamiste probleemidena antud eesmärgi mittetäitmisel on nähtud ühe suurima telekommunikatsioonisektori kliendi prognoosi ebatäpsust ning ühe tööstussektori kliendi projekti lõpetamisega kaasuvate viimaste tellimuste (inglise keeles *Last Time Buy*, *LTB*) suuri koguseid ning nende tootmiseks materjalide kättesaadavust.



Joonis 2.4 Klienditellimuste tarnekindlus 2019. kalendriaastal. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (2019). Autori koostatud.

Tarnekindluse tulemusnäitajat mõjutab klientide poolt edastatava müügiprognoosi täpsus. Seda suuresti seetõttu, et müügiprognoosi täpsus on madal, seda eriti toodete lõikes. Teataval määral kompenseerib toote baasil prognoosi ebatäpsust asjaolu, et tooteperekonniti on materjalide kasutus tihti sarnane ning viimati nimetatu päästab ostu ning tootmise suurematest materjalide defitsiitidest. Prognoosi täpsuse tõstmine on tänasel hetkel ettevõtte tarneahela üks fookusvaldkondi ning antud teemat uuris oma magistritöös ka K. Paavel (2020).

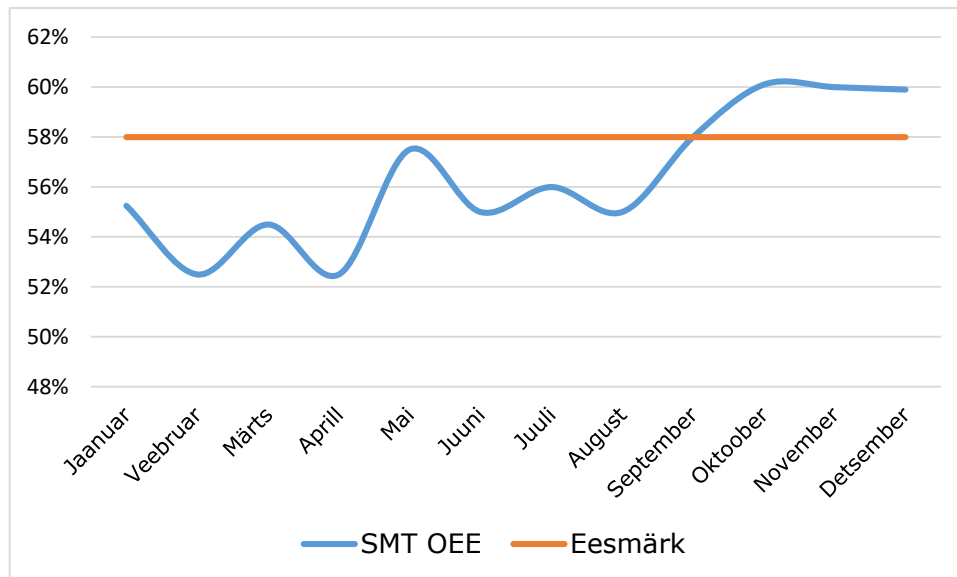
Sarnaselt eelnevalt kirjeldatud tarnekindluse tulemusmõõdikule on kliendi prognoosi täpsusest tugevalt mõjutatud ka ettevõtte laovaru suurus ning selle käibekiirus. Järgneval joonisel (joonis 2.5) on näha, et eesmärgiks seatud 60-päevane *DOS*-i eesmärk on saavutatud vaid viiel kuul aastast. 2019. kalendriaasta keskmiseks *DOS*-i väärtuseks kujunes 65,8, mis ületab eesmärki peaaegu kuue päevaga. Varude juhtimise osas on ettevõttes võetud eesmärgiks viia lisaks *DOS*-i väärtusele madalamaks ka varude maht ettevõtte bilansis üldiselt.



Joonis 2.5 Eolane Tallinn AS laovaru käibekiirus DOS 2019. aastal. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (2019). Autori koostatud.

SMT liinide üldine kasutuse tõhusus *OEE* 2019. aastal oli keskmiselt 56,3%, mis on käesoleva uurimustöö autori hinnangul madal. Sama on autori hinnangul ka eesmärgiks seatud 58%. Samas joonistub järgnevalt jooniselt (Joonis 2.6) välja, et aasta viimastel kuudel on olukord paranenud ning *OEE* on stabiilselt saavutanud talle

seatud eesmärgid. Tõenäoliselt mängivad siinkohal peamist rolli tootmises sisemiselt korraldatud protsessimuudatused ning tootmise ettevalmistamisel tehtud parendustegevused, mis masinladumise faasis tagavad liini suurema tõhususe (%).



Joonis 2.6 SMT liinide OEE % 2019. kalendriaastal. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (2019). Autori koostatud.

Tootmise planeerimise meeskonda kuulus 2019. aastal viis inimest, kes planeerisid nii SMT liinide tootmist kui ka hilisemat lõppkooste tootmist. Tootmise planeerimise protsessi jaoks ei ole tegu piirava teguriga, kui tootmistellimuse täitmiseks ei jätku materjale. Ettevõtte ERP annab küll tootmistellimust luues teada, et materjale ei piisa loodava tootmistellimuse tootmiseks, kuid antud teadet eiratakse ning tootmistellimus luuakse ning pannakse tootmisplaani. Järgmisel päeval, kui öösel on ERP süsteem teinud uued materjalivajaduse arvutused, jõuab loodud tootmistellimusest pärinev lisandunud materjalivajadus ostu osakonnas nähtavale. Seejärel alustab ostuosakond lisandunud vajaduse katmiseks võimalusi otsima – kas loovad süsteemi uue tellimuse materjali tarnijale või üritavad juba loodud ning edastatud tellimusi varasemaks ümber planeerida. Samas ei ole garantiid, et vajalikke materjale õnnestub tootmise alustamise hetkeks ettevõttesse kohale saada. Samal ajal jälgivad ka tootmise planeerijad igapäevaselt kogu nimekirja puuduolevatest materjalidest ning planeerivad ümber tootmistellimusi, millede jaoks materjal ei ole tootmisliinil töö alustamise hetkeks saabunud. Nimetatud tegevus on iseenesest väärtust mitteloov tegevus ning teiselt poolt juhtub teatava

regulaarsusega olukordi, kus tootmise planeerija eksib ning ei planeeri puuduva materjaliga tootmistellimuse tootmise aega ringi või tootmine ise liigub planeeritud tööde järjekorrast ette ning liinile satub tootmistellimus, millest on puudu mõni materjal. Juhul, kui tootmine ei avasta materjali puudumist enne tootma asumist, lõpeb materjal tootmisprotsessi kestel otsa ning tootmisliin seiskub. Liini seiskumine kätkeb endas aga erinevaid kulutusi – lisaks tööjõuressursile, kes jäävad ootele ning lõpetavad ettevõttele lisandväärtuse loomise, lõpetab ettevõttele tulu tootmise ka tootmisliin ise, mille soetamiseks ning käigushoidmiseks on investeeringud ning kulutused varemalt juba tehtud. Seisaku enda kuludele lisanduvad ka tootmisprotsessi katkemisest tulenevad materjalikulud, kus materjalid on kasutatud kuni etapini, kus nende säilimiseks on vajalik tootmisprotsessi lõpuni teostamine, mis aga jäi puuduva materjali tõttu teostamata. See tähendab, et nimetatud materjalid muutuvad kasutuskõlbmatuks ning kantakse maha ning sellest tekib iga katkenud tootmistellimusega (tellimuseti erineva suurusega) lisanduv kulu.

2.4 Uurimisülesanne

Lähtuvalt ettevõttes kehtivast strateegiast ja üldeesmärkidest on seatud ettevõttes esikohale materjalivarude vähendamise eesmärk. Antud eesmärgi saavutamiseks timmitakse kliendinõudluse juhtimist, materjalide ostu juhtimist ning tootmise planeerimist efektiivsemaks ning täpsemaks. Samas ei ole siiani Eolane Tallinn AS kvantitatiivselt võrrelnud varude vähendamisest ning tootmise planeerimisel varude mittepiisavusest tingitud planeerimise ning tootmistevõime tekitatavaid lisakulusid. Puudub ülevaade ning läbipaistvus materjalivarude vähendamisega seatud tootmise peidetud kuludest ning nende suurusest ja välditavusest. Tagaplaanile on jäetud võimalikud strateegia muudatused, mis võimaldaksid tootmisliine tõhusamalt planeerida ning opereerida ning mis võiksid summaarselt pakkuda ettevõttele lisaväärtust. Siiani ei ole ettevõtte tootmis- ega tarneahela üksused teinud strateegilisel tasandil koostööd ning lahendamata on jäänud materjalide defitsiidist tingitud tootmisseisakute ja -kadude probleemid. Üheks põhjuseks on usutavasti piisavate ja pädevate alusandmete puudumine kahe erineva eesmärgi võrdlemiseks. Nimetatust tulenevalt seisnebki käesoleva uurimustöö uurimisprobleem ettevõtte Eolane Tallinn AS ebatõhusas tootmistevõime planeerimise ja varude juhtimise strateegias.

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks on optimeerida ettevõtte tarneahela ja tootmise ning seeläbi kogu ettevõtte kogukulu, minimeerides materjalide puudujäägi tõttu tekkivate tootmisliinide seisakute aega ja kulu.

Lisaks seatud eesmärgile on autor püstitanud neli uurimisküsimust, millele töös vastust otsitakse:

1. Millistest komponentidest koosneb fookusettevõtte laovarude kogukulu?
2. Mil määral kasvab ettevõtte kogukulu kõrgema laovaru hoidmise korral?
3. Milline on *SMT* tootmisliini seisaku kulu ettevõttele?
4. Kui suur hulk tootmisliinide seisakutest on põhjustatud materjalide defitsiidi olukorrast ning milline on nende seisakute kulu ettevõttele?

Uurimisküsimustele vastamiseks on autor igale küsimusele vastamiseks püstitanud uurimisülesande. Laovarude kogukulu komponentide leidmiseks tuvastatakse kõik varude soetamisega ja hoidmisega seotud kulukomponendid. Kõrgema laovaru poolt põhjustatava kõrgema kogukulu leidmiseks tuvastatakse laovaru suuruse muutumise poolt otseselt mõjutatavad kulukomponendid. *SMT* tootmisliinide seisaku kulu tuvastamiseks uuritakse liinidesse tehtud vältimatute kulude komponente ning nende suuruseid. Materjalide defitsiidi olukorrast põhjustatud tootmisliinide seisakute hulga ja kulu teadasaamiseks uuritakse tootmisliinide seisakute infot ning võrreldakse seda tootmisplaaniga viimase loomise hetkel.

Töö resultaat võib olla heaks sisendiks *éolane* gruppi kuuluvatele üksustele üle maailma, kuid usutavasti ka teistele *SMT* tellimuspõhise tootmisega tegelevatele ettevõtetele, kes soovivad tõhustada tootmisprotsesse ning tõsta ettevõtte kulutõhusust. Täpsem uurimisstrateegia ja selle elemendid on kirjeldatud peatükis 3.

3 METOODIKA

3.1 Uurimisstrateegia ja valim

Järgnevas metoodika peatükis kirjeldatakse uurimustöös kasutatavat strateegiat ja valimit ning tuuakse välja uurimustööle rakenduvad kitsendused. Lisaks kirjeldatakse hilisemas analüüsi osas kasutatavate andmete korjet, töötlusprotsesse ning kasutatavaid arvutuskäike ja lahendusmetoodikaid.

