



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

NÕUDLUSE PROGNOOSIMISE PARANDAMINE TELLIMUSTOOTMISEGA TEGELEVAS ETTEVÕTTES

IMPROVEMENT OF DEMAND FORECASTING IN A CONTRACT
MANUFACTURING COMPANY

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kristi Paavel

Üliõpilaskood: 176460EALM

Juhendaja: Ott Koppel, 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.

“.....” 2020. a

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 2020. a

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”2020. a

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kristi Paavel, 176460EALM

Õppekava, peeriala: EALM02/14 – Logistika, tarneahela juhtimise suund

Juhendaja(d): Ott Koppel

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Nõudluse prognoosimise parandamine tellimustootmisega tegelevas ettevõttes

(inglise keeles) Improvement of Demand Forecasting in a Contract Manufacturing Company

Lõputöö põhieesmärgid:

Leida sobivaim nõudluse prognoosimeetod, mida rakendada juurutamisel oleva ärianalüütika tarkvaras laovarude optimeerimiseks.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Magistritöö kavandi kaitsmine	11.12.2018
2.	Eelkaitsmine	03.12.2019
3.	Magistritöö esitamine kaitsmisele	07.01.2020
4.	Magistritöö kaitsmine	15.01.2020

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "07" jaanuar 2020. a

Üliõpilane: Kristi Paavel "....."2020. a

/allkiri/

Juhendaja: Ott Koppel "....."2020. a

/allkiri/.....

SISUKORD

EESSÕNA.....	5
LÜHENDITE LOETELU	6
SISSEJUHATUS.....	8
1. NÕUDLUSE PROGNOOSIMINE ELEKTROONIKATÖÖSTUSES.....	10
1.1 Nõudluse prognoosimine	10
1.2 Nõudluse prognoosimise meetodid	15
1.3 Ülevaade elektroonikatööstusest.....	18
1.4 Varasemad uurimused ja järeldused	22
2. LÄHTEÜLESANNE	25
2.1 Eolane Tallinn AS	25
2.2 Lähteolukord.....	29
2.3 Uurimisülesanded.....	34
3. METOODIKA.....	37
3.1 Uurimisstrateegia	37
3.2 Tooteartiklite valim.....	39
3.3 Nõudluse prognoosimeetodid	41
3.4 Prognoosi täpsuse mõõtmine.....	44
3.5 Juhtimislaud.....	46
4. ANALÜÜS JA SÜNTEES	48
4.1 Küsitluse tulemused	48
4.2 Prognoosimeetodite võrdlusanalüüs	55
4.3 Tulemuste hindamine ja tõlgendamine.....	57
4.4 Järeldused ja ettepanekud	59
KOKKUVÕTE.....	62
SUMMARY	65
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	68
LISAD.....	74
Lisa 1 Küsitlus.....	74
Lisa 2 Väljavõtte ABC-XYZ analüüsi teel moodustatud valimist	79

Lisa 3 Prognoosimeetodite tulemused	80
Lisa 4 Prognoosimudelite vead	86
Lisa 5 Kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsess.....	87
Lisa 6 Kliendi juhtimislaud	88

EESSÕNA

Käesoleva töö pealkiri on: Nõudluse prognoosimise parandamine tellimustootmisega tegelevas ettevõttes.

Uurimisobjektiks oli elektroonika tellimustootmisega tegelev ettevõtte Eolane Tallinn AS. Uurimisprobleem seisnes ebatäpses kliendi nõudluse prognoosimises, mille tagajärjel olid ettevõtte laovarud liiga kõrged. Töö eesmärk oli leida sobivaim nõudluse prognoosimeetod, mida oleks võimalik rakendada juurutamisel oleva ärianalüütika tarkvaras laovarude optimeerimiseks.

Uurimistöös kasutati kombineeritud juhtumiuuringu strateegiat. Töö eesmärgini jõudmiseks viis autor esmalt läbi küsitluse ettevõtte klientide seas, et mõista, mille alusel ja milliseid meetodeid kasutades ettevõtte kliendid oma nõudlust prognoosivad ning ühtlasi uurida, millised on nende hinnangud oma nõudluse prognoosimise protsessi ning täpsuse osas.

Sobivaima prognoosimeetodi leidmiseks ja analüüsiks valis autor 12 tooteartiklit selliselt, et esindatud oleksid kõik segmendid – tööstus, telekommunikatsioon ning autotööstus. Valimi moodustamiseks viidi läbi toodete ABC-XYZ analüüs müügitulu põhjal. Autor kasutas nõudluse analüüsiks erinevaid prognoosimeetodeid, mille tulemusel selgus, et parima täpsuse annavad vahelduva nõudluse prognoosimiseks kasutatavad Crostoni meetod ja SBA meetod. Prognoosimeetodi sobivust hinnati juuritud keskmise ruutvea põhjal. Crostoni meetod andis väikseima prognoosivea kuue tooteartikli puhul ja SBA meetod kolme tooteartikli puhul. Kolmel juhul oli kliendi nõudluseprognoos täpsem võrreldes analüüsitud prognoosimeetoditega. Analüüsi tulemusel selgus, et vahelduva nõudluse prognoosimeetodid on sobivaimad just telekommunikatsiooni ja autotööstuse toodete puhul.

Küsitluse ning analüüside tulemusena töötati välja kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsess ning kliendi juhtimislaud, mis annab ülevaate iga kliendi nõudluseprognoosi täpsusest ning laovarudest. Tuginedes analüüsi ja küsitluse tulemustele sõnastas autor ettepanekud täiendavateks korrigeerivateks tegevusteks, mis annavad suunise edaspidiseks koostöök ettevõtte partneritega.

Antud töö tulem on kasulik Eolane Tallinn AS-i kliendinõudluse prognoosimisel ja ärianalüütika juurutamisel, aga kindlasti saab seda kohaldada ka teistes éolane'i kontserni üksustes. Loodud kliendi nõudluse prognoosimise käsitlemise protsess ning kliendi juhtimislaud on rakendatavad ka muudes tellimustootmisega tegelevates ettevõtetes.

Märksõnad: elektroonikatööstus, nõudluse prognoosimine, koostöö tarneahelas, aegriidade mudelid, magistritöö

LÜHENDITE LOETELU

APICS	tarneahela juhtimise assotsiatsioon (<i>American Production and Inventory Control Society</i>)
CDM	lepinguline disainitootja (<i>Contract Design Manufacturer</i>)
CEM	lepinguline elektroonikatootja (<i>Contract Electronics Manufacturer</i>)
CM	lepinguline tootja (<i>Contract Manufacturer</i>)
COGS	müüdud kaupade kulu (<i>Cost of Goods Sold</i>)
DOS	varude käibekiirus (<i>Days of Supply</i>)
EMS	elektroonika tootmisteenus (<i>Electronics Manufacturing Services</i>)
EOL	elutsükli lõpp (<i>End of Life</i>)
ERP	ettevõtte ressursside planeerimise tarkvara (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
FA	lõppkooste (<i>Final Assembly</i>)
KPI	tulemuslikkuse võtmenäitaja (<i>Key Performance Indicator</i>)
MAE	keskmine absoluutviga (<i>Mean Absolute Error</i>)
MAPE	keskmine absoluutne suhteline viga (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)
MASE	keskmine skaleeritud absoluutne viga (<i>Mean Absolute Scaled Error</i>)
MSE	keskmine ruutviga (<i>Mean Square Error</i>)
NPI	uue toote juurutamine (<i>New Product Introduction</i>)
ODM	originaaldisaini tootja (<i>Original Design Manufacturer</i>)
OEM	originaalseadmete tootja (<i>Original Equipment Manufacturer</i>)
OTIF	tarnetäpsus (<i>On Time in Full</i>)
PCB	trükkplaat (<i>Printed Circuit Board</i>)
PTT	toote ja tehnoloogia siire (<i>Product Technology Transfer</i>)
QMS	kvaliteedijuhtimissüsteem (<i>Quality Management System</i>)
ROA	varade puhasrentaablus (<i>Return on Assets</i>)

ROE	omakapitali puhasrentaablus (<i>Return on Equity</i>)
RMSE	juuritud keskmine ruutviga (<i>Root Mean Square Error</i>)
R&D	uurimis- ja arendustegevus (<i>Research & Development</i>)
SMT	pindliite tehnoloogia (<i>Surface Mount Technology</i>)
SQA	tarnija kvaliteedi tagamine (<i>Supplier Quality Assurance</i>)
S&OP	müügi ja tegevuste planeerimine (<i>Sales and Operations Planning</i>)

SISSEJUHATUS

Konkurentsitihedas ja globaalses ärimaailmas on järjest olulisem, et ettevõtted suudaksid kiiresti vastata klientide soovidele. Selleks, et kliendi vajadustele võimalikult kiiresti reageerida, on vaja evida täpset ülevaadet nõudlusest ja tulevikutrendidest. Mida paremini ettevõtte tunneb oma kliente ja suudab arendada koostööd, seda efektiivsem ja paindlikum ta on oma tegevusvaldkonnas. See omakorda aitab ettevõttel vähendada laovarusi ning tõsta tarnekiirust ja kliendi-teenindustaset.

Teema on aktuaalne iseäranis elektroonikatööstuses, kuna nõudluseprognoosi kvaliteedist sõltub suuresti, kui tõhusalt suudab ettevõtte oma ressursse kasutada ning tegevust planeerida. Eesti on atraktiivne allhankemaa välisettevõtetele, kes otsivad head hinna ja kvaliteedi suhet ning hindavad siinset ärikultuuri. Enamasti juhitud allhanke ehk tellimustootmisega tegelevad ettevõtted materjali sisseostmisel kliendipoolsetest nõudluseprognoosidest. Paraku on nõudluse üleprognoosimise korral esmaseks tagajärjeks kõrged laovarud, mis mõjutavad ettevõtte maksevõimet. Kuna maailmamajanduses on alates 2019. aastast tunda jahenemise märke, siis tajuvad eksporditurgudele orienteeritud tellimustootjad laovarudest tingitud likviidsusprobleeme eriti teravalt.

Käesoleva magistr töö uurimisobjektiks on Eolane Tallinn AS. Uurimisprobleem seisneb ebatäpses ning -ühtlases kliendi nõudluseprognoosis, mille alusel ostab ettevõtte tootmise tarvis materjale, kuid üleprognoosimise tagajärjel on ettevõtte laovarud liiga kõrged. Tulenevalt ärimudelitest – Eolane Tallinn AS on EMS (*Electronics Manufacturing Services*) ettevõtte – pakutakse kliendile, kes ei soovi ise tootmise ega laohaldusega tegeleda, laialdasi teenuseid alates materjalihankest kuni müügi-järgse teenindusteni. Sellega võtab EMS ettevõtte endale kõrgemad riskid, mistõttu tegutsemise tõhusus on ärikriitilise tähtsusega.

Töö eesmärk on leida sobivaim nõudluse prognoosimeetod, mida saaks rakendada juurutamisel oleva ärianalüütika tarkvaras laovarude optimeerimiseks. Eesmärgist lähtuvalt on püstitatud neli uurimisküsimust, millele töös vastust otsitakse:

1. Millise prognoosimeetodi rakendamine võimaldaks parandada kliendi prognoose?
2. Milliseid mõõdikuid tuleks kasutada kliendi nõudluse prognoosimise täpsuse mõõtmisel?
3. Kuidas peaks toimima nõudluse prognoosimise protsess ettevõttesiseselt?
4. Milline peaks olema koostöö kliendiga nõudluse prognoosimisel?

Uurimistöös esimeses peatükis annab autor ülevaate elektroonikatööstusest ning erinevatest koostöövormidest. Elektroonikatööstusele on iseloomulik küllatki suur allhanke ehk tellimustootmise kasutamine, sest tihtipeale puudub disainitoote omanikul võimekus toodet ise toota. Samuti antakse esimeses peatükis ülevaade nõudluse prognoosimise olemusest, selle erinevatest meetoditest ja riskidest, mis on tingitud ebatäpsest prognoosimisest. Peatüki lõpus tehakse teemakohased järeldused vastavalt varasematele uuringutele ja teoreetilisele taustale.

Töö teises peatükis tutvustab autor uurimisobjektiks olevat ettevõtet ning kaardistab lähteolukorra. Antakse ülevaade ettevõtte pakutavatest teenustest, peamistest segmentidest ning kliendi nõudlusega seotud tegevustest. Seejärel püstitab autor uurimisprobleemi mitmekülgseks avamiseks uurimisküsimused ja neile vastavad uurimisülesanded. Peatüki lõpus sõnastab autor uurimisprobleemi ja püstitab eesmärgi.

Kolmandas peatükis on kirjeldatud uurimisstrateegiaks valitud juhtumiuuringut, töös kasutatavat meetodikat ja kasutatud andmeid. Selleks, et esmalt aru saada, kuidas prognoosivad oma nõudlust ettevõtte kliendid ning mis info alusel nemad töötavad, on loodud küsitlus, mis käsitleb nõudluse prognoosimist ja koostööd tarneahelas. ABC-XYZ analüüsi tulemusena defineeritakse valim ning põhjendatakse valitud aegriidade mudeleid nõudluse prognoosimiseks.

Viimane peatükk võtab kokku tehtud analüüsi ja selle tulemused. Tutvustatakse küsitluse tulemusi, kus kliendid annavad hinnangu oma nõudluse prognoosimise täpsusele ning tegevustele. Antakse ülevaade prognoosimismeetodite võrdlusanalüüsist, esitatakse analüüsi tulemused ja selgitatakse välja, kui suur oleks majanduslik efekt laovarude vähenemisel sobivaima prognoosimeetodi kasutamisel. Antud peatükis sõnastatakse uurimisküsimuste vastused ja järeldused. Samuti luuakse kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsess ja juhtimislaud. Vastavalt analüüsi tulemustele pakutakse välja täiendavad korrigeerivad tegevused probleemi lahendamiseks.

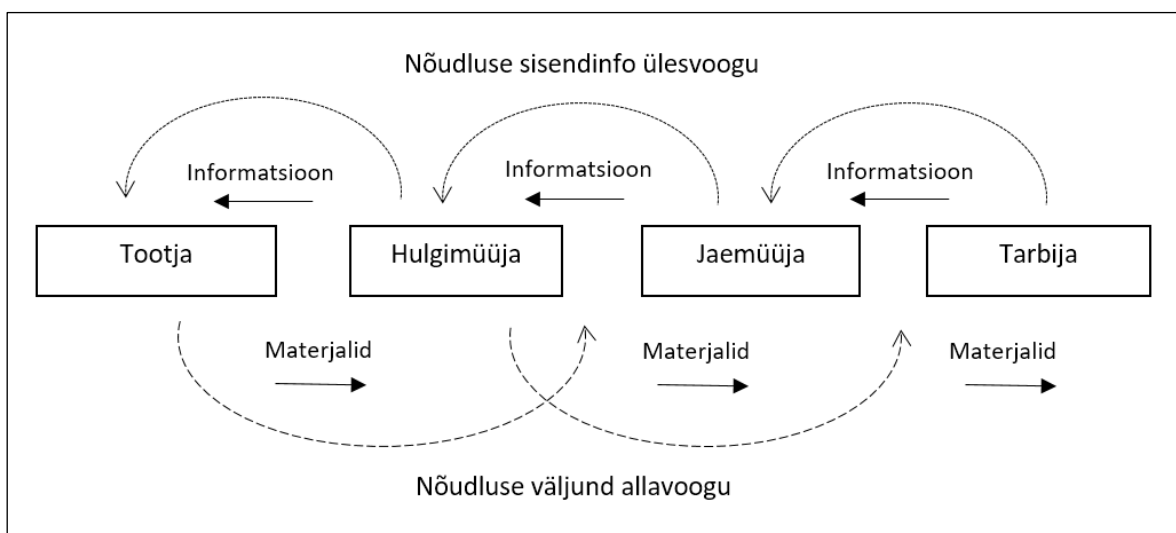
Antud töö tulem on kasulik Eolane Tallinn AS-le kliendi nõudluse prognoosimisel, aga ka teistele éolane'i kontserni üksustele. Loodud kliendi nõudluse prognoosimise käsitlemise protsess ning kliendi juhtlaud on rakendatavad ka muudes tootmisettevõtetes.

1. NÕUDLUSE PROGNOOSIMINE ELEKTROONIKATÖÖSTUSES

1.1 Nõudluse prognoosimine

Nõudluse prognoosimine on äritegevuses möödapääsmatu; prognoos annab ettevõttele aluse, mille järgi planeerida müüki, varusid, masina- ja tööjõuressurse. Nõudluse prognoosimine on APICS-i (*American Production and Inventory Control Society*) definitsiooni järgi ärifunktsioon, mis püüab ennustada müüki ja toodete kasutust selliselt, et neid oleks võimalik sobivas koguses ette varuda või toota. (APICS 2016)

Nõudluse prognoosimist peetakse tähtsaimaks osaks nõudluse juhtimisest. Nõudluse juhtimist võib käsitleda kui ettevõtte võimekust aru saada klientide nõudlusest ja vajadustest ning neid hoida tasakaalus. Nõudluse juhtimise üks olulisemaid väljakutseid on leida võimalusi, mis aitaksid vähendada nõudluse kõikumist ning parandada operatiivset paindlikkust. Nõudluse kõikumise vähendamine tagab planeerimise sujuvuse ja stabiilsuse ning hoiab kokku kulusid. Kõrgem nõudluse varieerumine võib kahandada teabevahetuse väärtust, mistõttu edastatav info peab olema asjakohane, läbipaistev ja õigeaegne. (Ryu *et al* 2009). Seega evib informatsiooni jagamine kriitilist rolli kliendinõudluse sünkronimisel tootmistegevusega. Seetõttu on vajalik kahepoolne infoliikumine kliendi ja tootja vahel. (Teunter *et al* 2011) Joonis 1.1 kajastab tarneahela erinevate osapoolte vahelist nõudluse sisendi ja nõudluse väljundi ehk materjalide liikumist.



Joonis 1.1 Tarneahela struktuur
Allikas: (Syntetos *et al* 2015)

Nõudluse prognoosimine on oluliseks sisendiks kogu ettevõttele ja tarneahelale: hankimisele, operatiivsele ostule, tootmisele, laovarude juhtimisele, logistilistele tegevustele, ning selle põhjal tehakse finants-, investeerimis- ja turundusotsuseid. Seega on nõudlus nii ettevõtte strateegiliste

kui operatiivsete otsuste aluseks. (Arvan *et al* 2019) Vastu võetud otsuste kvaliteet ja tulemuslikkus sõltuvad suuresti nõudluse täpsusest. Isegi suhteliselt väikesed parendused nõudluse prognoosimisel võivad oluliselt vähendada laovarused ja tõsta teenindustaset. (Nikopoulos *et al* 2018) Fildes ja Petropoulos on oma uurimistöös leidnud, et sobiva prognoosimeetodi kasutamisel on võimalik prognoosimise täpsust tõsta 25-30%. (Fildes *et al* 2015)

Niisi mõjutab nõudluse prognoosimise täpsus oluliselt ettevõtte tõhusust operatiivsel tasemel. Fildese uurimistöö tulemused näitavad, et prognoosimise parendamisest saadud tulu on suurem kui mistahes laovarude juhtimise reeglid, ning et prognoosimeetodi kehv valik viib paratamatult laovarude suurenemiseni. (Fildes *et al* 2010)

Syntetos ja Babai sedastavad, et laovarude juhtimist ja nõudluse prognoosimist on uuritud koos suhteliselt vähe ning pigem peetakse neid kaht eraldiseivateks probleemideks. (Syntetos *et al* 2015) Küllaltki palju leidub kirjandust ja akadeemilisi uuringuid suure käibekiirusega toodete kohta, kuid vähem tähelepanu on saanud tooted, millel on vahelduv nõudlus. Samas moodustavad vahelduva nõudlusega tooted märkimisväärselt suure osa laovarude väärtusest ning käibest. Vahelduva nõudlusega tooted on iseloomulikud erinevatele valdkondadele, näiteks autotööstus, infotehnoloogia, sõjaväesektor ja õhuvägi. Prognoosimise parandamise tulemusel võivad oluliselt väheneda materjalide mahakirjutamise ja utiliseerimise riskid. (*Ibid*)

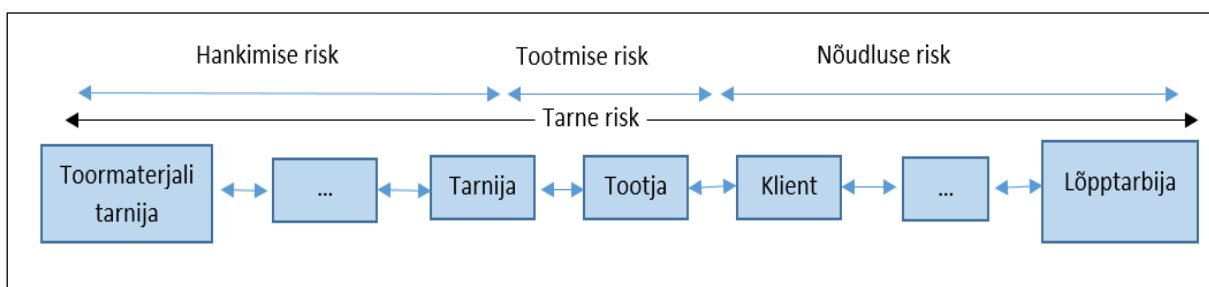
Erinevad uuringud on kajastanud negatiivseid tagajärgi, mis tulenevad otseselt kehvast prognoosimisest. Nendeks on peamiselt liigsed laovarud (Syntetos *et al* 2009), vähenenud tarnekindlus ja klienditeenindustase (Kremer *et al* 2011), koostöö halvenemine nii väliste partnerite (Fildes *et al* 2009) kui sisemiste üksustega. Näiteks tekivad probleemid tootmisvõimekuse ja ressursside jagamisega, kui mahtude planeerimisel on võetud aluseks ebausaldusväärne nõudluseprognoos. (Acar *et al* 2012)

Samuti tuleb kõrget hinda maksta alaprognoosimise eest, sest igasugune eksimus tekitab ahelreaktsiooni kogu ahelas. Selleks, et hilinenud tellimusi täita, tuleb kasutada tootmismahtu, mis oli algselt reserveeritud teistele toodetele, mis omakorda tingib viimaste hilinemise. Samuti võib tekkida puudujääk materjalide osas, eriti kui materjalid on riskasutuses. Hilinenud tellimuste tarneteks kasutatakse üsna palju ekspressevedusid, mis on ettevõttele selgelt planeerimata lisakulu.

Seetõttu peaks nõudluse ebakindlust ja kõikumist arvesse võtma materjalide ohutusvaru määramisel. Selle arvestamata jätmisel võib vajalik ohutusvaru olla liialt väike, mistõttu tekivad pidevad puudujäägid, lisanduvad erinevad kulud ning tarnetäpsus langeb. (Prak *et al* 2019) Ohutusvaru suurendamine on alati suhteseoses teenindustaseme tõusuga. Samas tõusevad

materjali omamisega seotud kulud. Lisaks tuleb arvesse võtta iganemise ja hävinemisega seotud riske. (Ciancimino *et al* 2012)

Tarneahela peamised riskid võivad pärineda ülesvoogu tarnijalt või allavoogu kliendilt. (Tang *et al* 2008) Sellised riskid on tingitud häiretest tarneplaanide, laovarude ja ligipääsuga tehnoloogiale. Samuti avaldavad mõju pidevad hindade muutused, kvaliteediprobleemid, tehnoloogiline ebakindlus, toote keerukus ja sagedased disainimuutused. (Basole *et al* 2014) Nõudluse risk võib tekkida uue toote juurutamisel, nõudluse varieerumisel väliste tegurite tõttu, sesoonsusel, nõudluse võimendamisel ja moonutamisel. (Manuj *et al* 2008)



Joonis 1.2 Tarneahela riski tüübid

Allikas: (Manuj *et al* 2008)

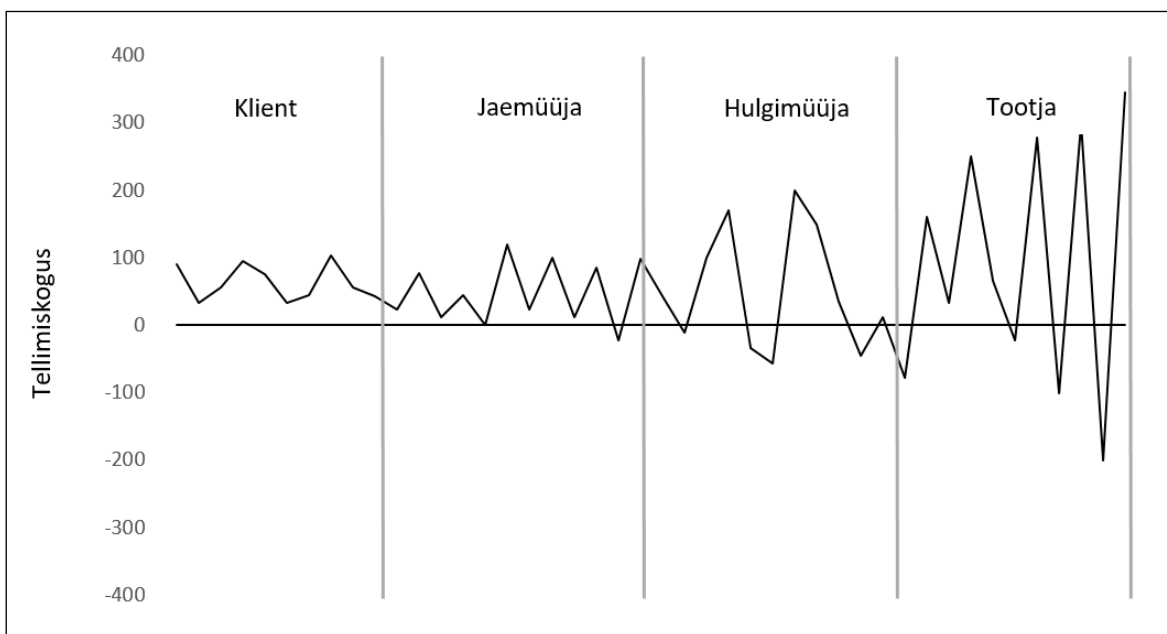
Varude taseme määramise puhul peaks vigade mõõdupuuks olema nii kulu kui klienditeeninduse tase. (Syntetos *et al* 2010) Lisaks nõudluse ebamäärasusele tasub tähelepanu pöörata ka varustamise ebamäärasusele, sest see võib olla tihtipeale ettevõttele isegi kulukam kui esimene. (Begen *et al* 2016)

Kui tekkiv kulu toote puudumisel on suurem kui ühiku tootmiskulu, siis varustamise ebamäärasus on kallim kui nõudluse ebamäärasus. Ebamäärasest nõudlusest tingituna toodavad ettevõtted alati rohkem kui ebamäärase varustamise puhul. Begen ja Pun rõhutavad oma artiklis, et kui ettevõttel on valida, kas tegeleda ebamäärase nõudluse vähendamise või ebamäärase pakkumise vähendamisega, siis tuleks valida viimane (s.t parem koostöö tarnijatega, tarnijatebaasi laiendamine ja tugevdamine) juhul, kui materjali puudumisest tingitud kulu on väga suur. (*Ibid*)

Samas peaks toote erinevatel etappidel keskenduma erinevatele nappustele – toote algusaegadel tuleks keskenduda varustamise ebamäärasuse leevendamisele, kuna siis on nappusest tulenevad kulud suuremad. Kui toode on küps, siis tasuks tähelepanu suunata nõudluse ebamäärasuse vähendamisele, kuna toote ülejäägi kulu kasvab. (*Ibid*)

Nõudluse prognoosimisel tehtud vead, mis pole kommuniqueeritud õigel ajal, on tihtipeale piitsaplaksu efektist tulenevalt ajas veelgi võimendunud. (Arvan *et al* 2019) Piitsaplaksu efekt viib

suurte tarneahela ebaefektiivsusteni, milleks on liigne investeeing laovarudesse, kehv kliendi-teenindustase, kaotatud müük, vale tootmismahu plaan, lisanduvad transpordikulud, ebakõlad tootmisplaanides. Piitsaplaksu efekti vähendamisega oleks võimalik vähendada laovarude võimendumist, vähendada materjalide iganemist ja optimeerida n-ö rohelist tarneahelat. (Zhao *et al* 2018)



Joonis 1.3 Piitsaplaksu efekt
Allikas: (Chatfield *et al* 2013)

Nõudluse prognoosimine nõuab panustamist igalt tarneahelas osalevalt liikmelt. Prognoositäpsus pole oluline ainult ühele osapoolle, vaid kõikidele ahelas osalevatele liikmetele, sest prognoosi kvaliteet avaldab mõju tervele tarneahelale, hõlmates nii horisontaalseid konkurente kui vertikaalseid partnereid. (Syntetos *et al* 2016)

Koostööd tarneahelas ning selle olulisust on analüüsitud erinevates uurimistöodes. Koostöö on vajalik kahe või enama välise partnerettevõtte strateegiate ühiseks kavandamiseks ning eesmärkide seadmiseks, mida eraldi seistes saavutada ei saaks. (Kumar *et al* 2012)

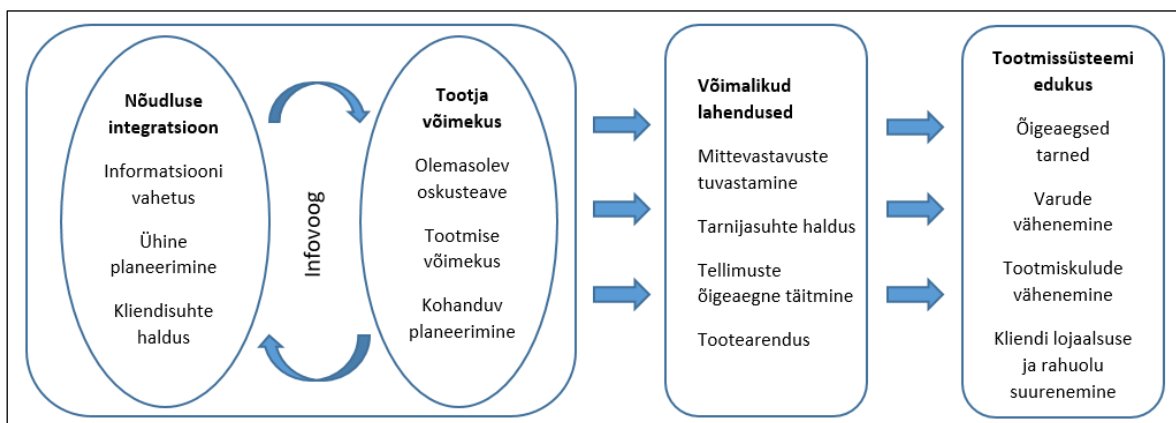
Koostööle suunatud tarneahelas pole olulised mitte ainult üksteise usaldamine ning kokkulepetest kinnipidamine, vaid oluline on ka ühiselt planeerimine ning probleemide lahendamine, et arendada koostöökultuuri. Koostöökultuuri pole võimalik kiiresti välja arendada, vaid see kujuneb aja jooksul läbi erinevate kogemuste, suhtlemiste ja mõistmise. Jätkusuutlik koostöökultuur areneb omasoodu ilma sunnita. (Kumar *et al* 2017)

