



# Tuotantolinjan optimointi juomateollisuudessa

Juha Laapio

Opinnäytetyö, AMK  
Marraskuu 2023  
Logistiikan tutkinto-ohjelma (AMK)

**Laapio Juha**

## **Tuotantolinjan optimointi juomateollisuudessa**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Lokakuu 2023, 70 sivua.

Logistiikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Projektin tavoitteena oli optimoida juomateollisuuden tuotantolinjan toimintaa tuotannon karkeasuunnittelun keinoin ja kehittää useille tuotantolinjoille sovellettavissa oleva prosessi. Tarkoituksena oli löytää objektiivinen keino tuotantolinjan optimointiin ilman nykyisten toimintamallien mahdollisesti asettamia rajoitteita ja ennako-olettamia. Sovellettavan prosessin kehittämiseksi asetettiin tutkimuskysymykset, joiden avulla saadaan määriteltyä kapasiteetin tehokas käyttö ja tuotettavat eräkoot, varmistaen ensisijaisesti asiakastyytyväisyyden.

Tutkimustyyppinä oli kvantitatiivinen tutkimus. Tutkittava aineisto kerättiin kohdeyrityksen tietojärjestelmästä ja dokumentaatiosta. Lähdeaineisto kerättiin tutkimus- ja ammattikirjallisuudesta, tieteellisistä artikkeleista ja verkkojulkaisuista. Aineiston pohjalta luokiteltiin valmistettavat tuotteet, määriteltiin tuotekohdattaiset varmuusvarastomäärät ja tuotantovälien liikkumavara viikkotasolla. Lisäksi tutkittiin erilaisien tuotantorytmien ja valmistettavien eräkokojen vaikutusta varastotasoihin, tuotevaihtojen määrään ja tuotannon kuormituksen vaihteluun.

Tuloksena löydettiin menetelmät varmuusvarastotasojen säännölliseen määrittelyyn, sekä tuotannon karkeasuunnitteluun saaden samalla tietoa suunnittelujakson ajalta varastotasojen kehityksestä, viikkokohtaisista nimikemääristä, tuotantokapasiteetin kuormituksesta ja niiden määrän vaihtelusta.

Työn päätavoite saavutettiin kehittämällä prosessi, jonka avulla voi painottaa tuotannon karkeasuunnittelussa kokonaisuuteen soveltuvaa optimointiparametria, ja jota voidaan soveltaa useille tuotantolinjoille juomateollisuudessa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Toimitusketju, varastointi, tuotannosuunnittelu, myyntiennuste, varmuusvarasto, määrällinen tutkimus, eksponenttitasointi, juomateollisuus.

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Ei sisälly.

**Laapio Juha**

### **Production line optimization in beverage industry**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, October 2023, 70 pages

Degree Programme in Logistics. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The goal of this project was to optimize utilization of a production line in beverage industry with a methods of rough-cut production planning and to develop a process that can be utilized on several production lines. The purpose was to find an objective way for production line optimization, without possible restrictions of current operating models and anticipations. Do develop an applicable process, the research questions were set to help determining efficient capacity utilization and produced batch sizes, while ensuring customer satisfaction.

Research type was quantitative research. Material for the research was gathered from the researched company's information systems and documentation. Used source material was gathered from professional literature, scientific articles and online publications. Research material was used to analyze and classify manufactured products, and possibility to affect their production schedule, and to calculate safety stocks for each product.

Received results included methods to determine safety stocks regularly and to optimize weekly level production planning while getting information of stock level, amount of weekly products, capacity load and their variation for the planned time period.

The main goal was achieved by developing a process for rough-cut production planning, that can be used by emphasizing suitable optimization parameter and that can be applied for different production lines in beverage industry.

### **Keywords/tags (subjects)**

Supply chain, warehousing, production planning, sales forecast, safety stock, quantitative research, exponential smoothing, beverage industry.

### **Miscellaneous (Confidential information)**

None included.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Toimitusketju .....</b>	<b>9</b>
2.1	Toimitusketjun merkitys .....	9
2.2	Toimitusketjun hallintastrategiat .....	11
2.3	Ennusteen merkitys toimitusketjussa .....	13
2.4	Ennustaminen historiatietojen pohjalta .....	15
<b>3</b>	<b>Varastointi.....</b>	<b>18</b>
3.1	Varastoinnin tarkoitus.....	18
3.2	Varaston ohjaus.....	19
3.3	ABC- ja XYZ-analyysi .....	20
3.4	Varmuusvarasto .....	22
3.5	Varmuusvarastotason määrittely.....	25
<b>4</b>	<b>Tuotannonohjaus.....</b>	<b>26</b>
4.1	Tuotantotyypit.....	26
4.2	Tuotannonohjauksen lajit ja tilauksen kohdennuspiste .....	28
4.3	Tuotannosuunnittelu .....	28
4.4	Kapasiteetin määrittely .....	30
4.5	Kapasiteetin mitoitus .....	32
<b>5</b>	<b>Tutkimusasetelma .....</b>	<b>33</b>
5.1	Tutkimuskysymykset .....	33
5.2	Määrällinen ja laadullinen tutkimus .....	33
5.3	Aineiston analysointimenetelmät .....	34
5.4	Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmät .....	35
5.4.1	Kuinka varmistetaan kunkin tuotteen saatavuus toimitusehtojen mukaisesti.....	37
5.4.2	Aineisto tuotantokapasiteetin tehokkaan käytön varmistamiseksi .....	39
5.4.3	Aineisto tuotettavien eräkokojen määrittämiseksi .....	41
5.4.4	Tuotettavien eräkokojen määrittelyyn käytettävä taulukko.....	43
5.5	Eettisyyden tarkastelu.....	46
<b>6</b>	<b>Tutkimustulokset.....</b>	<b>46</b>
6.1	Valmistettavien tuotteiden analysointi.....	46
6.2	Tuotantoryhmien analysointi.....	49
6.3	Mahdolliset tuotantorytmit .....	51
6.4	Tuotantokapasiteetin analysointi .....	52

6.5	Tutkitut vaihtoehtoiset optimointiratkaisut .....	52
<b>7</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>58</b>
7.1	Tuotteen saatavuuden varmistaminen toimitusehtojen mukaisesti.....	58
7.2	Tuotantokapasiteetin tehokkaan käytön varmistaminen.....	61
7.3	Tuotettavien eräkokojen määrittely .....	62
7.4	Tuotantolinjan optimointiprosessi.....	63
<b>8</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>66</b>
8.1	Tavoitteiden saavuttaminen .....	66
8.2	Tulosten sovellettavuus .....	66
8.3	Tulosten luotettavuus .....	67
8.4	Jatkokehitys.....	68
<b>Lähteet</b>	<b>.....</b>	<b>69</b>

## Kuviot

Kuvio 1.	SCOR digital standard (ASCM releases new SCOR digital standard, 2022).....	10
Kuvio 2.	Matriisi toimitusketjustrategioista (Fisher 2011, 112). .....	11
Kuvio 3.	Toimitusketjun joustavuus (Martin & Holweg 2011, 71).....	13
Kuvio 4.	Liukuva keskiarvo. ....	16
Kuvio 5.	Historiatiedon painoarvon muutos eksponenttitasoituksessa .....	17
Kuvio 6.	Eksponenttitasointi eri alfa-luvuilla.....	18
Kuvio 7.	ABC-analyysin kuvaaja.....	21
Kuvio 8.	Varmuusvarasto. ....	23
Kuvio 9.	Normaalijakauma. ....	24
Kuvio 10.	Eksponentiaalinen jakauma. ....	24
Kuvio 11.	Tuotantotyypit (Krajewski ym. 2016, 74).....	26
Kuvio 12.	Tuotannonohjaus suunnitteluprosessina (Hokkanen ym. 2011, 210).....	29
Kuvio 13.	Brutto- ja nettokapasiteetti 65 % OEE-arvolla.....	32
Kuvio 14.	Aineiston keruu ja analysointi.....	36
Kuvio 15.	Eräkoon muuttajat .....	42
Kuvio 16.	Tuotantoerien ja tuotevaihtojen suhde.....	43
Kuvio 17.	ABC-analyysin kuvaaja.....	47
Kuvio 18.	Tuotantovälien liikkumavara ABC-luokittain. ....	48
Kuvio 19.	Varmuusvaraston jakauma ABC-luokittain. ....	49
Kuvio 20.	Tuoteryhmien välinen jakauma .....	50