Käesoleva magistritöö uurimisstrateegiaks on töö autor valinud juhtumiuuringu ning uuringu objektiks on elektroonika tootmisteenus pakkuva ettevõtte Eolane Tallinn AS varude juhtimise ja tootmise planeerimise strateegia. Juhtumiuuring kui uuringu tüüp on valitud tulenevalt asjaolust, et juhtumiuuring on mitmekülgne kvalitatiivne uurimismeetod, sobilik kompleksse teema terviklikuks ja põhjalikuks uurimiseks konkreetses kontekstis. Juhtumiuuringu objektiks sobivad nii nähtused, sündmused, situatsioonid, organisatsioonid, üksikisikud kui ka grupid. Piirid konteksti ja probleemi vahel võivad olla ebaselged ning esineda võib mitmeid erinevaid muutujaid. (Harrison, Birks, Franklin, & Mills, 2017) Juhtumiuuringu puhul on tihti iseloomulik, et uurimuse ülesehitusel, andmete kogumisel ja analüüsis tuginetakse varasemale teoreetilisele käsitlusele ja erinevatele allikatele. (Yin, 2017)

Käesoleva uurimustöö aluseks on järgmised eeldused ja kitsendused:

- Perioodi pikkuseks, kus planeeritavad tootmistellimused peavad olema materjalidega kaetud, on kaks nädalat
- Ettevõtte poolt kasutatava kapitali hind on kogu uuritava perioodi vältel muutumatu
- Ei käsitleta alternatiivkulusid, mis võivad kaasneda protsesside muudatustega ega muid subjektiivseid ning raskesti hinnatavaid kululiike
- Ei arvestata klienditellimuste tarneaegadest tingitud erisusi

Nimetatud kitsendused on rakendatud tulenevalt järgmistest asjaoludest ja kaalutlustest. Kahe nädala pikkune tootmisplaani fikseerituse periood on valitud lähtudes asjaolust, et kaks nädalat on lühim periood, mille korral on võimalik ilma

lisakulutusteta tootmisliini vajadusi ning ressursse ümber planeerida või ringi paigutada teistesse tööloikudesse. Kapitali hinda käsitletakse muutumatuna, kuna käesoleva töö autorile teadaolevalt ei ole ettevõtte kapitali struktuur ega selle hind muutunud ning marginaalsed muutused kapitali hinnas ei anna töö autori hinnangul uurimustöö tulemusele lisaväärtust. Erinevad võimalikud alternatiivkulud on jäetud käesoleva uurimustöö arvestusest välja ning seda peamiselt põhjusel, et nende esinemise prognoosimine ning nende võimalike suuruste hindamine väljub käesoleva töö eesmärgist. Klienditellimuste tarneaegu ei võeta arvesse, kuna teatud klientide tellimuste täitmise tarneajad ei võimalda uuritava planeerimise mudeli rakendamist.

Lõpliku analüüsi koostamiseks vajalike alusandmete kogumisel analüüsitakse eraldiseisvalt eelnevalt järgmisi valdkondi:

- Tootmise planeerimise kulud materjalide defitsiidi käsitlemisel
- Tootmisliinide seisakud ja nende kulu ettevõttele
- Varude omamise kogukulud
 - Lao üksuse kulud
 - Varude all olev kapital
- Varude käibekiirus

Valdkondade valik põhineb käesoleva uurimustöö autori subjektiivsel ja kogemuslikul hinnangul ning on valideeritud ekspertintervjuude käigus ettevõtte tarneahela juhtivtöötajatega. Eelnimetatud uuritavate valdkondade kulude kombineerimisel koostatakse käesoleva uurimustöö analüüsi osas stsenaariumanalüüs laovarude kandmise kulude välja selgitamiseks ning võrdlusanalüüs leidmaks ettevõttele võimalikult kulusäästlik tootmise planeerimise mudel.

Käesoleva magistritöö valim põhineb ettevõtte Eolane Tallinn AS *SMT* masinladumise liinide tootmisplaani ning tegelike tulemuste ajaloolistel andmetel ajavahemikus 01.01.2019 – 31.12.2019. Andmed on eksporditud ettevõtte ressursside planeerimise tarkvarast *SAP*, liinide töö jälgimise tarkvarast *Advantline* ning on vastavalt vajadusele töödeldud andmetöötlus-tarkvaras *Microsoft Excel*. Perioodi valik baseerub eesmärgil kasutada maksimaalselt värsked andmeid saavutamaks uurimustöö ajakohasus ning relevantsus.

Andmetena käsitletakse järgmist tootmistellimuste kohta käivat infot:

- Tootmistellimuste hulk
- Materjalide defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste hulk
- Defitsiitsete materjalide hulk ning nende hind
- Tootmisliinidel tootmistellimuste tootmise käigus tekkinud seisakute kestvus
- Tootmisliinidel tootmistellimuste tootmise käigus tekkinud seisakud põhjustanud materjalide koodid

Uuringu läbiviimiseks on uurimustöö autor koostanud tegevuskava, millele tuginedes asutakse uurimisprobleemi lahendama. Tabel 3.1 annab ülevaate uurimuse ülesehitusest, vajalikest tegevustest ja rakendatavatest meetoditest.

Tabel 3.1 Uurimistöö tegevuskava. Autori koostatud.

Järjekorra number	Tegevus	Andmekogumis- ja analüüsimetod	Töö osa
1	Teoreetilise taustaga tutvumine, tarneahela strateegias osalevate elementide tuvastamine. Varasemate uuringute ülevaade.	Tekstianalüüs	ptk 1
2	Ettevõtte lähteolukorra kaardistamine ning uurimisülesande püstitamine.	Teksti- ja andmeanalüüs. Poolstruktureeritud intervjuud.	ptk 2
3	Uurimisstrateegia defineerimine	Tekstianalüüs	ptk 3
4	Andmete kogumine ja valimi moodustamine	Andmeanalüüs	ptk 3
5	Uuritava strateegia muudatuse kulukomponentide tuvastamine. Uue strateegia välja töötamine.	Andmeanalüüs, tekstianalüüs	ptk 3
6	Varude omamise ning tootmise kulude välja arvutamine.	Andmeanalüüs	ptk 4
7	Tulemuste analüüs.	Andmeanalüüs, stsenaariumanalüüs	ptk 4
8	Ettepanekute tegemine	Andmeanalüüs	ptk 4

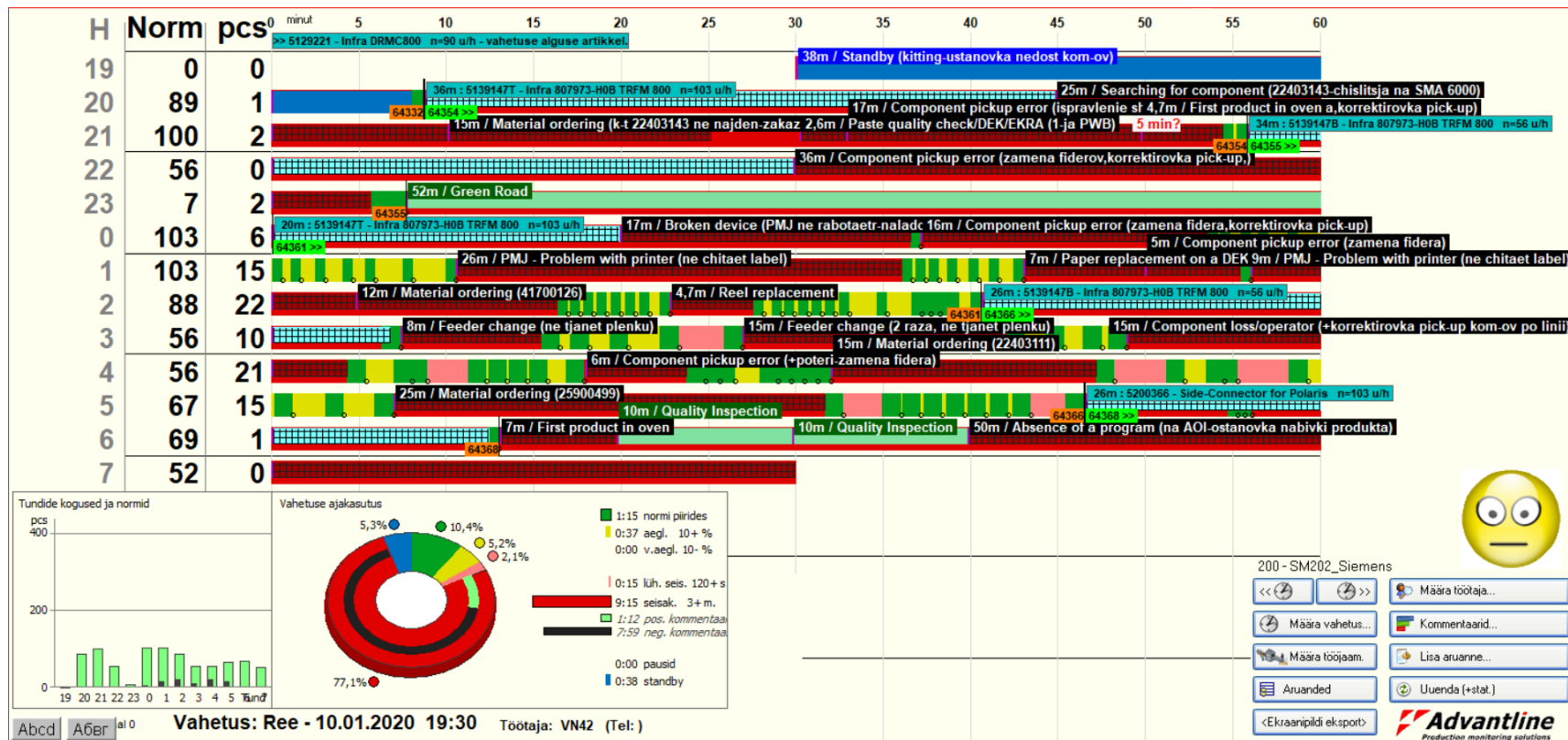
Valim on töökeskuste osas koostatud eelnimetatud kujul, kuna *SMT* liinide töö on võrreldes teiste ettevõtte töökeskustega kõige ressursimahukam, nende tööks vajalike eel- ning järeltegevuste kogukulu kõige suurem ning nende plaanitud tootmisplaanist hälbumine kõige suurema kriitilisusega, kuna tegu on tootmistegevuse esimese etapiga, millele järgnevad kõik ülejäänud tootmistegevused. Ehk mainitud tootmisliinide vältimatu seisukulu on märkimisväärselt suurem kui seda on ettevõtte teiste töökeskuste seisukulu. Ning *SMT* liinil planeeritud tootmistellimuse hilinemine on kogu tootmise ajakohasuse aspektist graafikus püsimiseks kõige olulisem, kuivõrd ülejäänud tootmisetappe ei ole võimalik ilma *SMT* liinidel tehtavate tootmistellimuste lõpetamiseta alustada. Lähtudes piirangute teooriast pärinevast viie sammu parendusprotsessist, siis esimese sammu kohaselt on identifitseeritud süsteemi läbilaskevõimet piirava tegurina puudulik materjalide laovarude. Teise sammuna otsustatakse peale kulukomponentide analüüsi tulemuste selgumist, millist strateegiat tasuks edaspidi ettevõttes kasutada, et maksimeerida süsteemi läbilaskevõimet ning suurendada organisatsiooni kulutõhusust ning kasumlikkust.

Käesoleva uurimustöö tulemuseni jõudmiseks analüüsitakse järgmiseid kulukomponente – *SMT* tootmisliinide seisakutest tekkivat kulu, tootmise planeerimise kulu ning lisanduva laovarude kandmise kulu. Esiteks tuvastatakse 2019. aastal materjalide defitsiidi olukorras loodud tootmisplaani realiseerumisest tekkinud tootmisseisakute kogumaht ning seejärel nende poolt tekitatud kulu ettevõttele. Samuti tuvastatakse võimalik tööjõukulude kokkuhoid juhul, kui tootmisplaani loodaks vastu reaalselt laoiseisu ning puuduks vajadus tootmistellimusi pidevalt ringi planeerida. Seejärel leitakse 2019. aasta tootmisplaani analüüsides tootmisplaani luues puudu olnud materjalid ning nende hind. Seejärel leitakse antud puuduva varu võimaliku varasema soetamise korral tekkivad lisakulud. Viimaks võrreldakse omavahel lisanduvaid kulusid ärajäävatega mõistmaks, kumb strateegia on ettevõttele kokkuvõttes kulutõhusam, kas tootmise planeerimine vastu reaalselt laoiseisu ning hoides seeläbi kõrgemat laovarude või ignoreerides tootmisplaani luues materjalide puudumise fakti, kuid samal ajal kandes madalamaid varude hoidmisega seotud kulusid.

3.2 Tootmise planeerimine ja tootmise seisakud

Ettevõtte tootmise planeerimise üksus jälgib igapäevaselt tootmisplaani luues ja muutes plaani täitmiseks vajaminevate materjalide olemasolu ja saadavust. Tootmistegevusele mitte kättesaadavate materjalide nimistu kohta peetakse arvestust ning ajaloolised nimistud salvestatakse arhiivi. Antud arhiivi alusel tuvastatakse käesoleva töö autor *SMT* liinidele planeeritud tootmistellimused, milledele ei olnud tootmisplaani luues kõiki materjale saadaval. Ehkki tootmisplaani luuakse ette kuni nelja nädala ulatuses, siis käesoleva töö skoobis on kuni kaks nädalat enne planeeritavat tootmise alustamise hetke tootmisplaanis olevad tööd, millel on vähemalt ühe materjali puudujääk antud perioodil. Kahe nädala perioodi valik tuleneb asjaolust, et kui materjali kas ei ole laos või on planeeritud materjalitarne lattu saabumas, siis kõik ostu-, lao-, kvaliteedi- ja tootmisosakondade protsessid võtavad kõik eraldi võetuna mitmeid tööpäevi aega ning kahest nädalast lühema perioodi korral võib ilmnedagi olukord, kus materjal ei jõua kõiki ette nähtud etappe läbida ning tootmistegevuse alates ei pruugi materjal endiselt olla tootmisele kättesaadav.