Üldiselt jagatakse koostöövormid kolmeks: vertikaalne, horisontaalne ning lateraalne koostöö. (Soosay *et al* 2008)

- **Vertikaalse koostöö** puhul on kaasatud tarneahela erinevad lülid alla- ja ülesvoogu;
- **Horisontaalse koostöö** puhul teeb ettevõtte koostööd oma konkurentide või välispartneritega, et panustada koos innovatsiooni;
- **Lateraalne koostöö** puhul kasutavad ettevõtted nii vertikaalset kui horisontaalset koostööd, et saavutada paremat paindlikkust. (Kumar *et al* 2017)

Nii sisemist kui välist koostööd peetakse tarneahela juhtimise alustalaks. Koostöö tegemisel on kaks peamist eesmärki: ühelt poolt muuta sisemised funktsioonid tõhusaks ja mõjusaks ning teiselt poolt säilitada või laiendada turuosa. Lisaks aitab tõhus koostöö kaasa laovarude vähendamisele, tarneaegade lühenemisele, piitsaplaksu efekti kahandamisele, võimekuse tõstmisele, paranenud paindlikkusele ja kliendi rahuolu kasvule. (Stank *et al* 2011)

Kui klientidega on loodud head ja usalduslikud suhted nõudluse planeerimisel, siis suudab see muuta efektiivsemaks kogu tarneahelat üldiselt. Efektiivne nõudluse integreerimine võimaldab tõhusat (info)voogu läbi kogu tarneahela. Joonis 1.4 näitab, kuidas nõudluse ja info liikumine tagab tootmisplaani kindluse ja kõrge klienditeenindustaseme. Kui kliendi nõudluseprognos pole usaldusväärne ega järjekindel, pole tootjal võimalik vastata muutunud nõudlusele. (*Ibid*)



Joonis 1.4 Nõudluse integratsiooni mõju tarneahelale
Allikas: (Tekez 2018)

Koostöö tegevused ei ole eraldivõetavad ning neil puuduvad kindlad piirid. See tähendab, et ühte tegevust ei saa arendada eraldi teistest. Seega avaldavad ühe tegevuse tulemused mõju teistele tegevustele, mistõttu on oluline, et kõik koostöö toimingud oleksid arendatud ning ellu viidud samaaegselt. Kindlasti peavad need toimingud olema seotud ettevõtte pikaajaliste eesmärkidega. (Kumar *et al* 2017)

1.2 Nõudluse prognoosimise meetodid

Nõudluse prognoosimiseks on loodud palju erinevaid meetodeid ning nende variatsioone. Samas sedastavad mitmed uuringud, et prognoosimine põhineb suuresti siiski inimhinnangutel. (Boone *et al* 2019) Ajaseeriade nõrkuseks võib olla asjaolu, et need ei suuda arvesse võtta ärilise konteksti dünaamikat – näiteks ette näha planeeritavaid müügikampaaniaid või uue toote turuletoomist. (Arvan *et al* 2019) Ettevaatlik tuleb aga olla olukorras, kus prognoosile lisatakse omapoolne hinnang ilma, et oleks täielikku arusaamist, kuidas prognoosimeetod on välja töötatud. (Syntetos *et al* 2015) Ehkki nõudluse prognoosimise tarvis on võrdlemisi palju erinevaid meetodeid, näitavad mitmed empiirilised uuringud, et lihtsad prognoosimeetodid on sama tõhusad kui keerukamad alternatiivsed meetodid. (Green 2015)

Sobiva prognoosimeetodi valimisel tuleb arvestada nõudluse iseloomu; sõltuvalt valdkonnast ning toodete eripärast võib nõudlus olla stabiilne, kõikuv või juhuslik. Küllaltki levinud on vahelduv nõudlus, kus mõnel perioodil vajadus puudub ning selle taasilmudes on stabiilse või kõikuva iseloomuga. Põhimõtteliselt esineb vahelduvat nõudlust pea kõikides valdkondades, iseäranis aga auto-, kaitse- ja kosmetotööstuses ning infotehnoloogia sektoris. Elektroonikatööstuse eripäradest johtuvalt on nõudlus suuresti kõikuv ning vahelduv. Sellise nõudlusega tooted võivad moodustada kuni 60% ettevõtte laovarudest ning küllaltki tihti on kõrgendatud iganemisriskiga. Materjali iganemine – eriti aeglaselt liikuva ning vahelduva nõudluse puhul – on laovarude juhtimises oluliseks probleemiks. (Syntetos *et al* 2011)

Praktikas pole tihtipeale piisaval hulgal nõudluse vaatlusandmeid, mida saaks kasutada nõudluse parameetrite hindamisel; esiteks põhjusel, et paljudes ettevõtetes ei koguta ega säilitata nõudluse andmeid ning teiseks on tõsiasi, et kasutatav nõudluse protsess võib pidevalt muutuda. (Prak *et al* 2019)

Kõige universaalsemaks prognoosimeetodite liigituseks on kvantitatiivsed ja kvalitatiivsed meetodid.

Enamlevinud kvalitatiivsed meetodid on: (Fildes *et al* 2007)

- Delphi meetod;
- juhtgrupi arvamus;
- tarbijakäitumise uuringud;
- müügiinimeste kogemustel ja ootustel põhinevad otsused.

Kvalitatiivseid prognoosimeetodeid kasutatakse enamasti järgmistel juhtudel: müügi- ja reklaamikampaaniate planeerimine, hinnamuutused, müügikasv seoses pühade või muude sündmustega, muutused seadusandluses, konkurentide tegevus, tööjõu hankimisega seotud probleemid ning materjali ostmisega seotud probleemid. (Arvan *et al* 2019)

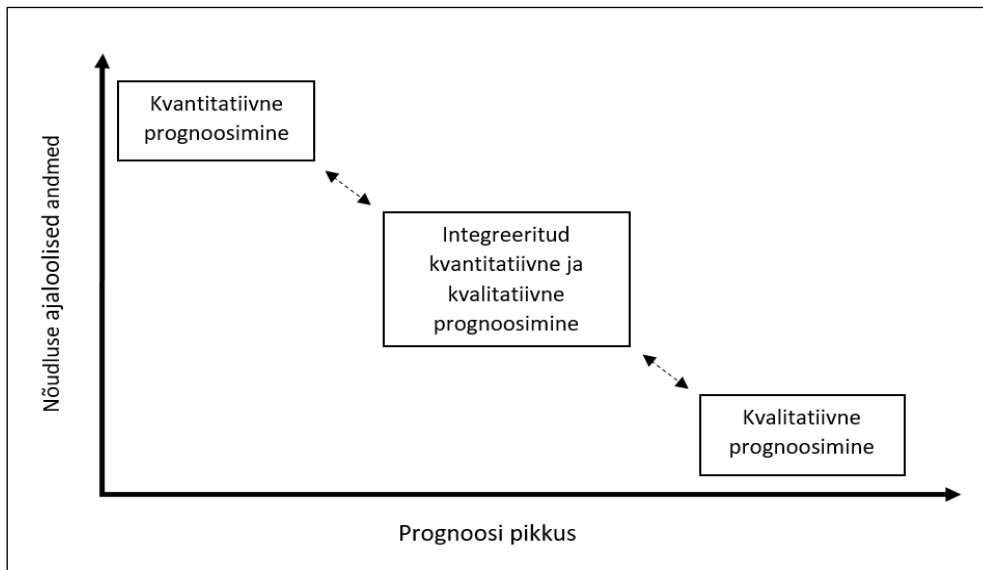
Hinnangutel põhinevad prognoosid võivad olla kasulikud teatud tingimustel sõltudes eelkõige ajaseeria karakteristikustest. Nimelt võib ajaseeriade kõrge varieeruvus vähendada statistilise mudeli efektiivsust. (Arvan *et al* 2019)

Kvantitatiivsed meetodid seevastu hõlmavad mahukat andmeanalüüsi, kasutatakse statistilisi meetodeid ning saadud tulemusi on võimalik kohaldada üldkogumile. Antud meetodite kasutamine nõuab ajalooliste andmete olemasolu. Samas ei tähenda see, et uue toote turuletoomisega ei saaks kasutada ajaloolisi andmeid; tavaliselt võetakse sel juhul aluseks sarnase toote olemasolev statistika. (Syntetos *et al* 2016)

Kvantitatiivsed meetodid jagunevad kaheks: (Shim *et al* 2009)

- aegridade meetodid;
 - naiivne meetod;
 - libisev keskmine;
 - kaalutud aritmeetiline keskmine;
 - eksponentsiaalne silumine;
 - trendianalüüs;
- põhjuslikud meetodid;
 - regressioonianalüüs;
 - muud ökonomeetrilised mudelid.

Enim kasutatavad aegridade meetodid on naiivne meetod, libisev keskmine, kaalutud aritmeetiline keskmine, eksponentsiaalne silumine ja trendianalüüs, kus mineviku andmete põhjal prognoositakse tuleviku väärtusi. Põhjuslikud meetodid on regressioonianalüüs ning lisaks teised ökonomeetrilised mudelid, kus andmeseeriaid kasutatakse erinevate nähtuste vaheliste seoste hindamiseks ja prognoosid koostatakse toetudes saadud seostele. (*Ibid*)



Joonis 1.5 Prognoosimise meetodi valik sõltuvalt prognoositava perioodi pikkusest
Allikas: (Syntetos *et al* 2016)

Joonis 1.5 kajastab prognoosimeetodi valikut sõltuvalt prognoositava perioodi pikkusest. Mida pikem on prognoosimise periood, seda tõenäolisem on, et toote disain või struktuur võivad vahepeal muutuda, või siis arvestama peab teguritega, mida perioodi alguses ei osatud ette näha. Seetõttu on põhjendatud kvalitatiivsete meetodite kasutamine pikas perioodis. Keskpikas perioodis on mõistlik kasutada nii kvantitatiivseid kui kvalitatiivseid meetodeid koos, sest lisaks statistilisele mudelile on oluline muuhulgas ka müügimeeste hinnang tulevasele perioodile. (Syntetos *et al* 2016)

Meetodeid, kus kvalitatiivseid prognoosimudeleid kasutatakse koos kvantitatiivsete mudelitega, nimetatakse "integreeritud prognoosimise" meetoditeks. (Arvan *et al* 2019) Kvantitatiivsete meetodite kasutamine koos eksperthinnanguga on tõenäoliselt kõige levinum prognoosimise viis tööstuses. (Fildes *et al* 2007). Hinnanguline prognoosimine on sobivam ebaühtlasemate seeriade puhul või juhul, kui kasutatakse märkimisväärselt pikka prognoosimise perioodi. Seevastu statistiline modelleerimine on kasulikum lühemate ajaperioodide puhul ning stabiilsete seeriade puhul. Olukorras, kus prognoosimise periood on keskmine ning vaadeldava seeria ajalugu on piisav (olles mitte liiga lühike ega pikk), võikski kõige paremini sobida lähenemine, kus statistilist prognoosi on kohandatud eksperthinnanguga. (Arvan *et al* 2019)

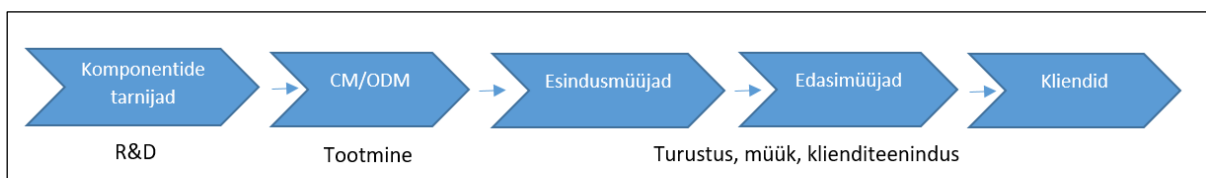
Lisaks on uuritud, mil määral mõjutavad nõudluseprognoosi täpsust prognoosimise eest vastutava spetsialisti loomus ja kogemused. Uuringute tulemused kinnitasid, et mida vilunum on spetsialist, seda suurema tõenäosusega on prognoos täpne ja põhjendatud. (Alvarado-Valencia *et al* 2017) Goodwin ja Fildes leidsid oma uurimistöös, et prognoosimise eest vastutavad spetsialistid kipuvad alahindama ning ignoreerima süsteemi loodud prognoose. Mudeleid ei peeta usaldusväärseks ning tihtipeale muudetakse isegi selliseid prognoose, mis on tegelikult väga täpsed. (Goodwin *et al* 1999)

1.3 Ülevaade elektroonikatööstusest

Elektroonikasektor, sealhulgas nii arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete kui ka elektriseadmete tootmine, on globaalses kasvutrendis ning jahtumise märke veel kindlasti näha ei ole. Alates 2000-ndate aastate algusest võib täheldada elektroonikatööstuse valdkonna olulist kasvu; keskmine kasvuprotsent aastas on olnud 20-25%. (Zhai *et al* 2007) Rahvusvahelises elektroonikakomponentide trende kajastavas raportis „*Global Electronic Components Market 2019 Research Report*“ ennustatakse, et elektroonikakomponentide turg kasvab aastatel 2019 – 2024 5,6% ning kasvu veab peamiselt tarbeelektronika turg. (Eesti Elektroonikatööstuse Liit 2019)

Elektroonikatööstuses on kiirus ja paindlikkus määrava tähtsusega. Toodete elutsüklid on aina lühemad, mistõttu on oluline, et EMS ettevõtte NPI (*New Product Introduction*) protsess oleks võimalikult kiire ja sujuv. Uus toode peab jõudma turule õigel ajal, õiges koguses, õige hinna ja kvaliteediga. Toodete elutsüklite lühiealisus mõjutab oluliselt ka materjali hankimise ja nõudluse prognoosimise protsesse. Kuna elektroonikakomponentide tarneajad on väga pikad, siis igasugune olemasoleva toote arendus või uue toote turuletoomine nõuab suurt pingutust materjali õigeaegseks hankimiseks. Nõudluse prognoosimise teeb keeruliseks asjaolu, et uue toote tulevast nõudlusest on keeruline täpselt ette ennustada ning samal ajal toovad ka konkurendid uusi tooteid turule. (Mehmet *et al* 2016)

Elektroonikatööstust iseloomustavad tihedad partnerlussuhted ning koostöövõrgustik. Tänapäevane elektroonikatööstuse tarneahel on globaalne, koosnedes sõltumatutest komponentide tarnijatest, CM (*Contract Manufacturer*) või ODM (*Original Design Manufacturer*) ettevõtetest, kaubamärgi omavatest ettevõtetest, esindusmüüjatest ja edasimüüjatest. Joonisel 1.6 kujutatud tarneahelamudel kajastab erinevaid tegevusi, mis osalevad lisandväärtuse loomisel alates komponendi tarnijatest kuni lõppklientideni. (Shin 2009)



Joonis 1.6 Elektroonikatööstuse väärtusahel
Allikas: (Dedrick *et al* 2010)

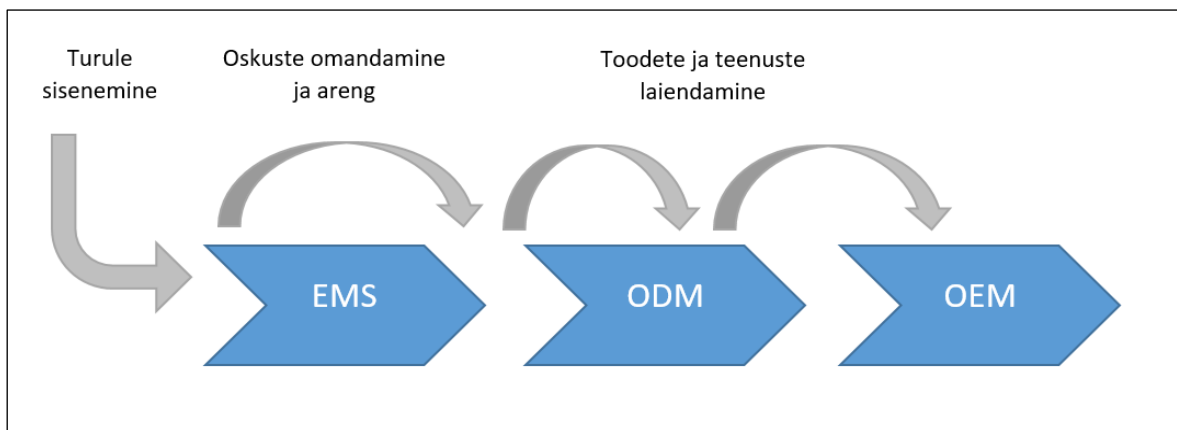
Elektroonikatööstuses eristatakse peamiselt kolme tüüpi tootjaid: (Zhai *et al* 2007)

- OEM (*Original Equipment Manufacturer*) – originaalseadmete tootja ehk ettevõtte, mis omab tootemarki ning turustab ise oma toodet;

- ODM (*Original Design Manufacturer*) – ettevõtte, mis disainib ja toodab tooteid OEM-ile. Sageli kasutatakse sellise ettevõtte puhul ka lühendit CDM (*Contract Design Manufacturer*).
- EMS (*Electronics Manufacturing Services*) – OEM-idele elektroonika tootmisteenust pakkuv ettevõtte. Mõnikord kasutatakse ka akronüümi CEM (*Contract Electronics Manufacturer*), kuid vahe on selles, et CEM keskendub ainult tootmisele, samas kui EMS ettevõtte pakub klientidele lisaks muid tarneahela protsesse toetavaid teenuseid. Seega CEM-i saab vaadelda kui ühte osa EMS ettevõtetest.

Elektroonikasektori lepingupõhistel tootmisettevõtetel (CM, *Contract Manufacturer*) ei ole oma margitoodet, mida klientidele pakkuda. Peamiselt toodetakse trükkplaatide (PCB, *Printed Circuit Boards*) ja nende koosteid. Tellimustootja tarnib tooteid vastavalt reaalsele nõudlusele, mis elektroonikasektoris on iseäranis muutliku iseloomuga.

EMS ettevõtetel, kes pakuvad tellimustootmise teenust, on võrreldes OEM-idega oluliselt väiksem kasumimarginaal, mistõttu on eriti tähtis, et tarneahel oleks võimalikult efektiivne. Lisaks tuleb arvestada, et selliste ettevõtete kliendid on eriomased nii tooteportfelli, nõuete kui nõudluse osas; seetõttu lähenetakse igale kliendile just temast lähtuvalt ning üldjuhul on iga kliendiga tegelemiseks loodud eraldi meeskonnad. Selline töökorraldus kätkeb aga riski – see võib pärssida ettevõttesisest koostööd ja -tegutsemist näiteks tootmismahtude jagamisel. (Uhlmann *et al* 2018)



Joonis 1.7 EMS ettevõtte kasvumudel
Allikas: (Zhai *et al* 2007)

Uuringud näitavad, et esmalt alustavad EMS ettevõtted vähem tehnoloogilist teadmist nõudvate toodetega. Aja jooksul EMS ettevõtte võimekus kasvab ning töösse võetakse keerukamad tooted. Samasugune areng on nähtav ka teenuste pakkumisel; EMS ettevõtted hakkavad aja jooksul otsima järjest enam võimalusi, et pakkuda lisandväärtust oma teenustele. Enamik EMS ettevõtetest alustavad allavoogu teenustega, mis nõuavad rohkem inimressursse (näiteks tootmine, turustus). Seejärel liiguvad nad tarneahelas ülesvoogu, et pakkuda tehnoloogiliselt tõhusaid lahendusi

(näiteks tootearendus, originaaldisain). Toodete ja teenuste mõõtme vahel on võimekuse mõõde, kus aja jooksul arenevad ettevõtte sisemised oskused ja organisatsiooni rutiinid. (Zhai et al 2007) Joonisel 1.7 on kujutatud tootmisteenus pakkuva ettevõtte kasvuperspektiiv.

Ehkki elektroonikatööstus kasvab jõudsalt, on see iseäranis viimastel aastatel pidanud silmitsi seisma uute väljakutsetega. Esimene neist on pidevalt kahanevad kasumimarginaalid. Üleilmastuv konkurents, aga ka konkurentsist endast tulenev vajadus olla eesrindlik on elektroonika-tootmisturul langetanud hindu sedavõrd, et CM ettevõtted on sunnitud järjest enam leidma võimalusi, kuidas olla kuluefektiivne ja säilitada äri kasumlikkus. CM ettevõtetel on suhteliselt vähe võimalusi, et kasvatada oma äritulusid või -kasumlikkust. See on tingitud klientide nõudest järjeapanu kulusid vähendada ning soodsamat hinda saada.

Teiseks väljakutseks on möödapääsmatu vajadus investeerida globaalsetesse tootmisprotsesside operatsioonidesse ja juhtimisse. OEM-ide puhul on selline risk väiksem, sest nemad kasutavad investeeringuid omatoodete ehk originaalseadmete tootmiseks.

Elektroonikatööstuse peamiseks väljakutseks on nõudluse ebakindlus, mis mõjutab oluliselt ettevõtete tegevust. Muutliku majanduskeskkonna ja konkurentsi tingimustes tajub elektroonikatootmisettevõtte nõudluse kõikumist iseäranis teravalt, sest see mõjutab otseselt ettevõtte operatiivset tegevust ja tootmist. Kõikuva nõudlusega võitlemiseks on ettevõtted enamasti sunnitud kasvatama laovarusid, mis teisalt seob ressursse ning ei soosi kuluefektiivset lähenemist.

Elektroonikatööstust Eestis saab pidada riigi tööstussektori kasvumootoriks ning see on üks kiiremini arenevaid tööstusharusid Eestis. Elektroonika- ja elektriseadmete tootmise sektorit iseloomustab tempokas kasv ning pidev areng tänu turu globaliseerumisele ja tootearenduse kiirele kohanemisele. Ettevõtete pakutavad teenused on kõrge lisandväärtusega ning müügitulu on viimase kümne aasta jooksul üle kolme korra kasvanud. Lisaks müügitulule kasvavad ka sektori tootmismahud ja hõive ning tuleviku kasvupotentsiaali saab hinnata kõrgeks. (Kutsekoda 2018) Elektroonikatööstuse edasist kasvu mõjutab 5G buum, mis vajab tohutul hulgal uusi sideseadmeid ja panustab sektori kasvu.

Elektroonika- ja elektriseadmete tootmine jaguneb kaheks allharuks: arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine ning elektriseadmete tootmine. Tööstusettevõtete müügitulu järgi kuuluvad mainitud harud töötleva tööstuse peamise viie liigi hulka puidutöötlemise, metalltoodete töötlemise ja toiduainete tootmise kõrval.

Täna on Eesti elektroonikatööstuses üle 230 ettevõtte ja 12 000 töötaja, kelle käive on ühtekokku 2,1 miljardit eurot. Sektor on tugevalt orienteeritud välisurule – kogu toodangust eksporditakse 84% ning ühtekokku moodustab elektroonikatööstus 24% Eesti tööstuse ekspordist. (Eesti Elektroonikatööstuse Liit 2019)

Enamik suurematest ettevõtetest baseeruvad väliskapitalil. Eesti suurimad elektroonikatööstus-ettevõtted 2018. aastal on toodud välja tabelis 1.1. Eesti suurimaks elektroonikatootmisettevõtteks on Ericsson AS, kes tegeleb 5G võrguseadmete arendamise ning turuletoomisega. Tabelist nähtub, et kuuest suurimast elektroonikatootmisettevõttest kaks – Ericsson Eesti AS ja Flir Systems Estonia OÜ – on originaalseadmete tootjad. 2018. aastal on ainult kaks ettevõtet suutnud kasvatada puhaskasumit võrreldes eelneva aastaga. See võib olla üheks märgiks maailmaturu majanduskeskkonna jahenemisest.

Tabel 1.1 Suurimad elektroonikatööstusettevõtted 2018. aastal

Ettevõtte	EMS / OEM	Müügitulu (tuh eurot)	Müügitulu muutus	Puhaskasum (tuh eurot)	Puhaskasumi muutus	Personal
Ericsson Eesti AS	OEM	701 637	-14%	3 381	-12%	1 495
Enics Eesti AS	EMS	107 883	7%	4 771	-7%	729
Scanfil OÜ	EMS	73 523	17%	4 567	31%	611
Eolane Tallinn AS	EMS	64 033	-6%	1 476	-13%	376
Flir Systems Estonia OÜ	OEM	45 621	3%	4 512	2%	121
Note Pärnu OÜ	EMS	27 572	-4%	1 347	-5%	268

Allikas: koostatud autori poolt (Ericsson Eesti AS, Enics Eesti AS, Scanfil OÜ, Eolane Tallinn AS, Flir Systems Estonia OÜ, Note Pärnu OÜ 2018. a majandusaasta aruanded) alusel

Eesti töötlev tööstus, sealhulgas elektroonikatööstus, seisab silmitsi mitmete väljakutsetega. Tööstussektori üldine kindlustunne ning tootmiskahtude ja ekspordikasvu ootused halvenesid 2019. aastal järsult. Töötleva tööstuse kulude kasv ületab käibe ja tootlikkuse kasvu. Märkimisväärne osa töötlevast tööstusest on liiga tööjõumahukas. Seega olukorras, kus kulude kasv püsib kõrgel, võib käibe- ja tootmiskahtude kasvu aeglustumine halvendada antud tööstusharu investeerimisvõimekust. Investeeringutel on aga oluline mõju ettevõtete konkurentsivõimele ja kasumlikkusele.

Lisaks tööstussektori üldise kindlustunde vähenemisele viimasel aastal on Eesti elektroonikatööstuse väljakutseks tugeva konkurentsi pakkumine inseneriteenuste ja kõrgema lisandväärtusega toodete näol. Üha enam räägitakse tootmise automatiseerimisest ja digitaliseerimisest ehk Tööstus 4.0 põhimõtete ja meetmete rakendamisest. Tööstusettevõtete edu kindlustab võimekus toota keerukaimad tooteid ning pakkuda toote kogu elukaart hõlmavaid teenuseid – disaini, tehnilist tuge, masstootmist, jälteenindust koos diagnostika ja remondiga. Seetõttu tuleb pidevalt tegeleda toote optimeerimisega nii disaini kui tootmisprotsessi osas.

Tabel 1.2 Eesti suurimate elektroonikatööstusettevõtete peamised suhtarvud

Suhtarvud	Ericsson Eesti AS	Enics Eesti AS	Scanfil OÜ	Flir Systems Estonia OÜ	Note Pärnu OÜ	Eolane Tallinn AS
Müügitulu ärirentaablus	0,91%	5,50%	6,26%	9,89%	5,32%	2,59%
Varade puhasrentaablus (ROA)	1,36%	9,64%	12,25%	11,94%	10,71%	4,03%
Omakapitali puhasrentaablus (ROE)	6,70%	20,47%	17,01%	13,75%	22,93%	13,07%
Varude käibekordaja	5,3	3,4	3,4	3,2	4,1	2,8
Varude käibekiirus (DOS)	69	108	106	113	89	131

Allikas: koostatud autori poolt (Ericsson Eesti AS, Enics Eesti AS, Scanfil OÜ, Eolane Tallinn AS, Flir Systems Estonia OÜ, Note Pärnu OÜ 2018. a majandusaasta aruanded) alusel

Tabelis 1.2 on toodud välja Eesti suurimate elektroonikatööstusettevõtete peamised suhtarvud. Valdkonnale omaselt jääb ärirentaablus keskmiselt 5% juurde. Kõrgemat ärirentaablust on võimalik saavutada originaalseadmete tootjana nagu näiteks Flir Systems Estonia OÜ puhul, kes toodavad kõrgtehnoloogilisi ja väga spetsiifilisi tooteid. Ehkki ka Ericsson Eesti AS on OEM ettevõtte, võib nende madalat ärirentaablust seletada asjaoluga, et Eesti tehase klientideks on kontserni teised üksused. Laovarude käibekiirus on ettevõtetel keskmiselt 100 päeva, mis tähendab käibekordajat ca 3,7. See tähendab, et varud moodustavad arvestatava osa ettevõtte käibekapitalist.

1.4 Varasemad uurimused ja järeldused

Tabelis 1.3 on antud ülevaade varasemates teemakohastest uurimistöödest.

Tabel 1.3 Ülevaade varasematest uurimustöödest

Autor	Aasta	Uurimustöö pealkiri	Õppeasutus
Tanel Joala	2019	Nõudluspõhine materjalivajaduste planeerimine Saku Õlletehases	Tallinna Tehnikaülikool
Hanna-Liis Sillar	2018	AS Norma allhanke varude planeerimine	Tallinna Tehnikaülikool
Anette-Maria Arula	2017	Vahelduva nõudluse ja varude juhtimine AS Norma ohutusrihmade koostamise üksuses	Tallinna Tehnikaülikool
Elnour Ahmed	2015	Demand planning practices and concepts in Estonian Manufacturing industries	Tallinna Tehnikaülikool

Allikas: koostatud autori poolt

2019. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistritöös uuriti, kas ja millistel tingimustel võimaldab DDMRP võrrelduna dunaamilise ohustusvaruga MRP süsteemiga madalamaid keskmisi varude tasemeid ja kõrgemat tootmisplaani stabiilsust. Töö avab põhjalikult DDMRP toimimise mehhanisme ja printsiipe ning pakub välja, millistel juhtudel DDMRP kasutuselevõttu tasub kaaluda. (Joala 2019)

2018. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistritöö eesmärgiks oli vähendada nõudluse kõikumisest tingitud mõjusid allhanke protsesside planeerimisel ning leida allhanke detailide jaoks optimaalsed laovarude määrad. (Sillar 2018)

2017. aastal samuti Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistritöö uurimisprobleemiks oli madal klienditeenindustase varuosade tarnimisel ning liigsed varud. Töö eesmärgiks oli leida sobivad viisid varuosade tarnetäpsuse tõstmiseks ning varuosadega seotud väheliikuvate varude koguse minimeerimiseks, sealhulgas varuosatoodangu nõudluse prognoosimiseks. (Arula 2017)

2015. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistritöö uuris nõudluse juhtimise ja prognoosimise praktikaid erinevates tööstusharudes ning keskendus eelkõige S&OP ja CPFR kontseptsioonidele. Töö eesmärgiks oli kaardistada Eesti elektroonika, toidukaupade ja tarbekaupade tootmisektoris tegutsevate ettevõtete nõudluse kavandamise ja prognoosimise praktikad. (Ahmed 2015)

Analüüsidest Eesti kõrgkoolides varasemalt kaitstud uurimistöid, leiab autor, et seni avaldatud tööd ei ava elektroonikatööstuse sektori nõudluse prognoosimise olemust allhanke või tellimustootmise tingimustes. Nõudluse ebatäpsuse prognoosimise tagajärjeks on suured laovarud ning varude aeglane käibekiirus on väljakutseks märkimisväärsele osale Eesti elektroonikatootmistööstusest.