Kuvio 21. Varastotason ja nimikemäärän muutos eri vaihtoehtoissa. ....	55
Kuvio 22. Tuotantovälien liikkumavara.....	59
Kuvio 23. Tuotantolinjan optimointiprosessi.....	64
Kuvio 24. Viikoittainen prosessi. ....	65

### **Taulukot.**

Taulukko 1. Ennustetyypit (Jacobs ym. 2018, 66).....	14
Taulukko 2. Varmuuskertoimet eri toimitusvarmuustavoitteilla. ....	25
Taulukko 3. Karkeasuunnittelu. ....	30
Taulukko 4. Tutkimuskysymysten ja -menetelmien välinen yhteys. ....	37
Taulukko 5. Esimerkki tuotantorytmien vertailusta. ....	41
Taulukko 6. 15 viikon suunnittelurunko. ....	44
Taulukko 7. Optimointityökalun päämittarit. ....	45
Taulukko 8. ABC-analyysin tulokset. ....	47
Taulukko 9. Tuoteryhmät ABC-luokittain.....	51
Taulukko 10. Vertailut tuotantorytmit.....	51
Taulukko 11. Tuotantorytmien ja tuoteryhmäkohtaisen kysynnän välinen suhde.....	52
Taulukko 12. Kapasiteetin kuormitus. ....	52
Taulukko 13. Tutkitut optimointivaihtoehdot. ....	54
Taulukko 14. Päämuuttajat eri optimointivaihtoehtoissa. ....	56
Taulukko 15. Varastotason muutos tutkitun ajanjakson aikana. ....	57
Taulukko 16. Päämuuttajat ja tutkimusjakson aikana tapahtuva varastotason muutos. ....	58
Taulukko 17. Tuotantovälien liikkumavara ABC-luokittain.....	59
Taulukko 18. Osuus varastosta ABC-luokittain. ....	60
Taulukko 19. Tutkitut tuotantorytmit.....	61

# 1 Johdanto

Jatkuva parantaminen nähdään nykyään yleisesti tärkeänä yritysten kilpailukyvyn ylläpitämisen ja kehittämisen mahdollistamiseksi (Babitzin 2021; Dewar, Doucette & Epstein 2019). Sakki (2003, 17–20) muistuttaa, että yrityksen toimintaa ja kilpailukykyä parantavien prosessien kehittämisessä on lähdettävä asiakkaan, ei yrityksen tarpeista. Jatkuvaan parantamiseen kannustaa myös Lean-filosofia, jonka yksi kulmakivi on vähentää hukkaa eri muodoissaan ja sitä kautta saada lisättyä asiakkaalle tuotettavaa arvoa (Myerson 2012, 1–2).

Projektin tavoitteena on optimoida juomateollisuuden tuotantolinjan toimintaa tuotannon kärkeasuunnittelun keinoin ja kehittää useille tuotantolinjoille sovellettavissa oleva prosessi. Aiheen taustalla on toimeksiantajayrityksen pyrkimys tasapainottaa tuotantolinjan vaihtelua ja vähentää hukkaa, pystyäkseen toimimaan entistäkin parempana yhteistyökumppanina asiakasyrityksille, varmistaen tuotteiden toimitukset sovittujen toimitusehtojen mukaisesti.

Toimeksiantajana on Suomessa toimiva alkoholittomia juomia valmistava yritys. Yrityksessä valmistetaan erityyppisiä juomia automatisoiduilla täyttölinjoilla, eri kokoihin ja eri materiaaleista valmistettuihin pakkauksiin. Kaikilla valmistettavilla tuotteilla parasta ennen -päiväyksen pituus mitataan kuukausissa. Valmistettavat tuotantoerät koostuvat noin 5000–20000 litran kokoisista tankillisista ja yksi tuotantoerä voi sisältää tällaisia tankillisia yksittäisestä kymmeneen kappaleisiin. Aihe rajataan tutkimaan optimaalisia tuotannon eräkokoja nykyisten tankkikohtaisten eräkokojen mukaisesti, tuote- ja viikkotasolla. Tuotekohtaiset tankkikoot on optimoitu käytettävissä olevien tuotantotankkien koon ja tuotteisiin käytettävien raaka-aineiden pakkauskokojen mukaan. Tässä projektissa lasketaan optimaaliset tuotantomäärät kokonaisina tankkikohtaisina erinä 1-n tankillista tuotantoa kohden, joten tankkikokojen optimointi rajataan tämän työn ulkopuolelle. Lisäksi tutkimuksesta rajataan ulos tuotannollisen optimoinnin vaikutus varastointi- pääoma- ja tuotevaihtokustannusten suuruus ja niiden välinen suhde. Nämä ovat projektia seuraavia jatkovaiheita, kun projektin myötä nähdään varastotasoihin ja tuotevaihtojen määriin mahdollisesti aiheutuvat muutokset.

Tavoitteeseen pääsemiseksi tutkimuksen tietoperusta laaditaan seuraavista aiheista:

- Toimitusketju

- Varastointi
- Tuotannon ohjaus

Valitut tietoperustan aiheet ovat avaintekijöitä tavoitteeseen pääsemiseksi – tuotteiden toimittamiseksi asiakkaalle toimitusehtojen puitteissa. Asiakastyytyväisyys on pidettävä keskiössä myös tuotantoa optimoidessa. Kohdeyritys on asiakkaan näkökulmasta osa heidän toimitusketjuaan ja jotta kohdeyritys voi palvella asiakkaitaan sovitusti, on heidän toimitusketjunsä, varastoinnin ja tuotannon ohjauksen toimittava kitkattomasti. Näin ollen nämä teemat on sisällytettävä tuotantolinjan optimointiprosessiin.

Tutkimuksen tietoperustassa käytettävä lähdeaineisto etsitään pääosin Finnan hakupalvelua käyttäen. Tietoperustan lähdemateriaaliksi etsitään kattavasti kirjallisuustietoa ja tutkimusartikkeleita tietoperustan teemoihin liittyen. Tavoitteena on löytää useampi lähde, eri tekijöiltä, jokaiseen aiheeseen liittyen, tiedon luotettavuuden varmistamiseksi ja mahdollisten toisistaan poikkeavien näkökulmien tunnistamiseksi. Lisäksi lähteitä valitessa kiinnitetään huomiota tekijöiden asiantuntemukseen. Myös tutkimusmenetelmiä kuvaavia lähteitä etsitään enemmän kuin yhdeltä tekijältä.