Tootmisliinidel tekkivate seisakute fikseerimiseks kasutatakse tootmises liinide jälgimise tarkvara *Advantline*. Viimane koondab endasse kõik tootmistegevusega seotud info – alates toodetava toote kodifikatsioonist ja kirjeldusest kuni iga liini põhiprotsessist hõlbiva tegevuse fikseerimise ja kommenteerimiseni. Joonisel 3.1 on näha liini töö jälgimise ajaline täpsus ning detailsuse aste. Iga seisak on kohehelt liinil opereerivate töötajate poolt ning hiljem tootmise juhtide poolt analüüsitud vähendamaks probleemide kestvust ning tekkesagedust. Käesoleva jälgimise programmi kasutus on liinil töötavatele operaatoritele kohustuslik ehk ühtegi seisakut ei saa eksisteerida ilma operaatorite poolsete kommentaarideta tarkvaras. Järgmisel (üldiselt) tööpäeval tootmise juhtivate isikute poolt eelmise tööpäeva andmete ülevaatamisel jälgitakse ka varasemalt operaatorite poolt antud kommentaare ning suuremate normist hõlbimiste korral tehakse järelepärimised seisaku põhjustanud protsessi või üksuse eest vastutavatele isikutele.



Joonis 3.15 Advantline liini jälgimise tarkvara ekraani pilt (näidis SM202 10.01.20 C vahetus). Autori koostatud.

Kirjeldatud liini jälgimise tarkvara *Advantline* andmed on hiljem hõlpsasti eksporditavad. Nagu järgnev joonis (Joonis 3.2) kirjeldab, on igal ajahetkel võimalik *Advantline* tarkvarast välja sorteerida ja filtreerida huvipakkuva perioodi, liini, toote või kirjeldatud probleemitüübi alusel kõik salvestatud andmed ning need töötlemiseks eksportida näiteks andmetöötlustarkvarasse *Microsoft Excel*.

Station	Time	Group	Cause	Comment	ExtraText	Delay	Delay (s)	Chart
SM202_Siemens	2020-01-10 07:30:01	+ Standby	Pos	Standby		11h 59m 56s	43196	
SM202_Siemens	2020-01-10 19:30:01	+ Standby	Pos	Standby	kitling-ustanovka nedost kom-ov	38m 00s	2280	
SM202_Siemens	2020-01-10 20:08:45	Product change over	Neg	Change Over		36m 06s	2166	
SM202_Siemens	2020-01-10 20:44:53	Material	Neg	Searching for component	22403143-chisiltsja na SMA 6000	25m 12s	1512	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:10:07	Material	Neg	Material ordering	k-i 22403143 ne najden-zakaz so sklada	15m 00s	900	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:30:14	Quality	Neg	Paste quality check/DEK/EKRA	1-ja PWB	2m 37s	157	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:32:53	Technical support	Neg	Component pickup error	ispravlenie shagov.pozitsij,ne vernie fidera,korrektirovka pick-up	16m 51s	1011	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:49:11	Kommenteerimata seisak	Neg	Kommenteerimata seisak		5m 17s	317	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:49:46	Product change over	Neg	First product in oven		4m 41s	281	
SM202_Siemens	2020-01-10 21:55:51	Product change over	Neg	Change Over		34m 00s	2040	
SM202_Siemens	2020-01-10 22:29:53	Technical support	Neg	Component pickup error	zamena fiderov,korrektirovka pick-up,	35m 47s	2147	
SM202_Siemens	2020-01-10 23:07:42	Product change over	Pos	Green Road		52m 19s	3139	
SM202_Siemens	2020-01-11 00:00:04	Product change over	Neg	Change Over		19m 51s	1191	
SM202_Siemens	2020-01-11 00:19:57	Technical support	Neg	Broken device	PMJ ne rabotaet-naladchiki	16m 37s	997	
SM202_Siemens	2020-01-11 00:37:09	Technical support	Neg	Component pickup error	zamena fidera,korrektirovka pick-up	16m 24s	984	
SM202_Siemens	2020-01-11 01:10:34	Technical support	Neg	PMJ - Problem with printer	ne chliaet label	25m 30s	1530	
SM202_Siemens	2020-01-11 01:43:03	Supportive activities	Neg	Paper replacement on a DEK / EKRA		6m 53s	413	
SM202_Siemens	2020-01-11 01:49:58	Technical support	Neg	Component pickup error	zamena fidera	5m 27s	327	
SM202_Siemens	2020-01-11 01:56:03	Technical support	Neg	PMJ - Problem with printer	ne chliaet label	8m 45s	525	
SM202_Siemens	2020-01-11 02:04:50	Material	Neg	Material ordering	41700126	11m 31s	691	
SM202_Siemens	2020-01-11 02:22:48	Supportive activities	Neg	Reel replacement		4m 44s	284	
SM202_Siemens	2020-01-11 02:40:38	Product change over	Neg	Change Over		26m 09s	1569	
SM202_Siemens	2020-01-11 03:07:24	Technical support	Neg	Feeder change	ne tjanet plenku	8m 00s	480	
SM202_Siemens	2020-01-11 03:26:58	Technical support	Neg	Feeder change	2 raza, ne tjanet plenku	15m 01s	901	
SM202_Siemens	2020-01-11 03:48:58	Technical support	Neg	Component loss/operator	+korrektirovka pick-up kom-ov po lini	15m 20s	920	
SM202_Siemens	2020-01-11 04:17:57	Technical support	Neg	Component pickup error	+poteri-zamena fidera	5m 47s	347	
SM202_Siemens	2020-01-11 04:32:01	Material	Neg	Material ordering	22403111	15m 09s	909	
SM202_Siemens	2020-01-11 05:07:00	Material	Neg	Material ordering	25900499	24m 39s	1479	
SM202_Siemens	2020-01-11 05:46:33	Product change over	Neg	Change Over		25m 52s	1552	
SM202_Siemens	2020-01-11 06:13:03	Product change over	Neg	First product in oven		6m 40s	400	
SM202_Siemens	2020-01-11 06:19:45	Product change over	Pos	Quality Inspection		10m 00s	600	
SM202_Siemens	2020-01-11 06:29:47	Product change over	Pos	Quality Inspection		10m 00s	600	
SM202_Siemens	2020-01-11 06:39:49	Technical support	Neg	Absence of a program	na AOI-ostanovka nabivki produkta	50m 10s	3010	
SM202_Siemens	2020-01-11 07:30:01	Product change over	Pos	Quality Inspection		6m 13s	373	
SM202_Siemens	2020-01-11 07:36:16	+ Standby	Pos	Standby		23m 50s	1430	
SM202_Siemens	2020-01-11 08:00:09	Product change over	Neg	Change Over		27m 49s	1669	
SM202_Siemens	2020-01-11 08:28:36	Technical support	Neg	Problems with the conveyor	4	5m 24s	324	
SM202_Siemens	2020-01-11 08:44:13	+ Standby	Pos	Standby	kitling 5137937	5h 13m 12s	18792	

Joonis 3.26 SM202 10.01.20 Advantline logi näidis. Autori koostatud.

Andmeid tarkvara ajaloost ei kustutata ning igal ajahetkel on korratav varasem andmete eksport ning analüüs. Korratavus omakorda muudab andmed igal uuel analüüsil varasemaga võrreldavaks ning tulemused samadel alustel baseeruvateks. Antud programm on kasutuses kõigil ettevõtte viiel *SMT* tootmisliinil ning andmed on kuvatavad nii liini kaupa kui ka koondatult.

3.3 Tootmisliinide seisuaegade kulu

Tootmisliinide seisuaegade kulu hindamiseks võetakse arvesse vaid vältimatuid kulutusi, mille ettevõtte on liinile tööd planeerides teostanud ning eiratakse erinevaid teostamata tootmistellimustest tulenevaid tekkimata materjalikuluseid ning võimalikku saamata jäänud müügitulu. Materjalikulud on käesoleva uurimustöö skoobist välja jäetud põhjusel, et tootmistellimuse mittetootmisel ei saanud tekkida materjalikuluseid ning isegi juhul, kui tootmisel tekkis tootmistegevuse kestel, ei ole nendest seisakutest tekkivate materjalide lisakulu võimalik tänaste andmeallikate alusel adekvaatselt hinnata. Teoreetiliselt saamata jäänud müügist tekkiv võimalik saamata jääv tulu on käesoleva uurimustöö kontekstis marginaalse suurusega, kuna ettevõtte toodab peamiselt täpselt klienditellimuse kohaselt ning tootmisliini seisak ei põhjusta klienditellimuste mittetäitmist, vaid nende hilinemist, mistõttu saamata jäänud müüki käesoleva uurimustöö kontekstis ei eksisteeri ning hinnata saaks vaid tellimuste hilinemist. Kuid viimati nimetatut ei ole käesoleva uurimustöö fookuses ning seetõttu seda ka uurimusse ei kaasata.

Iga tootmisliinide seisak, sõltumata tema iseloomust ning tekkepõhjusest tähendab ettevõttele järgmisi vältimatuid ning suuresti juba tehtud kulutusi, mis avalduvad järgmistes kulukomponentides: tootmisliini soetusväärtuse amortisatsioon, tootmisliini soetamiseks kasutatud kapitali kulu, tootmisliini käigus hoidmiseks vajalikud varuosad ja hooldus, liini käitamiseks tarvilik elektrienergia, hoone kulud, tarkvarade kulu ning vahetuse vanemate, operaatorite ja tehnilise personali tööjõukulu.

Antud kulukomponentide alusel on ettevõtte finantsosakonna poolt arvestatud igale unikaalsele liinile eraldiseisvalt ettevõtte poolt kantava kulu suurus iga töötunni kohta. Antud kulud kätkevad endas peamiselt tootmise- ja hoone põhivarasse tehtud investeeringuid ning planeeritud personalikuluseid, mida ei saa lühiajalises perspektiivis vältida ega edasi lükata. Liini kulu määrana ühe töötunni kohta on kasutatud alljärgnevas tabelis (Tabel 3.2) esitatud kulukomponentide summat.

Tabel 3.2 SMT tootmisliini ühe töötunni põhiste kulukomponentide arvutusvalemid.
Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (Finantsosakond, 2020). Autori koostatud.

Kulu komponent	Arvutuskäik
Amortisatsioon	$= \text{Liini soetusmaksumus (EUR)} / \text{Amortisatsiooniperiood (kuudes)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg ööpäevas (h)}^{**}$
Kapitali kulu	$= \text{Liini soetusmaksumus (EUR)} * \text{WACC \%} / 12 \text{ (kuud)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Varuosad ja hooldus	$= \text{Kalendrikuu keskmine varuosade ja hooldustööde maksumus konkreetse liini kohaselt (EUR)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Elektrienergia	$= \text{Konkreetse liini elektritarve (kWh)} * \text{Elektri hind (EUR/kWh) (ööpäeva keskmine)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Hoone kulud	$= \text{Konkreetse liini kasutatav põrandapind (m}^2\text{)} * \text{Hoone halduskulud kuus (EUR/m}^2\text{) (välja arvatud elektrienergia)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Tarkvarade kulu	$= \text{Kuine liinide jälgimise ja jälgitavuse tarkvarade kulu jagatud liinide vahel võrdselt (EUR)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Tööjõukulu; Vahetuse vanemad	$= \text{Kõikide SMT vahetuse vanemate palgafond (sealhulgas sotsiaalmaks) summeeritud ning jagatud liinide vahel võrdselt (EUR)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Tööjõukulu; Operaatorid	$= \text{SMT operaatorite palgafond (sealhulgas sotsiaalmaks) summeritud konkreetsete liinide põhiselt (EUR)} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$
Tööjõukulu; Tehniline personal	$= \text{Tehnilise personali palgafond (sealhulgas sotsiaalmaks) (EUR) jagatud liinide vahel baseerudes hooldusplaani kohasele hoolduse mahu proportsioonile} / \text{Kalendripäevade arv kuus}^* / \text{Liini tööaeg päevas (h)}^{**}$

- * Kalendripäevade arv kuus = Kalendriaasta päevade arv kokku / 12
- ** Liini tööaeg päevas (h) = Saadavus kalendrikuus (h) *** / Kalendripäevade arv kuus *
- *** Saadavus kalendrikuus (h) = Tundide arv kalendrikuus - Planeeritud hoolduste kogukestvus kuus (h) (Finantsosakond, 2020)

Tootmisplaani loomiseks, materjalide olemasolu kontrollimiseks enne tootmistellimuse reaalset tootmisliinile töösse andmist ning tootmisplaani korrigeerimiseks on uuritavas ettevõttes palgal tootmise planeerijate meeskond,

kelle tööülesannete hulka kuuluvad eelnimetatud tegevused. Tootmise planeerimise üksuse juhi (Varend, 2020) eksperthinnangu kohaselt kulub tootmise planeerijate tööajast ligikaudu 10% kahe nädala perioodis puuduvate materjalidega tootmistellimuste ümberplaneerimisele ja/või materjalide võimaliku lattu saabumise kontrollimisele. Antud kulu on käesoleva uurimistöö kontekstis käsitletav välditavana juhul, kui tootmistellimuste plaani loomisel ei avataks materjalide defitsiidiga tootmistellimusi. Antud välditav kulu maht on leitav läbi tootmise planeerimise üksuse palgakulu, kuna viimane moodustab otseselt üksusega seotavast kulubaasist 99,7%. Autori hinnangul on nimetatud tööjõukulu hulk välditav, kuna antud tegevuste ärajäämisel oleks võimalik tootmise planeerijate meeskonnas tööülesandeid ümber jaotada ning konsolideerida ning seeläbi vähendada meeskonna suurust ühe täistööajaga töötava töötaja (inglise keeles *Full-Time Equivalent*, edaspidi *FTE* (Johannessen, Kittelsen, & Hagen, 2017)) võrra.