Võttes arvesse viimasel aastal ilmnunud majanduskasvu aeglustumise märke ja kaupade ekspordi vähenemist, siis käibe- ja tootmismahude kahanemisel on laovarudega seotud kulud elektroonikatootmisettevõtetes liiga kõrged ning mõjutavad ettevõtte kasumlikkust. Arvestades, et Eesti elektroonikatootmisettevõtted pakuvad suures osas tellimustootmise teenust, siis kliendi nõudluse üleprognoosimine viib paratamatult liialt kõrgete laovarudeni. Seetõttu peavad ettevõtted järjest rohkem pöörama tähelepanu klientide nõudluseprognoosi kvaliteedile.

Ettevõtete edukus ja konkurentsivõimekus sõltub suuresti sellest, kui hästi nad oma kliente tunnevad ning koostööd arendanud on. Konkurentsitihedas ja pidevalt muutuv ärimaailmas on oluline, et ettevõtted suudaksid kiiresti reageerida klientide soovidele. Mida rohkem ettevõtte tunneb oma kliente, seda paremini on võimalik oma tegevusi planeerida. Kui klientidega on loodud head ja usalduslikud suhted nõudluse planeerimisel, siis suudab see muuta efektiivsemaks kogu tarneaahelat üldiselt. Efektive nõudluse integreerimine võimaldab tõhusat infovoogu läbi kogu tarneaahela.

Eolane Tallinn AS-i ärimudel on EMS teenuste pakkumine, kus materjali sisseostmine toimub kliendiprognosi põhjal ning toodetakse klientitellimuste alusel. Paraku prognoosivad kliendid oma nõudlust ebatäpselt, mistõttu on ettevõtte laovarud liiga kõrged. Prognoosi täpsuse parandamisel

ja koostöö suurendamisel oleks ettevõttel võimalik vähendada laovarusid ning tõsta likviidsust. Ettevõttel puudub teadmine, mille alusel nende kliendid prognoose loovad ning milline on nende prognoosimise protsess. Samuti ei ole uuritud, mil määral oleksid kliendid valmis prognoosimise protsessi kaasama ettevõtet kui tarnijat. Lisaks puudub analüüs, milline prognoosimeetod oleks ettevõttes toodetavate toodete jaoks sobivaim.

Toetudes teaduslikele allikatele ja kogutud informatsioonile kirjeldab autor edasises töös uurimisobjekti tausta, analüüsib hetkeolukorda ja selgitab välja ettevõtte kitsaskohad ning mõjurid. Seejärel sõnastatakse käesoleva magistritöö uurimisprobleem ja eesmärk. Probleemi lahendamiseks valib autor sobiva meetodika, teeb vastavalt analüüsi tulemustele järeldused ja pakub välja korrigeerivad tegevused probleemi lahendamiseks.

2. LÄHTEÜLESANNE

2.1 Eolane Tallinn AS

Eolane Tallinn AS on éolane'i kontserni kuuluv ettevõtte, mis tegutseb elektroonika tootmise teenuse ehk EMS pakkujana. 2012. aastal omandas Prantsuse päritolu tööstuselektronika valmistamise teenuse pakkuja éolane AS-i Elcoteq Tallinn aktsiad, mis kuulusid pankrotistunud elektroonika valmistamise teenust pakkuvale kontsernile Elcoteq SE. Prantsuse grupi tegevuse laiendamine Põhja-Euroopasse oli éolane'i strateegiline otsus, mis andis võimaluse keskenduda uutele turgudele ja teenindada Põhjamaades asuvaid kliente. éolane'i sooviks oli Tallinna tehases pakutavate teenuste hulka senisest veelgi suurendada ja arendada Tallinna tehastest välja tugev ning iseseisev üksus, mis pakuks olemasolevatele ja uutele klientidele nii toote- kui testiarenduse, tootmislahenduste, sobilike komponentide hankimise, tootmise kui ka müüjäjärgse teenindusega seotud teenuseid. Järgnev tabel annab ülevaate kõikidest Eolane Tallinn AS-i pakutavatest teenustest.

Tabel 2.1 Eolane Tallinn AS-i pakutavad teenused

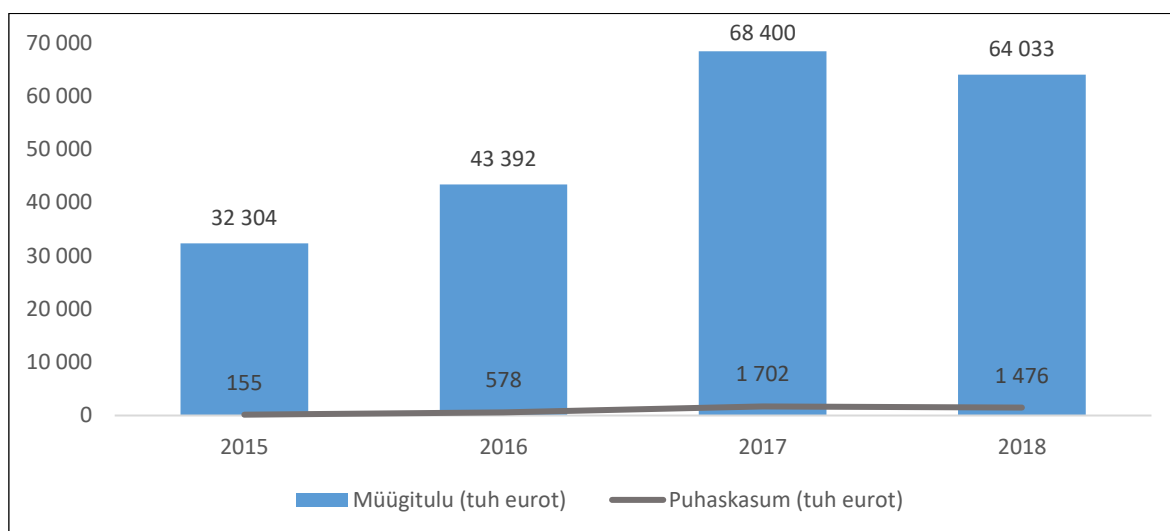
Eolane Tallinn AS-i poolt pakutavad teenused	
Tootmisteenused	<ul style="list-style-type: none">• Suurseeriatootmine (<i>low mix - high volume</i>)• Väikeseeriatootmine (<i>high mix - low volume</i>)• Pindpaigaldustehnoloogia (SMT)• Lõppkooste• Testimine
Inseneriteenused	<ul style="list-style-type: none">• Prototüübi (NPI) teenused• Testsüsteemide arendus
Tarneahela juhtimise teenused	<ul style="list-style-type: none">• Materjalide hange• Materjalihaldus• Elutsükli läbinud (EOL) materjalide haldus• Logistika• Tolliteenused
Projektijuhtimine	<ul style="list-style-type: none">• Toote ja tehnoloogia siire (<i>PTT</i>)• Projektijuhtimine• Kliendi IT-süsteemide tugi
Müüjäjärgne teenindus	<ul style="list-style-type: none">• Hooldus• Remont (<i>repair</i>)• Ümbertegemine (<i>rework</i>)• Laiendatud garantiiteenus
Tootedisaini teenused	<ul style="list-style-type: none">• Uurimis- ja arendustegevus (R &D) koostöös Prantsuse arendusmeeskonnaga

Allikas: (Eolane Tallinn AS sisedokumentatsioon 2019)

Ettevõtte peamiseks tooteks on eriotstarbelised kommunikatsiooniseadmed, jälgimis-süsteemid, moodulid sidevõrgusüsteemidele, voolu- ja pingemuundurid, tahvelarvutid ning nende moodulid. (Eolane Tallinn AS majandusaastaaruanne 2018)

Eolane Tallinn AS on éolane'i kontserni suurim tehas nii müügitulu kui töötajate arvu poolest ning plaanib tulevikus tootmist veelgi laiendada. Ettevõtte pakub tööd enam kui 400 inimesele.

Viimastel aastatel on ettevõtte oluliselt oma tootmist laiendanud ning käivet kasvatanud. Kui ettevõtte aruandeaasta müügitulu 2015. aastal oli ca 32 miljonit eurot, siis 2016. aastal juba 43 miljonit eurot. 2016. aastal oli peamine fookus uute klientide ja projektide masstootmisesse viimine ning uute tehnoloogiate juurutamine. Lisaks olemasolevate klientide käibekasvule võitis ettevõtte mitu uut klienti tööstuses ning autotööstuses. 2017. aasta osutus ettevõtte jaoks väga edukaks ning müügitulu ulatus 68 miljoni euroni. 2018. aastat iseloomustas autotööstuse turgude suur dünaamilisus, mis aitas kasvatada ettevõtte käivet just selles segmendis. Samal ajal vähenes järsult äritegevus telekommunikatsioonivaldkonnas võrreldes 2017. aastaga. Seetõttu langes 2018. aasta müügitulu 4 miljoni euro võrra 64 miljoni euroni. (Eolane Tallinn AS majandusaastaaruanne 2018).

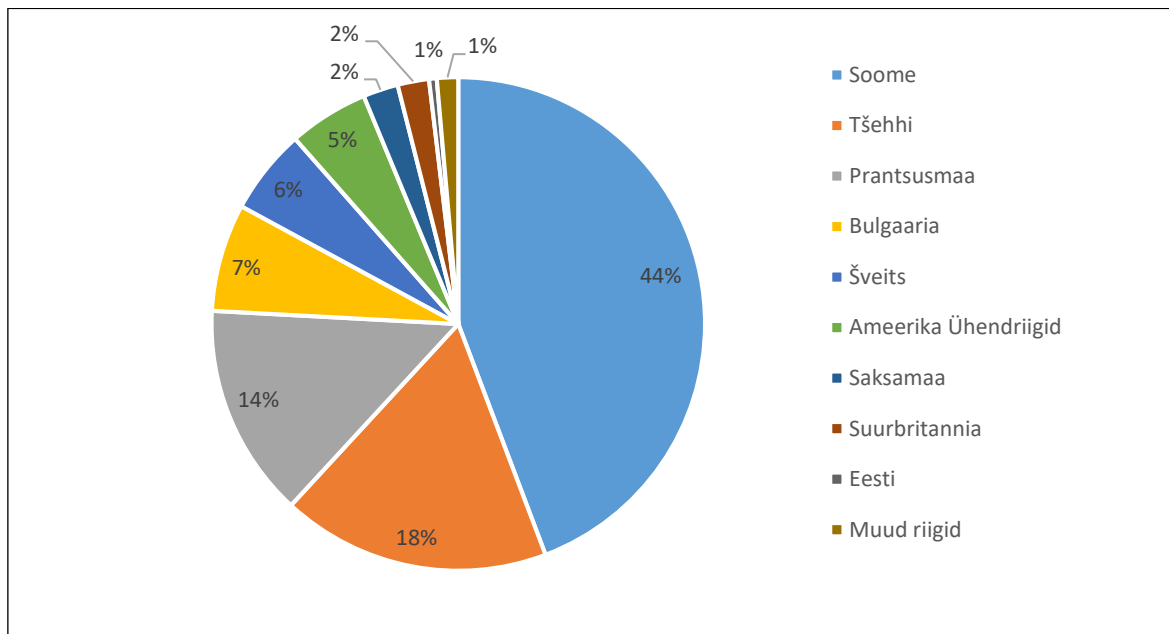


Joonis 2.1 Eolane Tallinn AS müügitulu (tuh eurot) ja puhaskasum (tuh eurot) aastatel 2015-2018

Allikas: koostatud autori poolt (Eolane Tallinn AS 2016., 2017., 2018. aasta majandusaasta aruanded) alusel

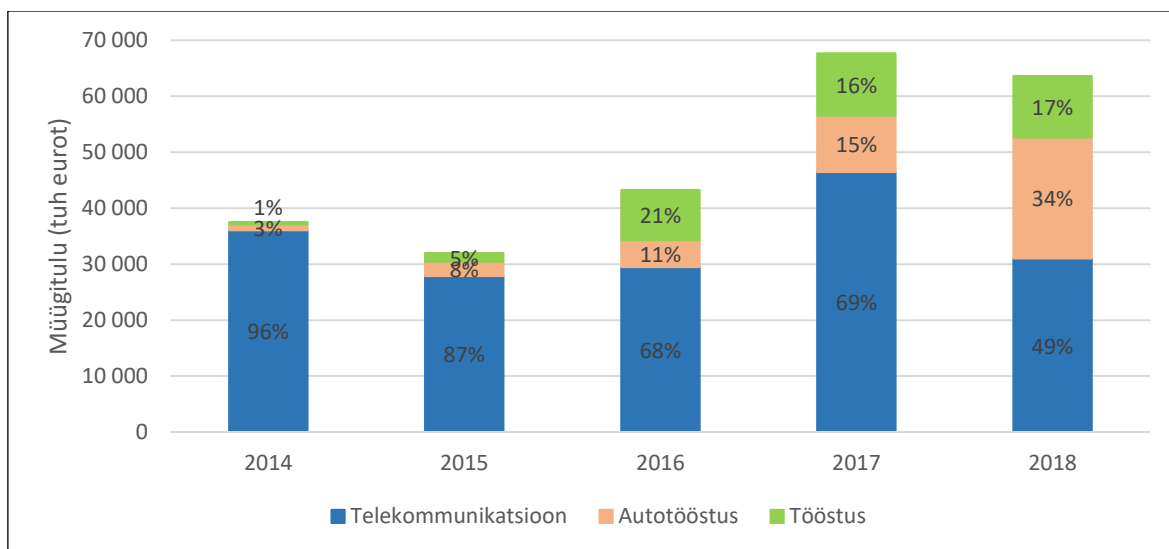
Ülaltoodud joonisel on toodud 2015. – 2018. aasta müügitulu. EMS ettevõttele omaselt on müügitulu ärirentaablus suhteliselt madal, kuna elektroonikasektori tellimustootjate kasumimarginaalid on suhteliselt madalad. Eelnevatel aastatel on müügitulu ärirentaablus jäänud alla 2%, kuid nii 2017. kui 2018. aastal on ettevõtte suutnud rentaablu tõsta üle 2% (vastavalt 2,57% 2017. aastal ja 2,59% 2018. aastal).

Joonisel 2.2 on välja toodud ettevõtte suurimad sihtturud. Eesti klientide osa kogu müügitulust moodustas 2018. aastal vaid 0,5%. Kõige suurem sihtturg on Soome, mis moodustas 2018. aastal 44% kogu müügitulust, järgneb Tšehhi 18%-ga ja Prantsusmaa 14%-ga. Need kolm välisturgu moodustasid 76% ettevõtte müügitulust. Kokku müüs Eolane Tallinn AS tooteid ja teenuseid 15 riiki.



Joonis 2.2 Müügitulu sihtturgude lõikes 2018. aastal
Allikas: koostatud autori poolt (2018. aasta majandusaasta aruanne) alusel

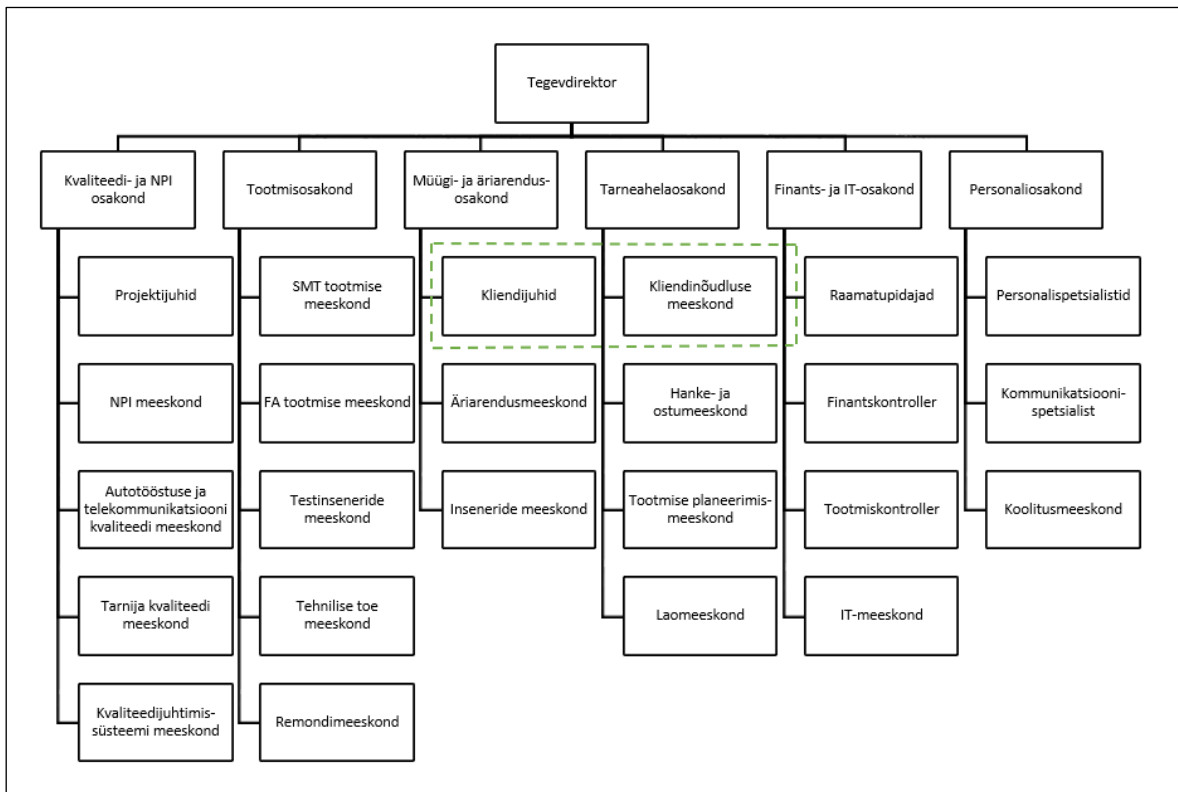
Viimastel aastatel on ettevõtte järjest enam kasvatanud autotööstuse proportsiooni müügitulust, mida illustreerib joonis 2.3.



Joonis 2.3 Segmentide jaotus müügitulu lõikes aastatel 2014 - 2018
Allikas: koostatud autori poolt (Eolane Tallinn AS sisedokumentatsioon 2019) alusel

Jooniselt nähtub, et kuni 2018. aastani oli telekommunikatsiooni osa ettevõtte müügist peaaegu 70%. Alates 2017. aastast on ettevõtte suunanud oma kasvupotentsiaali autotööstuse klientide teenindamisele, mis on läinud suhteliselt edukalt. Autotööstus on erinevalt telekommunikatsiooni ja tööstuse segmentidest, mida iseloomustab *high mix - low volume* tootmine, oluliselt väiksema tootevalikuga, kuid tootepartiid on tunduvalt suuremad, mis annab võimaluse kulude vähendamiseks nii materjali hankimisel kui tootmisprotsessides.

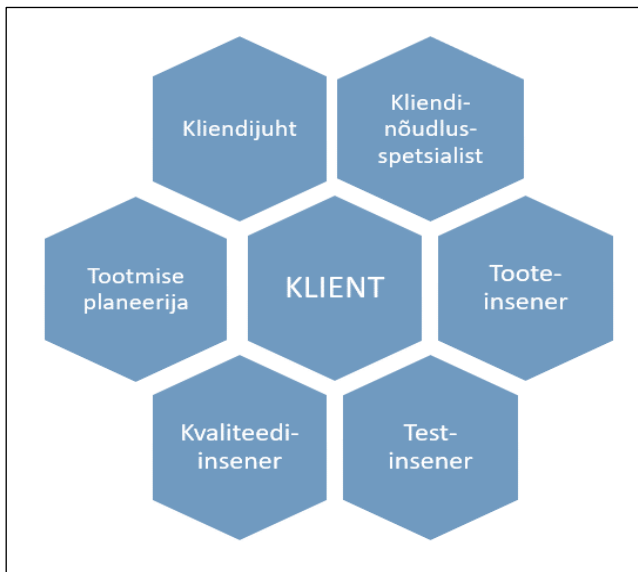
Järgnev joonis kajastab ettevõtte struktuuri. Katkendliku joonega on märgitud meeskonnad, kes tegelevad otseselt klientide ning kliendinõudlusega. Nendeks on müügi- ja äriarendusosakonda kuuluvad kliendijuhid ning tarneahelaosakonda kuuluv kliendinõudlusmeeskond. Kliendinõudlusmeeskonda juhivad kliendinõudlusjuht, kellele alluvad kliendinõudluspetsialistid.



Joonis 2.4 Eolane Tallinn AS-i organisatsiooni struktuur

Allikas: koostatud autori poolt (Eolane Tallinn AS sisedokumentatsioon 2019) alusel

Ettevõtte kliendibaas on suhteliselt väike ning kliendid tegutsevad erinevates valdkondades – tööstus, telekommunikatsioon, autotööstus. Igal kliendinõudluspetsialistil on kindlad kliendid, kellega nad töötavad.



Joonis 2.5 Eolane Tallinn AS-i kliendi fookusgrupp
Allikas: (Eolane Tallinn AS sisedokumentatsioon 2019)

Kliendinõudlusspetsialist on üks osa kliendile suunatud fookusgrupist. Fookusgrupi eesmärgiks on pakkuda kliendile igakülgset tuge ning tagada toodete kõrge kvaliteedi- ning tarnetase. Gruppi kuuluvad spetsialistid erinevatest osakondadest: kliendijuht, tooteinsener, testinsener, kvaliteediinsener, tootmise planeerija ning kliendinõudlusspetsialist.

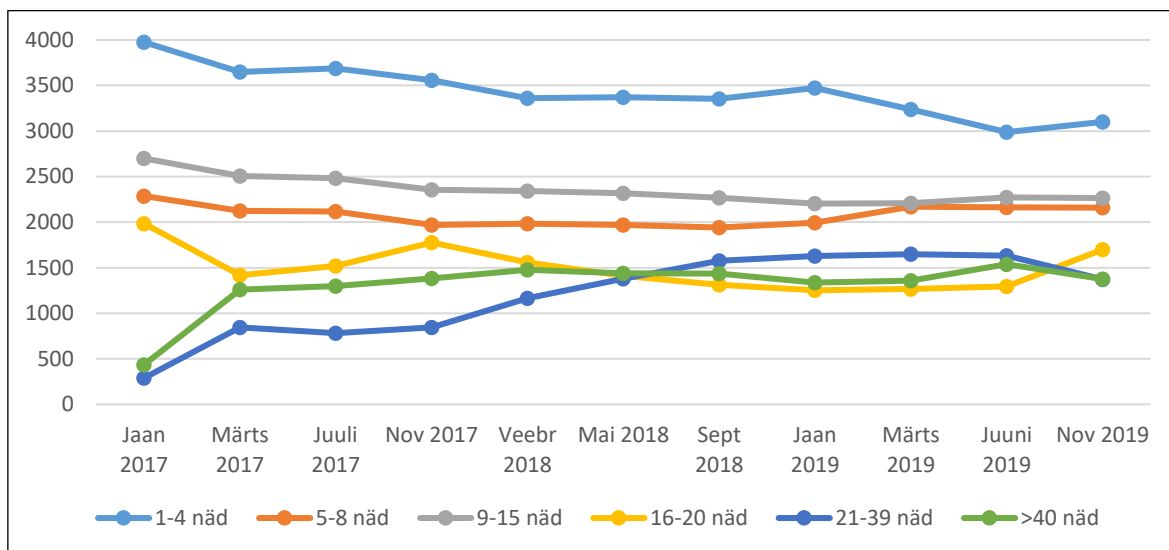
2.2 Lähteolukord

Kuna ettevõtte tegeleb tellimustootmisega ja pakub allhanketeenust, siis nõudluse sisend tuleb kliendilt. Üldreeglina prognoosib klient oma nõudlust ette järgnevas 12 kuuks ning selle ülevaatamine ja uuendamine toimub reeglina igal kuul. Klientidelt saadud nõudluseprognoose kasutab ettevõtte peamiselt kolmel otstarbel: eelarvete ja müügiprognooosi tegemisel, varude planeerimisel ja tellimisel, ning ressursside ja tootmismahude arvestamisel. (Tarneahelajuht 2019)

Suur osa klientidest saadab oma ennustuse Exceli või PDF-failina kuu lõpus või kuu alguses, mille järel see majandustarkvara SAP-i üles laetakse. Autotööstuse klientide puhul toimub nõudluseprognoosi edastamine EDI kaudu, mis suhtleb otse SAP-iga.

Materjalide tellimine toimub kliendi nõudluseprognoosi alusel majandustarkvaras SAP. Elektroofoniatööstuses tuleb materjalide tellimisel usaldada nõudluseprognoose, sest komponentide tarneajad on veninud üha pikemaks ulatudes keskmiselt 5-10 kuuni. On ka materjale, mida tuleb tellida ette pikemalt kui aastaks.

Joonisel 2.6 on välja toodud komponentide tarneaegade trend alates 2017. aasta algusest. Sellelt on selgesti näha, et 2017. aastal tekkinud ülemaailmne komponendikriis mõjutas oluliselt tarneaegasid ning tarneajad pikenesid mõnelt kuult keskmiselt viiele kuule. Järjest enam on kahanenud lühikeste tarneaegadega (1-8 nädalat) komponentide hulk ning üha rohkem peab ettevõtte arvestama materjali tarneaegadega, mis on pikemad kui neli kuud. Samuti on hüppeliselt kasvanud komponentide hulk, mille tarneaeg on pikem kui kümme kuud. Komponentid, mille tarneaeg on pikem kui neli kuud, moodustavad ettevõtte kõikidest komponentidest 37%.



Joonis 2.6 komponentide tarneaegade trend 2017. – 2019. aastal
Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Samas on võrreldes komponentide tarneaegadega klientide poolt saadetud tellimuse täitmise keskmine aeg oluliselt lühem, mida kajastab tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kliendi soovitud tellimuse täitmise aeg ning tegelik tellimuse täitmise aeg (2017. – 2019. aasta statistika põhjal) (päevades)

Segment	Kliendi soovitud tellimuse täitmise aeg	Tegelik tellimuse täitmise aeg
Tööstus	23	28
Telekommunikatsioon	22	22
Autotööstus	60	60

Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Tellimuse täitmise aja leidmisel on kasutatud mediaani, kuna ajalooliste andmete hulgas esines ekstreemseid väärtusi, mis mõjutanuks oluliselt keskvaartust. Tabelist nähtub, et tellimuse täitmise aeg on sõltuvalt segmentidest keskmiselt kolm nädalat (tööstuse või telekommunikatsiooni puhul) või üheksa nädalat (autotööstuse puhul).

Ettevõttes on kliendiga seotud erinevad mõõdikud, mida jälgitakse nii kliendi kui segmendi lõikes. Tarnetäpsust mõõdetakse vastavalt kliendi soovitud tarneajale või ettevõtte poolt kinnitatud tarneajale.

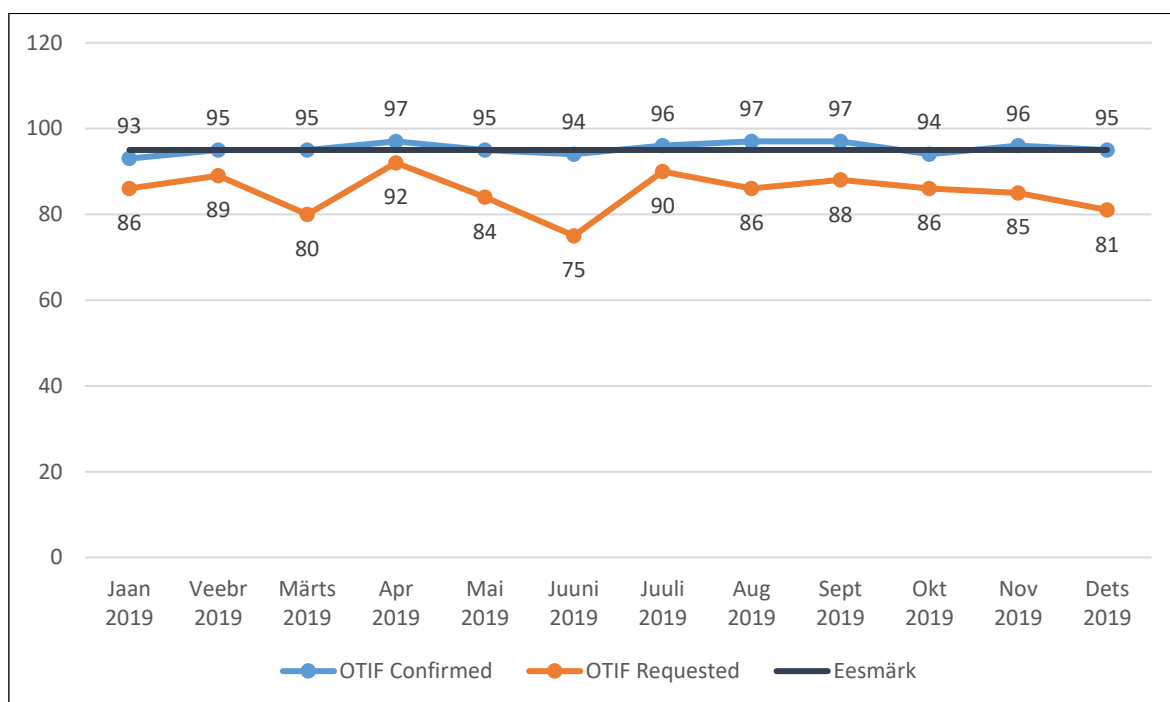
OTIF (*On Time in Full*) vastavalt kliendi soovitud kuupäevale:

$$OTIF\ Soovitud = \frac{Tarnitud\ tellimuste\ read\ teatud\ perioodis}{Kliendi\ poolt\ soovitud\ tellimuste\ read\ teatud\ perioodiks} \times 100 \quad (2.1)$$

OTIF vastavalt ettevõtte poolt kinnitatud tarneajale:

$$OTIF\ Kinnitatud = \frac{Tarnitud\ tellimuste\ read\ teatud\ perioodis}{Ettevõtte\ poolt\ kinnitatud\ tellimuste\ read\ teatud\ perioodiks} \times 100 \quad (2.2)$$

Joonisel 2.7 on välja toodud 2019. aasta tarnetäpsus võrrelduna nii ettevõttepoolse kinnitusega kui kliendi soovitud tarneajaga. Selle järgi suudab ettevõtte kinnitatud kuupäevadest kinni pidada ning täita tarnetäpsuseks seatud eesmärki (95%). Küll aga on kliendi poolt soovitud kuupäevadega võrrelduna tarnetäpsus suhteliselt madalam. See võib olla tingitud näiteks ebareaalsetest tähtaegadest või siis prognoosimata tellimuste saabumisest.