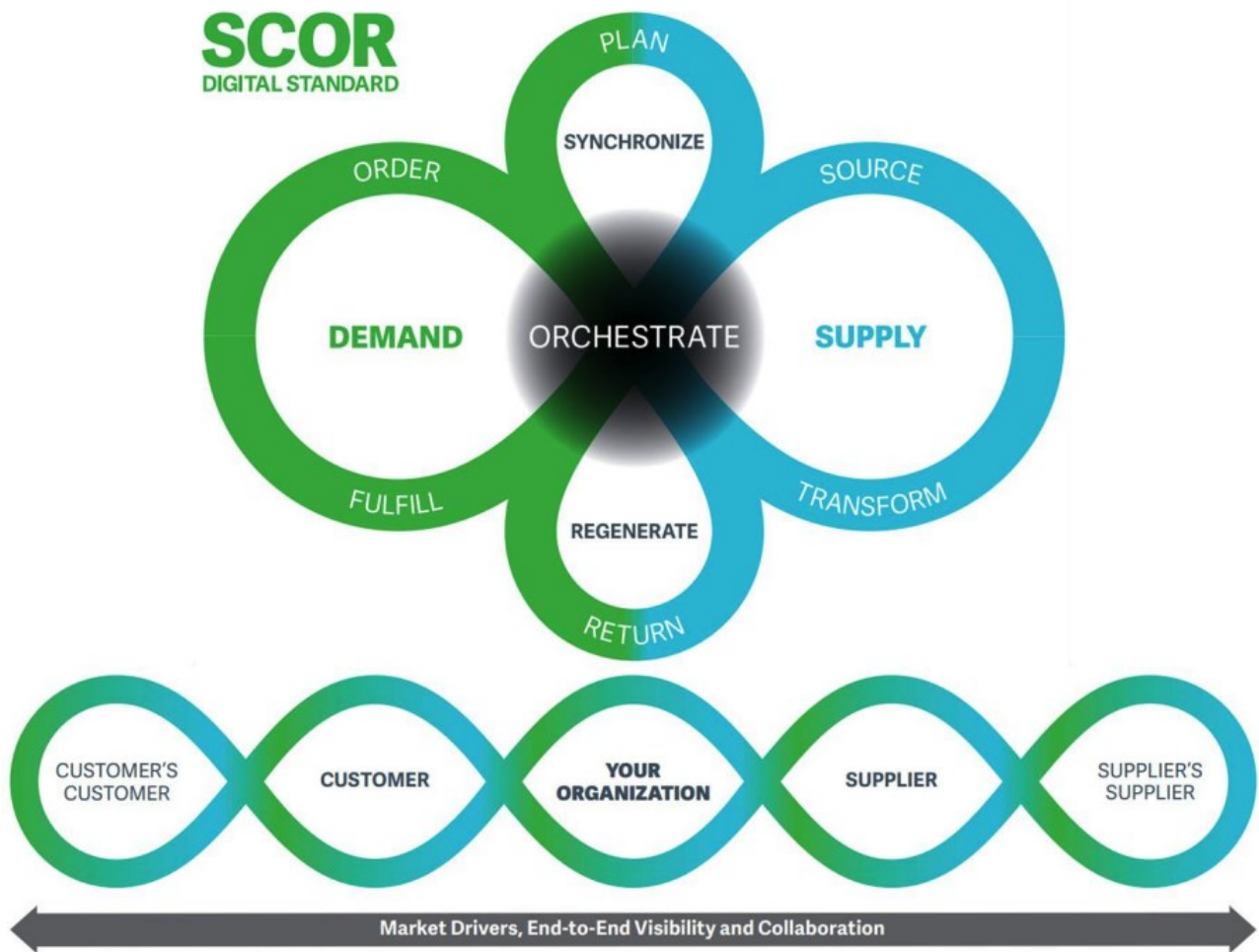
## 2 Toimitusketju

### 2.1 Toimitusketjun merkitys

Toimitusketju terminä kattaa laajan kokonaisuuden prosesseja, esimerkiksi tuotteen vaiheista raaka-aineista loppukäyttäjälle myytäväksi saakka. Toimitusketju sisältää fyysisten nimikkeiden liikkumisen lisäksi myös tiedon ja rahan liikkumista. Usein eri toimijat toimitusketjussa näkevät toimitusketjun eri tavoin – yhden näkökulmasta toimitusketju voi olla vain hankintaa, toisen näkökulmasta valmistusta ja asiakastilausten toimittamista asiakkaalle. (Ayers & Odegaard 2018, 9, 11.)

Ayers ja Odegaard (2018, 12) nostavat esiin huomion, että toimitusketjun määritelmä sisältää useita peräkkäisiä toimijoita palvelun tai tuotteen saattamiseksi loppukäyttäjän saataville. Esimerkiksi itse tuottamaansa palvelua tarjoava yrittäjä ei muodosta toimitusketjua.

Association for Supply Chain -järjestön päivitetty SCOR-malli (Kuvio 1) havainnollistaa nykyaikaista toimitusketjua ja kuinka toimitusketju tähtää asiakkaiden muodostaman kysynnän tyydyttämiseen toimitusketjun eri toimijoiden yhteistyöllä. Lisäksi kuvio havainnollistaa toimitusketjun kaksisuuntaisuutta.



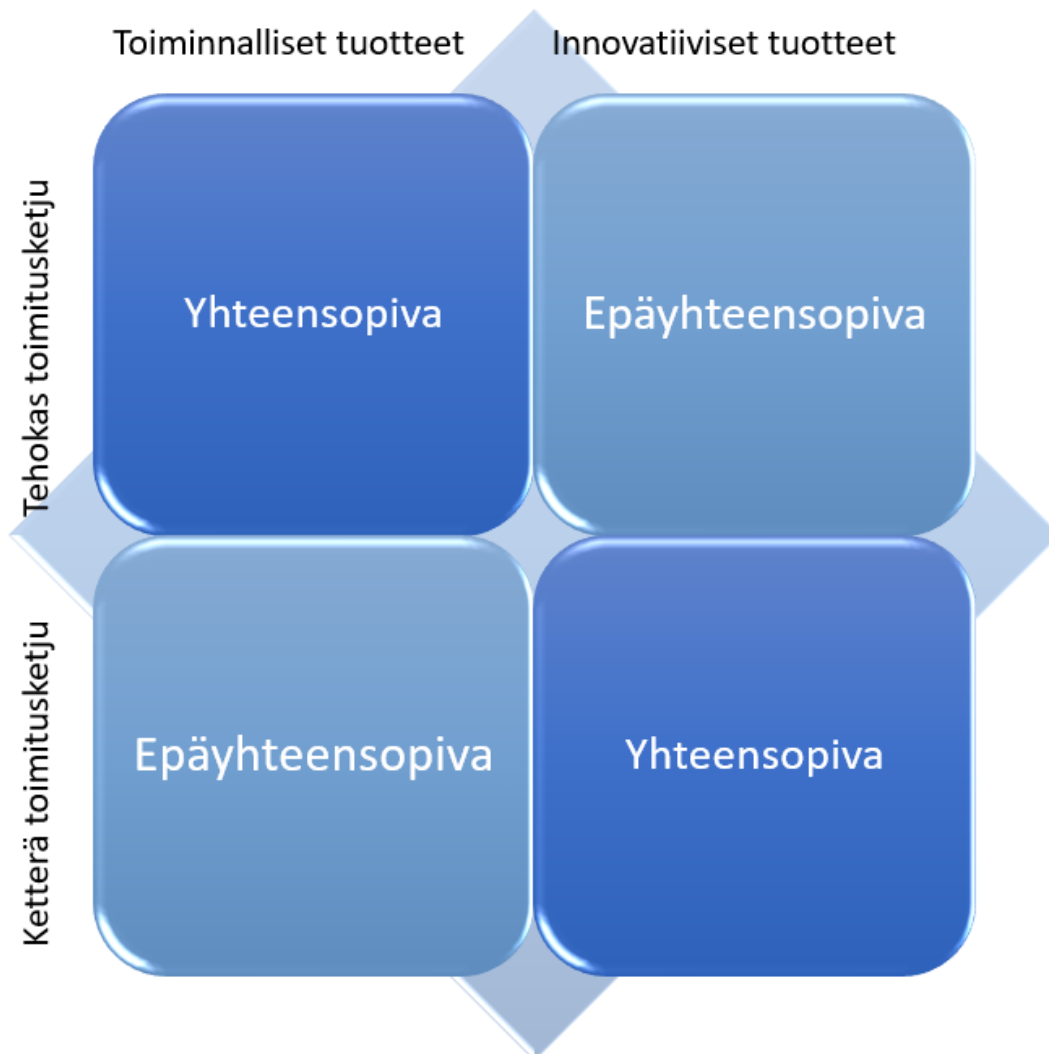
Kuvio 1. SCOR digital standard (ASCM releases new SCOR digital standard, 2022).

Ayers ja Odegaard (2018, 11) mainitsevat toimitusketjussa hyödykkeiden liikkuvan toimitusketjua eteenpäin asiakkaan suuntaan ja tieto- ja rahaliikenteen suuntaavan toimitusketjua asiakkaalta toimitusketjun alkuun päin. Myerson (2012, 5) kuitenkin nostaa esiin hyödykkeiden kulkevan toimitusketjua myös takaisinpäin, esimerkiksi palautettavien tuotteiden ja uudelleen käytettäville materiaalien osalta sekä informaation liikkumisen myös toimitusketjua eteenpäin asiakkaiden palvelemiseksi. Lisäksi Myerson (2012, 6–7) nostaa esiin toimitusketjun optimoinnin merkityksellisuuden yrityksen taloudelle ja kilpailukyvyille, toimialasta riippuen toimitusketjun muodostaessa noin 50–80 % myynnin kustannusrakenteesta.