Kokkuvõtvalt moodustavad tootmisliinide seisakutest põhjustatud kulud ning tootmise planeerimise meeskonna poolt teostatavad lisategevused kulubaasi, mida käesoleva uurimustöö autori väitel on võimalik vältida juhul, kui tootmisplaani loomise momendil on kõik tootmistellimuste defitsiidita loomiseks vajalikud materjalid laos olemas. Antud materjalide koguse, hinna ning selle omamise kulud leitakse eraldi ning hiljem võrdlusanalüüsi käigus kõrvutatakse tootmise välditavate kuludega leidmaks kulutõhusaim tarneahela mudel.

3.4 Varude omamise kogukulu

Varude omamise kogukulu arvestamisel võetakse arvesse järgmiseid elemente, kuna käesoleva uurimustöö autori hinnangul on just need elemendid otseselt muutuvad sõltuvalt materjalivarude hulga ja/või ladustamise aja muutusest:

- Ettevõtte lao üksuse kulubaas
- Ettevõtte kasutatava kapitali hind

Nimetatud kuluelemendid moodustavad ühe osa Waters'i (2019) poolt nimetatud kululiikidest varude omamise kogukulu teoorias, kuuludes säilituskulude kategooriasse. Ülejäänud kululiike (materjalikulu, tellimiskulu ja laodefitsiidi kulu

(*Ibid*)) edasisel varude omamise kogukulu arvutusel ei arvestata, kuna antud kulud ei ole otseses seoses tootmistellimuste avamiseks vajalike materjalide ostuhulgaga. Autori hinnangul ei mõjuta viimati nimetatud kulud märkimisväärselt tulemust, kuna uuritava planeerimisstrateegia muudatuse kohaselt ei muutu materjalide ostu loogika ega regulaarsus. Materjalide ost jääb endiselt toimima kliendi tuleviku prognoosi kohaselt ning viimane peab katma materjalide vajadust.

Lao üksuse kulubaasi mõjutab otseselt suurem laovarude. Seda tulenevalt otseselt käideldava ja ladustatava kauba mahu tõusust. 2019. aastal moodustasid ettevõtte lao üksuse kulubaasist personalikulud 86,8% ning erinevad kolmanda osapoole käest tellitud varude lisaladustamise kulud 11,6%. Mainitud kulud on otseses seoses varude hulgaga, kuna suurema hulga varude käitlemine laos (vastuvõtmine, ladustamine ning komplekteerimine) vajavad suuremat tööjõuressursi mahtu ning suurem varude hulk kasvatab lisalaopinna rentimise vajadust ning ettevõtte kulutusi sellele. Lao üksuse kulude suurenemine on käesoleva uurimustöö andmeanalüüsi osas lahendatud läbi defitsiidita tootmisplaani tingimuse rahuldamiseks vajaliku varude hulga ning 2019. aasta keskmise varude mahu korrelatsiooni ning saadud tulemuse peegeldamise lao kogukuludele 2019. aastal.

Varude all oleva kapitali kulu arvestuse aluseks on võetud ettevõtte 2018. aasta finantstulemuste baasilt arvutatud kaalutud keskmist kapitali hinda (inglise keeles *Weighted Average Cost of Capital*, edaspidi *WACC*), mille all mõistetakse loobumiskulu ehk tulumäära, mida ettevõtte oleks võinud teenida kapitali alternatiivsel investeerimisel. (Frank & Shen, 2016) Autori poolt on 2018. aasta kapitali hind valitud põhjusel, et see baseerub värskeimal ettevõtte auditeeritud majandusaasta aruandel ning seega värskeim ametlik teadmine. Kapitali keskmiseks hinnaks ettevõttele 2018. aastal oli 6,1%. (Kostap, 2019) Käesoleva töö autor hindab 2019. aasta kapitali hinda lähedaseks 2018. aastal kehtinud kapitali hinnale ning viimast seisukohta toetab ka ettevõtte finantskontrolöri eksperthinnang (Kotivnenko, 2019). Kapitali kaalutud keskmise hinna arvutamiseks on kasutatud allpool toodud valemit (3.1) (Grüninger & Kind, 2013):

$$WACC = w_e k_e + w_d k_d \times (1 - T) \quad (3.1)$$

Kus: $WACC$ – kapitali kaalutud keskmine hind,
 w_e – omakapitali osakaal kogukapitalis,
 k_e – omakapitali hind,
 w_d – laenukapitali osakaal kogukapitalis,
 k_d – laenukapitali hind,
 T – tulumaksumäär.

Laovaru piisavus ehk varude käibekiirus (DOS) näitab, kui mitmeks päevaks käibe tegemiseks piisab laos olevast varust keskmiselt (Stangl & Thonemann, 2017). Keskmist DOS väärtust kasutatakse käesoleva töö hilisemas analüütilises osas varude all oleva kapitali kulu arvutuse ühe baasväärtusena.

Varude all oleva kapitali kulu arvutuses ühe potentsiaalse stsenaariumi aluseks võetakse ettevõtte 2019. aasta raporteeritud varude käibekiiruse päevade arv 66, mis on arvutatud kasutades järgmist ettevõtte sisemist arvutusvalemit (3.2) (Ettevõtte sisedokumentatsioon, 2019):

$$DOS = \frac{\text{Varude väärtus (€)}}{\frac{(3 \text{ viimase kuu käive (€)} + 3 \text{ järgmise kuu prognoositav käive (€)})}{6 \text{ kuu kalendripäevade arv (tk)}}} \quad (3.2)$$

Valemist nähtub, et uuritav ettevõtte kasutab varude käibekiiruse arvutamiseks nii möödunud perioodi täpset ja realiseerunud materjalide tarvet, kui ka mitte absoluutselt täpset järgmise perioodi käibe prognoosi. Perioodiks on ettevõttes valitud kuus kuud põhjusel, et müügiprognossi täpsus kaugemal kui kolm kuud muutub väikeseks. Lisaks on oluline mainida asjaolu, et ettevõtte varude käibekiiruse arvutusel võetakse arvesse vaid ettevõtte enda omandis olev laovaru, jättes arvutustest välja kõik tarnijate ja klientide omandis olevad varud.

4 ANALÜÜS JA SÜNTEES

4.1 Tootmise seisakute kestvus ja kulu

Analüüsi peatükis võetakse eelnevas, metoodika osas kirjeldatud strateegia ning kulukomponendid ja leitakse neile kõigile hilisemaks analüüsiks rahaline väärtus. Esiteks leitakse 2019. aastal aset leidnud *SMT* tootmisliinide seisakute kestvus ning nende kulu ettevõttele. Seejärel leitakse seisakud põhjustanud materjalide nimekiri, nende soetusmaksumus, kapitali hind ning varude käibekiiruse väärtus. Viimaks kõrvutatakse omavahel leitud väärtusi, leidmaks optimaalne strateegia varude ja tootmise juhtimiseks.

SMT masinladumise viie tootmisliini töö on oma hind lisaks materjalidele, mida liinidel toodete tootmiseks kasutatakse. Antud liinide kulu väärtus on suhteliselt fikseeritud ning stabiilne suurus, mis ajas märkimisväärselt ei muutu. Tootmisliini ühe tunni kulu on kriitilise suurusega väärtus, kuna sellel baseerub suur osa edasistest võrdlusanalüüsides. Antud väärtus on olulise tähtsusega seetõttu, et tulenevalt käesoleva magistritöö uurimisprobleemist on antud kulu otsene kadu tootmisliini seiskumise korral ning antud väärtus on otseselt võrreldav materjali- ja kapitali kulu väärtustega. Tabelis 4.1 näidatud liinide kulu ühe töötunni kohta on arvutatud 2019. aasta kulukomponentide tegelike väärtuste pealt ettevõtte finantsosakonna (2019) poolt.

Tabel 4.1 SMT tootmisliinide baaskulu ühe töötunni kohta. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (Finantsosakond, 2019). Autori koostatud.

SMT tootmisliin	Kulu töötunni kohta (€)
SM201	81,82
SM202	157,22
SM203	163,88
SM204	86,91
SM205	103,87
Keskmine kulu:	118,74

Tootmisliinide kulu on regulaarse perioodilisusega ettevõtte tootmisüksuse, tehnilise üksuse ja finantsosakonna koostöös üle kalkuleeritav väärtus. Seda seetõttu, et tootmisliini kulu on üks oluline osa uute toodete hinnastamisest, kus seda kasutatakse koos muude kulukomponentide ja materjalikuluga vastavalt toote *BOM*-ile kliendiga toote hinnapakkumistel ning hilisematel hinna läbirääkimistel.

SMT tootmisliini kulu arvutamise aluseks on järgmised kulukomponendid (Finantsosakond, 2019):

- Liini soetusväärtuse alusel arvestatav amortisatsiooni määr
- Liini soetamisväärtuse finantseerimise kapitali hind
- Liini töös hoidmiseks vajalike varuosade ja tehniliste tööde kulu
- Liini poolt kasutatava elektrienergia kulu
- Liini alla jääva põrandapinna alusel arvutatud osakaal hoone kogukuludest
- Tootmisliini jälgimise ja toodete jälgitavuse tarkvarade kulu
- Tööjõukulud:
 - Vahetuse vanemad
 - Operaatorid
 - Tehniline personal

Liini välja toodud otsestele kulukomponentidele lisanduvad iga tootmisveisaku korral veel mitmed teised kulukomponendid, näiteks materjalide kulu ja kadu, liini puhastamise ja taaskäivitamise kulud, probleemi lahendamisel vajadusel kaasatava muu personali ressursikulu. Kuid viimati välja toodud kulukomponente töö edasistes osades analüüsidesse ei kaasata ning seda põhjusel, et need on otseselt sõltuvad seisaku iseloomust, tootmistellimusest ning tootmispersonali käitumisest seisaku korral. Käesoleva töö autor küll üritas viimati mainitud kulukomponentidest kõige otsesemat, materjali lisakulu, komponenti kaasata seisaku väärtuse arvutusele, kuid tulenevalt antud väärtuse muutlikkusest ning suuruse esinemise ebareeglipärasustest ei ole see arvutuste objektiivsuse huvides edaspidistes kalkulatsioonides arvesse võetud.

4.2 Defitsiidiga tootmisplaan ning puuduvate materjalide hind

Tabelist 4.2 nähtub, et SMT liinidele oli 2019. aastal planeeritud kokku 6305 tootmistellimust. Kahe nädala vaatesse oli neist juba ette teadaolevalt puuduva materjaliga planeeritud 1645 unikaalset tootmistellimust. Nimetatud 1645 tootmistellimust moodustasid kõikidest SMT liinidele planeeritud tootmistellimustest 26,1%.

Tabel 4.2 Puuduva materjaliga kahe nädala tootmisplaani jõudnud tootmistellimuste hulk versus kõikide tootmistellimuste hulk. Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (Eolane Tallinn AS, 2019). Autori koostatud.

Kalendrikuu	Puuduva materjaliga tootmistellimuste arv kahe (2) nädala vaates (tk)	Tootmistellimuste arv kokku (tk)	Puuduva materjaliga tootmistellimuste osakaal kõikidest (%)
Jaanuar	174	548	31,8
Veebruar	159	561	28,3
Märts	174	564	30,9
Aprill	245	563	43,5
Mai	160	504	31,7
Juuni	106	384	27,6
Juuli	79	445	17,8
August	111	516	21,5
September	237	590	40,2
Oktoober	78	557	14,0
November	94	636	14,8
Detsember	56	437	12,8
Kokku 2019. a	1645	6305	26,1

Tabelist 4.2 joonistub ühtlasi välja, et kõige suurem oli defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste arv ning seejuures ka osakaal kogu tootmistellimuste arvust aprillis ning septembrikuus. Aprillikuus planeeritud defitsiidiga tootmistellimuste arvu tõusule ei õnnestunud käesoleva töö autoril selgust saada, autorile teadaoleva info alusel on üks tõenäolisemaid põhjuseid tootmise planeerijate käitumismustri ajutises muutuses. Septembrikuine defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste arv on otseselt seotud ühe autotööstuse segmendi kliendi tellimustele puudu olnud materjalide grupi

tarneraskustega, mis koheselt võimendus tootmise planeerimises defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste koguarvus.