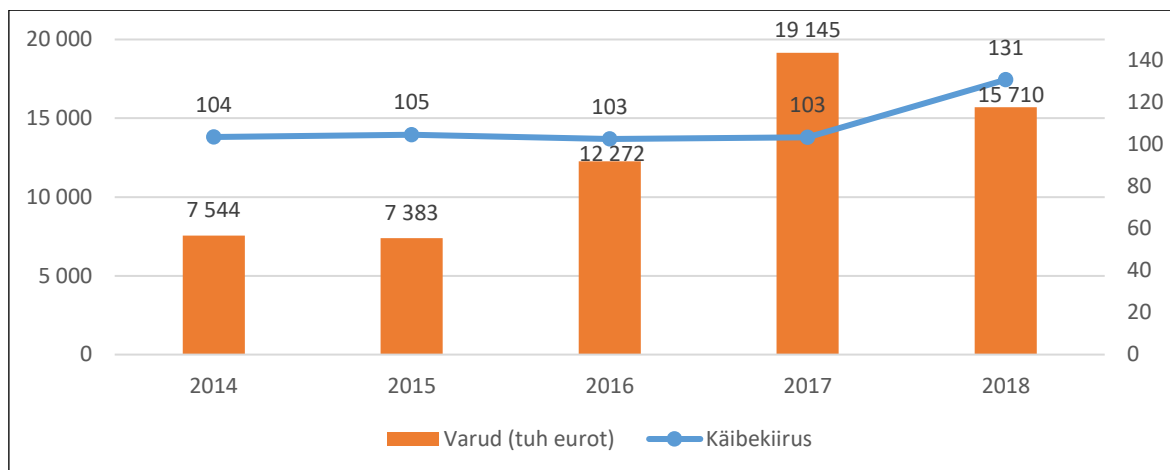


Joonis 2.7 Eolane Tallinn AS-i OTIF (soovitud ja kinnitatud) 2019. aastal
Allikas: Autori koostatud (ERP andmed) alusel

Lisaks mõõdetakse varude käibekiirust (DOS, *Days of Supply*):

$$Laovarude\ käibekiirus = \frac{Laovarud}{(Eelmise\ 3\ kuu\ COGS + järgneva\ 3\ kuu\ COGS)} \times 182 \quad (2.3)$$

Laovarude käibekiiruse arvutamisel lähtutakse viimase kolme kuu keskmisest müüdud toodete kulust ja järgmise kolme kuu jooksul müüdavate toodete kulust. (Ettevõtte sisedokumentatsioon, 2019) Varude käibekiirus sõltub suuresti sellest, milline on kliendi tooteportfell ning kas ta kuulub *high mix - low volume* või *low mix - high volume* gruppi. Samuti erinevad käibekiirused valdkonniti – autotööstusel on käibekiirus suurem, tööstusel ja telekommunikatsioonil väiksem.



Joonis 2.8 Varude tase ning käibekiirus aastatel 2014 – 2018

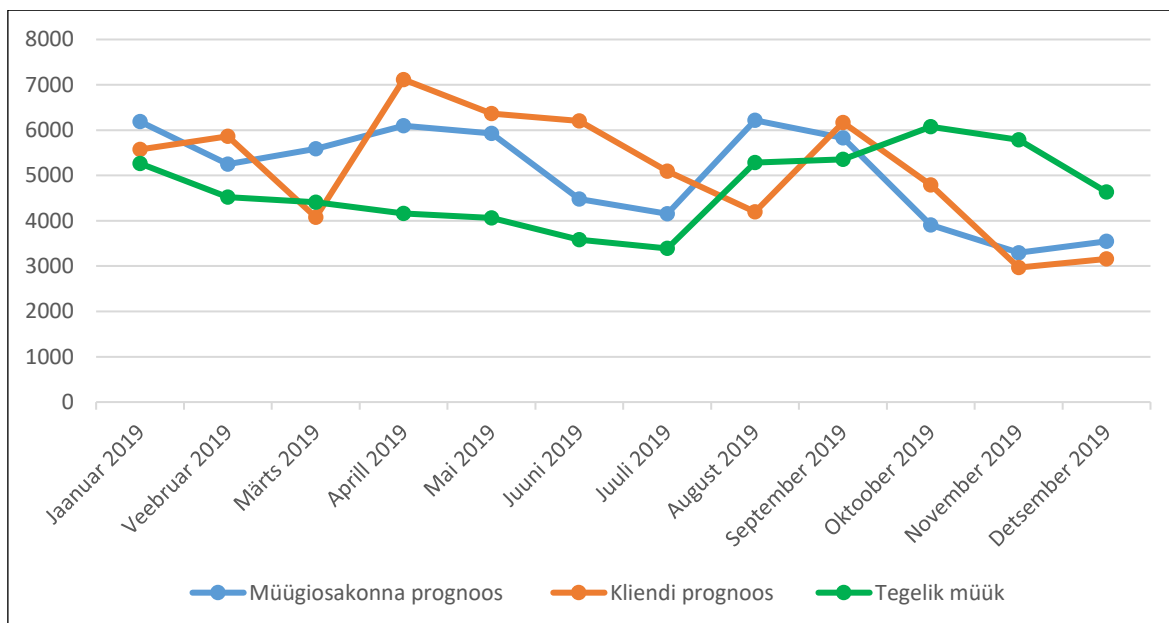
Allikas: koostatud autori poolt (ettevõtte majandusaasta aruannete 2015, 2016, 2017, 2018) alusel

Ettevõtte laovarud on kõrged ning varude käibekiirus on üle 100 päeva, ehkki eesmärgiks on seatud 60 päeva. Kasvanud laovarud on üleprognoosimise esmaseks ja tõsiseimaks tagajärjeks. Liialt suur realiseerimata jäänud prognoos ja kõrged laovarud nõuavad lisategevusi nii müügimeeskonnalt kui kliendinõudluspetsialistidelt – vajalik on leida ressursi liigsete laovarudega tegelemiseks, selmet keskenduda äri edendamisele ja kliendisuhete üldisele tugevdamisele. (Äriarendusjuht 2019)

Tehase tootmisefektiivsus on madal, sest ettevõtte on nõudluseprognoosist lähtudes planeerinud tööjõu- ning masinressursse. Ebatäpse prognoosi tõttu peab ettevõtte arvestama võimalike tööjõukuludega ajal, mil tootmistööline tegelikult tööd ei teinud.

Suur erinevus ettevõtte müügiprognoosi ja kliendi nõudluseprognoosi vahel. Müügiosakond uuendab igakuiselt müügiprognoosi, mille aluseks on ühest küljest SAP-is olev kliendi nõudluseprognoos ning teisalt müügispetsialistide enda kogemus. Tihtipeale on erinevus kliendi prognoosi ning ettevõtte müügiprognoosi vahel küllaltki suur, ulatudes 15-30%-ni.

Nõudluse prognoosi täpsust ei mõõdeta. Intervjuude käigus selgus, et kliendi nõudluseprognoosi täpsust ei mõõdeta, sest selleks puuduvad tööriistad. Võib arvata, et prognoosi täpsus on klientide lõikes erinev, kuid tegemist on subjektiivse hinnanguga. (Kliendinõudlusjuht 2019)



Joonis 2.9 Eolane Tallinn AS-i müügiosakonna ja kliendi nõudluseprognoos võrrelduna tegeliku müügiga 2019. aastal (tuh eurot)

Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Tagasiside andmine kliendile on puudulik. Kliendiga ei toimu piisavalt struktureeritud informatsiooni jagamist. Infovahetus on juhuslik ning puuduvad regulaarsed koosolekud, kus arutletaks prognoosi ning tulemuste üle.

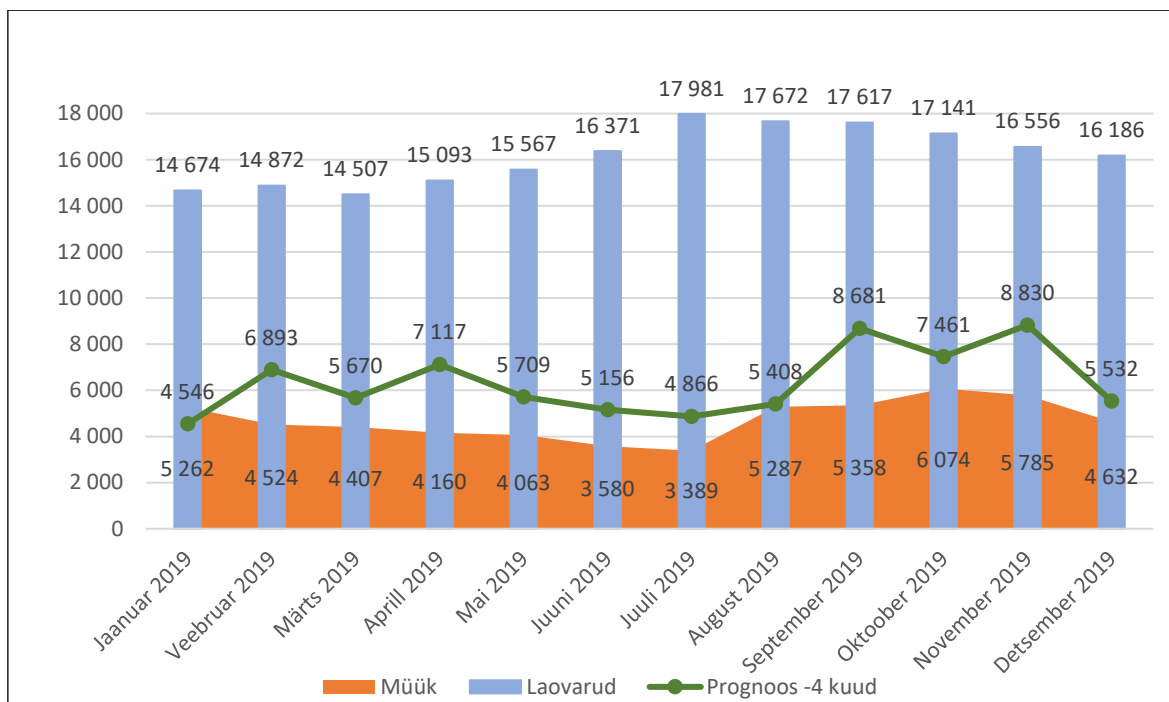
Ettevõttes puudub n-õ planeerimiskalender või protsess, mis annaks täpse ülevaate, milline näeb välja ettevõtte igakuine tsükkel tegevuste osas, mis puudutab nii kliendinõudluse juhtimist, planeerimist kui ostuprotsessi. Protsesside ja tegevuste jada peaks olema fikseeritud sel määral, et see oleks arusaadav kõigile ning pakuks raamistikku ettevõtte igapäevaste tegevuste jaoks. (Tarneahelajuht 2019)

Ettevõttesisene infovahetus on ebaefektiivne. Puuduvad ühtsed raportid, mida saaksid kasutada erinevad osakonnad – müügiosakond, finantsosakond, tarneahelaosakond. Samuti ei toimu regulaarseid koosolekuid ostu-, planeerimis-, kliendinõudlus- ja müügiosakondade vahel.

Kliendinõudlus ja selle realiseerumise kontrollimine jääb n-õ “halli tsooni”. Kliendi nõudluseprognoos on seotud müügiprognoosi ja varude planeerimisega, mis on suuresti seotud rahavoogudega ja seetõttu peaks olema kliendijuhi vastutusalas. Nõudluseprognoos iseenesest pole operatiivse taseme info ja klienditeenindus selle eest vastutama ei peaks. (Tarneahelajuht 2019)

Kokkuvõtvalt seisab ettevõtte silmitsi olukorraga, kus kliendi üleprognoosimise tagajärjel on laovarud liiga kõrged ning avaldavad negatiivset mõju ettevõtte likviidsusele. Seega on tekkinud

alternatiivkulu tingitud kliendi ebatäpsest prognoosist, mille riski kannab ettevõtte kui tarnija. Joonis 2.10 illustreerib 2019. aasta kliendi nõudluseprognoosi ja müügitulu erinevust. Jooniselt on selgelt näha, et kõrgem prognoos on tinginud laovarude kasvu. Piitsaplaksu efekt antud tööstussektoris on eriti tuntav – iga ahel lisab oma nõudlusesse lisapuhvrikogused ning sellest tulenevalt hakkavadki varud kuhjuma.



Joonis 2.10 Eolane Tallinn AS-i müügitulu, laovarud ja kliendi nõudluseprognoos (-4 kuud)
Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Selleks, et parandada prognoosimist ja koostööd kliendiga, peab ettevõtte esmalt endale selgeks tegema, milline on kliendi prognoosimise protsess ning kui täpne on kliendi prognoos. Seejärel tuleb see kommukeerida kliendile ja üheskoos otsustada, kuidas oleks võimalik prognoosi täpsust parandada. Oluline on eelkõige see, et antaks tagasisidet mineviku, oleviku ja tuleviku kohta ning oleks olemas nähtavus läbi kogu tarneahela. (Tarneahelajuht 2019)

2.3 Uurimisülesanded

Tellimustootmisega tegeleva ettevõtte ei prognoosi ettevõtte ise nõudlust, vaid kasutab kliendi poolt saadud ennustust. Elektroonikatööstusele omaselt on nõudlus küllatki kõikuv ning praktika näitab, enamasti prognoosib klient rohkem kui realiseerub. Seetõttu on ettevõtte jõudnud olukorda, kus laovarud on väga kõrged ning materjali aegumise ning iganemise risk on väga suur. Harvemal

juhul on klient ennustanud tegelikkusest vähem ning see on viinud tarneaukudeni ja kliendi-teenindustaseme languseni. Olukorra muutmiseks soovib ettevõtte parandada nõudluse prognoosimise täpsust ning samuti kaasata kliente, et parandada kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsessi.

Ettevõtte tootmiseks vajalike materjalide ostmine ning planeerimine toimub kliendiennustuse alusel, mis üldiselt katab järgnevat 12 kuud. Sellise horisondiga prognoos on vajalik selleks, et ühelt poolt planeerida ressursse – masin- ja tööjõudu, ning teisalt tellida komponente, kuna elektroonikakomponentide keskmine tarneaeg on 4-6 kuud, kuid võib ulatuda ka rohkem kui aastani. Paraku muutub nõudlus tellimisperioodi jooksul mitmeid kordi ning seetõttu peab ettevõtte panustama palju ressursse sellele, et kõik materjalid õigeaegselt kohale jõuaksid.

Seega seisneb **uurimisprobleem** ebatäpses nõudluse prognoosimises, mille tagajärjel on ettevõtte laovarud liiga kõrged. Uurimistöö **eesmärk** on leida sobivaim nõudluse prognoosimeetod, mida oleks võimalik rakendada juurutamisel oleva ärianalüütika tarkvaras laovarude optimeerimiseks.

Käesolevas magistris töös vaatluse all oleva aktsiaseltsi Eolane Tallinn AS-i kohta varasemad uurimistööd seni praktiliselt puuduvad.

Tabel 2.3 Ülevaade varasematest Eolane Tallinn AS-ga seotud uurimistöödest

Autor	Aasta	Uurimustöö pealkiri	Õppeasutus
Marko Kostap	2019	Tarneahela koostöövormide rakendamine ettevõttes Eolane Tallinn AS	Tallinna Tehnikaülikool
Andreas Sørås	2015	Problems of lean thinking implementation in sales and marketing functions, example of the electronics industry	Tallinna Tehnikaülikool
Viktoria Zahharova	2014	Tulevikustrateegia toetamisele suunatud kompetentside juhtimine Eolane Tallinn AS-s	Estonian Business School

Allikas: koostatud autori poolt

2019. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistris töö eesmärgiks oli optimeerida ettevõtte materjalivarude omamise kogukulu tehes tarnijatega strateegilist koostööd hankimisel ja materjalivarude juhtimisel. Autor tuvastas neli tarneahela koostöövormi, et optimeerida materjalivarude omamise kogukulu. Muuhulgas on ettepanekute hulgas rõhutatud vajadust teha kliendiga tihedamat koostööd nõudluse juhtimisel ja prognoosimisel. (Kostap 2019)

2015. aastal samuti Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud bakalaureusetöö uuris *lean* mõtlemise rakendamise võimalusi müügi- ja turundusvaldkonnas. Töös on rõhutatud EMS ettevõtte vajadust paindlikkusele, mida *lean* mõtlemine võib mõnevõrra vähendada. Samuti on analüüsitud nii sisemise kui välise kommunikatsiooni olulisust.

2014. aastal Estonian Business Schoolis kaitstud magistritöös oli vaatluse all Eolane Tallinn AS kompetentside juhtimist hõlmavad probleemid, küsimused ja arengusuunad, mis on fokuseeritud pikaajaliste strateegiate eesmärkide saavutamise toetamiseks. Uurimistulemuste põhjal tehti kuus järeltulekut Eolane Tallinn AS-i tulevikustrateegia kompetentside juhtimise süsteemist, mille alusel määrati edasiarendamise põhisuunad.

Varasemalt pole Eolane Tallinn AS-i näitel uuritava teemal analoogseid uurimistöid tehtud.

Lisaks seatud eesmärgile on autor püstitanud neli uurimisküsimust ja nende lahendamiseks tarvilikud uurimisülesanded. Uurimisküsimused ja -ülesanded on esitatud tabelis 2.4.

Tabel 2.4 Uurimisküsimused ja -ülesanded

Nr	Uurimisküsimus	Uurimisülesanne
1	Millise prognoosimeetodi rakendamine võimaldaks parandada kliendi prognoose?	Sobivaima prognoosimudeli tuvastamine
2	Milliseid moodsuseid tuleks kasutada kliendi nõudluse prognoosimise täpsuse mõõtmisel?	Sobivate moodsuste tuvastamine ja kinnitamine
3	Kuidas peaks toimima nõudluse prognoosimise protsess ettevõttesiseselt?	Protsessi kaardistamine edaspidiseks rakendamiseks
4	Milline peaks olema koostöö kliendiga nõudluse prognoosimisel?	Protsessi kaardistamine ja juhtimislaua loomine edaspidiseks rakendamiseks

Allikas: koostatud autori poolt

Töö tulem võib olla heaks sisendiks éolane'i kontserni kuuluvatele üksustele üle maailma, kuid kindlasti ka teistele tellimustootmisega tegelevatele ettevõtetele, kes soovivad parandada prognoosimist tingimustes, kus nõudlus on volatiilne ning tellimustootjana kasutatakse kliendi nõudluseprognoose.

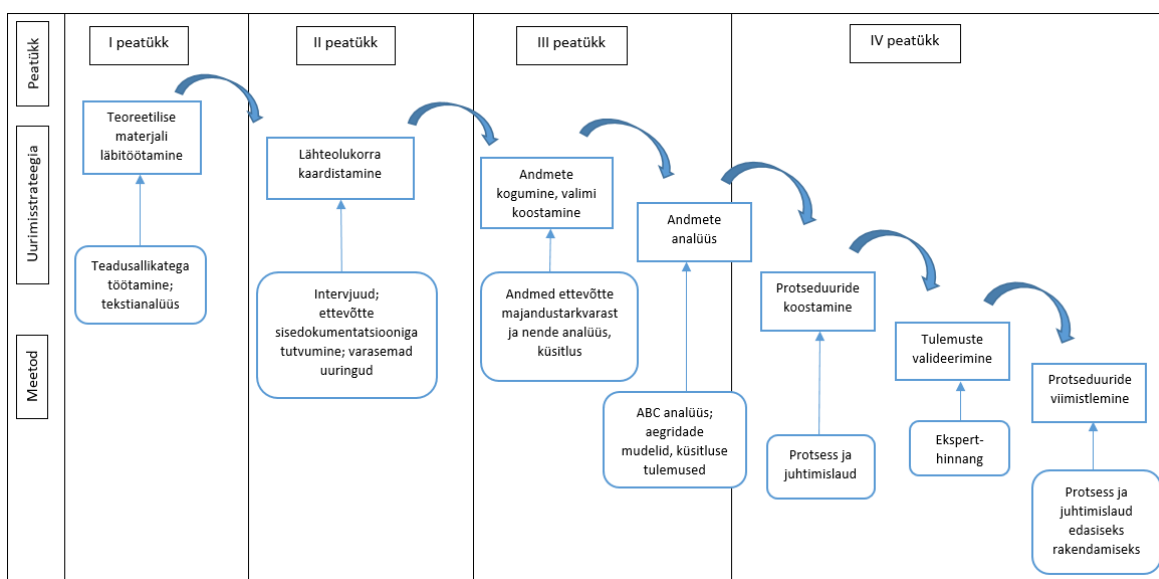
Täpsem uurimisstrateegia ja selle elemendid on kirjeldatud peatükis 3.1.

3. METOODIKA

3.1 Uurimisstrateegia

Käesolevas töös on autor valinud kasutatavaks uurimisstrateegiaks juhtumiuuringu, mille objektiks on elektroonika tellimustootmisteenus pakkuv Eolane Tallinn AS. Juhtumiuuringu näol on tegemist mitmekülgse kvalitatiivse uurimismeetodiga, mis sobib kompleksse teema terviklikuks uurimiseks konkreetses kontekstis. Sobiva meetodi valikul tuleks lähtuda uurimisküsimustest; mida rohkem nõuavad küsimused mõne konkreetse nähtuse põhjalikku uurimist, seda sobivam on kasutada juhtumiuuringut. Juhtumiuuringule on iseloomulik, et uurimuse ülesehitusel, andmete kogumisel ja analüüsis tuginetakse varasemale teoreetilisele käsitlusele ja erinevatele allikatele. (Yin 2018)

Autor koostas tegevuskava probleemi ja uurimisülesannete lahendamiseks ning eesmärgi saavutamiseks. Joonisel 3.1 on kaardistatud tegevused koos kasutatavate meetodite ning neid käsitletavate peatükkidega.



Joonis 3.1 Tegevuskava
Allikas: koostatud autori poolt

Antud töös on kasutatud nii kvalitatiivseid kui kvantitatiivseid meetodeid ning nii primaarseid kui sekundaarseid andmeid. Kvalitatiivsete meetoditena on kasutatud poolstruktureeritud intervjuusid võtmeisikutega vaatluse all olevas ettevõttes. Intervjuud viidi läbi töötajatega, kes puutuvad oma töös otseselt kokku kliendiga. Eesmärgiks oli kaardistada ettevõtte olukord nii tarneahelaosakonnast kui müügisakonnast lähtuvalt. Intervjuude tulemusel kogutud primaarsete andmete abil sõnastas

autor probleemi, uurimisküsimused ja nende lahendamiseks vajalikud uurimisülesanded. Tabelis 3.1 on toodud intervjuude kokkuvõte.

Tabel 3.1 Läbiviidud intervjuude ülevaade

Intervjueeritav	Läbiviimise aeg	Kestus	Sisu
Tarneahelajuht	September 2019	1h	Probleemid ja väljakutsed kliendinõudluse juhtimisel ning ebatäpse prognoosimise tagajärjed
Kliendinõudlusjuht	September 2019	1h	Hetkel kasutatava kliendi nõudluse prognoosimise protsessi kaardistus
Äriarendusjuht	September 2019	1h	Müügiprognooside ja kliendinõudluse erinevused

Allikas: koostatud autori poolt

Samuti viis autor läbi küsitluse klientide seas, et saada aru, mille alusel ja kuidas prognoosivad nõudlust ettevõtte kliendid, kuidas nad hindavad oma prognooside täpsust ning mil määral oleksid nad valmis tegema ettevõttega koostööd nõudluse prognoosimisel.

Küsitlus on uurimisstrateegia, mis võib sisaldada erinevaid meetodeid andmete kogumiseks. Antud juhul kasutas autor elektroonilist küsimustikku. Küsimustik on küsitluse teel andmete kogumiseks koostatud struktureeritud küsimuste kogum.

Küsimustiku koostamisel on arvesse võetud Dillmani soovitusi küsimuste sõnastamisel ja valikvastuste pakkumisel. (Dillman 2011) Autor otsustas kasutada SurveyMonkey (www.surveymonkey.com) tasuta keskkonda, mis pakub erinevaid tulemuste analüüsimisvõimalusi. Küsimused töötati välja teoreetilise kirjanduse põhjal, kuid eelkõige võeti arvesse intervjuude käigus üles kerkinud küsimusi ja ebakohti ettevõtte klientide prognoosimise osas. Küsimused olid eelnevalt valideeritud ka ettevõttesisese eksperdiga. Küsitlusel oli neli teemadeplokki, mis oli üles ehitatud järgnevalt:

- Küsimused 1-8: nõudluse prognoosimise protsess;
- Küsimused 9-14: nõudluseprognoosi täpsuse hindamine;
- Küsimused 15-18: prognoosimiseks kasutatavad meetodid ja tööriistad;
- Küsimused 19-21: koostöö nõudluse prognoosimisel.

Küsitlus täies mahus on välja toodud lisa 1. Küsitlus on loodud ingliskeelsena põhjusel, et praktiliselt kõik ettevõtte kliendid on välisettevõtted.

Küsitluse link saadeti 13 kontaktisikule. Neist kümme vastasid täielikult või osaliselt. Kolm klienti keeldusid küsitlusele vastamast, kuna nende ettevõtte poliitika ei luba küsitlustele vastata.

Lisaks kvalitatiivsetele meetoditele kasutas autor ka kvantitatiivseid meetodeid, milleks olid ABC-XYZ analüüs valimi koostamiseks ja aegridade mudelid nõudluse prognoosimiseks.

Sekundaarsete andmetena kasutati ettevõttesisesid ajaloolisi andmeid, mis pärinevad ettevõtte majandustarkvarast SAP, samuti majandusaasta aruandeid ning sisedokumentatsiooni.

Tulemuste valideerimiseks kavatseb autor kasutada eksperthinnangut. Kaasatud on nii ettevõttesisene kui ettevõtteväline ekspert. Eksperthinnangu näol on tegemist hinnangute kogumisega vastava ala spetsialistidelt, millele järgneb hinnangute töötlus ja üldistus. Eksperthinnangute järel kohandatakse nii loodud kliendinõudluse prognoosi käsitlemise protsessi kui juhtimislauda.

3.2 Tooteartiklite valim

Käesoleva uurimistöö valim põhineb ettevõttes Eolane Tallinn AS toodetavate artiklite ajaloolistel andmetel vahemikus 01.01.2017–31.10.2019. Andmed pärinevad ettevõtte majandustarkvarast SAP. Valimi moodustamiseks on autor eelselekteerinud aktiivsed tooted antud ajavahemikus ning seejärel teostanud materjalikäibe ja tootmissageduse põhjal ABC-XYZ analüüsi.

Klassikalise Pareto printsiibi järgi moodustab 20% varudest 80% tuludest. Mainitud printsiip on ka varude juhtimises kategoriseerimise aluseks, mis jaotab vaadeldava subjekti A, B ja C rühmadesse. A rühma tooted on ettevõtte jaoks väga olulised tooted, mille jooksvat laoseisu jälgitakse pidevalt ning toodetakse üldjuhul väikeste ja sagedaste partiidena. C rühma tooted on vastupidiselt ebaolulisemad ning nõuavad vähem tähelepanu. Üldjuhul annavad Pareto printsiibi järgi 20% varudest 80% väärtust, 30% varudest 15% väärtust ja 50% toodetest 5% väärtust. (Pandya *et al* 2016)

Käesoleva töö raames teostati klassikaline 80% - 15% - 5% jaotusega ABC-XYZ analüüs vastavalt uuritud perioodi müügitulule. Tuvastati 1415 toodet, millest valimisse võeti 12 A grupi tooteartiklit.

ABC analüüsi kõrval on varude või toodete kontrolli meetodina kasutusel lisaks XYZ analüüs. XYZ analüüsi eesmärgiks on hinnata tooteartiklite kasutussageduse või nõudluse varieeruvust ning nõudluse prognoositavust.

XYZ analüüsi peamiseks karakteristikuks on variatsioonikordaja, mis leitakse järgmise valemiga:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (3.1)$$

kus CV – variatsioonikordaja,

σ – standardhälve,

\bar{x} – keskmine müügikogus perioodis.

Leitud variatsioonikordaja alusel rühmitatakse artiklid kolme rühma:

- X rühm – variatsioonikordaja $<0,5$,
- Y rühm – variatsioonikordaja $0,5 - 1$,
- Z rühm – variatsioonikordaja >1 .

Uuringud näitavad, et erinevate rühmade toodetele või tootegruppidele sobivad erinevate prognoosimeetodite rakendamine. Samas pole reaalne, et ekspert või prognoosija suudaks analüüsida kõiki tooteid eraldi. (Petropoulos 2018) Seetõttu on põhjendatud ABC-XYZ analüüsi kasutamine.