## 2.2 Toimitusketjun hallintastrategiat

Eri teollisuuden aloille tyypillinen haaste on valmistaa oikeita määriä oikeita tuotteita, oikeaan aikaan. Tämän haasteen ratkaisemiseksi on valittava tuotteille oikea toimitusketjun hallintastrategia. (Fisher 2011, 99–101.)

Fisher (2011, 109–111) luokittelee tuotteet kahteen pääluokkaan: toiminnallisiin ja innovatiivisiin. Toiminnallisille tuotteille on tyypillistä pitkä tuotteen elinkaari, matalat katteet ja vakaa kysyntä. Innovatiivisilla tuotteilla puolestaan on lyhyt elinkaari, suuremmat katteet ja vaikeasti ennustettava kysyntä. Toimitusketjumallit Fisher (2011, 102–103) jakaa myös kahteen pääluokkaan: tehokkaan ja ketterään. Näiden yhdistelmää havainnollistaa kuvion 2 mukainen matriisi.

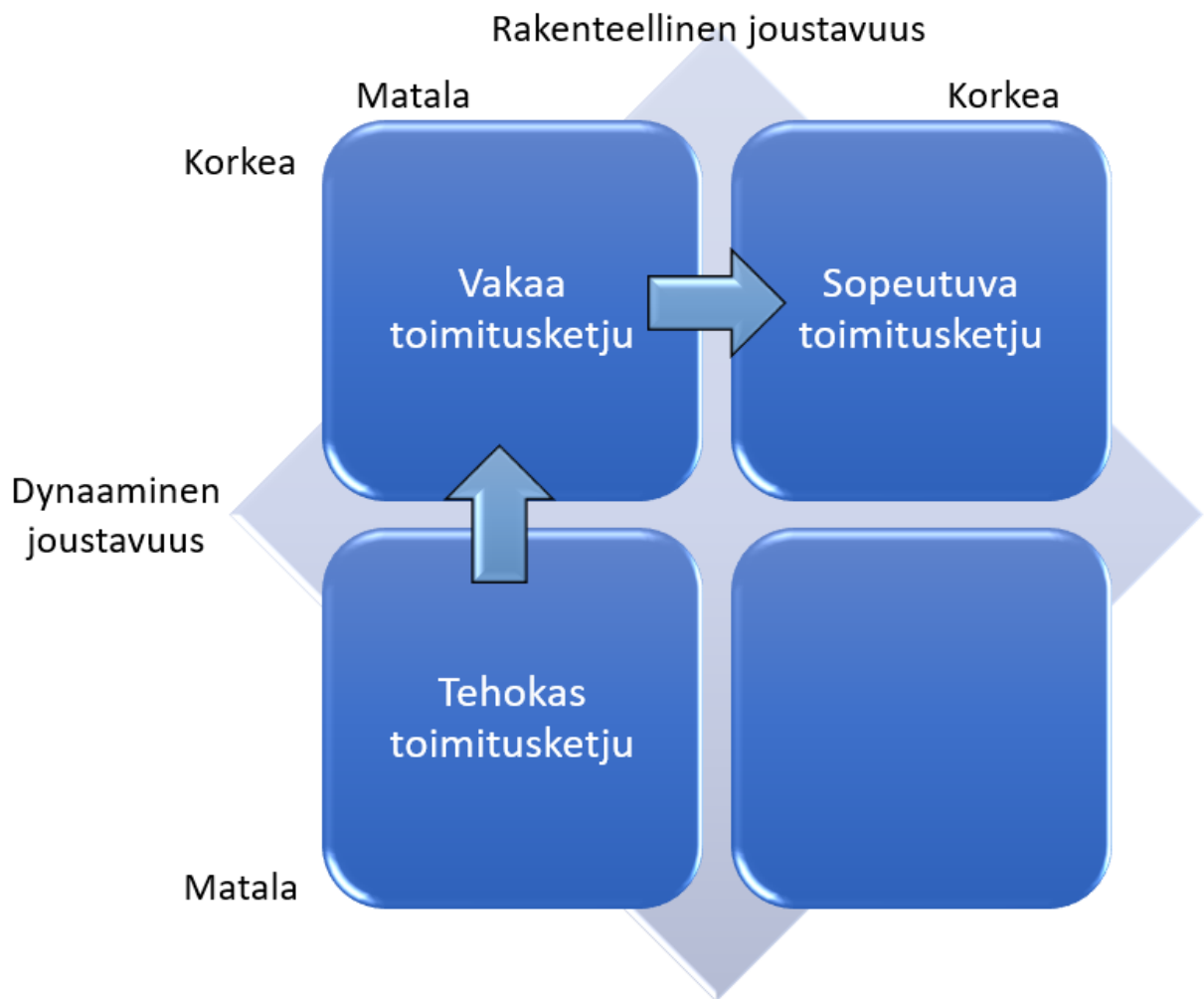


Kuvio 2. Matriisi toimitusketjustrategioista (Fisher 2011, 112, muokattu).

Toiminnallisia tuotteita ovat esimerkiksi tavanomaiset elintarvikkeet, vaatteet, asusteet ja käyttötavarat. Innovatiivisia tuotteita vastaavasti ovat esimerkiksi ajankohtainen muoti ja uudet tai uudistuneet elektroniset laitteet. (Ayers & Odegaard, 2018, 27.)

Useilla teollisuuden aloilla uusien tuotteiden määrän vahvan lisääntymisen myötä monet toimijat ovat pyrkineet parantamaan markkina-asemaansa koettamalla käsillä toiminnallisia tuotteitaan ketterämmin, innovatiivisten tuotteiden tavoin mutta toimien edelleen aiemmalla, tehokkaalla toimitusketjustrategialla. Seurauksena sitten on erilaiset toimitusketjun häiriöt. (Fisher 2011, 113–117.)

Perinteisessä toiminnanohjauksessa ja toiminnan tehostamisopeissa kuten Lean ja Six Sigma vaihtelu on nähty uhkana tehokkuuden optimoinnille ja perinteisessä toimitusketjun hallinnassa on pyritty hallitsemaan vaihtelua mm. pitkälle aikavälille laadituilla ennusteilla ja lisäämällä läpinäkyvyyttä sekä yhteistyötä toimitusketjussa olevien kumppaneiden suuntaan. Tällainen vakauttamiseen pyrkivä toimitusketjun hallintastrategia (Kuvio 3) mahdollistaa myös toimitusketjun dynaamisen joustavuuden mutta haasteena on toimitusketjun rakenteellinen jäykkyys, joka vaikeuttaa sopeutumista markkinoiden muutoksiin. Rakenteellisen jäykkyyden poistamiseksi olisi kasvatettava toimitusketjun ketteryyttä. (Martin & Holweg 2011, 69–71.)



Kuvio 3. Toimitusketjun joustavuus (Martin & Holweg 2011, 71, muokattu).

Martin & Holweg (2011, 69) mainitsevat Leanin ja Six Sigman edustavan työntöohjaukseen kannustavaa toimintamallia perinteisessä toiminnan ja toimitusketjun ohjauksessa, jossa kaikki vaihtelu koetaan uhkana. Yleisesti tunnustetaan etenkin Leanin periaatteisiin kuuluvan siirtyminen työntöohjauksesta imuohjaukseen. (Myerson 2012, 62–64; Bhasin & Burcher 2006, 62.)

### 2.3 Ennusteen merkitys toimitusketjussa

Myyntiennuste on toimitusketjun eri toimijoille usein välttämätön toimituspuutteiden, ylivaras-toinnin ja mahdollisen ylituotannon välttämiseksi. Ennuste nimensä mukaisesti on aina vain ennuste, joten lähtökohtaisesti se on aina väärässä. Mitä tarkemmin ennusteet osuvat oikeaan, sitä

paremmin yritys voi hankkia oikeita tuotteita, oikeita määriä ja saada niitä myytyä kysyntää vastaavasti. (Myerson 2012, 27–28.) Wild (2018, 10) korostaakin ennustetarkkuuden kehittämisen merkitystä kysynnän vaihteluiden ennakoimiseksi ja varastointikustannusten minimoimiseksi.