Tootmisplaani analüüsist välja joonistunud 1645 materjali defitsiidiga tootmistellimuse edasise analüüsi käigus selgitas uurimustöö autor välja täpsed igal tootmistellimusel puuduvad materjalid koos planeerimise momendil puudu olnud kogustega. Autor koondas kõik tootmistellimused planeeritud tootmise alustamise kuupäeva järgi kalendrikuudesse ning lisas igale puudevale materjalile tema ostuhinna. Saadud analüüsi tulemused on koondatud järgmisena kuvatavas tabelis (Tabel 4.3). Sealt nähtub, et keskmiselt oli igal hetkel puudu materjale 80 779 eurot väärtuses.

Tabel 4.3 Puuduva materjaliga kahe nädala tootmisplaani jõudnud tootmistellimustel puudevate materjalide väärtus. Allikas: Ettevõtte ERP ja sisedokumentatsioon (Eolane Tallinn AS, 2019). Autori koostatud.

Kalendrikuu	Puudevate materjalide hind (€)
Jaanuar	49 654,60
Veebruar	112 706,97
Märts	90 544,56
Aprill	91 816,50
Mai	122 627,75
Juuni	53 269,10
Juuli	32 622,22
August	67 671,82
September	110 666,63
Oktoober	74 666,00
November	137 105,49
Detsember	25 992,75
Kokku 2019 a.	969 344,38
Keskmine 2019. a	80 778,70

Nimetatud aasta keskmine puudu olevate materjalide soetushind 80 779 eurot on suhteliselt kõikuv kalendrikuude lõikes, olles detsembris napilt alla kahekümne kuu tuhande euro, kuid samas novembrikuus üle saja kolmekümne seitsme tuhande euro suurune. Antud suur kõikumine on otseselt seotud puuduva materjali artikli ning tarnijaga, kuna erinevad materjalid on oma ostuhinnalt äärmiselt erinevates hinnaklassides ning sama materjal erineb ostuhinnas ka tarnijate lõikes.

4.3 Laokulud

Defitsiidita tootmisplaani loomiseks vajalike puuduvate materjalide olemasolu laos tõstab eeldatavalt lao üksuse igakuist kogukulu. Lisanduva kulu täpse suuruse teada saamiseks võeti käesoleva uurimustöö autori poolt ettevõtte *ERP* süsteemist 2019. aasta iga kalendrikuu esimese kuupäeva laos (valimisse on kaasatud vaid lao üksuse kontrollitavad ja hallatavad laokohad) oleva materjali ja toodangu väärtus ning jagati see vastaval kalendrikuul defitsiidita tootmisplaani loomiseks puudu jäänud materjalide väärtusega. Saadud tulemus (kuvatud tabelis 4.4), keskmiselt 0,37%, iseloomustab puuduva materjali osakaalu kogu laos oleva materjalide varu suhtes.

Tabel 4.4 Defitsiidita tootmisplaani loomiseks vajalike lisanduvate materjalide osakaal lao koguväärtusest Allikas: Ettevõtte sisedokumentatsioon (Eolane Tallinn AS, 2019). Autori koostatud.

Kalendrikuu	Lao koguväärtus (€)	Puuduvate materjalide väärtus (€)	Puuduva materjali osakaal laost (%)
Jaauar	20 598 885	49 655	0,24
Veebruar	20 866 851	112 707	0,54
Märts	21 154 549	90 545	0,43
Aprill	20 712 400	91 816	0,44
Mai	20 914 016	122 628	0,59
Juuni	21 270 918	53 269	0,25
Juuli	22 130 029	32 622	0,15
August	23 252 538	67 672	0,29
September	23 368 165	110 667	0,47
Oktoober	24 143 527	74 666	0,31
November	23 877 729	137 105	0,57
Detsember	22 582 783	25 993	0,12
Keskmine 2019. a	22 072 699	80 779	0,37

Suhestades leitud suhtarvu lao üksuse 2019. kalendriaasta kogukuludega, selgus, et puuduoleva materjali varasem lattu tarnimine ning selle ladustamine laos ühe kalendrikuu pikkuse perioodi tõstaks lao üksuse kogukulu keskmiselt 192 eurot kalendrikuus (Tabel 4.5), olles seega marginaalne. Küll aga võetakse seda lisanduvat kulu arvesse uurimustöö hilisemas, stsenaariumanalüüsi ning kulude võrdlusanalüüsi etappides, kus antud kulu viiakse kalendriaasta perioodi ning lisatakse kapitalikuludele kulubaasi tõusu osas.

Tabel 4.5 Defitsiidita tootmisplaani loomiseks vajalike lisanduvate materjalide lattu lisandumisel muutuv lao kulu. Allikas: (Eolane Tallinn AS, 2020). Autori koostatud.

Kalendrikuu	Puuduva materjali osakaal lao väärtusest (%)	Lao üksuse kalendrikuine kulueelarve (€)	Puuduva materjali mõju lao kalendrikuisele eelarvele (€)
Jaanuar	0,24	57 635	139
Veebruar	0,54	53 973	292
Märts	0,43	59 684	255
Aprill	0,44	51 266	227
Mai	0,59	55 795	327
Juuni	0,25	46 708	117
Juuli	0,15	49 753	73
August	0,29	48 305	141
September	0,47	47 850	227
Oktoober	0,31	53 907	167
November	0,57	47 352	272
Detsember	0,12	55 805	64
Keskmine 2019. a	0,37	52 336	192

Lisanduvate materjalivarude alla paigutatava kapitali kulu mahu teadasaamiseks koostas käesoleva uurimustöö autor stsenaariumanalüüsi. Teades ettevõttele kasutatava kapitali keskmist hinda, milleks oli 6,1% (Kostap, 2019), simuleeris autor varude alla paigutatava kapitali kulu hindamiseks kolm erinevat stsenaariumit. Stsenaariumite aluseks võttis autor kolm erinevat varude hoidmise perioodi:

- Stsenaarium 1 (S1) – 14 päeva, mis oleks minimaalne võimalik periood rahuldamiseks tootmise plaani vastu reaalselt laoseisu planeerimise nõuet
- Stsenaarium 2 (S2) – 30 päeva, mis on autori hinnangul optimaalne laovaru käibekiirus
- Stsenaarium 3 (S3) – 66 päeva, mis on ettevõtte 2019. aasta keskmine laovaru käibekiirus (Ettevõtte sisedokumentatsioon, 2019)

Arvutuste aluseks on võetud järgmised varasemate analüüside käigus leitud väärtused:

- Puuduva materjali väärtus kalendriaastas – 969 344 eurot
- Puuduva materjali mõju lao eelarvele kalendrikuus – 192 eurot
- Kaalutud keskmine kapitali hind WACC – 6,1%

Tulemused on esitatud tabelis 4.6, kust nähtub, et 2019. aasta keskmise laovaru jätkuvuse perioodi kohaselt oleks olnud puuduvate materjalide laos hoidmise korral lisanduv kapitali kulu 10841€ kalendriaastas. Lisaks kasvaks lao üksuse kulubaas 4986€ võrra võrreldes esialgse kuluga. Kui ettevõtte oleks suutnud vaadeldavas perioodis hoida madalamat laovaru jätkuvust kui kuuskümmend kuus kalendripäeva, siis oleksid ka lisanduvad kapitali- ja laokulu suurused olnud vastavalt madalamad.

Tabel 4.6 Puuduvate materjalide ostuhinna ja DOS stsenaariumite alusel koostatud lisanduva kapitali- ja laokulu arvutused. Autori koostatud.

Stsenaarium	DOS (päeva)	Kapitali kulu (€)	Lao üksuse lisakulu (€)
Stsenaarium S1	14	2 299,50	1 057,57
Stsenaarium S2	30	4 927,50	2 266,23
Stsenaarium S3	66	10 840,50	4 985,70

Hilisemasse lisanduvate ning äralangevate kulude analüüsi kaasatakse stsenaariumi S3 tulemused, kuna töö autorile teadaolevalt ei ole varude käibekiiruse päevade arv lähitulevikus märkimisväärselt langemas. Seega on autori hinnangul tulemuste võrreldavuse ning valideerimise huvides mõistlik kasutada tänase käibekiiruse suuruse alusel leitud väärtusi.

4.4 Tootmise planeerimise üksus

Puuduvate materjalidega tootmistellimuste käsitlemise lisakulu leidmiseks kasutati tootmise planeerimise üksuse juhi (Varend, 2020) eksperthinnangut, mille kohaselt kulub 10% tootmise planeerijate tööajast materjalide defitsiidiga tootmistellimuste ümberplaneerimisele ning lisamenetlemisele, mida oleks tema hinnangul võimalik vältida, kui tootmisplaani koostamisel ei avataks tootmistellimusi materjalide defitsiidiga. Tootmise planeerimise üksuse otsesed kulud 2019. kalendriaastal olid 153 297€ (Eolane Tallinn AS, 2020), millest 10% moodustab 15 330 eurot. Leitud tootmise planeerimise üksuse kulubaasi vähenemine mahus 15 330 eurot on hilisemas analüüsi faasis lisatud SMT tootmisliinide ärajäävatele kuludele ning kõrvutatud lisanduvate materjalide varude kandmise kuludega.

4.5 Tootmisliinide seisakud

Käesoleva uurimistöö skoobis oleva perioodi ja erinevate materjalidega seotud probleemidest tingitud liini seisakute tunnuse alusel *Advantline* programmist võetud andmete töötlemise tulemusel selgus, et 2019. aastal oli ettevõtte viiel *SMT* masinladumislíinil kokku materjalide probleemidest tingitud seisakuid kokku 525,43 tundi, mis jagunesid liinide vahel tabelis 4.7 nähtavalt.

Tabel 4.7 SMT liinide materjalide probleemidest tingitud seisakute maht tundides (h) 2019. aastal. Allikas: Advantline liini jälgimise programm (Eolane Tallinn AS, 2020). Autori koostatud.

Kalendrikuu \ Liin	SM201	SM202	SM203	SM204	SM205	Kuu kokku
Jaauuar	3,62	10,53	19,13	7,64	6,67	47,59
Veebruar	2,02	22,80	7,13	3,00	8,89	43,84
Märts	3,08	16,18	4,70	4,14	22,88	51,00
Aprill	2,73	10,31	15,73	4,98	7,53	41,27
Mai	1,91	8,34	10,50	3,56	3,97	28,28
Juuni	2,74	8,37	8,44	9,52	3,58	32,64
Juuli	3,89	14,11	11,18	8,04	5,85	43,06
August	2,21	15,58	26,16	2,49	4,95	51,38
September	6,22	11,69	15,06	6,86	8,66	48,49
Oktoober	4,98	11,31	15,26	4,13	6,64	42,32
November	2,98	18,35	22,10	5,29	5,42	54,15
Detsember	3,99	18,37	13,45	1,48	4,11	41,40
Kokku (h)	40,37	165,92	168,84	61,13	89,17	525,43

Võttes arvesse asjaolu, et mitte kõik materjalide probleemid ei ole seotud tootmise planeerimisega, vaid kätkevad endas ka erinevaid muid probleeme, siis võeti ning puhastati kogu materjalidest tingitud seisuaegu. Selleks eksporditi *Advantline* tarkvarast välja kogu perioodi kõik materjalide põhjusega seisakud maksimaalse kommenteerituse ja detailsuse tasemega ning eksporditi kogu saadud andmestik *Microsoft Excel* tarkvarasse. Seejärel võeti eelnevalt kogutud ja töödeldud planeerimise üksuse andmed kõikide kahe nädala skoobis plaani jõudnud puuduva materjaliga tootmistellimustest ning seoti kaks andmemassiivi omavahel. Selleks otsiti igale *Advantline* tarkvara raportist saadud seisaku reale vastet tootmise planeerimise arhiivist juhul, kui antud materjalil oli tootmistellimus plaani pandud planeeritavast tootmise alustamise kuupäevast lähemal kui kaks nädalat.

Seejärel summeeriti ja grupeeriti vaste leidnud read taaskord tootmisliinide ja kalendrikuude alusel ning tuvastati, et 2019. aastal oli ettevõtte viiel SMT tootmisliinil selliseid materjaliprobleemidest tingitud seisakuid, millel oli vaadeldavas perioodis planeerimise üksuse poolt eelnevalt tuvastatud defitsiit, kokku mahus 82,93 tundi. Ehk kokkuvõttes väidab töö autor, et 15,8 protsenti kõikidest materjalidega seotud SMT liinide seisakutest oleks olnud võimalik vältida mitte planeerides antud tootmistellimusi materjalide puudujäägiga (Tabel 4.8).