Prognoositavus	Kõrge	AX	BX	CX
		AY	BY	CY
	Madal	AZ	BZ	CZ
		Kõrge		Madal
		Olulisus		

Joonis 3.2 ABC-XYZ analüüs

Allikas: (Ord *et al* 2017)

XYZ analüüsi rühmi iseloomustavad järgmised tunnused:

- Rühm X: artiklite nõudlus on püsiv ja nende vajadust on suhteliselt kerge prognoosida;
- Rühm Y: artiklite nõudlus on varieeruv, nõudluse prognoosimine on keerulisem ja prognoosis võib esineda ebatäpsusi;

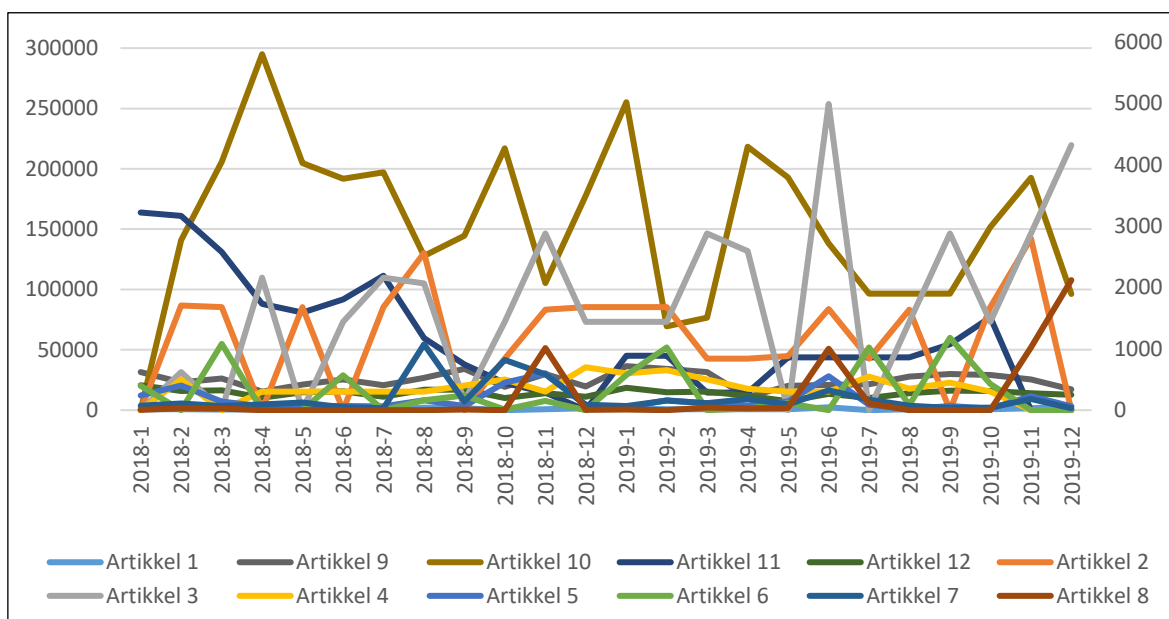
- Rühm Z: artiklite nõudlus on väga ebaühtlane ja juhuslik. Prognoosimine on keeruline ning enamasti on prognoosid ebatäpsed.

Prognoosimisel peaks tähelepanu pöörama eelkõige AZ rühma kuuluvatele toodetele. (Petropoulos 2018)

3.3 Nõudluse prognoosimeetodid

Nõudluse prognoosimeetodi valiku tingib suuresti tooteartiklite olemus, prognoositava perioodi pikkus ning nõudluse volatiilsus. Tuleb arvestada, et juhul kui nõudlus on vahelduv ning mõnel perioodil hoopiski puudub, siis ei pruugi sobida meetodid, mis stabiilse nõudluse puhul annaksid parima tulemuse.

Järgnev joondiagramm annab ülevaate valimisse kuuluvate tooteartiklite tegelikust nõudlusest 2018.–2019. aastal.



Joonis 3.3 Valimi moodustanud tooteartiklite tegelik nõudlus 2018.–2019. aastal

Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Üldiselt esineb elektroonikatööstuses sesoonsus tarbeelektronika tootmise puhul. Kuna Eolane Tallinn AS on spetsialiseerunud eriotstarbeliste kommunikatsiooniseadmete ja sidevõrgusüsteemide tarvis moodulite tootmisele, siis antud valdkonnas sesoonsust ei esine.

Autor kontrollis valitud tooteartiklite puhul trendi olemasolu aegridades. Trendiks nimetatakse suuruse väärtuses pikema aja jooksul ilmnevat tendentsi. (Sauga 2017) Trendi hindamiseks

kasutatakse determinatsioonikordajat R^2 . Mida lähemal on determinatsioonikordaja ühele, seda tugevam on trend. Valimisse kuuluvate tooteartiklite puhul trend praktiliselt puudus. Leitud determinatsioonikordaja on tooteartiklite lõikes välja toodud lisas 2.

Selliseid suurusi, mille aegread ei sisalda kindlaid trende, nimetatakse statsionaarseteks suurusteks. (*Ibid*) Statsionaarsete aegridade puhul soovitatakse kasutada: (Hanke *et al* 2009)

- naiivset meetodit;
- lihtsa libiseva keskmise meetodit;
- kaalutud aritmeetilise keskmise meetodit;
- eksponentsiaalset silumist.

Kuna valimisse kuuluvate artiklite puhul esineb ka nõudluse nullperioode, siis on sobilik lisaks kasutada Crostoni ja SBA (*Syntetos Boylan Approximation*) meetodeid.

Lihtsa libiseva keskmise meetodi puhul võetakse prognoosimisel aluseks viimase n perioodi tegeliku nõudluse keskmisi väärtusi aegridades prognoosina tulevaseks perioodiks. Iga järgmise arväärtuse leidmisel nihkutakse edasi, nii et keskmise arvutamisel hõlmatakse üks uus element ja jäetakse välja kõige varasem element. Valemi üldkuju näeb välja järgmine: (Sauga 2017)

$$F_t = \frac{x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-n}}{n} \quad (3.2)$$

kus F_t – prognoositav tegeliku nõudluse väärtus,

$x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-n}$ – perioodide $t - 1, \dots, t - n$ nõudluse väärtused,

n – perioodide arv.

Lisaks lihtsa libiseva keskmise meetodile on võimalik eristada ka **kaalutud aritmeetilise keskmise meetodit**, kus igale väärtusele andmekogumis antakse erinev kaal w . Arvutatud kaalutud aritmeetilise keskmist kasutatakse tulevase perioodi prognoosina: (Sauga 2017)

$$F_{t+1} = \frac{w_1 x_t + w_2 x_{t-1} + \dots + w_n x_{t-n+1}}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (3.3)$$

kus F_{t+1} – prognoositav tegelik nõudlus,

w_1, w_2, w_n – kaalud,

X_t, X_{t-1}, X_{t-n+1} – perioodide $t, t - 1, t - n + 1$ tegeliku nõudluse väärtused.

Enamasti omistatakse uuritavale ajamomendile t lähemal olevatele väärtustele suurem kaal ning kaugemal olevatele väärtustele väiksem kaal: (*Ibid*)

$$w_1 > w_2 > \dots > w_n$$

Lihtsa eksponentsiaalse silumise meetod kasutab prognoosimise aluseks mineviku andmete kaalutud aritmeetilise keskmise väärtusi. Eksponentsiaalse silumise korral omistatakse sarnaselt kaalutud aritmeetilise keskmise meetodist kaugemal olevatele väärtustele väiksemad kaalud, kuid need vähenevad eksponentsiaalselt. Mineviku andmete tähtsuse hindamiseks kasutatakse silumiskonstanti α . Suuremate α väärtuste korral on silumise efekt väiksem; kui $\alpha = 1$, siis $F_{t+1} = X_t$ ning silumist ei toimu. Väiksema α korral on silumise efekt suurem. (Saugu 2017) Selle meetodi valem on järgmine: (Syntetos *et al* 2015)

$$F_{t+1} = X_t \alpha + (1 - \alpha) F_t \quad (3.4)$$

kus F_{t+1} – järgmise perioodi prognoos

F_t – eelmise perioodi prognoos

α – silumiskonstant

X_t – eelmise perioodi tegelik nõudlus

Nullnõudlusega perioodide esinemisel muutuvad traditsioonilised prognoosimise meetodid nagu eksponentsiaalne silumine või libisev keskmine ebasobivaks. Nimetatud meetodid ignoreerivad tõika, et vahelduva nõudluse mustrid baseeruvad kahel elemendil: nõudluse suurusel ning nõudluse tõenäosusel. (Syntetos *et al* 2011) Seetõttu kasutatakse nullnõudlusega toodete prognoosimisel Crostoni meetodit ja SBA meetodit.

Crostoni meetodit kasutatakse laialdaselt vahelduva nõudlusega toodete prognoosimisel. Antud meetodit rakendatakse muuhulgas majandustarkvaras SAP, aga ka erinevates prognoosimiseks loodud tarkvarades. (Syntetos *et al* 2005) Crostoni meetodi puhul on seeriad lahutatud eraldiseivateks elementideks, eraldades ühelt poolt eeldatava nõudluse suuruse ning teiselt poolt nõudluse intervalli (juhul kui nõudlus on olemas). Tuleb aga arvesse võtta, et Crostoni meetodil on kaks arvestatavat kitsaskohta. Esiteks on meetod positiivselt kallutatud, mis võib tähendada keskmisest suuremat üleprognoosimist. (Syntetos *et al* 2001) Teiseks puuduseks on asjaolu, et ennustust uuendatakse vaid pärast positiivse nõudlusega perioodi. Seetõttu pole meetod sobiv pärast mitmeid nullnõudlusega perioode. (Syntetos *et al* 2011)

Kui vaadeldaval perioodil t nõudlus puudub, siis \hat{p}_t ja \hat{z}_t jäävad samaks. Nõudluse olemasolul on $z_t > 0$, ning kalkulatsioon uuendatakse vastavalt:

$$\hat{z}_t = \alpha z_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1}$$

$$\hat{p}_t = \alpha p_t + (1 - \alpha)\hat{p}_{t-1}$$

kus p_t – aeg järjestikuste tehingute vahel,

z_t – individuaalsete tehingute ulatus,

α – silumiskonstant.

Seega on Crostoni meetodi nõudluse prognoosi valem järgmine: (Syntetos *et al* 2015)

$$F_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{p}_t} \quad (3.5)$$

Tasub märkida, et juhul kui nõudlus esineb igal perioodil, siis Crostoni meetodiga saavutatav tulemus on sama võrreldes lihtsa eksponentsiaalse silumise meetodiga. Seega saab antud meetodit kasutada nii vahelduva kui mittevahelduva nõudluse puhul. (*Ibid*)

Syntetos ja Boylan tõestasid, et Crostoni mudeli prognoos on kallutatud, mistõttu pakkusid välja oma **SBA meetodi** (*Syntetos-Boylan Approximation*), mis ei ole kallutatud: (Teunter *et al* 2009)

$$F_t = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{\hat{z}_t}{\hat{p}_t} \quad (3.6)$$

Syntetos ja Boylan lisasid valemisse teguri, mis peaks kallutatust vähendama. Siiski on empiirilised uurimused näidanud, et ka see valemi edasiarendus ei suuda oluliselt vähendada tekkivat prognoosiviga.

3.4 Prognoosi täpsuse mõõtmine

Prognoosi täpsuse mõõtmine annab võimaluse võrrelda erinevate prognoosimeetodite sobivust konkreetsele tootele või tootegrupile. Üks levinumaid prognoosi täpsuse hindamise näitajaid on keskmine absoluutne suhteline viga MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), mis näitab, kui suur on prognoosiviga võrreldes tegelike väärtustega aegreas protsentides. MAPE valem on alljärgnev (Sauga 2017):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n 100 \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \quad (3.7)$$

kus y_t – tegelik väärtus perioodil t ,

\hat{y}_t – prognoositud väärtus perioodiks t ,

$y_t - \hat{y}_t$ – prognoosi viga perioodil t ,

n – vaadeldavate perioodide arv.

Samas ei saa MAPE-t kasutades mõõta protsentuaalset viga juhtudel, kus nõudlus periooditi puudub.

Prognoosiviga võib hinnata ka keskmise absoluutse vea MAE (*Mean Absolute Error*) abil: (*Ibid*)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{Y}_t| \quad (3.8)$$

MPE (*Mean Percentage Error*) ehk keskmne suhteline viga on sobilik mõõtmaks süstemaatilist kallutatust prognoosides. MPE valem on järgmine: (Petropoulos 2018)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{Y_t} \quad (3.9)$$

Üsna sageli kasutatakse keskmist ruutviga MSE (*Mean Square Error*), kuid võimalusel soovitatakse kasutada juuritud keskmist ruutviga. (Ord *et al* 2017) Keskmise ruutvea valem on järgmine:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (3.10)$$

Kuna keskmise ruutvea ühikuks on analüüsitava tunnuse ühiku ruut, siis tihti leitakse ruutjuur keskmisest ruutveast, mida nimetatakse juuritud keskmiseks ruutveaks või ruutkeskmiseks veaks RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE valem on järgmine: (Sauga 2017)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (3.11)$$

Kui MAPE-t kritiseeritakse põhjusel, et see on kasutatav ainult juhul, kui reaalne nõudlus on positiivne, siis keskmist skaleeritud absoluutset viga MASE (*Mean Absolute Scaled Error*) peetakse sobivamaks alternatiiviks. MASE näitab MAE ehk keskmise absoluutse vea ja tegeliku nõudluse suhet. MASE valem on järgmine: (Hill *et al* 2015)

$$MASE = \frac{\sum_{t=2}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{\sum_{t=2}^n |Y_t - Y_{t-1}|} \quad (3.12)$$

MPE, MAPE ja MASE puhul on nullile lähenevad väärtused paremad. (Petropoulos 2018). Kui MPE väärtus võib olla ka negatiivne, siis MAPE ja MASE on alati positiivsed.

Theili 1966. aastal avaldatud U -d kasutatakse prognoositavuse mõõtmisel, mille puhul madal U väärtus osutab kõrgele prognoosi täpsusele. Kui U on võrdne ühega või sellest suurem, siis valitud prognoosi meetod pole parem naiivsest prognoosimisest. Theili U arvutamiseks tuleb juuritud keskmise ruutviga RMSE jagada tegeliku nõudluse ruutkeskmise veaga: (Ord *et al* 2017)

$$\text{Theili } U = \sqrt{\frac{\sum_{t=2}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=2}^n (Y_t - Y_{t-1})^2}} \quad (3.13)$$

Theili U on sarnane MASE-le, kuid arvutamisel kasutatakse RMSE asemel MAE-d.

3.5 Juhtimislaud

Juhtimislaudade kasutamise eesmärgiks on visualiseerida andmeid ning seeläbi võimaldada kiiremat arusaamist olukorrast ning otsuste vastuvõtmist. Juhtimislaud lubab kasutajal tuvastada, uurida ja sõnastada kitsaskohti, mis vajaksid korrigeerivaid tegevusi. Seega tuginetakse otsuste tegemisel tihtipeale juhtimislaudadele. Kuna ettevõtetes on andmeid ja informatsiooni järjest enam kasutusel ja saadaval, siis muutub üha olulisemaks nende kogumine ja koostamine. Juhtimislaua mõte on koguda, summeerida ja presenteerida informatsiooni, mis pärinevad erinevatest allikatest nagu näiteks ERP-i ja BI tarkvarast. Seega on juhtimislaud kui “jäämäe tipp”, pakkudes esmast ülevaadet ning vajadusel võimaldades minna sügavamale detailidesse. (Yigitbasioglu *et al* 2012)

Juhtimislaua peamised eesmärgid on: (Pauwels *et al* 2009)

- 1) järjepidevuse säilitamine mõõdikutes ning protsesside hindamises osakondade-ülevalt;
- 2) hetkeolukorra monitoorimine ja hindamine;
- 3) strateegiate planeerimine ja nende sidumine eesmärkidega;
- 4) info edastamine.

Oluline on leida tasakaal esitatava informatsiooni kasutavuse ja hulga osas, vastasel juhul ei teeni juhtimislaud oma eesmärki. Visualiseerimine on tõhus, kui juhtimislaua kasutaja saab maksimumkoguse informatsiooni kätte minimaalse ajaga. Soovitavalt võiks kogu info mahtuda ühele lehele. Samuti on oluline värvide valik visualiseerimisel ning kasutatud diagrammide sobivus. (Yigitbasioglu *et al* 2012) Kuna visuaalsete tööriistade puhul on risk, et kasutajad võivad neist valesti aru saada, siis on oluline, et juhtimislaua disainimise protsess oleks hästi läbi mõeldud ning võimalusel kaasatud erinevaid osapooli. (Vilarinho *et al* 2018)

Juhtimislaua loomisel tuleks lähtuda neljast etapist: (*Ibid*)

- 1) vaadeldava lõigu analüüs – arusaamine hetkeolukorrast, peamiste parendustegevuste tuvastamine ja ettepanekute kogumine juhtimislaua loomiseks;

2) juhtimislauale esitatud nõuete hindamine – millised eesmärgid tuleb juhtimislaua abil täita arvestades esimese tegevuse tulemusi;

3) juhtimislaua paigutuse arendus – muuta soovid tehnilisteks lahendusteks, viimistleda juhtimislaua väljanägemist soovitud tulemusteni;

4) juhtimislaua kasutuselevõtt ja parendamine – testida juhtimislaua disaini ja rakendatavust.

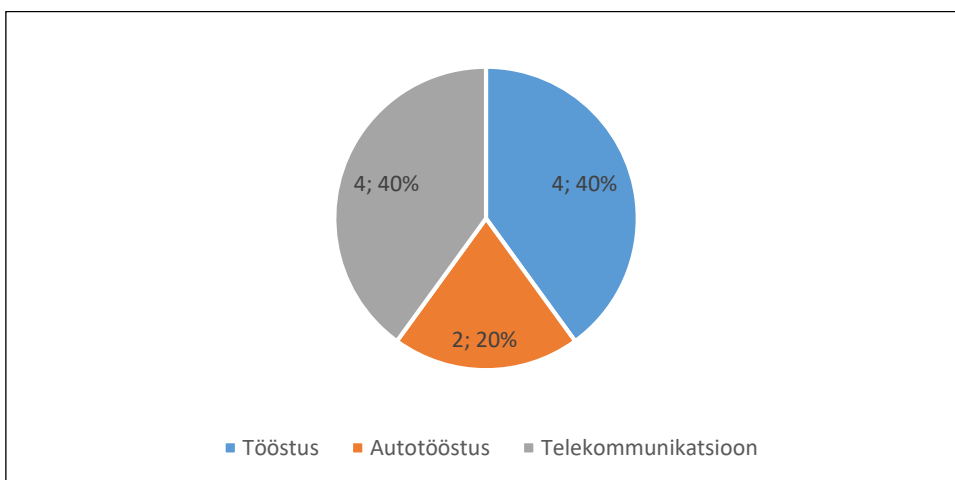
Ettevõtte kavatses loodud juhtimislaua teha automaatseks, mis tähendab seda, et juhtimislaud salvestatakse automaatselt ning saadetakse kord kuus kliendile. Juhtimislaud kavatakse integreerida juurutamisel olevasse ärianalüütika tarkvarasse.

4. ANALÜÜS JA SÜNTEES

4.1 Küsitluse tulemused

Küsitluse tulemusel selgus klientide hinnang nende prognoosimise protsessi ja täpsuse kohta, samuti aitasid vastused mõista, mis on protsessi kitsaskohad ja mil moel oleks võimalik koostööd parandada. Küsitluse tulemused on heaks lähtekohaks ettevõtte edasiste prognoosimisega seotud tegevuste planeerimisel.

Küsitlusele vastanute hulgas olid esindatud kõik segmendid nii autotööstusest, telekommunikatsioonist kui tööstusest (vastavalt 2, 4 ja 4 vastanut). Joonis 4.1 kajastab esindatud valdkondi:



Joonis 4.1 Küsitlusele vastanute tegutsemisvaldkonnad

Allikas: koostatud autori poolt

Klientide prognoosimisprotsessi on kaasatud erinevad osakonnad; enamasti tegelevad prognoosimisega tarneahelaosakond ning müügi- ja turundusosakond (vastavalt 5 ja 5 vastanut). Lisaks täpsustati ühe vastuse puhul, et klient kaasab protsessi projektimeeskonna, kui hankes osalemine ja selle võitmise tõenäosus on jõudnud teatud faasi.

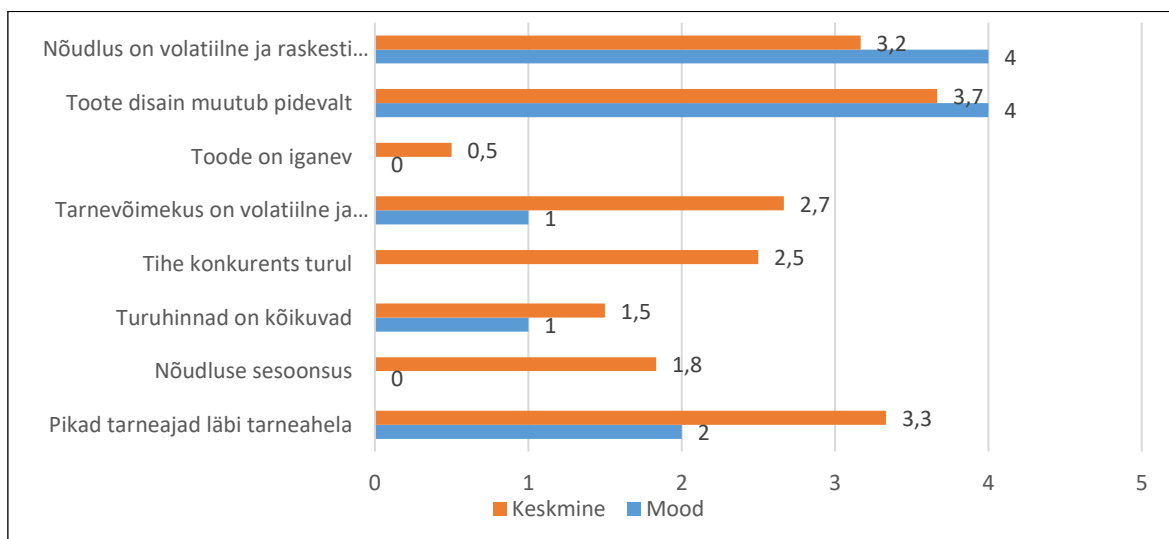
Prognoosiprotsessi eest on üldiselt vastutav tarneahelaosakond (6 vastanut), mõnel juhul ka müügi- ja turundusosakond (3 vastajat) või logistikaosakond (1 vastanu). Üks vastanu täpsustas, et kuna tegemist on suure ettevõttega, siis prognoosid tehakse piirkondlikul tasemel ning konsolideeritakse üheks, mis edastakse tarnijale ehk EMS ettevõttele.

Veel küsiti, mil määral ettevõtte kliendid kaasavad prognoose tehes oma kliente. Seitse vastanut vastas, et kliendid on prognooside tegemisel suurel määral kaasatud, ühel juhul on kliendid kaasatud, kuid pigem vähesel määral ning ühel juhul pole kliendid prognooside tegemisse kaasatud.

Lisaks uuriti, mil viisil kliendid on prognoosimisprotsessi kaasatud ning mis infot nad jagavad. 70% vastanutest kinnitasid, et kliendid edastavad neile prognoose. Ülejäänud vastanutest lisasid, et samuti jagavad kliendid informatsiooni trendide ja tuleviku väljavaadete kohta. Täpsustuseks lisati, et informatsiooni või täpse prognoosi jagamine sõltub sellest, kui hea on koostöö kliendiga ning kui suurt osa ärist jagatakse. Mida suurem on klient, seda tõenäolisem on saada täpset prognoosi.

Mõnevõrra üllatavad olid vastused küsimusele, kas klientide müügiprognoos on võrdne tarnijatele – EMS ettevõtetele – saadetud prognoosidega. Kolmel juhul vastati, et müügiprognoos on võrdne tarnijatele saadetud nõudluseprognoosiga. Kahel juhul vastati, et müügiprognoos on tavaliselt madalam võrreldes tarnijatele saadetud nõudluseprognoosiga. Koguni viiel juhul vastati, et müügiprognoos on isegi kõrgem kui tarnijatele saadetud prognoos.

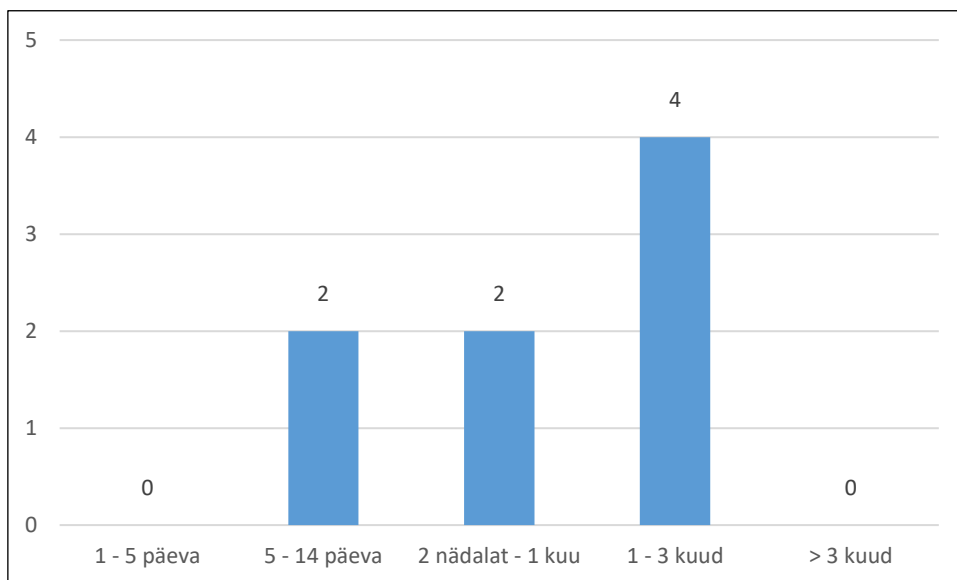
Joonisel 4.2 on toodud välja, millised on klientide müüvikutega¹ seotud peamised probleemid ja väljakutsed. Vastustest selgub, et tooteid iseloomustab pidev disainimuutus (keskmine 3,7 punkti), mistõttu on keeruline tooteid lattu toota või ette tellida. Järgmisena on toodete iseloomulikud pikad tarneajad läbi kogu tarneahela (keskmine 3,3 punkti). Probleemiks on ka nõudluse volatiilsus ja prognoositavus (keskmine 3,2 punkti) ühelt poolt ja tarnevõimekuse volatiilsus teiselt poolt (keskmine 2,7 punkti).



Joonis 4.2 Müüvikutega seotud peamised väljakutsed
Allikas: koostatud autori poolt

¹ Müüvik – minev kaup, hästi müübiv kaup.

Järgmisena uuriti, mis on klienditellimuse keskmine tellimuse täitmise aeg. Poolte vastanute sõnul on keskmine tellimuse täitmise aeg 1 - 3 kuud, kahel juhul on see 5 päeva kuni kaks nädalat ja kahel juhul kaks nädalat kuni üks kuu. Kui arvestada, et kliendi tellimuse täitmise aeg Eolane Tallinn AS-i puhul on keskmiselt kolm kuni neli nädalat, siis lühema tellimuse täitmise aja puhul võiks klient luua endale puhvri laos. Klientide puhul, kus nende tellimuse täitmise aeg on 1-3 kuud, võiks ettevõtte kindlasti läbi rääkida, et fikseerida nõudlus järgnevat üheks või kaheks kuuks.



Joonis 4.3 Keskmine tellimuse täitmise aeg

Allikas: koostatud autori poolt

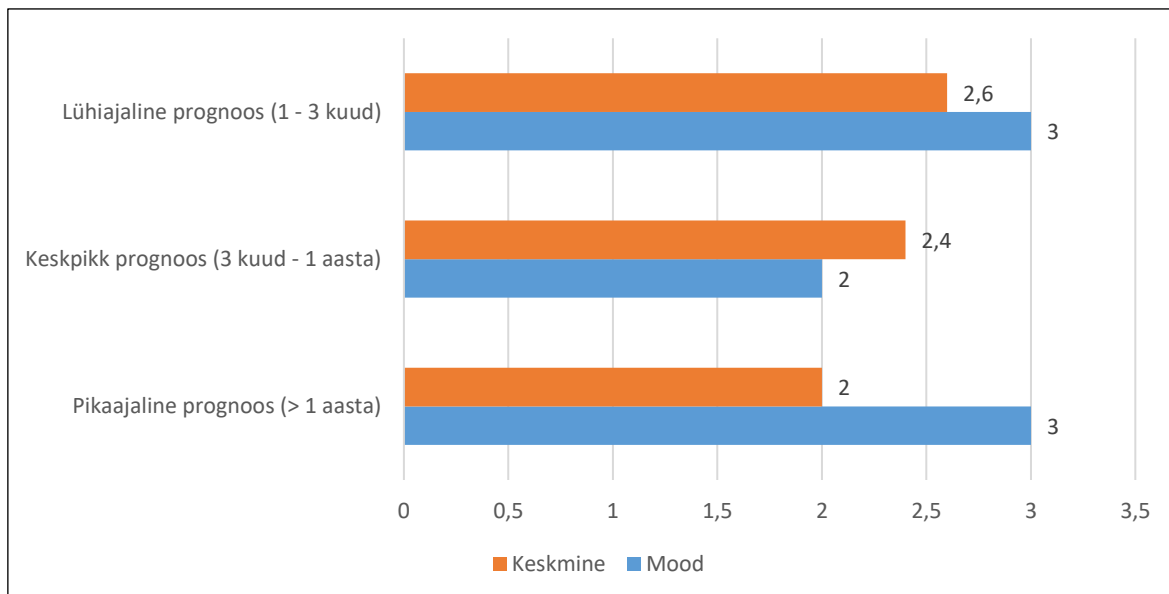
Järgmine teemaplokk puudutas kliendi hinnangut nende prognoosi täpsusele ning prognoosiks kasutatavatele meetoditele.

Kliendid tõdeavad, et nende tänane nõudluse prognoosimise protsess ja tulemus on pigem rahuldavad (5 vastanut) ja vähemal määral head (3 vastanut). Ükski klient ei hinnanud oma prognoosimise protsessi väga heaks või vastupidi, puudulikuks. Tulemus näitab, et tegemist on kitsaskohaga, mida saaks koostöös tarnijaga paremaks muuta.

Küsimusele, kas kliendid mõõdavad oma prognoosi täpsust, vastas 60%, et mõõdetakse ning 40%, et ei mõõdetata. Ligikaudne tulemus oli ka küsimusel, et kas kliendid mõõdavad prognoosi varieerumist. Antud küsimuse puhul jagunesid vastanud samuti kahte leeri: 50% vastas, et mõõdetakse ning 50%, et ei mõõdetata.