Tuotekohtaisissa ennustelukemissa kannattaa keskittyä eniten suurimpivolyymisten tuotteiden ennusteen mittaamiseen ja käyttää tuotteiden luokittelun apuna esimerkiksi Pareton jakaumaan perustuvaa analyysiä (Myerson 2012, 28). Konkreettinen esimerkki kuvion 1 havainnollistamasta yhteistyöstä toimitusketjun eri toimijoiden välillä on kunkin toimijan omille toimittajilleen toimittama myynti- tai kulutusennuste, jota toimittajat voivat käyttää osana oman ennusteensa laatimista. (Ayers & Odegaard 2018, 230–232; Myerson 2012, 28–30.)

Ennusteiden mittakaavan voi jakaa taulukon 1 mukaisesti kolmeen pääluokkaan, strategiseen vuosien aikajänteen ennusteesta, kuukausitasoiseen tuoteryhmätason ennusteeseen ja päivä tai viikotason nimikekohtaiseen ennusteeseen (Jacobs, Berry, Whybark & Vollmann 2018, 65–66.) Historiatiedon analysointi tilastollisia menetelmiä käyttäen soveltuu käytettäväksi osana kaikkien näiden ennustemallien laadintaa mutta taulukostakin on nähtävissä, että mitä lyhemmälle aikavälille ennustetta laaditaan sitä suuremmaksi kasvaa historiatietojen analysoinnin painoarvo. Ayers ja Odegaard (2018, 233–234) kuitenkin nostavat esiin myös päivä- ja viikotason ennusteisiin liittyen yhteistyön tärkeyden asiakkaan ja toimittajan välillä esimerkiksi kysyntää kasvattavien myyntikampanjoiden yhteydessä.

Taulukko 1. Ennustetyypit (Jacobs ym. 2018, 66, muokattu).

	Strateginen liiketoiminnan suunnittelu	S&OP-suunnittelu	Tuotannosuunnittelu
Koonnin taso	Kokonaisvolyymi	Tuoteryhmätaso	Nimiketaso
Ennustetaajuus	Vuosittain tai harvemmin	Kuukaisittain tai kvartaaleittain	Jatkuva
Ennustettujen ajanjaksojen tarkkuus	Vuosi- tai kvartaalitaso	Useista kuukausista kuukausitasoon	Viikko- tai päivätaso
Hyödyllisiä tekniikoita	Johdon arviointi, talouskasvun mallit, tilastointi	Toteutuneen myynnin tilastointi, tarkkojen ennusteiden koonti, asiakastiedon hyödyntäminen	Projisointitekniikat - liukuva keskiarvo, eksponenttitasointi

Johtopäätöksenä ennusteen merkityksestä voidaan nähdä, että aktiivinen yhteydenpito ennustetarkkuuden kehittämiseksi toimitusketjussa niin toimittajien kuin asiakkaidenkin suuntaan palvelee oman toiminnan lisäksi myös yhteistyökumppanien toimintaa. Lopputuloksena toiminta ennustetarkkuuden kehittämiseksi tuottaa näin ollen asiakkaalle lisäarvoa toimitusvarmuuden muodossa.

## 2.4 Ennustaminen historiatietojen pohjalta

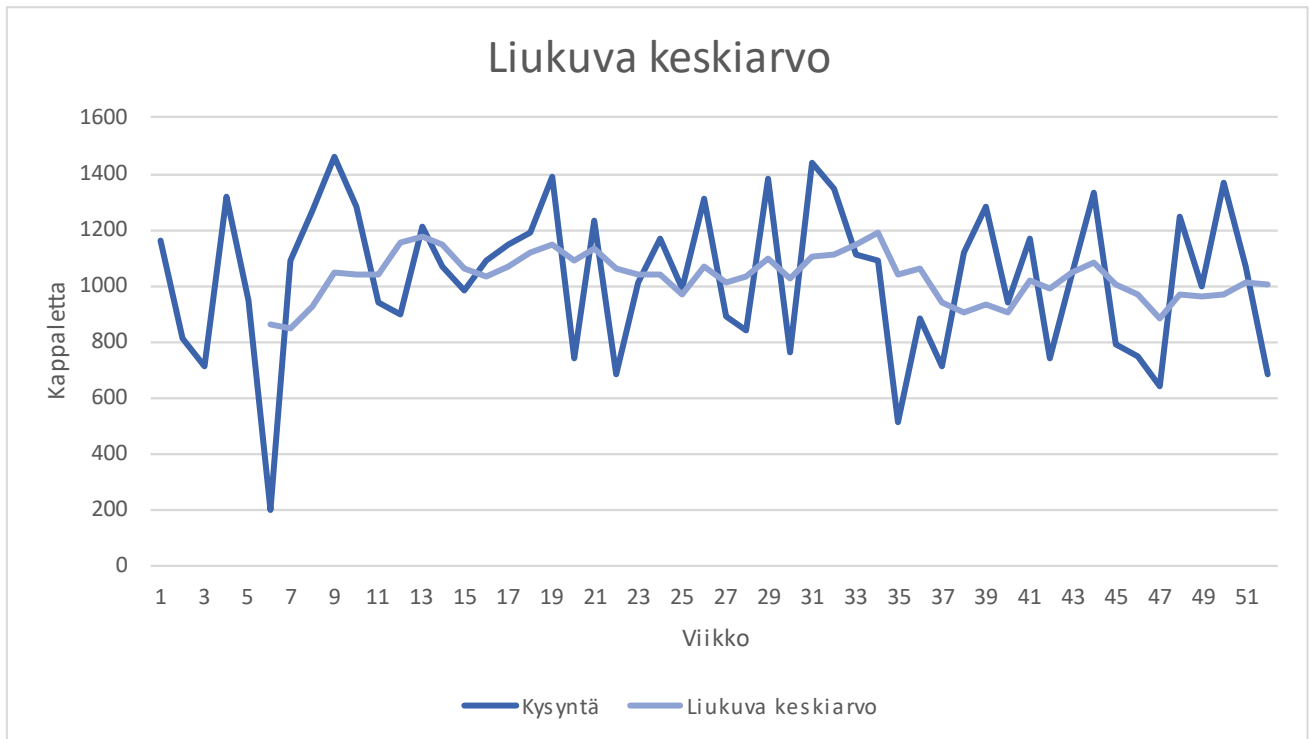
Ennusteen laatiminen yksinomaan myyntihistorian perusteella on Sakin (2003, 105) mukaan tehtävissä ainoastaan lyhyelle, 1–3 kuukauden ajalle eteenpäin. Wild (2018, 170–171) puolestaan toteaa, että ennusteet pitäisi nimenomaisesti laskea historiatietojen perusteella ja se toimii yleisesti ottaen luotettavasti ja historiatietoihin pohjautuvaa ennustetta on helppo päivittää ajan tasalle. Niin Sakki (2003, 106–107), kuin Wildkin (2018, 171–175) opastavat historiatietoihin pohjautuvan ennustamisen tarkentamiseksi voitavan käyttää kahta päämenetelmää:

1. Liukuvan keskiarvon menetelmä
2. Eksponenttitasoituksen menetelmä

**Liukuva keskiarvo** lasketaan kaavalla:

$$\text{Liukuva keskiarvo} = \frac{\text{Kysyntä } N \text{ kappaleella ajanjaksoja}}{N}$$

Ajanjaksoina käytetään ennusteessa käytettäviä ajanjaksoja, esimerkiksi viikkoja, valittu määrä. Liukuvan keskiarvon menetelmä tasoittaa kysynnän vaihteluita kuvion 4 käyttämän 6 viikon liukuvan keskiarvon havainnollistamalla tavalla. Viikkotason ennusteissa ajanjaksoa siirretään aina viikoittain yhdellä viikolla eteenpäin ja käytetään saatua tulosta tulevien viikkojen ennusteena. (Sakki 2003, 106; Wild 2018, 171–172.)



Kuvio 4. Liukuva keskiarvo.