Tabel 4.8 SMT liinide materjalide probleemidest tingitud seisakute maht tundides (h) 2019. aastal, mis on otseselt seostatavad defitsiidiga kahe nädala plaani pandud tootmistellimustest. Allikas: Advantline (Eolane Tallinn AS, 2020) liini jälgimise programm ja ettevõtte sisedokumentatsioon (Eolane Tallinn AS, 2019). Autori koostatud.

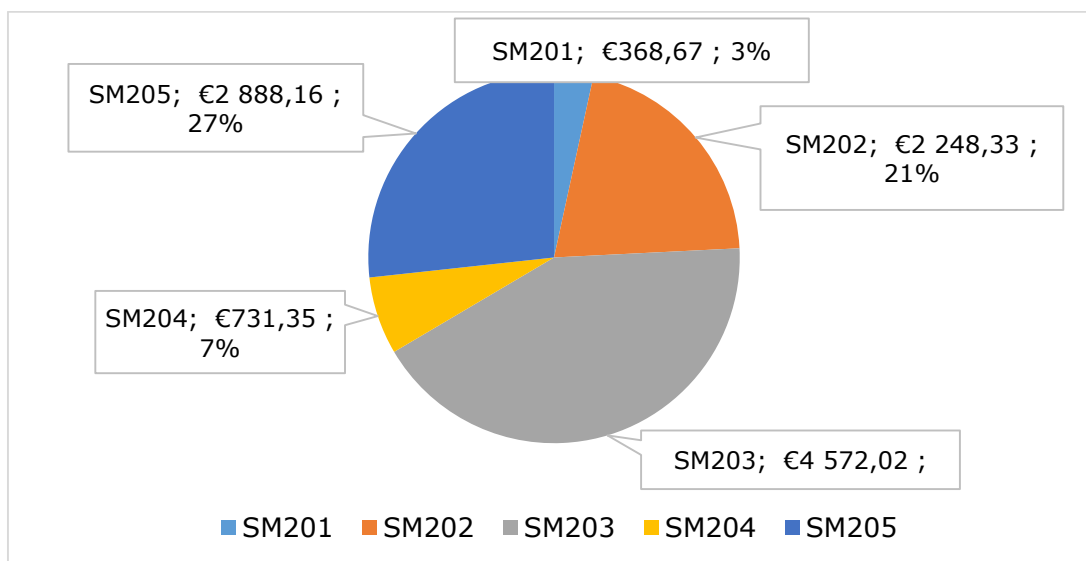
Kalendrikuu \ Liin	SM201	SM202	SM203	SM204	SM205	Kuu kokku
Jaanuar (h)	0,75	1,79	5,70	4,61	0,90	13,76
Veebruar (h)	0,59	3,01	0,24	0,00	2,82	6,67
Märts (h)	0,58	3,48	0,33	0,44	13,21	18,05
Aprill (h)	0,00	0,37	12,07	0,00	0,46	12,90
Mai (h)	0,00	0,64	1,68	0,49	0,22	3,03
Juuni (h)	0,48	1,20	1,00	1,54	1,03	5,25
Juuli (h)	0,55	0,52	0,62	0,13	0,61	2,43
August (h)	0,71	0,40	0,43	0,28	0,71	2,53
September (h)	0,56	0,73	3,40	0,09	4,65	9,43
Oktoober (h)	0,08	0,53	1,37	0,34	2,31	4,63
November (h)	0,00	0,38	0,49	0,49	0,50	1,85
Detsember (h)	0,20	1,26	0,57	0,00	0,39	2,42
Kokku (h)	4,51	14,30	27,90	8,42	27,81	82,93
Liinide seisuajad kokku (h)	40,37	165,92	168,84	61,13	89,17	525,43
Osakaal kogu seisuaegadest (%)	11,2	8,6	16,5	13,8	31,2	15,8

Korrutades leitud liinide fikseeritud seisuajad liinikohaste kulunormidega, selgub, et otseselt materjalide defitsiidiga tootmisplaani pandud tootmistellimustest tingitud tootmisliinide seiskumistest tingitud tõestatud kulu ettevõttele oli 2019. kalendriaastal kokku 10808 eurot (Tabel 4.9).

Tabel 4.9 Liinide seisuaegadest tingitud kulu 2019. aastal. Autori koostatud.

Tootmisliin	SM201	SM202	SM203	SM204	SM205	Kokku
Liini tunni hind (€)	81,82	157,22	163,88	86,91	103,87	
Seisakute kogupikkus (h)	4,51	14,30	27,90	8,42	27,81	82,93
Seisakute kulu (€)	368,67	2 248,33	4 572,02	731,35	2 888,16	10 808,54

Joonisel 4.1 on kuvatud SMT tootmisliinide tekitatud lisakulude jaotuse proportsioonid tootmisliinide lõikes.



Joonis 4.1 Tootmisliinide 2019. aasta materjalide defitsiidiga planeeritud tootmistellimustest põhjustatud liinide seisakute koguaeg. Autori arvutuste baasil autori koostatud.

Eraldi tasub välja tuua asjaolu, et kõige kallima tunni maksumusega tootmisliinil SM203 oli ka kõige suurem seisakute kogumaht, muutes liini SM203 ettevõttele kõige suurema kuluga liiniks uuritavast aspektist lähtuvalt. SM203 suure liiniseisakute kogupikkuse põhjuseks on autori hinnangul peamiselt asjaolu, et antud liinil toodetakse kõige suuremat sortimenti erinevate klientide erinevatest toodetest, mis põhjustab ka kõige suurema erinevate materjalide kasutuse ning tootmistellimuste koguarvu. Teoreetiliselt peaks tootmisliinidel, kus toodetakse väiksemat tootesortimenti, olema võimalik toota korraga suuremaid tootmispartiisid, vähendades üksikute tootmistellimuste koguarvu ning seeläbi ka võimaliku materjalide defitsiidiga loodud tootmistellimuste hulka.

Antud hinnangu kontrollimiseks võrreldi tootmisliinidele planeeritud tootmistellimuste koguhulka, nendest materjalide defitsiidiga tootmistellimuste hulka ning tootesortimendi suurust. Tulemused on välja toodud tabelis 4.10. Selgus, et SM203 on vastupidiselt eeldatule hoopis ühe väikseima defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste osakaaluga liinidest ning toote sortimendi suuruse osas kuulub ta liinide võrdluses keskmike hulka. Seega eelnimetatud eeldused ei päde ning põhjus suurele liiniseisakute mahule peitub kusagil mujal.

Tabel 4.10 Tootmistellimuste ja toodetavate toodeartiklite hulgad tootmisliinide kaupa. Autori koostatud.

Tootmisliin	SM201	SM202	SM203	SM204	SM205	Kokku
Defitsiidiga planeeritud tootmistellimusi (tk)	115	254	162	719	395	1645
Osakaal kõigist defitsiidiga tootmistellimustest (%)	7,0	15,4	9,8	43,7	24,0	100,0
Tootmistellimuste arv (tk)	639	902	522	2866	1376	6305
Osakaal kõigist tootmistellimustest (%)	10,1	14,3	8,3	45,5	21,8	100,0
Unikaalsete toodete arv (tk)	62	140	103	67	143	444
Osakaal kogu toodete hulgast (%)	14,0	31,5	23,2	15,1	32,2	100,0

Lisaks kontrolliti töö autori poolt liinide üleselt tootmistellimuste koguhulga, materjalide defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste hulga ja toodeartiklite hulga omavahelisi võimalikke suhteid korrelatsioonanalüüsiga.

Tabel 4.11 Korrelatsioonanalüüsi tulemused tootmistellimuste ja toodeartiklite vahel. Autori koostatud.

	<i>Defitsiidiga planeeritud tootmistellimusi (tk)</i>	<i>Tootmistellimuste arv (tk)</i>	<i>Unikaalsete toodete arv (tk)</i>
Defitsiidiga planeeritud tootmistellimusi (tk)	1	-	-
Tootmistellimuste arv (tk)	0,988	1	-
Unikaalsete toodete arv (tk)	-0,144	-0,278	1

Nagu näha eelnevast tabelist (Tabel 4.11), joonistub välja väga tugev positiivne seos materjalide defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste ning kogu tootmistellimuste

hulkade vahel ($r=0,988$), samas erinevate tooteartiklite esinemise suuruse ja tootmistellimuste vahel esinev nõrk negatiivne seos. Ehk korrelatsioonanalüüs tõendab, et on tugev põhjuslik seos tootmistellimuste arvu ning nendest defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste arvu vahel, kuid unikaalsete tooteartiklite arv ei mõjuta ei tootmistellimuste ega neist omakorda defitsiidiga planeeritud tootmistellimuste hulka.

4.6 Tulemuste formuleerimine

Hindamaks, kas tootmise planeerimise strateegia muutmine mitte lubada tootmistellimusi planeerida materjalide defitsiidiga tooks ettevõtte kogutulemusele positiivset või negatiivset efekti, võrreldi omavahel järgmiseid komponente – tootmisliinide seisuaegade uuritava muudatusega välditavat kulu, kasvava laovaru põhjustatavat kapitali ja laokulu kasvu. Nimetatud kulud on võrreldavuse huvides pandud kalendriaasta pikkusesse perioodi, kasutatud on 2019. aasta keskmist laovaru jätkuvuse perioodi 66 päeva ning esitatud tabelis 4.12.

Tabel 4.12 Võrdlusanalüüs tootmisliinide kulu ning varude lisandumisel tekkivate lisakulude vahel. Autori koostatud.

Kulukomponent	Summa
Välditav tootmisliinide seisakute kulu (€)	10 809
Varudesse paigutatava kapitali kulu (€)	- 10 841
Varude lisandumisel kasvav laokulu (€)	- 4 986
Vahe (€)	- 5 018

Hinnates puhtalt tootmisliinide välditavat seisakute kulu võrreldes lisanduva varu tekitatava lisakuluga, on näha, et lisanduvate varude tekitatav lisakulu ületab 5018 euro võrra välditavat tootmisliinide seisakute kulu. Järgnevalt lisati aga võrdlusesse ka tootmise planeerijate üksuse väheneva tööülesannete mahu tulemina tekkiv tööjõukulude kokkuhoid. Ilmnes, et arvestades vähenevate kulude hulka ka tootmise planeerimise üksuse vähenev tööjõukulu, siis muutuks käesoleva uurimustöö raames uuritava tootmise planeerimise strateegia muutmine ettevõttele juba kasulikuks. Ehk strateegia muudatus tekitaks ettevõtte kogukuludele arvutuslikult positiivset efekti enam kui kümne tuhande euro väärtuses, mis on nähtav tabelis 4.13 real „Vahe 2“.

Tabel 4.13 Võrdlusanalüüs tootmisliinide kulu ning varude lisandumisel tekkivate lisakulude vahel koos tootmise planeerimise üksuse kulude vähendamisega. Autori koostatud.

Kulukomponent	Summa
Välditav tootmisliinide seisakute kulu (€)	10 809
Varudesse paigutatava kapitali kulu (€)	- 10 841
Varude lisandumisel kasvav laokulu (€)	- 4 986
Vahe 1 (€)	- 5 018
Tootmise planeerimise välditav kulu (€)	15 330
Vahe 2 (€)	10 312

Käesoleva uurimustöö raames kogutud andmete analüüsi põhjal väidab autor, et tootmise planeerimine vastu füüsilist varude olemasolu annab ettevõtte kogukuludele positiivset efekti ning strateegia muudatusega kaasuva varude maht ning nende alla paigutatava kapitali kulu jääb väiksemaks kui on tootmisliinide seisakute ja tootmise planeerimise üksuse tööjõukulude vähendamisega võimalik kulubaasi vähendada.

Samas vajab antud strateegia muudatuse implementeerimine töö autori hinnangul edasist ning täpsustavat uurimist. Viimast seetõttu, et uuritav strateegia muutmine võib endaga tõenäoliselt kaasa tuua osade klientide tellimuste tarneaaja pikenemise perioodi võrra, mis käesoleval hetkel töö autorile on ebaselge. Ning on selge, et nimetatud tarneaaja pikenemine ei ole absoluutselt kõikide ettevõtte klientidega võimalik tulenevalt lepingutes sätestatust. Samas enamike klientide/kliendisegmentide puhul on klientide poolt esitatavate tellimustega kaetava perioodi ajaline kaetus kordades pikem kui kaks nädalat ning sel juhul ei oma antud mudeli implementeerimine klienditellimuste tarnekindlusele negatiivset efekti. Samuti peab käesoleva töö autor oluliseks rõhutada, et uuritava strateegia rakendamisel ei pikeneks klienditellimuste tarneaeg automaatselt uuritud perioodiga (kaks kalendrinädalat) võrreldavas mahu, vaid on sellest enamikel juhtudel lühem ning nimetatud kaks nädalat on maksimaalne tellimuse tarneaaja pikenemise periood. Kui palju lühem tarneaaja pikenemine oleks, ei ole käesoleval hetkel antud töö autorile teada ning antud perioodi uurimine ei mahu käesoleva uurimustöö ulatust.