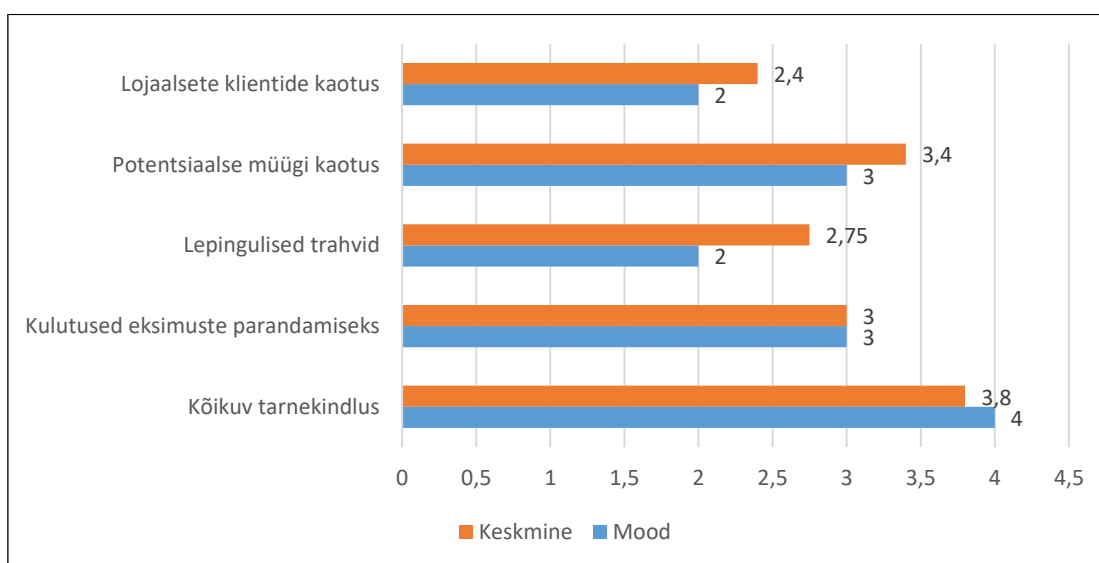
Küsimusele, kuidas kliendid hindavad oma prognoosi täpsust erinevaid perioode silmas pidades nelja palli täpsusega (kehv täpsus – 1 ja kõrge täpsus – 4), siis vastustest nähtub, et prognoosi täpsus on parem lühiajalise prognoosi puhul, mis on 1 – 3 kuu vaates (keskmine 2,6 punkti), mõnevõrra

kehvem keskpika prognoosi puhul, mis on 3 kuud kuni üks aasta (keskmine 2,4 punkti) ning kõige kehvem nähtavus on pikaajalise prognoosi puhul, mis on üle aasta (keskmine 2 punkti).



Joonis 4.4 Kliendi hinnang prognoosi täpsusele erinevate perioodide lõikes
Allikas: koostatud autori poolt

Samuti paluti hinnata, kui tõsised probleemid võivad tekkida ebatäpse prognoosimise tulemusel. Suurimaks probleemiks pidasid kliendid kõikuvat tarnekindlust (keskmine 3,8 punkti). Arvestades komponentide tarneaegsusi on see mure täiesti põhjendatud. Järgmisena toodi välja, et prognoosivead võivad tingida potentsiaalsest müügist ilmajäämise (keskmine 3,4 punkti), kus klient ei suuda oma klientidele pakkuda tooteid piisavas koguses või nõutud ajaperioodi jooksul. Lisaks on arvestatav probleem võimalikud lepingulised trahvid (keskmine 3 punkti). Iseäranis terav probleem on see autotööstuse valdkonnas.

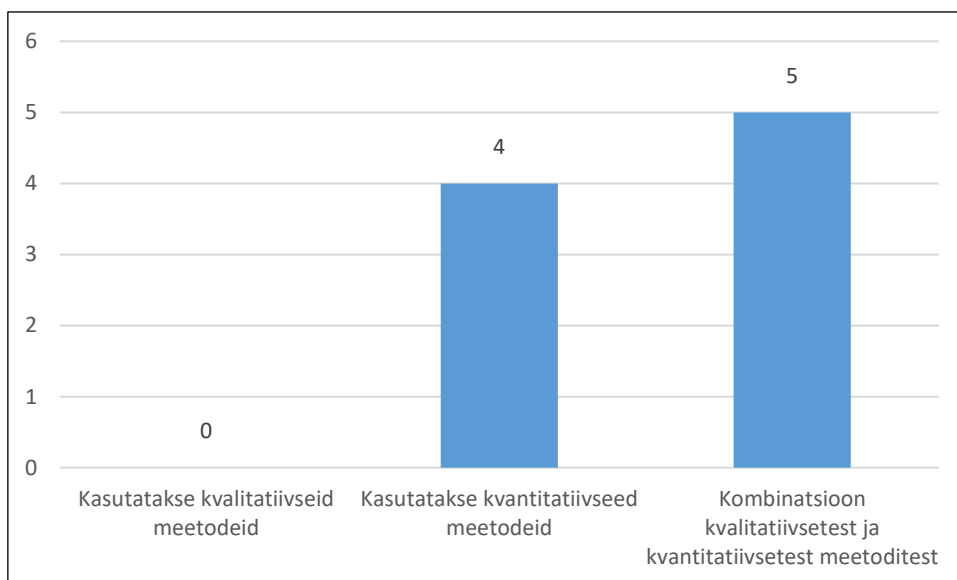


Joonis 4.5 Prognoosivigadest tulenevad probleemid
Allikas: koostatud autori poolt

Kliendid prognoosivad nõudlust nii tooteartikli kui tooteperekonna tasemel. Mida pikemaks perioodiks prognoose tehakse, seda üldistatum prognoos on. Alates pooleaastasest perioodist tehakse prognoose ka tooteperekonna tasemel.

Küsimusele, et kui tihti nõudluseprognoose üle vaadatakse, vastas suurem enamus (80% vastanutest), et prognoose uuendatakse igakuiselt. Seejuures toimub prognoosimine nii toote kui toote perekonna tasemel. Ühe vastanu sõnul uuendatakse prognoose üks kord nädalas ning üks vastanu uuendab prognoose suvalisel ajal.

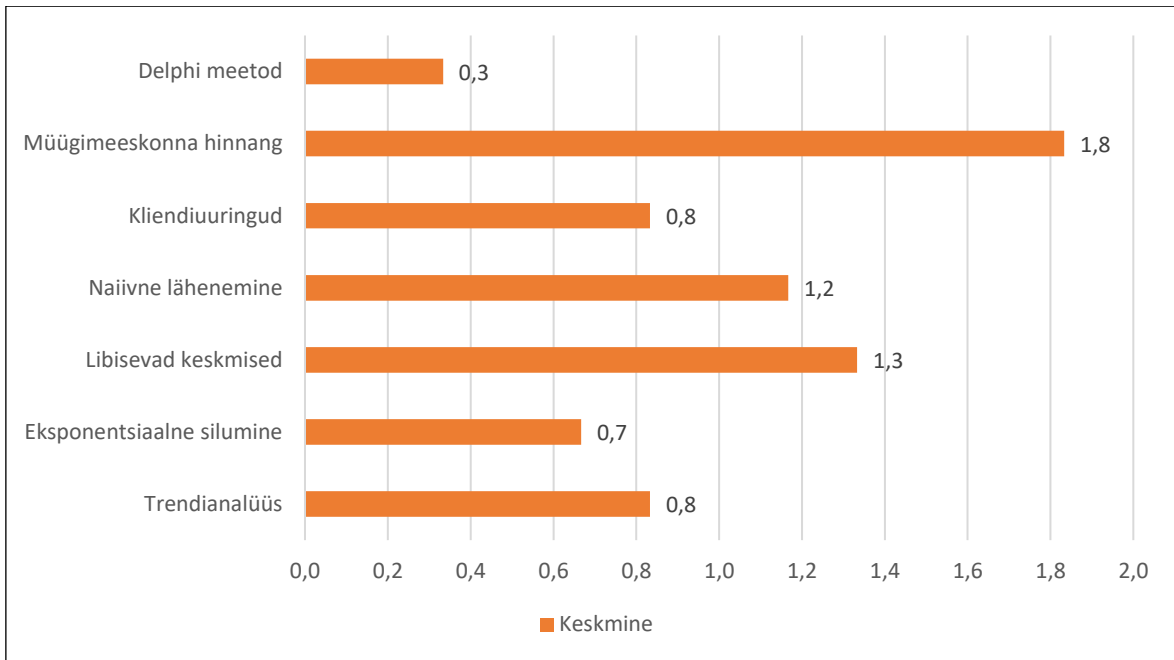
Järgmised küsimused hõlmasid erinevate prognoosimeetodite ja tööriistade kasutamist. Suurem osa vastanutest kasutavad prognoosimisel kombinatsiooni kvalitatiivsetest ja kvantitatiivsetest meetoditest (5 vastanut), mõnevõrra vähem kasutatakse ainult kvantitatiivseid meetodeid (4 vastanut). Küsitluse järgi pole ühtegi vastanut, kes kasutaks prognoosimisel ainult kvalitatiivseid meetodeid.



Joonis 4.6 Erinevate prognoosimise meetodite kasutamise sagedus

Allikas: koostatud autori poolt

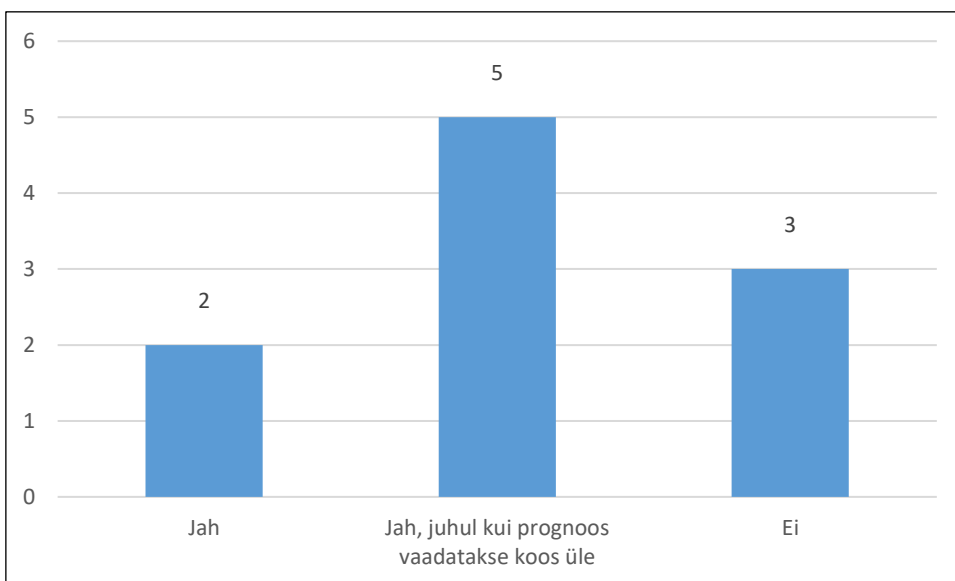
Järgnevalt uuriti, milliseid prognoosimeetodeid kõige rohkem kasutatakse. Kõrgeima keskmise tulemuse sai kvalitatiivne meetod – müügimeeskonna hinnang (keskmise 1,8 punkti). Veidi vähem kasutatakse kvantitatiivseid meetodeid; libiseva keskmise tulemus oli 1,3 punkti ning naiivse lähenemise tulemus 1,2 punkti. Tulemusi kajastab joonis 4.7.



Joonis 4.7 Erinevate prognosimeetodite kasutamise osakaal
Allikas: koostatud autori poolt

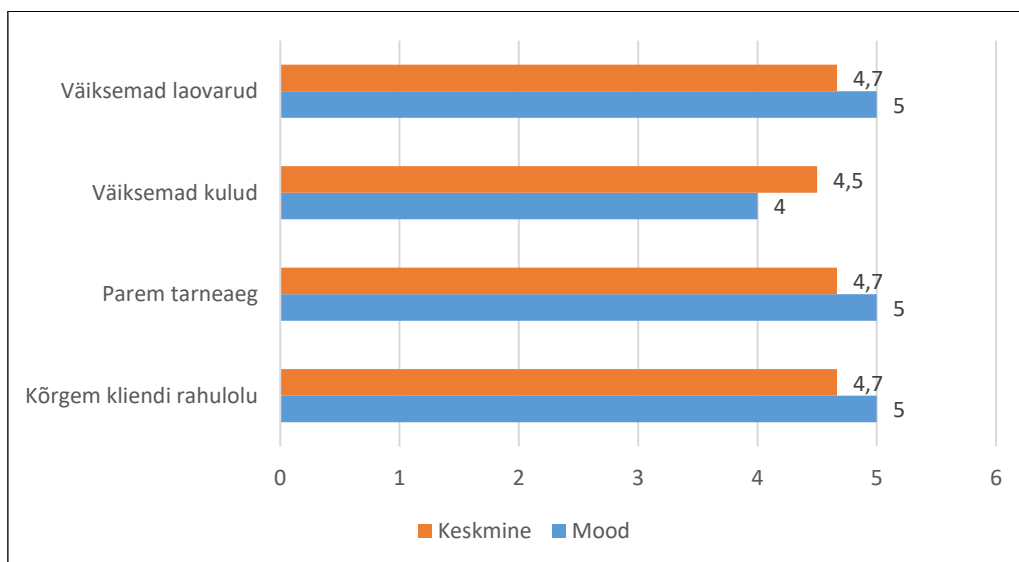
Vastustest selgus, et 60% vastanutest kasutavad prognoosimisel Excelit, üks vastanu kasutab spetsiaalset prognoosimise tarkvara ning 3 vastanut ehk 30% kombineerivad nii Exceli kui prognoosimise tarkvara tulemusi.

Järgnev küsimuste plokk puudutas koostööd tarneahelas. Küsimusele, kas klient oleks valmis lubama tarnijal ise nõudlust prognoosida juhul, kui tarnijal on selleks paremad tööriistad, vastasid kolm klienti, et nad ei oleks sellega nõus. Samas kahel kliendil poleks selle vastu midagi ning 5 vastanut oleksid sellega nõus tingimusel, et prognoos vaadataks üle ja kinnitataks koos.



Joonis 4.8 Klientide valmidus lubada tarnijal nõudlust prognoosida
Allikas: koostatud autori poolt

Seejärel uuriti klientidelt, millised oleksid positiivsed ilmingud nõudluse koos prognoosimisel. Antud küsimuse puhul olid kõik vastajad ühel nõul, et koostöö prognoosimisel aitab vähendada nii laovarused (keskmise 4,7 punkti) kui erinevaid kulusid (keskmise 4,5 punkti), samuti lüheneb tarneaeg (keskmise 4,7 punkti) ja tõuseb kliendi rahuolu (keskmise 4,7 punkti).



Joonis 4.9 Positiivsed ilmingud koostöö prognoosimisel

Allikas: koostatud autori poolt

Samuti uuriti, kas klient on huvitatud tagasiside saamisest tarnijalt, mis puudutab prognoosimise täpsust ja varieeruvust. 80% vastanutest sooviks saada tarnijalt tagasisidet ning 20% klientidest ei pidanud seda vajalikuks.

Küsitlusest selgus, et klientide prognoosimisprotsessiga on seotud peamiselt tarneahelaosakond ning müügi- ja turundusosakond. Nõudluse prognoosi eest vastutab enamasti tarneahelaosakond. Nõudluse prognoosimisel tehakse tihedat koostööd klientidega. 80% vastanutest uuendab prognoose igakuiselt. Pooled vastanutest hindasid oma prognoosimise protsessi ja tulemust rahuldavaks. Peamised probleemid, mis tulenevad kehvast prognoosimisest, on klientide hinnangul kõikuv tarnekindlus, potentsiaalse müügi kaotus ning lisakulud eksimuste parandamiseks.

Peamisteks väljakutseteks müüvikute puhul peeti nõudluse kõikumist ning pidevaid disainimuutusi. Samuti ollakse mures pikkade tarneaegade pärast läbi kogu tarneahela.

Klientide arvates seisneks suurim kasu nõudluse ühise prognoosimise korral tarneaegade lühenemises, paremas klienditeenindustasemes ning väiksemates laovarudes. 80% vastanutest on huvitatud tarnijalt tagasiside saamisest, mis puudutab prognoosimise täpsust ja varieeruvust.

4.2 Prognoosimeetodite võrdlusanalüüs

Käesolevas töös uuriti 12 tooteartikli tegelikku nõudlust perioodil 01.01.2018-31.12.2019. Valimi leidmiseks viidi läbi ABC-XYZ analüüs. Valimisse valiti A kategooria tooted tingimusel, et tegemist on müüvikutega, millel on nõudlusajalugu nii 2017. aastast kui ka nõudlus tulevikuks, s.o 2020. aastaks. Autor pidas vajalikuks koostada valim nii, et esindatud oleks võrdne arv artikleid kolmest segmendist: tööstusest, telekommunikatsioonist ja autotööstusest.

Autor analüüsis 12 toote tegelikku nõudlust ning tuvastas, et ehkki valitud tooted kuuluvad ABC analüüsi järgi A kategooriasse, on nende nõudlus suuresti varieeruv. Seega oli valimis esindatud nii AX, AZ kui AY tooteartikleid. See puudutab eriti tööstuse ja telekommunikatsiooni tooteid, sest autotööstuse komponentide puhul on nõudlus mõnevõrra stabiilsem. Tsüklilisust ja sesoonsust ei esine.

Analüüsiks valiti aegriidade prognoosimise meetodid, mis on kõige levinumad vahelduva nõudluse puhul:

- lihtne eksponentsiaalne silumine;
- libisev keskmine;
- kaalutud aritmeetiline keskmine;
- Crostoni meetod;
- SBA meetod.

Lihtsa eksponentsiaalse silumise ja kaalutud aritmeetilise meetodite puhul on väikseima silumiskonstandi leidmiseks kasutatud Microsoft Exceli Solverit.

Antud meetodite abil loodi nõudluse prognoos 24 kuu (jaanuar 2018 – detsember 2019) jaoks. Erinevate prognoosimeetodite tulemused on lisas 3. Valitud perioodi pikkuseks oli üks kuu. Erinevate meetodite täpsuse hindamiseks kasutati erinevaid prognoosivea meetodeid, milleks olid keskmine ruutviga (MSE), juuritud keskmine ruutviga (RMSE), keskmine absoluutviga (MAE), keskmine suhteline kaalutud absoluutviga (MASE) ja Theili U . Sobivaim prognoosimeetod igale artiklile määrati juuritud keskmise ruutvea alusel. Prognoosivead tooteartiklite ning meetodi kaupa on välja toodud lisas 4.

Järgnevas tabelis 4.1 on välja toodud valimisse kuulunud artiklite tegelik nõudlus perioodil jaanuar 2018 – detsember 2019; samuti väikseim ning suurim nõudluse kogus kuus ning perioodi keskmine nõudlus. Lisaks on ära märgitud artiklile leitud sobivaim prognoosimeetod.

Tabel 4.1 Valitud artiklite tegelik nõudlus ning parim prognoosimeetod

Artikkel	Segment	Tegelik nõudlus 2018-2019 (tk)	Miinum-kogus (tk)	Maksimum-kogus (tk)	Keskmine nõudlus kuus (tk)	Parim prognoosimeetod
Artikkel 1	Tööstus	26 706	0	3 200	1 113	Crostoni meetod
Artikkel 2	Tööstus	27 999	0	2 800	1 167	Kaalutud keskmine
Artikkel 3	Tööstus	40 659	0	4 991	1 694	Eksponeentsiaalne silumine
Artikkel 4	Tööstus	8 250	0	700	344	SBA meetod
Artikkel 5	Telekommunikatsioon	3 976	19	601	166	Crostoni meetod
Artikkel 6	Telekommunikatsioon	7 053	0	1 180	294	Crostoni meetod
Artikkel 7	Telekommunikatsioon	4 728	30	1 073	197	Crostoni meetod
Artikkel 8	Telekommunikatsioon	5 456	0	2 120	227	Crostoni meetod
Artikkel 9	Autotööstus	598 820	10 800	36 480	24 951	Crostoni meetod
Artikkel 10	Autotööstus	3 688 905	0	294 977	153 704	SBA meetod
Artikkel 11	Autotööstus	1 388 057	0	163 800	57 836	SBA meetod
Artikkel 12	Autotööstus	338 130	7 440	20 640	14 089	Eksponeentsiaalne silumine

Allikas: autori poolt koostatud

Tabelist nähtub, et sobivaimaks osutus Crostoni meetod ning paremuselt järgmine on SBA meetod. Mõlemaid meetodeid kasutatakse just vahelduva nõudluse puhul ning arvestades, et antud valimis esines nullnõudluse perioode kahe kolmandiku ulatuses tooteartiklitest, siis tulemust võib pidada ootuspäraseks.

Kõige ebasobivamaks prognoosimeetodiks osutus kaalutud artimeetilise keskmise meetod, mis andis suurima prognoosivea kuuel korral ehk pooltel juhtudel. Sellele järgnes eksponentsiaalse silumise meetod kolmel korral, Crostoni meetod kahel korral ning SBA meetod ühel korral.

Samuti võrreldi klientide saadetud prognoose tegeliku nõudlusega juuritud keskmise ruutvea alusel.

Tabelist nähtub, et kliendi prognoosiviga on oluliselt suurem võrreldes erinevate prognoosimeetodite tulemusel saadud vigadega. Kahel korral on telekommunikatsiooni valdkonna kliendi täpsus parem olukorras, kus nõudlust on ennustatud üks kuu enne tegelikku nõudlust. Ühel korral on kliendi ennustus olnud täpsem neli kuud enne tegelikku nõudlust, samas kui täpsus üks kuu enne tegelikku nõudlust on märkimisväärselt kehvem.

Autor otsustas võrdluseks valida kaks erinevat perioodi:

- Prognoos, kus klient on ennustanud tegelikku nõudlust neli kuud varem;
- Prognoos, kus klient on ennustatud tegelikku nõudlust nõudlusele eelneval kuul.

Tabel 4.2 Parima prognoosimeetodi RMSE võrdlus kliendi prognoosi RMSE-ga

Artikkel	Segment	Parima prognoosimeetodi RMSE	Kliendi prognoosi (-4 kuud) RMSE	Kliendi prognoosi (-1 kuud) RMSE
Artikkel 1	Tööstus	655,73	943,97	1 117,88
Artikkel 2	Tööstus	969,67	1 224,60	1 178,41
Artikkel 3	Tööstus	1 784,06	1 867,32	2 303,40
Artikkel 4	Tööstus	217,93	306,91	258,97
Artikkel 5	Telekommunikatsioon	156,49	265,71	182,06
Artikkel 6	Telekommunikatsioon	445,16	1 292,99	927,88
Artikkel 7	Telekommunikatsioon	263,88	330,43	220,41
Artikkel 8	Telekommunikatsioon	701,09	661,40	520,49
Artikkel 9	Autotööstus	7 641,10	7 682,28	11 774,80
Artikkel 10	Autotööstus	81 485,08	147 004,87	123 436,37
Artikkel 11	Autotööstus	32 893,62	48 965,14	40 333,76
Artikkel 12	Autotööstus	3 781,39	3 516,94	6 844,68

Allikas: koostatud autori poolt

4.3 Tulemuste hindamine ja tõlgendamine

Sobivaima prognoosimeetodi valideerimiseks arvutas autor, mis oleks olnud laovarude tase ettevõttes 2019. aasta lõpuks, kui oleks kasutatud Crostoni meetodit, mis eelpool andis poolte valimis olnud tooteartiklite puhul parima tulemuse.

Selleks võrreldi nii kliendi prognoosi kui Crostoni meetodit 2019. aasta tegeliku nõudlusega ning leiti prognoosiviga MAPE. Kliendi nõudluseprognoosi puhul võeti arvesse prognoosi, mis oli saadetud neli kuud enne tegelikku müügi kuud. Ali, Boylan ja Syntetos on uurinud prognoosivigade ja laovarude suhet ning leidsid oma uurimistöös, kus aluseks oli võetud MSE, et MSE vähenemisel teatud protsendi võrra vähenesid ka laovarud sama protsendi võrra. Seega tõestab empiiriline analüüs, et MSE vähenemise tulemusel on võimalik vähendada laovarused ning laovarudega seotud kulusid. (Ali, Boylan *et al* 2012)

Antud juhul on võetud aluseks MAPE, kuna väärtused on suured ning MAPE annab hea ülevaate, kui suur on prognoosi viga võrreldes tegeliku müügiga. Järgnev tabel pakub ülevaate tegelikust müügist võrreldes kliendi prognoosiga, mis on saadetud neli kuud enne tegelikku nõudluse kuud ning võrdluseks on kasutatud Crostoni meetodit.

Tabel 4.3 Kliendi nõudluse (-4 kuud) ja Crostoni meetodi tulemuste võrdlus (tuh eurot)

Periood	Kliendi prognoos -4 kuud	Crostoni meetod	Tegelik nõudlus
Jaanuar 2019	4 546	5 262	5 262
Veebruar 2019	6 893	5 114	4 524
Märts 2019	5 670	4 973	4 407
Aprill 2019	7 117	4 810	4 160
Mai 2019	5 709	4 661	4 063
Juuni 2019	5 156	4 445	3 580
Juuli 2019	4 866	4 234	3 389
August 2019	5 408	4 444	5 287
September 2019	8 681	4 627	5 358
Oktoober 2019	7 461	4 917	6 074
November 2019	8 830	5 090	5 785
Detsember 2019	5 532	4 999	4 632
MAPE	38%	14%	
2019. aasta müük	75 870	57 576	56 522

Allikas: koostatud autori poolt (ERP andmed) alusel

Seega oleks Crostoni meetodit kasutades prognoos olnud 24% võrra täpsem, mis tähendaks väiksemat materjali sisseostuvajadust. Kui arvestada, et sama protsendi võrra oleks pidanud materjali vähem tellima, siis 2019. aasta lõpuks oleks see tähendanud 3,89 miljoni euro väärtuses väiksemaid laovaruseid.

Selle järgi oleks 2019. aasta lõpu seisuga laovarud olnud:

$$2019. a laovarude lõppjääk = 16\,186 - 3\,885 = 12\,301 \text{ tuhat eurot}$$

Sel juhul oleks varude käibekiirus 82 päeva, mis on siiski kõrgem kui eesmärgiks seatud 60 päeva, kuid on oluliselt madalam kui 2019. aasta lõpuks saavutatud 105 päeva.

$$\text{Varude käibekiirus} = \frac{12\,301}{(13\,193 + 14\,009)} \times 182 = 82 \text{ päeva}$$

Samuti valideeriti sobivaim prognoosimeetodi kasutamine kliendiga. Klient sedastas, et nende saadetud nõudluseprognoosid on tihtipeale üleennustatud ning tavapäraselt kasutatud libiseva keskmise meetod ei pruugi sobida olukorras, kus nõudlus on vahelduv ja esineb sagedasi nullperioode. Mis puudutab seda, kas klient oleks edaspidi nõus andma tarnijale vaba voli prognoosimiseks, siis selles osas jäi ekspert kõhklevaks, kuid kindlasti ollakse valmis kõiki tarnija ettepanekuid kaaluma ja igakuiselt koos nõudluseprognoosi üle vaatama ning vajadusel muutma.

Lisaks paluti eksperdilt tagasisidet loodud juhtimislauda kohta. Ekspert oli nõus, et juhtimislaud annab hea ülevaate kliendinõudlusega seotud mõõdikutest – nii prognoosimise täpsusest kui laovarude olukorrast. Ekspert möönis, et selline tööriist on vajalik ning on heaks aluseks edaspidiste otsuste tegemiseks ning planeerimiseks. Juhtimislaud on toodud lisa 6.

Autor koostas ka kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsessi, mis on toodud lisa 5. Antud protsessi hindas kliendijuht ning tõdes, et loodud protsess annab hea raamistiku kliendi nõudluseprognoosi käsitlemiseks, kuid kindlasti tuleb segmentide ja klientide tasemel minna veel detailsemaks. Näiteks saadavad autotööstuse kliendid oma prognoosi EDI vahendusel ja seega nõuab antud segment teistsugust lähenemist. Veel rõhutas ettevõttesisene ekspert, et oluline on informatsiooni liikumine osakondade vahel ning sellele tuleks eraldi rõhku pöörata. Loodud protsess toetaks ka S&OP-i protsessi, mida ettevõtte plaanib juurutada 2020. aastal.

Üheskoos otsustati, et olemasolevate ning analüüsitud prognoosivigade hulgast hakkab ettevõtte edaspidi kasutama prognoosi vea hindamiseks keskmist absoluutset suhtelist viga MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Prognoosivea arvutamisel ning täpsuse mõõtmisel otsustati, et tulenevalt komponentide pikast tarneajast on mõistlik võrrelda tegelikku kliendinõudlust neli kuud varem saadetud prognoosiga. Erinevatest prognoosimeetoditest osutus sobivaimaks Crostoni meetod, mida ettevõtte kavatses tulevikus integreerida ärianalüütika tarkvarasse. See võimaldab kliendile pakkuda ettevõttepoolse nõudluseprognoosi, mida saab kliendile esitleda igakuistel nõudluse koosolekutel.

4.4 Järeldused ja ettepanekud

Käesoleva töö eesmärk oli leida sobivaim prognoosimeetod, mis sobiks vahelduva nõudlusega toodetele, oleks võimalikult väikese prognoosiveaga ning aitaks ettevõttel vähendada laovarusid. Samuti oli oluline, et prognoosimeetodit saaks rakendada ettevõttes juurutamisel olevas ärianalüütika tarkvaras. Eesmärgi seadmisel lähtuti uurimisprobleemist, mis seisnes ebatäpses kliendi nõudluseprognoosis, mille tagajärjel olid ettevõtte laovarud liiga kõrged. Eesmärgi täitmiseks püstitas autor neli uurimisküsimust, millele töö käigus vastust otsiti.

Sobivaima prognoosimeetodi leidmiseks ja analüüsiks valis autor 12 tooteartiklit selliselt, et esindatud oleksid kõik segmendid – tööstus, telekommunikatsioon ning autotööstus. Valimi moodustamiseks viidi läbi toodete ABC-XYZ analüüs müügitulu põhjal. Autor kasutas nõudluse analüüsiks erinevaid prognoosimeetodeid, mille tulemusel selgus, et parima täpsuse annavad

vahelduva nõudluse prognoosimiseks kasutatavad Crostoni meetod ja SBA meetod. Prognoosimeetodi sobivust hinnati juuritud keskmise ruutvea põhjal. Crostoni meetod andis väikseima prognoosivea kuue tooteartikli puhul ja SBA meetod kolme tooteartikli puhul. Kolmel juhul oli kliendi nõudluseprognoos täpsem võrreldes analüüsitud prognoosimeetoditega. Analüüsi tulemusel selgus, et vahelduva nõudluse prognoosimeetodid on sobivaimad just telekommunikatsiooni ja autotööstuse toodete puhul.

Võrdlusanalüüsi käigus võrreldi kliendi 2019. aasta nõudluse prognoosi ning Crostoni prognoosimeetodit prognoosivea MAPE alusel, mille tulemusel selgus, et Crostoni meetodi prognoosiviga on 24% võrra väiksem, mis andnuks oluliselt kuluefektiivsema tulemuse. Crostoni meetodit kasutades oleks ettevõtte suutnud vähendada laovarusid sedavõrd, et oleks saavutanud varude käibekiiruseks 82 päeva praeguse 102 päeva asemel.

2015. aastal avaldatud Fildese ja Petropoulose uurimistöös on leitud, et sobiva prognoosimeetodi kasutamisel on võimalik prognoosimise täpsust tõsta 25-30%. (Fildes *et al* 2015) Seega saab küsitluse ja analüüsi tulemustele toetudes kinnitada, et magistritöö tulemused on kooskõlas teemakohase teooriaga.