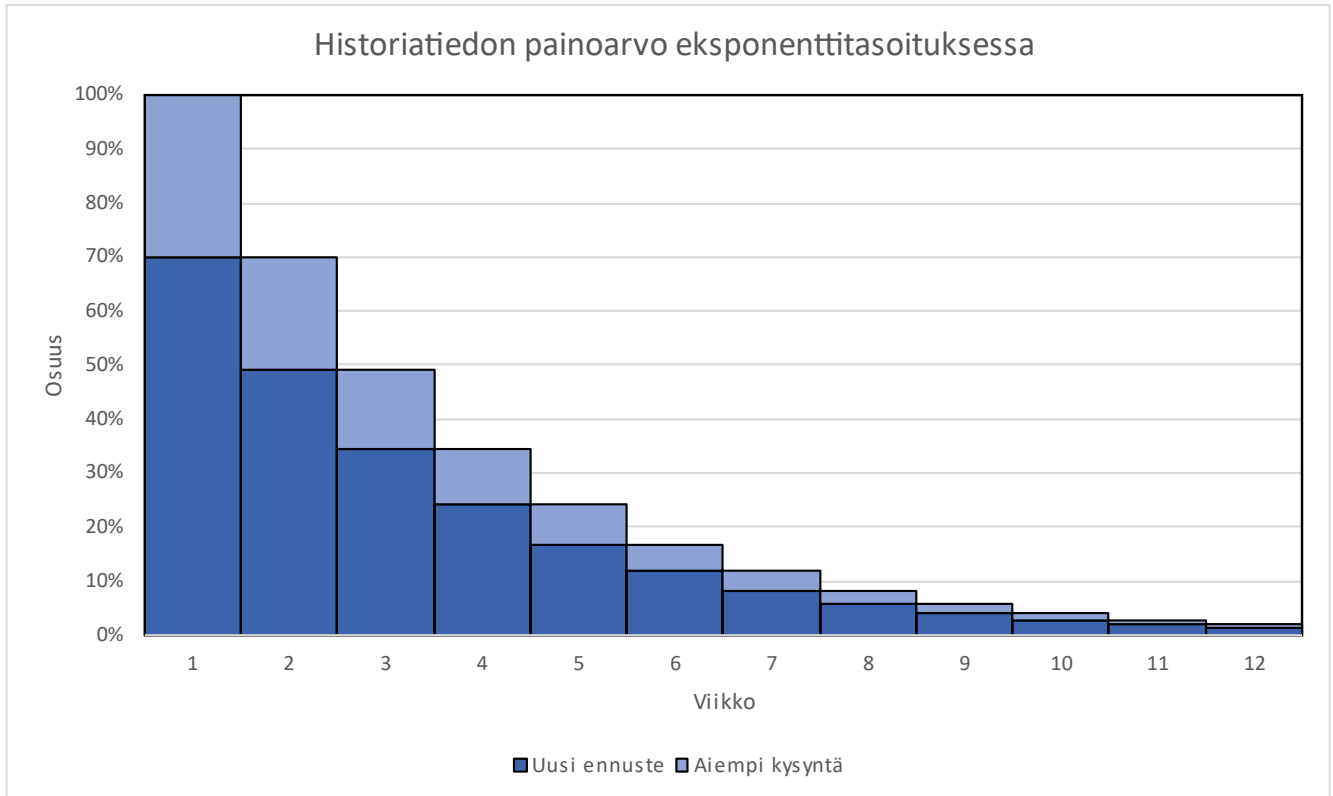
**Eksponenttitasoinnimenetelmä** ei jätä liukuvan keskiarvon menetelmästä poiketen huomiotta mennyttä kulutustietoa vaan painottaa tuoreemman tiedon merkitystä kokonaisuudessa, painoarvon eksponentiaalisesti pienentyessä tiedon iän myötä (Jacobs ym. 2018, 79). Eksponenttitasoinnimenetelmän laskukaavana yleisesti käytetään kaavaa:

$$\text{Uusi ennuste} = \alpha \cdot \text{edellisen jakson kysyntä} + (1 - \alpha) \cdot \text{edellisen jakson ennuste}$$

(Jacobs ym. 2018, 80; Sakki 2003, 107; Wild 2018, 174.)

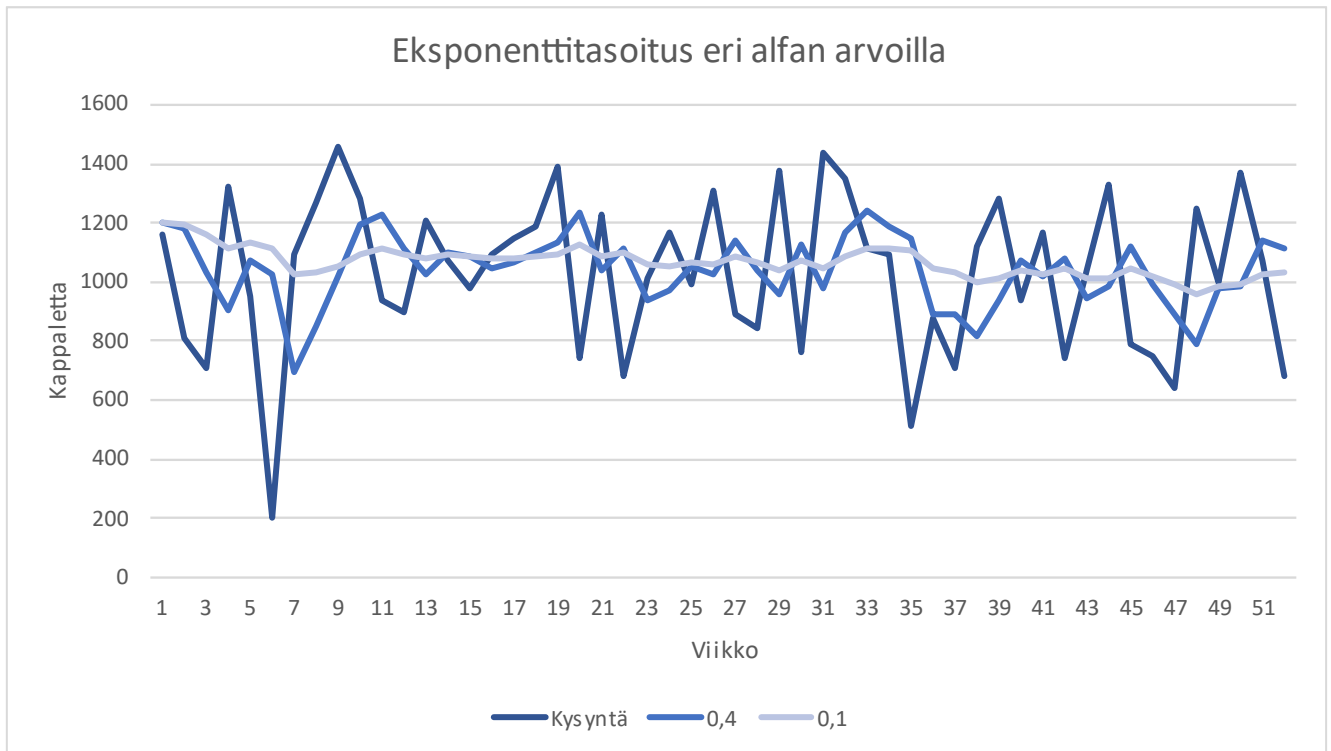
Eksponenttitasoinnimenetelmän kaavassa  $\alpha$ -kirjaimella merkitty alfa on luku nollan ja yhden väliltä. Alfa määrittelee, kuinka paljon edellisen ajanjakson kysynnästä otetaan huomioon lausekkeen jälkimmäisessä termissä mukaan uuteen ennustelukemaan (Sakki 2003, 107). Tämän myötä ennusteessa on aina mukana aiempien jaksoiden mukainen vaikutus vaikkakin niiden painoarvo eksponentiaalisesti laskee (Wild 2018, 177). Kuvio 5 havainnollistaa historiatiedon painoarvon pienentymistä 12

ajanjakson aikana  $\alpha$  arvolla 0,3. Eksponenttitasointus on tämän tutkimuksen osalta hyvin merkityksellinen, koska sitä kannattaa Wildin (2018, 105) mukaan hyödyntää myös varmuusvaraston määrittelyssä.