Piirangute teooria viie põhisammu metoodikast on käesolevaga kasutatud kaks esimest sammu – identifitseeri ja otsusta. Ettevõtte tõhusust piirava tegurina on identifitseeritud tootmistegevusteks vajalike materjalide puudumine laos tootmisplaani loomise/avaldamise hetkel ning antud piirang tekitab hiljem

tootmisprotsessis ebatõhusust ning lisakulusid. Uurimustöö analüüsi käigus selgitati välja, et 2019. kalendriaastal tekitasid puuduvate materjalidega planeeritud tootmistellimused suuremat kulu ettevõttele kui tekitaks antud materjalide võrra suurem laovaru ettevõtte laos enne tootmistegevuse alustamist. Ehk käesoleva töö autori otsus piirangu likvideerimiseks on muuta ettevõtte tarneahela strateegiat selliselt, et tootmistegevuseks vajalikud materjalid oleksid tellitud vähemalt kaks kalendrinädalat enne tootmistegevuse algust lattu ning kõnealuses kahe nädala pikkuses perioodis ei tohi planeerida mitte ühtegi tootmistellimust puuduvate materjalidega tootmisliinidele. Kolmanda ja järgnevate sammude kasutamise eelduseks on käesolevas uurimustöös leitud tulemuse legaliseerimine ettevõtte tarneahela juhtivtöötajate ning juhatuse poolt. Peale otsuse langetamist on võimalik alustada ülejäänud ahela elementide allutamisega teises sammus langetatud otsusele vastavaks käitumiseks.

4.7 Järeldused ja ettepanekud

Käesoleva uuringu eesmärk oli tõhustada ettevõtte Eolane Tallinn AS tegevust tehes selleks koostööd ettevõtte varude juhtimisel ning tootmise planeerimisel. Eesmärgi seadmisel lähtus autor uurimisprobleemist, mis seisnes ebaefektiivses tootmise planeerimise ja varude juhtimise strateegias. Eesmärgi täitmiseks püstitati neli täiendavat uurimisküsimust, millele magistritöö käigus vastust otsiti.

Sobivaima tootmise planeerimise ning varude juhtimise strateegia leidmiseks koostas töö autor valimi, kuhu kaasas kõik 2019. aastal kõikidele ettevõtte *SMT* liinidele planeeritud tootmistellimused. Lisaks leiti *SMT* liinide jälgimise süsteemist kõik 2019. kalendriaastal fikseeritud materjalidest põhjustatud tootmisliinide seisakud ning läbi materjali seose seoti iga seisakuga tootmistellimus. Sellise valimiga välistati juhuslikkusest tulenevad vead ning vähendati võimalust, et võimalik sesoonsus, klientide tellimissagedus, ajas muutuvad tootepartiide suurused või materjalide tarnetest tingitud probleemid mõjutaksid uurimustöö lõppresultaati. Sellise metoodikaga tuvastati otseselt defitsiidiga planeeritud tootmistellimused, mis jõudsid tootmisliinile, põhjustades liini seisaku ning ettevõttele lisakulu.

Analüüsi käigus võrreldi eelnevalt leitud tootmisliinide seisakutest põhjustatud lisakulude suurust kuluga, mida ettevõtte peaks kandma, vältimaks materjalide defitsiidiga tootmistellimuste planeerimist. Lisaks uuriti, kui suure osa tootmise planeerimise meeskonna tööjõukuludest võiks tootmistellimuste defitsiidist tulenevast ümberplaneerimise lõpetamisest kaotada. Selgus, et kokkuvõtvalt oleks ettevõttele soodsam hoida tootmistellimuste defitsiidita planeerimiseks vajalikke materjale varem laos ning planeerida tootmistellimusi vastu reaalselt laoseisu.

Leitud tulemus on kooskõlas teoreetilise baasiga, mis väidab, et tootmispiirangute leevendamiseks ning tootmise läbiminekuagade langetamiseks on otstarbekas kasutada materjalide puhvreid piiranguid tekitavate tööetappide ees. Antud uurimustöö fookuses on piirangut tekitava tööetapina käsitletud *SMT* tootmisliine ning puhvritena materjalide varusid laos.

Järgnevalt teeb töö autor ettevõttele ettepanekud, kuidas täiendavalt optimeerida tarneahela juhtimise kogukulu ning tõhustada tootmistegevust. Ettepanekud põhinevad magistritöö käigus autori poolt tuvastatud puudujääkidel ja nõrkadel külgedel ettevõtte varude juhtimises ning tootmise planeerimises laiapõhisemalt.

SMT liinide suurem prioriseerimine ülejäänud tootmise ees, kuivõrd *SMT* liinid on oma olemuselt ettevõtte ülejäänud tootmise ja tarne protsesside aluseks ning igasugune viivitus *SMT* liinidel võimendab piitsaplaksu efekti ahela edasistes lõikudes. Võimendunud viivitus põhjustab ahelas edasi liikudes aina kasvavaid lisakulusid ning seab tihti löögi alla klienditellimuse õigeaegse ning täiemahulise lähetamise.

Tootmise planeerimises konkreetsete reeglite ja raamistiku loomine on ettevõtte tootmise planeerimise ühetaolisuse ning läbipaistvuse tagamiseks kriitilise tähtsusega. Vaid kindlatel reeglitel põhinev ning ka välistele osapooltele üheselt arusaadav planeerimisprotsess võimaldab kogu tarneahelal toimida ühtse meeskonnana ning olla oma tegevustes tulemuslik.

Protsessid ei ole ettevõtteüleselt standardiseeritud ning osakondade vaheline kommunikatsioon on nõrk ning regulaarseid koosolekuid ning arutelusid ei toimu. Oluline on, et kõik osakonnad kasutaksid oma töös ning otsuste tegemisel sama strateegiat ja baasinfot. Vallates ühetaolist infot ning lähtudes samadest

protsessidest on tagatud probleemsete situatsioonide aja- ning ressursitõhus lahendamine ning tulevaste probleemide ennetavate tegevuste implementeerimise näol.

Kliendi prognoosi täpsus ning tellimustega kaetud perioodi pikkus vajavad suuremat tähelepanu, kuivõrd kogu ettevõtte materjalide ostuprotsess baseerub tulenevalt pikkadest materjalide tarneaegadest kliendi prognoosile. Ebatäpse kliendi prognoosi realiseerumise korral tekivadki lühikese tarneajaga kliendi tellimuste saabumise ning nende tootmisse planeerimisel defitsiidiga tootmistellimused, kuna reaalse tellimuse ning varasema prognoosi andmed ei ühti.

Käesoleva uurimustöö tulemusel ning varem M. Kostapi ning K. Paaveli poolt leitud järelduste alusel tehtavate muudatuste kombinatsiooni alusel on võimalik käesoleva uurimustöö autori hinnangul ettevõtte Eolane Tallinn AS varusid ning tootmistegevust juhtida tõhusamalt ning tulemuslikumalt. Küll aga vajavad autori hinnangul kõigi kolme uurimustöö tulemused enne reaalelus implementeerimist põhjalikku vastastikust stsenaariumianalüüsi saavutamaks maksimaalne tulemus.

KOKKUVÕTE

Tiheda konkurentsi ning piiratud ressursside tingimustes on oluline ettevõtte kulutõhusus ning seetõttu ettevõtte kõigi protsesside tõhustamine. Ettevõtte sisemiste protsesside tõhustamise aluseks on ühene ja kõigi protsessi osapoolte poolt kokku lepitud käitumisstrateegia olemasolu ning selle järgimine. Eolane Tallinn AS-i üheks suurimaks kuluallikaks on tootmiskulud, moodustades kogukuludest pea 12% aastas. See tähendab, et strateegiliselt juhitud koostöö tootmise planeerimise, varude juhtimise ja tootmise teostamise vahel tagavad ettevõttele kõrgema tõhususega tootmise ning seeläbi ka klienditellimuste täitmise, mis kajastub ettevõtte finantstulemustes.

Käesoleva magistritöö uurimisstrateegiaks oli juhtumiuuring ja uurimisobjektiks elektroonika tootmisteenus pakkuva ettevõtte Eolane Tallinn AS tarneahela juhtimise strateegia. Uurimistöö eesmärk oli tõhustada ettevõtte Eolane Tallinn AS toimimist, tehes selleks koostööd ettevõtte varude juhtimisel ning tootmise planeerimisel. Eesmärgi seadmisel lähtus autor uurimisprobleemist, mis seisnes ebaefektiivses tootmise planeerimise ja varude juhtimise strateegias. Eesmärgi täitmiseks püstitati neli täiendavat uurimisküsimust, millele magistritöö käigus vastust otsiti.

1. Millistest komponentidest koosneb fookusettevõtte laovarude kogukulu?
2. Mil määral kasvab ettevõtte kogukulu kõrgema laovaru hoidmise korral?
3. Milline on *SMT* tootmisliini seisaku kulu ettevõttele?
4. Kui suur hulk tootmisliinide seisakutest on põhjustatud materjalide defitsiidi olukorrast ning milline on nende seisakute kulu ettevõttele?

Kaardistades ettevõtte varude juhtimise ja hoidmise ning tootmise ja selle planeerimise kulukomponente, jõudis autor järelduseni, et käesoleva töö raames on relevantssed materjalide puhul nende säilituskulude ja kapitalikulu komponendid ning tootmise juhtimise osas tootmise planeerimise tööjõukulu ning tootmisliinide seisakuaegade langus. Kogukulude võrdlemiseks analüüsiti detailselt iga komponenti ning leiti nende kulukomponentide väärtused vastavalt 2019. kalendriaastal planeeritud ja teostatud tootmistellimuste andmetele.

Andmeanalüüsi käigus selgus, et ettevõtte kogukulude optimeerimiseks sobivaks strateegiaks on tootmise planeerimine vastu reaalselt laoseisu. Ettevõtte kogukulu strateegia muudatuse ellu viimise korral 2019. aasta käibekiiruse, laoüksuse kulubaasi ning 2018. aasta kapitali hinna kasutamisel langeb ligemale kuueteistkümne tuhande euro võrra.

Vastavalt töö käigus ilmnenu analüüsi tulemustele tegi autor ettevõttele neli ettepanekut, kuidas täiendavalt tõhustada ettevõtte toimimist:

- Enam prioriseerida *SMT* liinide tööd teiste töökeskuste ees
- Rangemalt raamistada tootmise planeerimise protsess ning tagada selle läbipaistvus ning ühetaolisus ajas
- Protsesside standardiseerimine ning tihedam koostöö üksuste vahel
- Kliendi prognoosi täpsuse tõstmine

Kokkuvõtvalt võib väita, et magistritöö täitis oma eesmärgi ning lahendas uurimisprobleemi. Leiti, et ettevõtte tootmise planeerimise ja varude juhtimise strateegiat muutes on võimalik optimeerida ettevõtte kogukulusid. Käesolev magistritöö tulem on heaks sisendiks ettevõtte Eolane Tallinn AS tõhusamaks tootmisteggevuse ja materjalivarude juhtimiseks.

Ehkki antud magistritöö on mõeldud ennekõike fookusettevõttes kasutamiseks, võimaldab see samalaadse analüüsi läbiviimist ning tulemustel põhinevat strateegia korrigeerimist ka teistele elektroonika- ja/või allhanketööstuses tegelevatele ettevõtetele.

SUMMARY

In a highly competitive and limited resources environment it is important to ensure the company's cost-effectiveness and, therefore, all the company's processes to be efficient. The basis for improving the internal processes of the company is the existence and adherence to a unified and agreed behavior strategy. One of the biggest sources of cost for Eolane Tallinn LTD is production costs, accounting for almost 12% of total costs per year. This means that strategically managed collaboration between production planning, inventory management and production execution ensures higher efficiency production for the company and thus customer orders, which is reflected in the company's financial results.

The research strategy of this Master's thesis was case study and the research subject was supply chain management strategy of Eolane Tallinn LTD, a company that provides electronics manufacturing services. The aim of the research was to improve the efficiency of the company Eolane Tallinn LTD by cooperating in the company's inventory management and production planning. In setting the goal, the author proceeded from a research problem that consisted of an inefficient production planning and inventory management strategy. To achieve this goal, four additional research questions were posed, which were answered during the Master's thesis.