Järgnevalt pakub töö autor välja võimalused, mis aitaksid ettevõtte tegevust muuta efektiivsemaks ja vähendada laovarusid. Ettepanekute aluseks on magistritöö käigus välja selgitatud kitsaskohad ettevõtte nõudluse ja varude juhtimisel, samuti ettevõttesisesel infovoos liikumisel.

- **ABC-XYZ toodete regulaarne kategoriseerimine.** Ettevõtte peaks regulaarselt läbi viima ABC-XYZ analüüsi, et keskenduda toodetele, mis on müügi käibe osas olulised, kuid mille nõudlus on väga kõikumine. Analüüsist selgus, et autotööstuse toodete puhul on nõudlus stabiilsem ning oluliste kõikumisteta. See on tingitud asjaolust, et autotööstuse näol on tegemist *low mix – high volume* toodetega. Seevastu telekommunikatsiooni tooted, mis moodustavad olulise osa ettevõtte müügitulust, on väga ebaühtlase nõudlusega. Samas avaldab just telekommunikatsiooni toodete üleprognoosimine laovarude kasvule kõige suuremat mõju.
- **Kliendi poolt finantseeritud puhvrikogused.** Küsitlusest selgus, et kliendid on kõige enam mures nõudluse kõikumise ning pikkade tarneaegade pärast. Selle probleemi lahendamiseks võiksid olla puhvrikoguste tootmine ja hoidmine kliendile. See annaks kliendile kindlustunde, et tooted on olemas hoolimata nõudluse kõikumisest ning see lühendaks

oluliselt tarneaegasid. Siiski tuleb arvestada, et puhvrikoguste tootmine tuleks kõne alla ainult siis, kui välistatud on disainimuutused ning tegemist on masstooteaga.

- **Protsesside standardiseerimine.** Ettevõtte hetkeolukorda kaardistades selgus, et osakondade vaheline kommunikatsioon on nõrk ning regulaarseid koosolekuid ei toimu. Loodud nõudluseprognoosi käsitlemise protsess annab üldise raamistiku, kuidas infovahetus erinevate osapoolte vahel peaks toimuma. Samuti on oluline, et kõik osakonnad kasutaksid otsuste tegemisel sama infot. Antud probleemi saab osaliselt lahendada juurutamisel olev ärianalüütika tarkvara, mille abil on võimalik jälgida, arendada ja juhtida koostööd tarneahelas.
- **Lühiajalise nõudluse fikseerimine ja kinnitamine.** Intervjuude käigus selgus, et ettevõtte probleemiks pole ainult nõudluse kõikumine pikemas perioodis, vaid probleeme valmistab ning tootmisplaanide segavad klientide nõudluse muutused lühikeses perioodis. See tekitab olukorra, kus on vaja ümber teha tootmisplaanid ning ühtlasi tagada, et materjalid jõuaksid lattu õigel ajal. Seetõttu oleks mõistlik, kui ettevõtte suudaks kliendiga kokku leppida, et näiteks järgmise 30- või 45- päeva tellimused oleksid fikseeritud. See muudaks olulisemalt lihtsamaks ka materjalide ning inimressursside planeerimise.
- **Erinevate koostöövormide rakendamine tarnijatega.** Kõrged laovarud on ühelt poolt tingitud küll kliendinõudluse üleprognoosimisest, ent teisalt on mõistlik leida viise, kuidas paremini tarnijaid hallata ning omavahelist koostööd arendada. Tarnijatega võiks kokku leppida puhvri- või konsignatsiooniladude loomises, et vähendada materjali puudujäägi riski, mis tuleneb peamiselt pikkadest tarneaegadest ja nõudluse kõikumisest. Vajadusel tuleks kaasata ka klient, et sõlmida kolmepoolsed lepingud.
- **Klientide koostöölepingute uuendamine.** Ettevõtte peaks üle vaatama koostöölepingud klientidega ning vajadusel läbi rääkima ja kokku leppima paremad tingimused, mis puudutavad iseäranis prognoosi lubatud kõikumist teatud ulatuses või materjalide ülejäägi väljaostmist. Kindlasti tuleb arvestada erinevaid aspekte, kui sõlmitakse koostöölepingud uute klientidega. Elektroonikatööstusele on iseloomulik, et koostöö on pikaajaline ning seetõttu on eriti oluline, et lepingus oleksid lisaks klientide õigustele kajastatud ka nende kohustused laovarude ülejäägi osas või nõudluse ebatäpsest prognoosimisest tingitud kulude osas.

KOKKUVÕTE

Konkurentsitihedas ja globaalses ärikeskkonnas on üha olulisem, et ettevõtted suudaksid kiiresti reageerida klientide soovidele. Ettevõtete edukus sõltub suuresti sellest, kui hästi nad oma kliente tunnevad ning on suutnud koostööd arendada. Nii sisemist kui välist koostööd peetakse tarneahela juhtimise alustalaks. Selleks, et kliendi vajadustele võimalikult kiiresti reageerida, on vaja evida võimalikult täpset ülevaadet nõudlusest ja tulevikutrendidest. Kui klientidega on loodud head ja usalduslikud suhted nõudluse planeerimisel, siis suudab see efektiivsemaks muuta kogu tarneahelat üldiselt.

Elektroonikatööstuse peamiseks väljakutseks on nõudluse ebakindlus, sest see mõjutab otseselt ettevõtte operatiivset tegevust ja tootmist. Nõudluse üleprognoosimise esmaseks tagajärjeks on kasvanud laovarud, mis avaldavad negatiivset mõju ettevõtte likviidsusele.

Käesoleva magistritöö uurimisstrateegiaks oli juhtumiuuring ja uurimisobjektiks elektroonika tellimustootmisega tegelev ettevõtte Eolane Tallinn AS. Uurimisprobleem seisnes ebatäpses kliendi nõudluse prognoosimises, mille tagajärjel olid ettevõtte laovarud liiga kõrged.

Töö eesmärk oli leida sobivaim nõudluse prognoosimeetod, mida oleks võimalik rakendada juurutamisel oleva ärianalüütika tarkvaras laovarude optimeerimiseks. Lisaks eesmärgile püstitas autor neli uurimisküsimust, millele töö käigus vastust otsiti:

1. Millise prognoosimeetodi rakendamine võimaldaks parandada kliendi prognoose?
2. Milliseid mõõdikuid tuleks kasutada kliendi nõudluse prognoosimise täpsuse mõõtmisel?
3. Kuidas peaks toimima nõudluse prognoosimise protsess ettevõttesiseselt?
4. Milline peaks olema koostöö kliendiga nõudluse prognoosimisel?

Uurimisprobleemi lahendamiseks töötas autor läbi asjakohase teooria ning kaardistas ettevõtte hetkeolukorra. Töö eesmärgini jõudmiseks viis autor läbi küsitluse ettevõtte klientide seas, et mõista, kuidas ja milliseid meetodeid kasutades ettevõtte kliendid oma nõudlust prognoosivad ning ühtlasi uurida, millised on nende hinnangud oma nõudluse prognoosimise protsessi ning täpsuse osas. Samuti uuriti, kuivõrd on kliendid huvitatud koostööst nõudluse prognoosimisel.

Autor viis läbi ABC-XYZ analüüsi müügitulu põhjal. Valimi moodustamiseks teostas autor esmalt eelselektiooni, et tuvastada kõik aktiivsed tooted perioodil 01.01.2017-31.10.2019. Lisatingimuseks oli, et tootele oleks ka nõudlus 2020. aastaks.

Sobivaima prognoosimeetodi leidmiseks ja analüüsiks valis autor 12 A-kategooriasse kuuluvat tooteartiklit selliselt, et esindatud oleksid kõik segmendid – tööstus, telekommunikatsioon ning autotööstus.

Autor otsustas kasutada nõudluse analüüsiks järgmisi prognoosimeetodeid:

- lihtne eksponentsiaalne silumine;
- libisev keskmine;
- kaalutud aritmeetiline keskmine;
- Crostoni meetod;
- SBA meetod.

Prognoosimeetodite võrdlusanalüüsi tulemusel selgus, et parima täpsuse annavad vahelduva nõudluse prognoosimiseks kasutatavad Crostoni meetod ja SBA meetod. Prognoosimeetodi sobivust hinnati juuritud keskmise ruutvea RMSE alusel. Crostoni meetod andis väikseima prognoosivea kuue tooteartikli puhul ja SBA meetod kolme tooteartikli puhul. Kolmel juhul oli kliendi nõudluseprognoos täpsem võrreldes analüüsitud prognoosimeetoditega. Analüüsi tulemusel selgus, et vahelduva nõudluse prognoosimeetodid on sobivaimad just telekommunikatsiooni ja autotööstuse toodete puhul.

Võrdlusanalüüsi käigus võrreldi kliendi nõudlusprognoosi ning Crostoni prognoosimeetodit prognoosivea MAPE alusel, mille tulemusel selgus, et Crostoni meetodi prognoosiviga on 24% võrra väiksem, mis andnuks oluliselt kuluefektiivsema tulemuse. Crostoni meetodit kasutades oleks ettevõtte suutnud vähendada laovarusid sedavõrd, et oleks saavutanud varude käibekiiruseks 82 päeva praeguse 102 päeva asemel.

Küsitluse ning analüüside tulemusena töötati välja kliendi nõudluseprognoosi käsitlemise protsess ning kliendi juhtimislaud, mis annaks ülevaate iga kliendi nõudluseprognoosi täpsusest ning laovarudest.

Töö tulemuste valideerimiseks kasutas autor eksperthinnangut. Analüüsi tulemuste põhjal said vastused kõik töös püstitatud uurimisküsimused. Kliendi prognoose aitaks kõige paremini parandada Crostoni prognoosimeetod, mis on sobilik vahelduva nõudlusega toodete prognoosimiseks. Selle meetodi kasutuselevõttu toetaks tehniliselt ka ettevõttes juurutamisel olev ärianalüütika tarkvara. Kõige selgema ja kiirema ülevaate nõudluse prognoosi täpsusest annaks keskmise absoluutse suhtelise vea MAPE kasutamine, mille baasil saaks arvutada ka prognoosi täpsust.

Loodud nõudluseprognooosi käsitlemise protsess annab ettevõttele raamistiku, mille alusel parandada koostööd nii kliendiga kui ettevõttesiseselt.

Tuginedes analüüsi ja küsitluse tulemustele tegi autor ettepanekud korrigeerivateks tegevusteks, mis annavad suunise edaspidiseks koostööks ettevõtte partneritega:

- Viia regulaarselt läbi ABC-XYZ analüüs toodetavate tooteartiklite osas, et kaardistada, millistele müüvikutele peab ettevõtte rohkem prognoosimisel tähelepanu pöörama;
- Leppida kokku kliendiga nõudluse kõikumise vähendamiseks periood, mis peab olema tellimustega täidetud;
- Leppida kliendiga kokku kliendi poolt finantseeritud puhvrikogused toodetele, mida ettevõtte saaks toota ilma, et oleks oht disainimuutustele;
- Standardiseerida raportid ettevõttesiseselt selliselt, et kõikidele osakondadele – müügi-, finants- ja tarneahelaosakonnale oleks kättesaadav ühesugune informatsioon, mille alusel töötada ning otsuseid vastu võtta;
- Kokkulepped tarnijatega hoida puhvri- või konsignatsioonilaos komponente, millel on pikk tarneaeg.

Kokkuvõtvalt võib väita, et magistritöö täitis oma eesmärgi ja lahendas uurimisprobleemi. Sobiva prognoosimeetodi kasutamisel on võimalik parandada kliendi nõudlusprognooosi ning seeläbi oluliselt vähendada laovarusid. Küsitlustulemustest selgus, et kliendil on valmidus koostööks nõudluse prognoosimisel ning ta sooviks saada tarnijalt tagasisidet oma prognoosi täpsuse kohta.

Antud tulem on kasulik Eolane Tallinn AS-i kliendinõudluse prognoosimisel ja ärianalüütika juurutamisel, kuid kindlasti saab seda kohaldada ka teistes Eolane'i kontserni üksustes. Loodud kliendi nõudluse prognoosimise käsitlemise protsess ning kliendi juhtimislaud on rakendatavad ka muudes tellimustootmisega tegelevates ettevõtetes.

SUMMARY

IMPROVEMENT OF DEMAND FORECASTING IN A CONTRACT MANUFACTURING COMPANY

Kristi Paavel

In today's global, competitive and fast-paced business environment it is crucial to promptly react and respond to customer's needs. Internal and external cooperation is the basis of supply chain management. In order to react to customer's needs promptly, the company needs to have a clear overview of the demand and future trends. When the company creates trustworthy and solid collaboration on demand planning, then it is possible to ensure the efficiency of the whole supply chain.

The primary challenge in the electronics industry is the uncertainty of demand, because it is directly affecting operating processes and production of the company. The main consequence of over-forecasting is high inventory, which negatively affects a company's liquidity.

The object of this study was to evaluate the electronics manufacturing services (EMS) company Eolane Tallinn Ltd. The research strategy of this thesis is a case study. The research problem lies in an imprecise customer's demand forecast, which has resulted in high inventory level. The purpose of this thesis was to identify the most appropriate demand forecasting method, that could be implemented in the BI (Business Intelligence) software, that is currently being developed. In addition, the author raised four questions that were explored throughout the study:

1. Which forecast prognosis method would help to improve the forecast from the customers?
2. Which KPIs should be used for measuring customer's forecast accuracy?
3. What is the best demand forecasting process for this company?
4. What is the ideal strategy for collaboration between the company and the customer?

In order to address these questions, the author mapped the company's current situation and studied the literature of demand forecasting theory. The author conducted a survey among the company's customers in order to understand which forecasting methods are being used in their demand forecasting process. Also, the purpose was to comprehend how they are evaluating their forecasting process and accuracy.

Sample preselection was created by the author in order to identify all active products during the period 01.01.2017-31.10.2019. ABC-XYZ analysis was conducted based on revenue of the products. In order to identify the most appropriate demand forecasting method, the author analyzed 12 articles that belong to group A. The requirement was that all segments were represented – industry, telecommunication and automotive.

Five different forecasting methods were used to analyse forecast prognosis:

- simple exponential smoothing;
- simple moving average;
- weighted moving average;
- Croston's method;
- SBA method.

As a result of comparing different forecasting methods it was determined that the most appropriate models are the Croston's method and SBA method, which are being used for intermittent demand. Forecasting method compatibility was measured by root mean square error (RMSE).

Croston's method and SBA methods had the smallest forecasting errors by six and three articles, respectively. Customer's demand forecast was more accurate in three cases compared to forecasting methods mentioned latter. The results of the analysis indicate that Croston's and SBA methods are more accurate for telecommunication and automotive segments.

When comparing forecasting mean absolute percentage error (MAPE) of customer's forecast with Croston's forecasting method, it was determined that Croston's method had a 24% lower forecasting error. If the company would have used Croston's method they would have achieved 82 Days of Supply instead of the current 108 Days of Supply.

The survey and analysis resulted in the creation of a process to handle the customer's demand forecast. A customer's dashboard was designed to get an overview of accuracy of customer's demand forecast and inventory level.

The author conducted interviews with experts in order to validate the results of the study. All the questions raised above were answered during the analysis.

Using Croston's forecasting method would improve customer's forecast the most. This method is appropriate for forecasting products with intermittent demand. Using this method would be also supported by the BI tool that is being currently developed. MAPE would give the most clear and precise overview of the forecast accuracy, and would also allow to calculate the accuracy of

prognosis. The created process of handling the customer's demand forecast will provide the framework for better collaboration with the customer's, as well as internal efficiency.

Based on the results of analysis and survey the author proposed corrective actions that would give the direction for future collaboration between the company's partners:

- Conduct ABC-XYZ analysis on a regular basis to map out which highrunners need more attention;
- Reduce demand volatility in short term agreement with the customer's fixed period for receiving sales orders;
- Agree on the amount of buffer quantities financed by the customer that would allow the company to produce without the risk of product's design changes;
- Standardize internal reports in a way that would be understandable and accessible for every department (Sales, Finance, Supply Chain);
- Improved collaboration with the suppliers to make buffers for long lead-time components.

In conclusion, the thesis fulfilled its purpose and addressed the stated research problem.

It can be concluded that using an appropriate forecasting method would allow for better forecast accuracy and decreased inventory level. It was also confirmed that the customers surveyed in the study are willing to collaborate more openly about forecasting.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- Acar, Y., Gardner, E. S. (2012). Forecasting method selection in a global supply chain. – *International Journal of Forecasting*. 28 (4). 842-848.
- Ahmed, E. (2015). Demand planning practices and concepts in Estonian Manufacturing industries: magistrifitöö. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Ali, M. M., Boylan, J. E., Syntetos, A. A. (2012). Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing. – *International Journal of Forecasting*. 28 (4). 830-841.
- Alvarado-Valencia, J., Barrero, L. H., Önkald., Dennerlein J. T. (2017). *Expertise, credibility of system forecasts and integration methods in judgmental demand forecasting*. – *International Journal of Forecasting*. 33 (1). 298-313.
- APICS Certified Supply Chain Professional Learning System (CSCP). Module 2: Supply Chain Planning and Execution. Version 4.0. (2016). APICS.
- Arula, A-M. (2017). Vahelduva nõudluse ja varude juhtimine AS Norma ohutusrihmade koostamise üksuses: magistrifitöö. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Arvan, M., Fahimnia, B., Reisi, M., Siemsen, E. (2019). Integrating human judgement into quantitative forecasting methods: A review. – *Omega*. 86. 237-252.
- Basole, R. C., Bellamy, M. A. (2014). Visual analysis of supply network risks: Insights from the electronics industry. – *Decision Support Systems*. 67. 109-120.
- Begen, M. A., Pun, H., Yan, X. (2016). Supply and demand uncertainty reduction efforts and cost comparison. – *International Journal of Production Economics*. 180. 125-134.
- Boone, T., Ganeshan, R., Jain, A., Sanders, N. R. (2019). Forecasting sales in the supply chain: Consumer analytics in the big data era. – *International Journal of Forecasting*. 35 (1). 170-180.
- Chatfield, D. C., Pritchard, A. M. (2013). Returns and the bullwhip effect. – *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 49 (1). 159-175.
- Ciancimino, E., Cannella, S., Bruccoleri, M., Framinan, J. M. (2012). On the Bullwhip Avoidance Phase: The Synchronised Supply Chain. – *European Journal of Operational Research*. 221 (1). 49-63.

- Dedrick, J., Kraemer, K. L., Linden, G. (2010). Who profits from innovation in global value chains? A study of the iPod and notebook PCs. – *Industrial and Corporate Change*. 19 (1). 81-116.
- Dillman, D. A. (2011). *Mail and Internet Surveys: The Tailored Design Method*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Eesti Elektroonikatööstuse Liit. (2019). *Smart Electronics from Estonia*. Eesti Elektroonikatööstuse Liit: Tallinn.
- Eolane Tallinn AS Kliendijuht. Autori intervjuu. Üleskirjutis. 23.12.2019
- Eolane Tallinn AS Kliendinõudlusjuht. Autori intervjuu. Helisalvestis. Tallinn. 12.09.2019.
- Eolane Tallinn AS Tarneahelajuht. Autori intervjuu. Helisalvestis. Tallinn. 09.09.2019.
- Eolane Tallinn AS Äriarendusjuht. Autori intervjuu. Helisalvestis. Tallinn. 16.09.2019.
- Fildes, R., Goodwin, P. (2007). Against your better judgment? How organizations can improve their use of management judgment in forecasting. – *Interfaces*. 37. 570-576.
- Fildes, R., Kingsman, B. G. (2010). Incorporating demand uncertainty and forecast error in supply chain planning models. – *Journal of the Operational Research Society*. 62. 483-500.
- Fildes, R., Petropoulos, F. (2015). Simple versus complex selection rules for forecasting many times series. – *Journal of Business Research*. 68 (8). 1692-1701.
- Green, K. C., Armstrong, J. S. (2015). Simple versus complex forecasting: The evidence. – *Journal of Business Research*. 68 (8). 1678-1685.
- Hanke, J. E., Wichern, D. W. (2009). *Business forecasting*. 9th ed. New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Hill, A. V., Zhang, W., Burch, G. F. (2015). Forecasting the forecastability quotient for inventory management. – *International Journal of Forecasting*. 31 (3). 651-663.
- Joala, T. (2019). *Nõudluspõhine materjalivajaduste planeerimine Saku Õlletehases: magistritöö*. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Klient 1. Autori intervjuu. Üleskirjutis. Tallinn. 30.12.2019
- Kostap, M. (2019). *Tarneahela koostöövormide rakendamine ettevõttes Eolane Tallinn AS: magistritöö*. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Kremer, M., Moritz, B., Siemsen, E. (2011). Demand forecasting behavior: system neglect and change detection. – *Management Science*. 57 (10). 1827-1843.

- Kumar, G., Banerjee, R. N. (2012). An implementation strategy for collaboration in supply chain: An investigation and suggestions. – *International Journal of Services and Operations Management*. 11 (4). 407-427.
- Kumar, G., Banerjee, R. N., Meena, P. L., Ganguly, K. K. (2017). Joint planning and problem solving roles in supply chain collaboration. – *IIMB Management Review*. 29 (1). 45-57.
- Kutsekoda. (2018) Ülevaade Eesti tööturu olukorrast, tööjõuvajadusest ning sellest tulenevast koolitusvajadusest. OSKA uuringuaruanne. Kutsekoda: Tallinn.
- Majandusaasta aruanne. (2015, 2016, 2017, 2018). Eolane Tallinn AS.
- Majandusaasta aruanne. (2018). Enics Eesti AS.
- Majandusaasta aruanne. (2018). Ericsson Eesti AS.
- Majandusaasta aruanne. (2018). FLIR Systems Estonia OÜ.
- Majandusaasta aruanne. (2018). NOTE Pärnu OÜ.
- Majandusaasta aruanne. (2018). Scanfil OÜ.
- Manuj, I., Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management. – *Journal of Business Logistics*. 29 (1). 133-155.
- Ord, J. K., Fildes, R., Kourentzes, N. (2017). Principles of Business Forecasting, 2nd Ed. New York: Wessex Press Publishing Co.
- Pandya, B., Thakkar, H. (2016). A review on inventory management control techniques: ABC-XYZ analysis. – *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*. 2 (3). 82-86.
- Pauwels, K., Ambler, T., Clark, B. H., LaPointe, P., Reibstein, D., Skiera, B., Wierenga, B., Wiesel, T. (2009). Dashboards as a Service: Why, What, How, and What Research Is Needed? – *Journal of Service Research*. 12 (2). 175-189.
- Petropoulos, F., Kourentzes, N., Nikolopoulos, K., Siemsen, E. (2018). Judgmental selection of forecasting models. – *Journal of Operations Management*. 60. 34-46.
- Prak, D., Teunter, R. (2019). A general method for addressing forecasting uncertainty in inventory models. – *International Journal of Forecasting*. 35 (1). 224-238.

- Ryu, S.-J., Tsukishima, T., Onari, H. (2009). A study on evaluation of demand information-sharing methods in supply chain. – *International Journal of Production Economics*. 120 (1). 162-175.
- Sauga, A. (2017). Statistika õpik majanduseriala üliõpilastele. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.
- Shin, N., Kraemer, K. L., Dedrick, J. (2009). R&D, value chain location and firm performance in the global electronics industry. – *Industry and Innovation*. 16. 315-330.
- Shim, J. K., Siegel, J. G. (2009). *Budgeting Basics and Beyond*. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Sillar, H-L. (2018). AS Norma allhanke varude planeerimine: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Sisedokumentatsioon. (2019). Eolane Tallinn AS.
- Soosay, C. A., Hyland, P. W., Ferrer, M. (2008). Supply chain collaboration: Capabilities for continuous innovation. – *Supply Chain Management: An International Journal*. 13 (2). 160-169.
- Sørås, A. (2015). Problems of lean thinking implementation in sales and marketing functions, example of the electronics industry: diplomitöö. Tallinna Tehnikaülikool: Tallinn.
- Stank, T. P., Dittmann, J. P., Autry, C. W. (2011). The new supply chain agenda: A synopsis and directions for future research. – *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 41 (10). 940-955.
- Syntetos, A. A., Babai, M. Z., Gardner, E. S. (2015). Forecasting intermittent inventory demands: simple parametric methods vs. bootstrapping. – *Journal of Business Research*. 68 (8). 1746-1752.
- Syntetos, A. A., Babai, Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., Nikolopoulos, K. (2016) Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future. – *European Journal of Operational Research*. 252 (1). 1-26.
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E. (2001). On the bias of intermittent demand estimates. – *International Journal of Production Economics*. 71 (1-3). 457-466.
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. – *International Journal of Forecasting*. 21 (2). 303-314.

- Syntetos, A. A., Boylan, J. E., Disney, S. M. (2009). Forecasting for inventory planning: a 50- year review. – *Journal of the Operational Research Society*. 60 (1). 149-60.
- Syntetos, A. A., Nikoloupoulos, K., Boylan, J. E. (2010). Judging the judges through accuracy- implication metrics: The case of inventory forecasting. – *International Journal of Forecasting*. 26 (1). 134-143.
- Zahharova, V. (2014). Tulevikustrateegia toetamisele suunatud kompetentside juhtimine Eolane Tallinn AS-s: magistritöö. Estonian Business School: Tallinn.
- Zhai, E., Shi, Y., Gregory, M. (2007). The growth and capability development of electronics manufacturing service (EMS) companies. – *International Journal of Production Economics*. 107 (1). 1-19.
- Zhao, Y., Cao, Y., Li, H., Wang, S., Zhang, Y., Liu, Y., Li, Y. (2018). Bullwhip effect mitigation of green supply chain optimization in electronics industry. – *Journal of Cleaner Production*. 180 (10). 888-912.
- Tang, C., Tomlin, B. (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. – *International Journal of Production Economics*. 116 (1). 12-27.
- Tekez, E. K. (2018) Development of an expert system for demand management process. – *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 31 (10). 970-977.
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., Babai, M. Z., (2011) Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. – *European Journal of Operational Research*. 214 (3). 606-615.
- Teunter, R., Sani, B. (2009). On the bias of Croston's forecasting method. – *European Journal of Operational Research*. 194 (1). 177-183.
- Uhlmann, I. R., Portela Santos, P. P., de Souza Silva, C. A., Frazzon, E. M. (2018). Production Rescheduling for Contract Manufacturing Industry based on Delivery Risks. – *IFAC-PapersOnLine*. 51 (11). 1059-1064.
- Vilarinho, S., Lopes, I., Sousa, S. (2018). Developing dashboards for SMEs to improve performance of productive equipment and processes. – *Journal of Industrial Information Integration*. 12. 13-22.
- Williams, B. D., Waller, M. A., Ahire, S., Ferrier, G. D. (2014). Predicting retailer orders with POS and order data: The inventory balance effect. – *European Journal of Operational Research*. 232 (3). 593-600.

Yigitbasioglu, O. M., Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. – *International Journal of Accounting Information Systems*. 13 (1). 41-59.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: design and methods*. 6th Ed. Los Angeles: Sage.

LISAD

Lisa 1 Küsitlus

DEMAND FORECASTING PRACTICES AND COLLABORATION: A SURVEY

Thank you for taking this survey! We kindly request that you respond to the questions in the brief survey below. The survey will take about 7 - 10 minutes of your valuable time. This survey is being conducted as a partial fulfilment of a master thesis in logistics & supply chain management. Your answers will be kept strictly confidential. We don't ask for your name or your organization. Your response will be combined with answers from different individuals in different organizations.

1. In which business segmentation you are operating in?

- Industrial
- Automotive
- Telecommunication and defense

2. Which departments are involved in demand forecasting in your company?

- Supply chain or operations
- Logistics
- Sales and marketing
- Finance
- Other (please specify)

3. Which department is responsible for the demand forecasting process in your company?

- Supply chain or operations
- Logistics
- Sales and marketing
- Finance
- Other (please specify)

4. Are there any selected customers involved in your demand forecasting process?

- Yes, to notable extent
- Yes, seldom
- No

5. If yes, please briefly explain how?

- Customers provide forecasts
- Customers provide trends and future prospects
- Customers inform about exceptional changes in demand (discontinuation of product, end of business etc)
- Other (please specify)

6. Does your sales forecast equal to your forecast to suppliers?

- Yes, sales forecast equals to the forecast to suppliers
- No, sales forecast is usually higher compared to forecast to suppliers
- No, sales forecast is usually lower compared to forecast to suppliers

7. Please choose one typical/key product from your portfolio and evaluate the impact of the following aspects to your general demand forecasting quality. (0 = no problem at all, 5 = essential problem with huge cost and quality consequence)

	0	1	2	3	4	5
Demand is often volatile and unpredictable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Product is subject to design changes (new models, new innovations, old ones becoming obsolete)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Perishable nature of product	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Supply availability is volatile and uncertain	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Competition on the market is tough	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Market prices are volatile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Demand seasonality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Long lead times through supply chain	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. What is the customer order lead time of your selected product (selected product as indicated in previous question?)

- 1 - 5 days
- 5 - 14 days
- 2 weeks - 1 month
- 1 - 3 months
- > 3 months

9. How do you estimate your current demand forecasting process and its output?

- Highly effective
- Somewhat effective
- Needs improvement
- Ineffective

10. Do you measure your sales forecast accuracy?

- Yes
- No

11. Do you measure your sales forecast variance?

- Yes
- No

12. How do you evaluate your forecast accuracy in different horizons?

	Highly accurate	Moderately accurate	Somewhat accurate	Poorly accurate
Short-term forecast (1 - 3 months)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medium-term forecast (3 months - 1 year)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Long-term forecast (> 1 year)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. What is your typical forecasting horizon on different aggregation levels?

13. What is your typical forecasting horizon on different aggregation levels?

	1 - 6 months	6 - 12 months	> 1 year
On item level	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
On product family level	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. How often is your forecast to suppliers being reviewed and revised?

- Once per week
- Once per month
- Once per quarter
- Randomly

15. Is your forecast obtained by qualitative, quantitative methods or combination of both qualitative and quantitative methods?

- By qualitative methods
- By quantitative methods
- Combination of qualitative and quantitative method

16. How much do you use the following forecasting tools/methods? (0 = not using, 5 = essential)

	0	1	2	3	4	5
Delphi method	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sales Force Estimates	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumer Surveys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Naive approach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moving averages	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Exponential Smoothing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trend projection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. How serious problems can potential forecasting errors cause in the following aspects? (0 = Not at all serious, 5 = Extremely serious)

	0	1	2	3	4	5
Loss of loyal customers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lost sales opportunities	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contractual fines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Costs of error corrections	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Halted supply	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. What kind of tools do you use in forecasting process?