Kuvio 5. Historiatiedon painoarvon muutos eksponenttitasointuksessa.

Alfan arvo kannattaa yleisimmin valita väliltä 0,1–0,4. Arvon alittaessa 0,1 ennusteen muutosherkkyys pienenee liiaksi ja vastaavasti arvon ylittäessä 0,4 herkkyys kasvaa historiatietojen painoarvon mukana (Wild 2018, 176). Kuvio 6 havainnollistaa ennusteen muutoksia eri alfan arvoilla välillä 0,1–0,4. Wildin (2018, 176) mukaan suurempi alfan arvo on hyvä nimikkeillä, joiden kysyntä on vakaata, jolloin ennuste reagoi nopeammin kysynnän muuttuessa. Toisaalta hän mainitsee 0,1:n olevan sopiva arvo suuren vaihtelun tuotteille mutta joissain tapauksissa myös jopa 0,4 voi olla sopiva suuren vaihtelun nimikkeille, jotta ennuste pysyy muutosten perässä. Nimikkeille, joiden kysynnän vaihtelusta ei vielä ole tietoa voi alfan arvona käyttää lukua 0,2. Lukuarvoa kannattaa myös arvioida uusiksi säännöllisin väliajoin ja päivittää tarpeen mukaan. (Wild 2018, 176.)



Kuvio 6. Eksponenttitasointus eri alfa-luvuilla.

### 3 Varastointi

#### 3.1 Varastoinnin tarkoitus

Varastointi itsessään on yksi hukan muoto joka Myersonin (2012, 20) väittämän mukaan voi muodostaa 15–30 % tuotteen kustannuksista. Varastointi on kuitenkin monesti tarpeen ja sen tarkoitus on mahdollistaa loppuasiakkaan palveleminen kilpailukykyisen toimitusajan puitteissa. Varastointi voi palvella tuotantoa tasoittamalla toimitusaikojen vaihtelua ja asiakkaita, tasoittamalla kysynnän- ja tuotannonvaihteluita. (Myerson 2012, 20; Wild 2018, 12.)

Varastot voivat käsittää niin ostettua tavaraa, tuotteiden valmistukseen tai muuhun omaan toimintaan tarvittavaa, jatkoprosessointia odottavia puolivalmisteita tai myyntivarastoa, esimerkiksi valmistuotteita. Toimialasta riippuen voi varastossa olla kaikkia noita kolmea tyyppiä tai sitten vain esimerkiksi ostettua ja myytävää tavaraa. (Sakki 2003, 73; Wild 2018, 3–4.)

Nimiketasolla varasto muodostuu täydennyserästä, varmuusvarastosta ja mahdollisesta edellisen täydennyserän jäljellä olevasta määrästä. Niin Sakki (2003, 103) kuin myös Wild (2018, 52) osoittavat nimikekohtaista keskimääräistä varastotasoa voitavan laskea kaavalla:

$$\text{keskimääräinen varastotaso} = \frac{\text{täydennyserä}}{2} + \text{varmuusvarasto}$$

Täydennyserä voi olla joko saapuvaa, ulkopuolelta tilattua tavaraa tai omasta tuotannosta valmistunutta. Täydennysrytmin ja eräkokojen määrittely ovat osa varaston ohjausta. Varmuusvarasto puolestaan tarkoittaa nimikekohtaista varastotasoa, joka pitäisi olla varastossa uuden erän tullessa varastoon (Sakki 2003, 101; Wild 2018, 52).

### 3.2 Varaston ohjaus

Tärkeä osa menestyksestä varastointia on varaston ohjaus, jotta saavutetaan oikea tasapaino varastotasojen, varastointikustannusten ja varastoitavien tuotteiden saatavuuden suhteen. Korkeat varastotasot eivät myöskään aina korreloi hyvän saatavuuden kanssa. (Wild 2018, 2–4.)

Varastointi itsessään aiheuttaa kustannuksia, joten ihannetilanne olisi kyetä tyydyttämään kysyntä ilman varastointia (Wild 2018, 66). Kustannuksia varastointiin koituu mm. pääomasta, tiloista, tarvikkeista, työkaluista, henkilöstöstä, energiasta ja kuljetuksista (Sakki 2003, 61; Myerson 2012, 78). Varaston ohjaukseen liittyen on asetettava realistiset tavoitteet ja niihin pääsemiseksi on mitattava tarkoituksenmukaisia tunnuslukuja, sekä asetettava vastuuhenkilöt tavoitteisiin pääsemiseksi (Wild 2018, 66–67).

Jotta varastointi tuottaa asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa on saatavuus oltava kunnossa. Wild (2018, 19) kertoo saatavuutta voitavan mitata jakamalla tilattu määrä toimitetulla määrällä:

$$\text{saatavuus} = \frac{\text{tilatut kappaleet}}{\text{toimitetut kappaleet}}$$

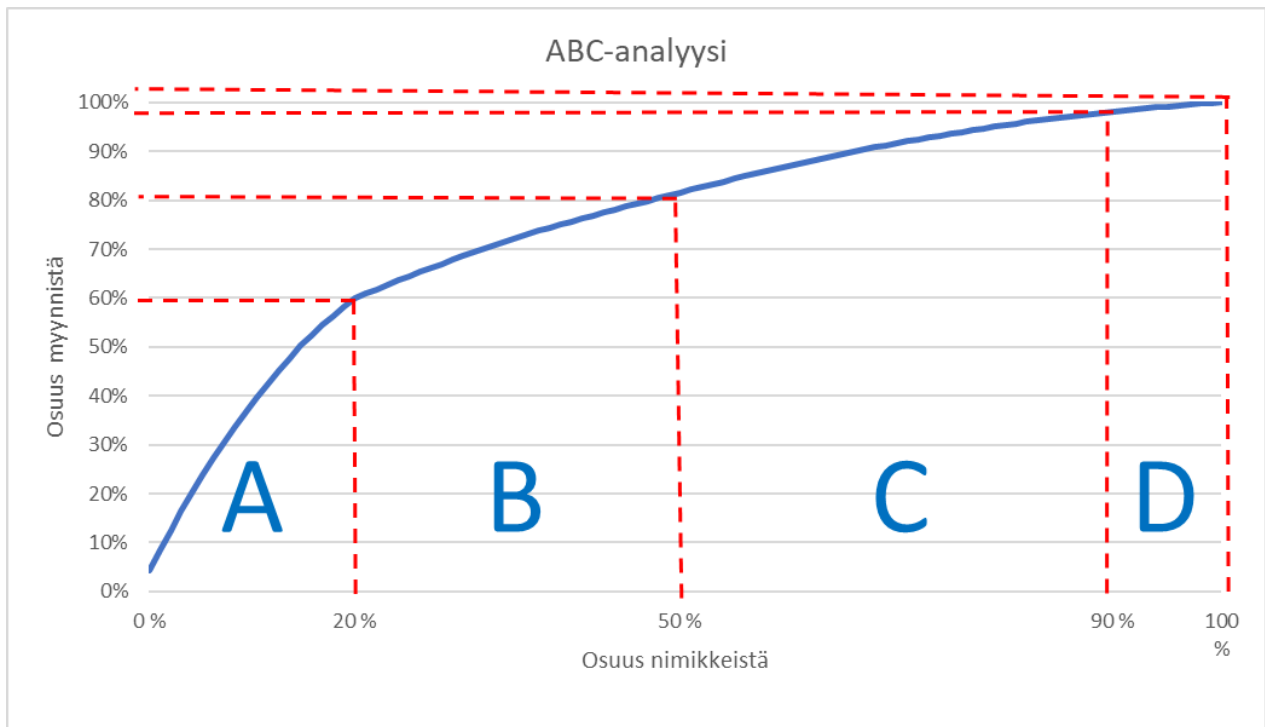
Wild (2018, 33–50) nostaa esiin varaston ohjaukseen käytettäväksi työkaluiksi abc-analyysin käytön ohjaamaan täydennyseriä ja varaston riiton sekä arvon seurannan tärkeyden. Sakki (2003, 100–

104) puolestaan opastaa ohjaamaan varastoa sopivan täydennysmenetelmän ja -eräkokojen kautta.