1. What are the cost components of the stock total cost in a focus firm?
2. To what extent does the total cost of an enterprise increase with higher inventory levels?
3. What is *SMT* production line downtimes cost the company?
4. How much of the production line downtime is caused by a material shortage situation and what is the cost to the company of these downtime?

By mapping all the cost components of enterprise inventory holding and inventory management, production and production planning, the author concludes that in this work are relevant following cost elements. Material management costs and capital cost components from material management perspective and production planning labor and production line downtime costs from production management side. To compare total costs, each component was analyzed in detail and the values of these

components were calculated according to production order data, both planned and executed in the 2019 calendar year.

The data analysis revealed that the best strategy to optimize the company's overall costs, is to plan production against real inventory. Implementing this change in the company's total cost strategy, based on the 2019 turnover rate, warehouse base costs and 2018 capital cost will result in approximately sixteen thousand Euro cost reduction.

Based on the results of the analysis, the author made four suggestions for the company to further improve the company's performance:

- Prioritize the work of *SMT* lines more, over other work centers
- Stronger framing of the production planning process, ensuring its transparency and consistency over time
- Standardization of processes and closer cooperation between different departments
- Improving the accuracy of customer forecasts

In summary, it can be stated that the Master's thesis fulfilled its purpose and solved the research problem. It was found that by changing the company's production planning and inventory management strategy it is possible to optimize the total cost of the company. The result of this Master's thesis is a good input for Eolane Tallinn AS for more efficient management of production activities and material stocks.

Although this Master's thesis is intended primarily to be used in a focus company, it allows similar analysis and performance-based strategy adjustments to be made in other companies in the field of electronics and/or outsourcing focused industry.

KASUTATUD ALLIKAD

- Almeida, M. M., Marins, F. A., Salgado, A. M., & Santos, F. A. (2014). Mitigation of the bullwhip effect considering trust and collaboration in supply chain management: a literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 495-513.
- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management : planning, organizing, and controlling the supply chain. 5th ed.* New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Barnard, A. (2010). "What is Theory of Constraints (TOC)?" . Allikas: [http://dralanbarnard.com/pdf/What_is_Theory_of_Constraints_\(TOC\).PDF](http://dralanbarnard.com/pdf/What_is_Theory_of_Constraints_(TOC).PDF)
- Beske, P., Koplin, J., & Seuring, S. (2006). The use of environmental and social standards by German first-tier suppliers of the Volkswagen AG. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 63-75.
- Boyd, L. H., & Gupta, M. C. (2004). Constraints management: What is the theory? *International Journal of Operations & Production Management*, 350-371.
- Cao, M., & Zhang, Q. (2011). Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29, 163-180.
- Chatfield, D., & Pritchard, A. (2013). Returns and the bullwhip effect. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 159-175.
- Chauhan, S., Dolgui, A., & Proth, J.-M. (2009). A continuous model for supply planning of assembly systems with stochastic component procurement times. *International Journal of Production Economics*, 411-417.
- Chen, X., Xiao, L., Zhang, X., Xiao, W., & Li, J. (2015). An integrated model of production scheduling and maintenance planning under imperfect preventive maintenance. *Maintenance and Reliability*, 70-79.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management, fifth edition.* Harlow: Pearson Education Limited.
- Cox, J., & Goldratt, E. M. (2007). *Eesmärk. Pideva arengu protsess* (Kd. 1). Tallinn: Goldratt Baltic Network.
- Ellram, L. M. (1993). Total Cost of Ownership: Elements and Implementation. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 3-11.
- Ellram, L. M., & Siferd, S. P. (1993). Purchasing: the cornerstone of the total cost of ownership concept. *Journal of Business Logistics*, 163-184.

- Enics Eesti AS. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Eolane Tallinn AS. (2015). *Majandusaasta aruanne*. Tallinn.
- Eolane Tallinn AS. (2016). *Majandusaasta aruanne*. Tallinn.
- Eolane Tallinn AS. (2017). *Majandusaasta aruanne*. Tallinn.
- Eolane Tallinn AS. (2018). *Majandusaasta aruanne*. Tallinn.
- Eolane Tallinn AS. (2019). Short Term planning tool.
- Eolane Tallinn AS. (2020). *Advantline report for material stoppages 2019*.
- Eolane Tallinn AS. (2020). Ettevõtte tutvustus.
- Eolane Tallinn AS. (2020). Fix Cost file.
- Eolane Tallinn AS. (2020). *Organisatsiooni struktuur*.
- Ericsson Eesti AS. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Ettevõtte sisedokumentatsioon. (2019). Global Action Plan 2019.
- Finantsosakond. (2019). Finantskontroller.
- Finantsosakond. (11. 01 2020. a.). SMT liini tunni kuluarvestus.
- Flir Systems Estonia OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Frank, M., & Shen, T. (2016). Investment and the weighted average cost of capital. *Journal of Financial Economics*, 300-315.
- Gaspersz, V. (2004). Production planning and inventory control; berdasarkan pendekatan sistem terintegrasi MRP II dan JIT menuju manufacturing 21. *Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama*.
- Gjerdrum, J., Shah, N., & Papageorgiou, L. G. (2010). A combined optimization and agent-based approach to supply chain modelling and performance assessment. *Production Planning & Control*, 81-88.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement, 3rd New edition*. Great Barrington: North River Press.
- Golmohammadi, D. (2015). A study of scheduling under the theory of constraints. *International Journal of Production Economics*, 38-50.
- Grüninger, M. C., & Kind, A. H. (2013). WACC Calculations in Practice : Incorrect Results due to Inconsistent Assumptions - Status Quo and Improvements. *Accounting and Finance Research*, 36-44.
- Gupta, M. C., & Boyd, L. H. (2008). Theory of constraints: a theory for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 991-1012.

- Gupta, M., Chahal, H., Kaur, G., & Sharma, R. (2010). Improving the weakest link: A TOC - based framework for small businesses. *Total Quality Management*, 863–883.
- Gupta, M., Kaur, G., & Chahal, H. (2013). Improving market orientation: the theory of constraints - based framework. *Journal of Strategic Marketing*, 305–322.
- Halevi, G. (2014). Traditional Production Planning. In: Industrial Management-Control and Profit. *Management and Industrial Engineering*, 91-120.
- Harrison, H., Birks, M., Franklin, R., & Mills, J. (2017). Case Study Research: Foundations and Methodological Orientations. *Forum: Qualitative Social Research*, 1-17.
- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016)*, (lk 128-133). Gothenburg.
- Hirano, H. (2010). *JIT Implementation Manual - The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing. Volume 2 Waste and the 5S's*. New York: CRC Press.
- Incap Electronics Estonia OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Inission Tallinn OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Joala, T. (2019). Nõudluspõhine materjalivajaduste planeerimine Saku Õlletehases. *Magistritöö*.
- Johannessen, K. A., Kittelsen, S. A., & Hagen, T. P. (2017). Assessing physician productivity following Norwegian hospital reform: A panel and data envelopment analysis. *Social Science & Medicine*, 117-126.
- Jung, H., & Jeong, S. (2018). The Economic Effect of VirtualWarehouse-Based Inventory Information Sharing for Sustainable Supplier Management. *Sustainability*, 1547.
- Kamalapur, R., Lyth, D., & Houshyar, A. (2013). Benefits of CPFR and VMI Collaboration Strategies: a Simulation Study. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 59-73.
- Kang, N., Zhao, C., Li, J., & Horst, J. A. (2016). A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 6333-6350.
- Kostap, M. (2019). Tarneahela koostöövormide rakendamine ettevõttes Eolane Tallinn AS. Tallinn.
- Kotivnenko, M. (15. 01 2019. a.). Finantskotrolör. (U. Uudemets, Intervjueerija)

- Lambert, S. L., Calvasina, R., Bee, S., & Woodworth, D. (2017). Assembly FG: An Educational Case on MRP II Integrated within ERP. *Accounting Perspectives*, 43-62.
- Lee, H., Padmanabhan, V., & Whang, S. (2004). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43, 546-558.
- Lemghari, R., Okar, C., & Sarsri, D. (2018). Benefits and limitations of the SCOR ® model in Automotive Industries. *MATEC Web of Conferences*.
- Li, K., & Sivakumar, A. I. (2007). Synchronized Scheduling of Manufacturing and 3PL Transportation. *Multiprocessor Scheduling, Theory and Applications*, 405-416.
- Li, Q., Disney, S. M., & Gaalman, G. (2014). Avoiding the bullwhip effect using Damped Trend forecasting and the Order-Up-To replenishment policy. *International Journal of Production Economics*, 3-16.
- Louly, M.-A., Dolgui, A., & Al-Ahmari, A. (2012). Optimal MRP offsetting for assembly systems with stochastic lead times: POQ policy and service level constraint. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2485 -2495.
- M., W., Anderson, J. C., & Wynstra, F. (2005). The adoption of total cost of ownership for sourcing decisions—a structural equations analysis. *Accounting, organizations and society*, 167-191.
- Miclo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. *IFAC-PapersOnLine; 8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2016*, (Ik 1725-1730). Troyes.
- Note Pärnu OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Oberhausen, C., & Plapper, P. (2017). Cross-enterprise value stream assessment. *Journal of Advances in Management Research*, 182-193.
- Ordi AS. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Ouman Estonia OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Paavel, K. (2020). Nõudluse prognoosimise parandamine tellimustootmisega tegelevas ettevõttes. *Magistritöö*.
- Pambudi, A., Hariadi, F., & Arsyad, M. (2017). Development of low-cost reflow oven for SMT assembly. *International Symposium on Electronics and Smart Devices*, 51-56.
- Papke-Shields, K. E., Malhotra, M. K., & Grover, V. (2006). Evolution in the strategic manufacturing planning process of organizations. *Journal of Operations Management*, 24, 421-439.

- Pegels, C. C., & Watrous, C. (2005). Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 302 – 311.
- Ramler, G. (26. 09 2019. a.). Elektroonikatööstuse TOP: Eestis meil konkurenti pole! Allikas: <https://www.aripaev.ee/uudised/2019/09/26/elektroonikatoostuse-top-eestis-meil-konkurenti-pole>
- Rodrigues, L. H., & Mackness, J. R. (1998). Teaching the meaning of manufacturing synchronisation using simple simulation models. *International Journal of Operations & Production Management*, 246-259.
- Scanfil OÜ. (2018). *Majandusaasta aruanne*.
- Simatupang, T., & Sridharan, R. (2005). An Integrative Framework for Supply Chain Collaboration. *The International Journal of Logistics Management*, 16.
- Smed, J. (2002). *Production Planning in Printed Circuit Board Assembly*. Turku: University of Turku.
- Sørås, A. (2015). Diplomitöö. *Problems of lean thinking implementation in sales and marketing functions, example of the electronics industry*. Tallinna Tehnikaülikool.
- Spencer, M., & Cox, J. (1995). Optimum production technology (OPT) and the theory of constraints (TOC): analysis and genealogy. *International Journal of Production Research*, 1495-1504.
- Srinidhi, B., & Tayi, G. (2004). Just in time or just in case? An explanatory model with informational and incentive effects. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 567-574.
- Stamatis, D. (2017). *The OEE Primer - Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability and Maintainability*. London: CRC Press.
- Stangl, T., & Thonemann, U. W. (2017). Equivalent Inventory Metrics: A Behavioral Perspective. *Manufacturing & Service Operations Management*, 337-507.
- Sui, Z., Gosavi, A., & Lin, L. (2010). Reinforcement Learning Approach for Inventory Replenishment in Vendor-Managed Inventory Systems With Consignment Inventory. *Engineering Management Journal*, 44-53.
- Säinas, M. (2014). Timmitud tootmise ja piirangute teooria koosrakendamine tootmisprotsesside juhtimises AS Saku Metall Allhanketehas näitel. *Magistritöö*.
- Zahharova, V. (2014). *Magistritöö. Tulevikustrateegia toetamisele suunatud kompetentside juhtimine Eolane Tallinn AS-s*. Estonian Business School.

- Zhao, Y., Cao, Y., Li, H., Wang, S., Liu, Y., Li, Y., & Zhang, Y. (2018). Bullwhip effect mitigation of green supply chain optimization in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 888-912.
- Varend, M. (15. 01 2020. a.). Tootmise planeerimise üksuse juht. (U. Uudemets, Intervjueeriija)
- Waters, D. (2019). *Supply chain management: an introduction to logistics. 2nd ed.* Macmillan Education UK.
- Watson, K., Blackstone, J., & Gardiner, S. (2007). The evolution of a management philosophy: The theory of Constraints. *Journal of Operations Management*, 468–489.
- Wei, J., & Kern, G. (1996). Master Production Rescheduling Policy in Capacity-Constrained Just-In-Time Make-To-Stock Environments. *Decision Sciences*, 365-387.
- Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications (6th ed.)*. Los Angeles: SAGE Publications.