- Excel Spreadsheet
- Forecasting Software
- Combination of Excel Spreadsheet and forecasting Software

19. If your supplier is having better tools for more accurate forecasting would you accept their forecast instead?

- Yes
- Yes, if the forecast is being reviewed together
- No

20. What would be the most important benefits from collaborative demand forecasting? (0 = No effect, 5 = Remarkable benefit)

	0	1	2	3	4	5
Less inventory	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Less financial cost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Better delivery time	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Higher customer satisfaction	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Would you be interested in feedback about your forecast variance and accuracy from your supplier?

- Yes
- No

Lisa 2 Väljavõtte ABC-XYZ analüüsi teel moodustatud valimist

Artikkel	Segment	Müügitulu (tuh eurot)	Akumuleeritud müügitulu (tuh eurot)	Determinatsiooni- kordaja	Variatsiooni- kordaja	ABC kategooria	XYZ kategooria
Artikkel 1	Tööstus	724	724	0,003	0,605	A	Y
Artikkel 2	Tööstus	555	1279	0,003	0,852	A	Y
Artikkel 3	Tööstus	857	2136	0,002	0,868	A	Y
Artikkel 4	Tööstus	626	2762	0,000	0,648	A	Y
Artikkel 5	Telekommunikatsioon	1188	3949	0,007	1,023	A	Z
Artikkel 6	Telekommunikatsioon	2226	6175	0,013	1,285	A	Z
Artikkel 7	Telekommunikatsioon	1682	7857	0,000	1,487	A	Z
Artikkel 8	Telekommunikatsioon	1305	9162	0,001	2,141	A	Z
Artikkel 9	Autotööstus	1376	10538	0,154	0,380	A	X
Artikkel 10	Autotööstus	1044	11582	0,148	0,552	A	Y
Artikkel 11	Autotööstus	911	12493	0,238	0,691	A	Y
Artikkel 12	Autotööstus	915	13408	0,009	0,265	A	X

Lisa 3 Prognosimeetodite tulemused

Artikkel	Segment	Periood	Eksponeentsiaalne silumine	Lihntne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 1	Tööstus	2018-1	1292	1084	984	1167	1051	800
		2018-2	1165	820	761	1113	1002	897
		2018-3	1096	1104	1202	971	874	400
		2018-4	917	699	787	906	816	649
		2018-5	848	649	669	885	796	800
		2018-6	835	616	549	1028	925	1600
		2018-7	1032	1016	830	886	798	320
		2018-8	849	907	1055	1125	1013	2080
		2018-9	1166	1333	1156	1220	1098	1600
		2018-10	1278	1333	1178	1220	1098	0
		2018-11	949	1227	1625	1136	787	800
		2018-12	910	800	866	1221	908	1560
		2019-1	1078	787	515	1297	1017	1600
		2019-2	1212	1320	1202	1197	977	800
		2019-3	1106	1320	1479	1118	938	800
		2019-4	1027	1067	1182	1054	903	800
		2019-5	969	800	800	1003	872	800
		2019-6	925	800	800	1283	1127	2400
		2019-7	1305	1333	1004	1283	1127	0
		2019-8	969	1067	1330	1186	810	800
		2019-9	925	1067	1248	1269	935	1600
		2019-10	1099	800	520	1175	915	800
		2019-11	1022	1067	1116	1260	1023	1600
		2019-12	1171	1333	1284	1648	1378	3200
Artikkel 2	Tööstus	2018-1	875	1208	885	1755	1580	0
		2018-2	767	1208	1817	1506	1355	1704
		2018-3	882	1208	924	1602	1441	1681
		2018-4	981	1128	885	1602	1441	0
		2018-5	860	1128	1692	1370	1233	1680
		2018-6	961	1120	808	1370	1233	0
		2018-7	843	560	872	1222	1100	1680
		2018-8	946	1120	808	1458	1312	2560
		2018-9	1144	1413	872	1458	1312	0
		2018-10	1003	1413	2137	1169	1052	840
		2018-11	983	1133	1231	1286	1157	1640
		2018-12	1064	827	436	1391	1252	1681
		2019-1	1140	1387	1255	1475	1328	1680
		2019-2	1206	1667	1661	1540	1386	1680
		2019-3	1265	1680	1680	1436	1293	840
		2019-4	1212	1400	1680	1341	1207	842
		2019-5	1167	1121	1244	1264	1137	880
		2019-6	1132	854	841	1345	1211	1651
		2019-7	1195	1124	862	1252	1127	840
		2019-8	1152	1124	1280	1331	1198	1640
		2019-9	1212	1377	1230	1331	1198	0
		2019-10	1063	827	1255	1082	974	1680
		2019-11	1139	1107	789	1392	1253	2800
		2019-12	1343	1493	872	1392	1253	0

Artikkel	Segment	Periood	Eksponeentsiaalne silumine	Lihtne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 3	Tööstus	2018-1	2324	3171	4600	3942	3398	0
		2018-2	1859	1733	3519	1497	1815	621
		2018-3	1612	207	0	1781	1644	3
		2018-4	1290	208	201	2132	1745	2160
		2018-5	1464	928	421	2132	1745	0
		2018-6	1171	721	700	1385	1377	1440
		2018-7	1225	1200	1462	1802	1512	2160
		2018-8	1412	1200	465	2026	1612	2068
		2018-9	1543	1889	1673	1749	1395	144
		2018-10	1263	1457	2130	1718	1399	1440
		2018-11	1299	1217	1446	1961	1635	2880
		2018-12	1615	1488	563	1862	1584	1440
		2019-1	1580	1920	1905	1780	1538	1440
		2019-2	1552	1920	2415	1713	1498	1440
		2019-3	1530	1440	1440	1947	1716	2880
		2019-4	1800	1920	1440	2076	1841	2592
		2019-5	1958	2304	1905	2076	1841	0
		2019-6	1566	1824	2787	1662	1826	4991
		2019-7	2251	2528	1754	1662	1826	0
		2019-8	1801	1664	1613	1313	1433	1440
		2019-9	1729	2144	3378	1877	1657	2880
		2019-10	1959	1440	465	2023	1648	1440
		2019-11	1855	1920	1905	2289	1843	2880
		2019-12	2060	2400	2415	2734	2236	4320
Artikkel 4	Tööstus	2018-1	336	300	293	284	315	0
		2018-2	240	233	407	252	276	500
		2018-3	314	400	209	252	276	0
		2018-4	225	167	291	223	234	300
		2018-5	246	267	126	295	250	300
		2018-6	262	200	300	334	261	300
		2018-7	272	300	300	346	270	300
		2018-8	280	300	300	345	275	300
		2018-9	286	300	300	359	294	400
		2018-10	318	333	342	389	326	500
		2018-11	370	400	442	372	318	300
		2018-12	350	400	416	438	380	700
		2019-1	449	500	467	470	412	600
		2019-2	492	533	658	506	447	650
		2019-3	537	650	621	505	449	500
		2019-4	526	583	587	474	423	350
		2019-5	476	500	437	439	393	300
		2019-6	426	383	329	411	369	300
		2019-7	390	317	300	439	394	550
		2019-8	436	383	405	421	378	350
		2019-9	411	400	466	427	384	450
		2019-10	422	450	392	402	361	300
		2019-11	388	367	387	402	361	0
		2019-12	278	250	174	402	361	0

Artikkel	Segment	Periood	Eksponeentsiaalne silumine	Lihtne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 5	Telekomunikatsioon	2018-1	248	280	198	200	180	241
		2018-2	247	332	425	241	217	402
		2018-3	271	217	188	221	199	143
		2018-4	251	262	242	189	170	61
		2018-5	222	202	235	164	148	66
		2018-6	198	90	100	145	131	68
		2018-7	178	65	64	129	116	63
		2018-8	160	66	65	135	121	159
		2018-9	160	97	97	121	109	66
		2018-10	145	96	84	187	168	451
		2018-11	192	225	236	270	243	601
		2018-12	256	373	324	232	208	79
		2019-1	228	377	359	194	175	45
		2019-2	200	242	308	187	169	159
		2019-3	194	94	98	172	155	110
		2019-4	181	105	90	153	138	79
		2019-5	165	116	122	151	136	142
		2019-6	161	110	114	231	208	552
		2019-7	222	258	249	202	182	87
		2019-8	201	260	210	166	149	19
		2019-9	173	219	278	146	131	66
		2019-10	156	57	66	122	110	26
		2019-11	136	37	31	144	129	231
		2019-12	151	108	112	127	114	60
Artikkel 6	Telekommunikatsioon	2018-1	819	923	659	588	468	395
		2018-2	722	885	881	588	468	0
		2018-3	555	806	1133	433	445	1081
		2018-4	676	492	368	449	390	1
		2018-5	521	361	375	449	390	0
		2018-6	400	361	533	244	280	566
		2018-7	439	189	91	244	280	0
		2018-8	337	189	196	226	232	160
		2018-9	297	242	305	298	243	240
		2018-10	283	133	94	295	220	10
		2018-11	220	137	164	287	214	150
		2018-12	204	133	146	240	184	1
		2019-1	157	54	57	194	195	575
		2019-2	254	242	167	365	312	1020
		2019-3	430	532	364	365	312	0
		2019-4	331	532	637	217	218	24
		2019-5	260	348	506	248	210	117
		2019-6	227	47	27	248	210	0
		2019-7	175	47	52	268	266	1022
		2019-8	370	380	222	299	249	84
		2019-9	304	369	368	487	384	1180
		2019-10	506	762	722	497	393	427
		2019-11	488	564	519	497	393	0
		2019-12	375	536	729	497	393	0

Artikkel	Segment	Periood	Eksponentsiaalne silumine	Lihne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 17	Telekommunikatsioon	2018-1	287	493	666	252	227	71
		2018-2	281	493	444	223	201	109
		2018-3	275	64	62	192	173	67
		2018-4	269	82	88	172	155	92
		2018-5	263	89	86	163	147	127
		2018-6	259	95	93	140	126	49
		2018-7	253	89	98	118	106	30
		2018-8	246	69	68	309	278	1073
		2018-9	271	384	285	275	248	140
		2018-10	267	414	536	384	346	820
		2018-11	284	678	584	424	382	585
		2018-12	294	515	559	358	322	91
		2019-1	287	499	538	299	269	65
		2019-2	281	247	234	271	244	158
		2019-3	277	105	95	240	216	115
		2019-4	272	113	120	228	205	180
		2019-5	269	151	143	201	181	95
		2019-6	263	130	140	226	203	325
		2019-7	265	200	176	215	193	171
		2019-8	262	197	219	187	168	74
		2019-9	257	190	194	157	141	37
		2019-10	250	94	94	133	120	40
		2019-11	243	50	49	143	129	181
		2019-12	241	86	73	121	109	33
Artikkel 18	Telekommunikatsioon	2018-1	274	1179	1404	789	647	5
		2018-2	265	1181	996	677	552	30
		2018-3	256	1186	1146	561	464	25
		2018-4	248	20	20	454	382	1
		2018-5	240	19	17	454	382	0
		2018-6	231	9	8	454	382	0
		2018-7	223	0	0	454	382	0
		2018-8	216	0	0	454	382	0
		2018-9	208	0	0	92	130	11
		2018-10	201	4	4	92	130	0
		2018-11	194	4	3	177	187	1010
		2018-12	223	340	405	231	182	5
		2019-1	215	338	286	249	172	10
		2019-2	208	342	330	249	172	0
		2019-3	201	5	4	154	134	40
		2019-4	195	17	19	169	127	30
		2019-5	189	23	23	163	118	37
		2019-6	184	36	36	330	245	1000
		2019-7	212	356	418	292	226	107
		2019-8	209	381	335	292	226	0
		2019-9	202	369	352	292	226	0
		2019-10	194	36	34	292	226	0
		2019-11	188	0	0	158	196	1025
		2019-12	217	342	407	452	407	2120

Artikkel	Segment	Periood	Ekspponentsiaalne silumine	Lihtne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 19	Autotööstus	2018-1	15275	10989	17356	11549	10288	31680
		2018-2	25144	21280	27722	13810	12378	23040
		2018-3	23878	24960	26009	16261	14611	26160
		2018-4	25251	26960	25088	16070	14454	15360
		2018-5	19301	21520	19071	17076	15364	21120
		2018-6	20395	20880	19141	18751	16874	25460
		2018-7	23442	20647	23969	19128	17215	20640
		2018-8	21756	22407	22296	20678	18610	26880
		2018-9	24839	24327	24736	23407	21066	34320
		2018-10	30543	27280	31763	22613	20352	19440
		2018-11	23863	26880	24553	24090	21681	30000
		2018-12	27555	27920	26371	23208	20888	19680
		2019-1	22818	23040	23226	25863	23276	36480
		2019-2	31037	28720	30707	27506	24756	34080
		2019-3	32868	30080	34905	28341	25507	31680
		2019-4	32153	34080	32505	24833	22349	10800
		2019-5	19307	25520	17975	23898	21508	20160
		2019-6	19820	20880	16944	23295	20965	20880
		2019-7	20458	17280	20633	22908	20617	21360
		2019-8	21001	20800	21195	23894	21505	27840
		2019-9	25115	23360	25613	25115	22604	30000
		2019-10	28054	26400	29258	25900	23310	29040
		2019-11	28647	28960	29370	25808	23227	25440
		2019-12	26718	28160	26677	24103	21692	17280
Artikkel 20	Autotööstus	2018-1	302908	92441	100957	204498	184048	0
		2018-2	292378	90689	79512	119854	132762	140842
		2018-3	287110	112249	119001	156934	144743	205926
		2018-4	284288	115589	121414	195871	168445	294977
		2018-5	284659	213915	220393	204848	173581	204871
		2018-6	281886	235258	230514	205363	175056	191730
		2018-7	278751	230526	228629	204992	176716	197188
		2018-8	275916	197930	198126	190103	165666	127848
		2018-9	270769	172255	167868	181199	159304	144603
		2018-10	266383	156546	156811	188420	166761	216962
		2018-11	264664	163138	167979	171835	152826	105333
		2018-12	259125	155633	149312	173021	154420	177712
		2019-1	256295	166669	170011	189480	169530	255294
		2019-2	256260	179446	185273	165476	148314	69450
		2019-3	249766	167485	156461	147711	132555	76646
		2019-4	243748	133797	132086	161817	145340	218242
		2019-5	242861	121446	130620	168027	151009	192866
		2019-6	241123	162585	162611	162046	145696	138121
		2019-7	237542	183076	179265	148953	133964	96581
		2019-8	232642	142523	139216	138484	124575	96608
		2019-9	227913	110437	109953	130087	117038	96499
		2019-10	223344	96563	96556	134391	120923	151609
		2019-11	220851	114905	118442	146050	131423	192687
		2019-12	219872	146932	150213	136102	122478	96310

Artikkel	Segment	Periood	Ekspponentsiaalne silumine	Lihtne libisev keskmine (3M)	Kaalutud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	Tegelik nõudlus
Artikkel 11	Autotööstus	2018-1	72338	68189	84606	96511	86860	163800
		2018-2	116783	92699	119335	109386	98448	160888
		2018-3	138215	140989	146440	113717	102345	131040
		2018-4	134729	151909	143090	108591	97732	88088
		2018-5	112064	126672	111520	103035	92731	80808
		2018-6	96875	99979	93776	100773	90696	91728
		2018-7	94374	86875	89301	102895	92606	111384
		2018-8	102640	94640	101311	94256	84830	59696
		2018-9	81772	87603	74698	82976	74678	37856
		2018-10	60431	69645	58439	70905	63814	22622
		2018-11	42058	40058	33605	59636	53672	14560
		2018-12	28696	25013	21245	59636	53672	0
		2019-1	14751	12394	7455	35460	39279	45136
		2019-2	29516	19899	31417	43884	40475	45136
		2019-3	37107	30091	34419	42377	36443	14560
		2019-4	26150	34944	26195	38586	32697	14560
		2019-5	20518	24752	21820	40173	34245	43680
		2019-6	31773	24267	32599	41116	35444	43680
		2019-7	37559	33973	36766	41728	36364	43680
		2019-8	40534	43680	43680	42159	37065	43680
		2019-9	42063	43680	43680	44663	39529	54600
		2019-10	48155	47320	50445	51111	45457	76875
		2019-11	62111	58385	65806	51111	45457	0
		2019-12	31929	43825	23965	51111	45457	0
Artikkel 12	Autotööstus	2018-1	10046	8515	11287	7721	6949	20640
		2018-2	14126	14000	17831	9344	8410	15840
		2018-3	14786	16640	17712	10752	9676	16380
		2018-4	15400	17620	16169	10647	9583	10230
		2018-5	13409	14150	12629	11494	10344	14880
		2018-6	13975	13830	13066	12315	11084	15600
		2018-7	14601	13570	15319	12060	10854	11040
		2018-8	13230	13840	12819	13056	11750	17040
		2018-9	14697	14560	14700	13853	12468	17040
		2018-10	15600	15040	17040	13098	11788	10080
		2018-11	13474	14720	12795	13263	11936	13920
		2018-12	13646	13680	12422	12818	11536	11040
		2019-1	12642	11680	12163	13950	12555	18480
		2019-2	14891	14480	15578	14136	12723	14880
		2019-3	14886	14800	16284	14381	12943	15360
		2019-4	15069	16240	15173	13905	12514	12000
		2019-5	13887	14080	13311	12612	11351	7440
		2019-6	11404	11600	9219	12778	11500	13440
		2019-7	12188	10960	11100	12238	11014	10080
		2019-8	11376	10320	11391	12622	11360	14160
		2019-9	12448	12560	12568	13314	11983	16080
		2019-10	13847	13440	15331	13819	12437	15840
		2019-11	14615	15360	15934	13839	12455	13920
		2019-12	14347	15280	14669	13615	12254	12720

Lisa 4 Prognoosimudelite vead

Segment	Artikkel	Viga	Kliendi prognoos -4M	Kliendi prognoos -1M	Ekspponentsiaalne silumine	Lihntne libisev keskmine (3M)	Kaalatud libisev keskmine	Crostoni meetod	SBA meetod	
Tööstus	Artikkel 1	MSE	891 070,76	1 249 664,21	661 711,82	634 190,04	605 318,52	429 981,47	456 772,75	
		RMSE	943,97	1 117,88	813,46	796,36	778,02	655,73	675,85	
		MAE	689,85	872,15	656,94	633,97	631,46	500,82	501,31	
		MAPE								
		MASE	0,80	1,02	0,76	0,74	0,74	0,58	0,58	
		Theilii U	0,02	1,42	0,20	0,45	0,87	0,09	0,18	
Tööstus	Artikkel 2	MSE	1 499 652,76	1 388 643,55	1 328 521,53	1 222 838,85	940 256,26	1 762 701,12	1 499 405,76	
		RMSE	1 224,60	1 178,41	1 152,62	1 105,82	969,67	1 327,67	1 224,50	
		MAE	883,91	866,76	922,76	948,91	802,87	913,05	893,34	
		MAPE								
		MASE	0,67	0,65	0,69	0,71	0,60	0,69	0,67	
		Theilii U	0,58	0,79	0,60	0,52	0,47	0,52	0,54	
Tööstus	Artikkel 3	MSE	3 486 866,79	5 305 640,36	3 182 854,31	3 605 490,58	3 652 471,66	3 966 309,85	3 457 628,91	
		RMSE	1 867,32	2 303,40	1 784,06	1 898,81	1 911,14	1 991,56	1 859,47	
		MAE	1 312,73	1 494,24	1 412,53	1 503,78	1 572,08	1 445,61	1 394,39	
		MAPE								
		MASE	0,71	0,81	0,76	0,81	0,85	0,78	0,75	
		Theilii U	0,77	0,73	0,75	0,82	1,05	0,69	0,69	
Tööstus	Artikkel 4	MSE	94 196,39	67 063,06	58 739,04	68 237,28	57 932,48	52 980,48	47 494,17	
		RMSE	306,91	258,97	242,36	261,22	240,69	230,17	217,93	
		MAE	223,00	178,76	199,77	207,11	179,26	175,88	176,00	
		MAPE								
		MASE	1,07	0,86	0,96	0,99	0,86	0,84	0,84	
		Theilii U	0,77	0,52	0,70	0,75	0,68	0,58	0,61	
Telekommunikatsioon	Artikkel 5	MSE	70 600,00	33 146,73	41 382,39	43 225,32	42 117,53	24 487,92	25 544,91	
		RMSE	265,71	182,06	203,43	207,91	205,23	156,49	159,83	
		MAE	213,39	129,33	165,66	146,23	145,91	115,51	111,93	
		MAPE	3,39	1,69	2,73	2,46	2,39	1,69	1,53	
		MASE	1,17	0,71	0,91	0,80	0,80	0,63	0,61	
		Theilii U	1,59	0,70	0,43	0,56	0,63	0,39	0,43	
Telekommunikatsioon	Artikkel 6	MSE	1 671 810,42	860 955,15	321 454,38	277 051,61	263 216,53	198 167,49	202 680,03	
		RMSE	1 292,99	927,88	566,97	526,36	513,05	445,16	450,20	
		MAE	872,12	450,30	450,44	416,51	389,46	336,59	330,11	
		MAPE								
		MASE	1,54	0,79	0,79	0,73	0,69	0,59	0,58	
		Theilii U	2,29	0,91	0,73	0,80	0,85	0,73	0,75	
Telekommunikatsioon	Artikkel 7	MSE	109 187,12	48 579,06	102 117,42	122 790,56	120 055,54	69 635,13	71 817,13	
		RMSE	330,43	220,41	319,56	350,41	346,49	263,88	267,99	
		MAE	245,85	159,18	239,09	210,21	202,98	163,01	155,00	
		MAPE	2,89	2,06	4,39	3,66	3,40	2,42	2,24	
		MASE	0,99	0,64	0,96	0,84	0,82	0,66	0,62	
		Theilii U	1,51	0,86	1,40	1,31	1,57	0,87	0,86	
Telekommunikatsioon	Artikkel 8	MSE	437 445,82	270 906,15	613 625,44	792 668,57	788 990,31	491 520,36	495 354,14	
		RMSE	661,40	520,49	783,34	890,32	888,25	701,09	703,81	
		MAE	260,48	207,73	436,91	546,63	544,97	489,14	470,92	
		MAPE								
		MASE	0,49	0,39	0,82	1,02	1,02	0,91	0,88	
		Theilii U	0,68	0,36	0,92	1,02	1,01	0,81	0,83	
Autotööstus	Artikkel 9	MSE	59 017 500,00	138 646 029,04	68 177 769,46	83 962 914,15	68 672 006,24	58 386 412,05	72 469 811,32	
		RMSE	7 682,28	11 774,80	8 256,98	9 163,13	8 286,86	7 641,10	8 512,92	
		MAE	5 754,00	7 518,22	6 381,95	6 904,56	6 567,92	6 037,85	6 760,12	
		MAPE	0,31	0,49	0,42	0,33	0,32	0,31	0,35	
		MASE	0,82	1,07	0,90	0,98	0,93	0,86	0,96	
		Theilii U	0,71	0,71	0,92	1,08	0,92	0,97	1,07	
Autotööstus	Artikkel 10	MSE	21 610 431 669,70	15 236 537 396,24	19 292 964 291,26	11 811 022 722,49	11 683 762 022,23	7 102 245 562,25	6 639 818 913,54	
		RMSE	147 004,87	123 436,37	138 899,12	108 678,53	108 091,45	84 274,82	81 485,08	
		MAE	112 069,70	90 760,79	114 918,28	84 731,03	83 218,85	59 468,34	60 575,92	
		MAPE								
		MASE	1,21	0,98	1,24	0,91	0,90	0,64	0,65	
		Theilii U	1,00	0,50	1,08	0,36	0,44	0,13	0,22	
Autotööstus	Artikkel 11	MSE	2 397 585 217,94	1 626 812 452,24	1 534 286 341,46	1 687 079 145,19	1 554 064 070,23	1 168 978 647,55	1 081 990 098,07	
		RMSE	48 965,14	40 333,76	39 169,97	41 074,07	39 421,62	34 190,33	32 893,62	
		MAE	40 441,58	26 507,39	33 407,63	35 285,37	32 586,29	26 840,69	27 075,23	
		MAPE								
		MASE	1,31	0,86	1,08	1,15	1,06	0,87	0,88	
		Theilii U	1,66	0,00	0,98	1,21	0,99	0,58	0,56	
Autotööstus	Artikkel 12	MSE	12 368 834,40	46 849 619,23	14 298 947,48	17 425 887,85	15 248 113,36	18 474 010,15	23 117 921,48	
		RMSE	3 516,94	6 844,68	3 781,39	4 174,43	3 904,88	4 298,14	4 808,11	
		MAE	2 951,60	4 559,62	2 949,43	3 160,22	3 195,19	3 229,25	3 722,63	
		MAPE	0,26	0,32	0,23	0,24	0,25	0,26	0,30	
		MASE	0,80	1,23	0,80	0,85	0,86	0,87	1,01	
		Theilii U	0,79	1,37	0,76	0,89	0,86	0,80	0,82	


Lisa 5 Kliendi nõudluseproгноosi käsitlemise protsess

Tegevus	Vastutaja	Sagedus
<ul style="list-style-type: none"> • Proгноosi saabumine (Exceli fail, PDF-fail, EDI) 	Klient	Iga kuu viimaseks kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • (Vajadusel) kliendijuhi informeerimine saanud prognoosist 	Kliendinõudlusspetsialist	Uue progноosi saabumisel
<ul style="list-style-type: none"> • Saabunud originaalprogноosi vormindamine sobivasse formaati Optimacti ja SAPI üleslaadimiseks 	Kliendinõudlusspetsialist	Uue progноosi saabumisel
<ul style="list-style-type: none"> • Kliendi originaalprogноosi üleslaadimine Optimacti 	Kliendinõudlusjuht	Iga kuu 4. kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • Kliendi originaalprogноosi analüüs Optimactis 	Kliendinõudlusspetsialist / Kliendinõudlusjuht	Iga kuu 4. kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • Tagasiside kliendile, juhtimislaua edastamine 	Kliendinõudlusspetsialist / Kliendinõudlusjuht	Iga kuu 5. kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • Nõudluseprogноosi koosolek kliendiga: <ul style="list-style-type: none"> - Viimase kvartali nõudluse täpsus ja varieerumine; - Info jagamine tuleviku-trendide kohta; - Ettepanekud progноosi muutmiseks; - Käesoleva kuu avatud ja progноositud koguste ülevaatus; - Muu (OTIF, hilinenud tellimusridade kontroll jms) 	Kliendijuht / Kliendinõudlusjuht	Iga kuu 7. kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • (Vajadusel muudetud) nõudluseprogноosi üleslaadimine SAPI 	Kliendinõudlusspetsialist	Iga kuu 7. kuupäevaks
<ul style="list-style-type: none"> • Ostumeeskonna ja planeerimismeeskonna informeerimine progноosi uuendamisest SAPIs 	Kliendinõudlusspetsialist	Iga kuu 8. kuupäevaks

Lisa 6 Kliendi juhtimislaud

Customer _____


OTIF Confirmed



97%

Target: 95%


OTIF Requested



87%

Target: 90%

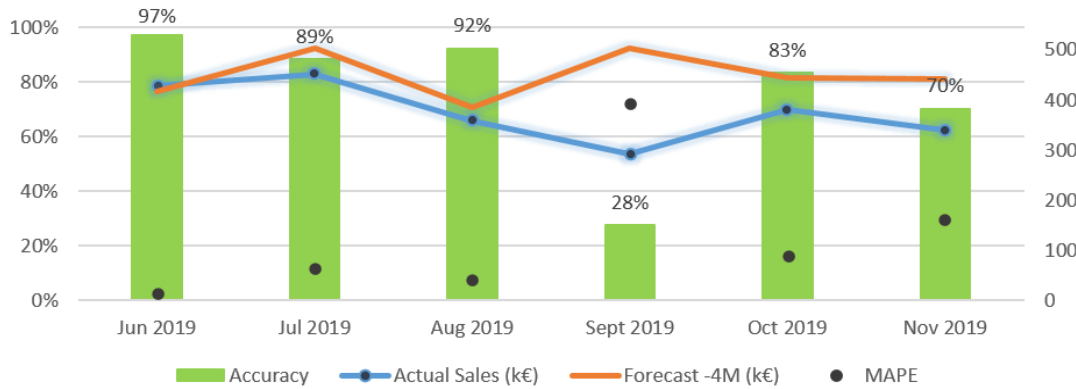
Days of Supply



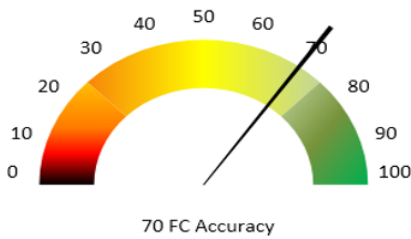
85

Target: 70

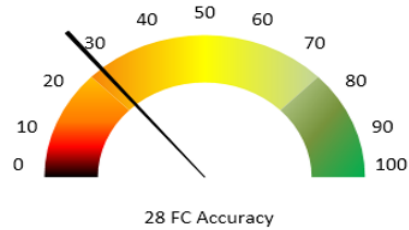
Forecast accuracy



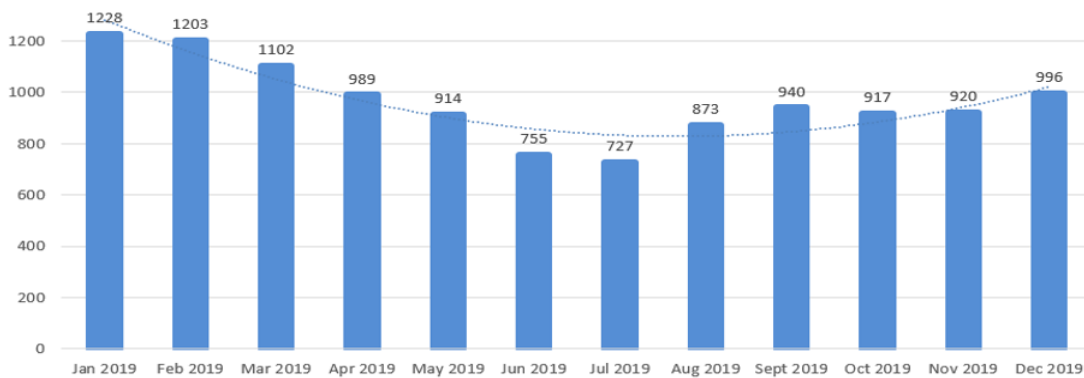
Overall FC accuracy



FC accuracy on Engine level



Inventory (k€)



Excess and Excess Risk Inventory (k€)