### 3.3 ABC- ja XYZ-analyysi

Varastonohjauksessa yleisesti käytettyjä työkaluja ovat Pareton jakaumaan perustuvat ABC- ja XYZ-analyysit, joiden avulla luokitellaan varastoitavia nimikkeitä. Wild (2018, 34–35) kertoo Pareton jakauman väittävän, että yleisesti 80 % seurauksista koituu 20 % asioita ja muistuttaa, ettei materiaalinhallinnassa jakauma mene aina 80/20:n mukaisesti.

ABC-analyysissä tuotteet luokitellaan Wildin (2018, 35–36) mukaan nimikekohtaisen liikevaihdon mukaan, A-luokan nimikkeiden edustaessa esimerkiksi 10 % nimikkeistä ja 65 % liikevaihdosta, B-luokan ollessa esim. 20 % nimikkeistä, tuoden 25 % liikevaihdosta ja C-luokan sisältäessä 70 % nimikkeistä ja 10 % liikevaihdosta. Sakki (2003, 91) puolestaan tuo esiin, että ABC-analyysin voi tehdä liikevaihdon lisäksi myös myytävien kappaleiden perusteella. Kappalemääriin perustuva analyysi voikin olla hyödyllisempi tapa, esimerkiksi jos suurempana haasteena on käytettävissä oleva tila kuin varastoon sitoutunut pääoma. Niin Wild (2018, 41–42), kuin Sakkikin (2003, 91) tuovat esiin mahdollisuuden ottaa abc-luokitteluun myös lisäluokkia tarpeen mukaan, esimerkiksi kausituotteille tai hyvin pienille nimikkeille. Kuvio 7 havainnollistaa kuvitteellisen, yhden lisäluokan sisältävää ABC-analyysin kuvaajaa.



Kuvio 7. ABC-analyysin kuvaaja.

ABC-analyysin ensisijainen tarkoitus varastonohjauksessa on saada eroteltua tuotteet joiden ennusteen, varastotason ja hankintaerien optimointiin kannattaa eniten keskittyä. Tavoitteena voi olla nopeuttaa varaston kiertoa ja sen myötä laskea varastointikustannuksia, sekä parantaa saatavuutta asiakkaan suuntaan. (Sakki 2003, 93–96; Wild 2018, 38–46.)

Varaston kiertoa ja varastointikustannuksia voi ABC-analyysin tulosten avulla hyödyntää esimerkiksi määrittelemällä eri luokille eripituiset varaston riiton pituudet. Suurempivolyymisille tuotteille lyhempi riitto ja pienempivolyymisille tuotteille pidempi. Varaston riiton viikoissa saa laskettua kaavalla:

$$riitto = \frac{\text{nykyinen varasto} \times 52}{\text{ennustettu vuosikysyntä}}$$

Varaston vuosittaisen kiertomäärän puolestaan voi laskea kaavalla:

$$\text{varaston kierto} = \frac{\text{vuosimäärä}}{\text{varastotaso}}$$

(Wild 2018, 43–46).

Johtopäätöksenä molempia Wildin esittämiä kaavoja voi käyttää nimikekohtaisesta tarkkuudesta luokkakohtaiseen ja koko varaston tasolle saakka. Huomionarvoista varaston riiton laskukaavassa on, että tuloksena saa varaston riiton vuoden keskimääräisellä kysynnällä. Kyseistä kaavaa voi olla tarpeen soveltaa vuotta lyhemmälle ajanjaksolle suuren kausivaihtelun omaavissa nimikkeissä.

XYZ analyysi puolestaan vastaa ABC-analyysiä mutta pohjautuu liikevaihdon tai kappalemäärän sijaan tilaustapahtumien määrään. XYZ-analyysiä voi käyttää esimerkiksi tuotteiden varastopaikkojen määrittelyn apuna (Sakki 2003, 95).

Synteisinä varastopaikkojen määrittelyyn XYZ-analyysiä voi hyödyntää kappale- ja myyntieräkeräilyssä, kun keräillään kappaleita eri lavoilta, esimerkiksi verkkokaupan varastossa. Esimerkiksi teollisessa ympäristössä, jossa asiakastilaukset muodostuvat kokonaisista lavoista, voi kappalemäärään perustuva ABC-analyysi olla paremmin hyödynnettävissä. Etenkin jos varastopaikkojen määrittelyä varten muuttaa vielä kappalemäärät myytäviksi lavamääriksi, sikäli kuin eri tuotteissa tai tuoteryhmissä on eri kappalemääriä lavaa kohden.

### **3.4 Varmuusvarasto**

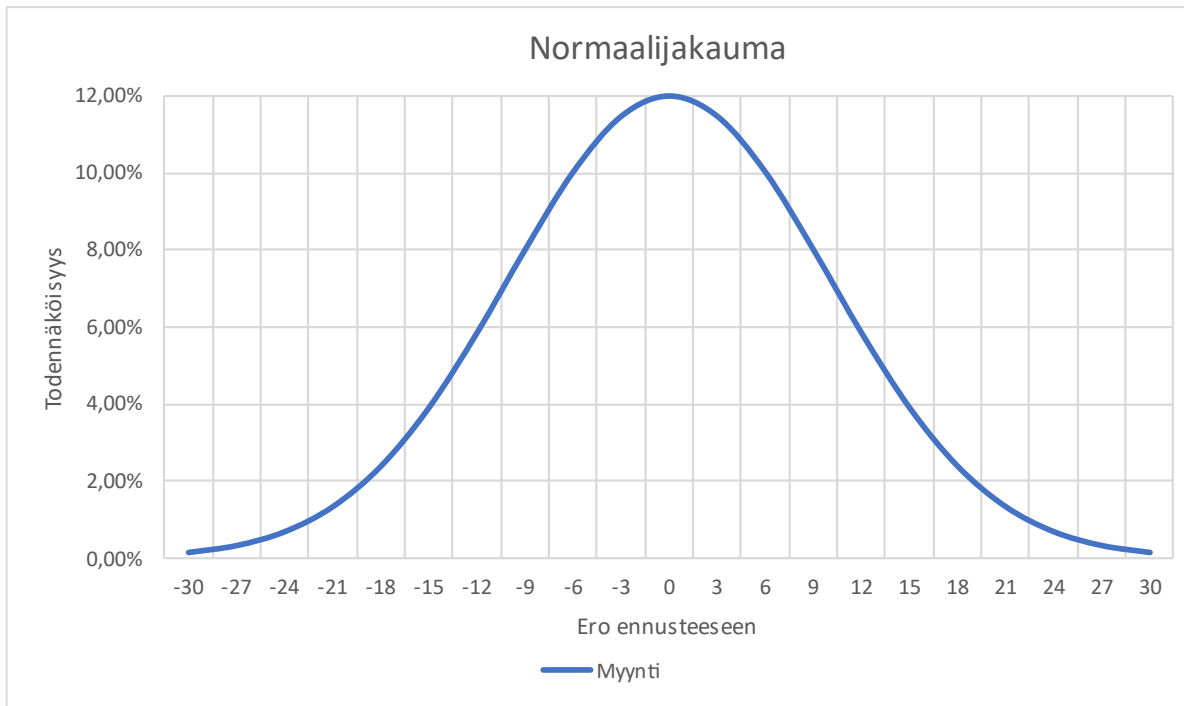
Varmuusvaraston tarkoituksena on kattaa saapuvissa nimikkeissä tilauspisteen ja toimituksen välinen aika, tasapainottaen kulutuksen, toimitusajan ja kuljetuksen keston vaihtelua. Tuotettavissa nimikkeistä tavoite vastaavasti on tasoittaa kysynnän ja tuotantototeuman vaihtelua odotuksiin nähden. (Sakki 2003, 101; Wild 2018, 98–102.) Kuvio 8 havainnollistaa varmuusvaraston merkitystä ja kulutuksen vaihtelun vaikutusta varastotasoon uuden erän tullessa varastoon.



Kuvio 8. Varmuusvarasto.

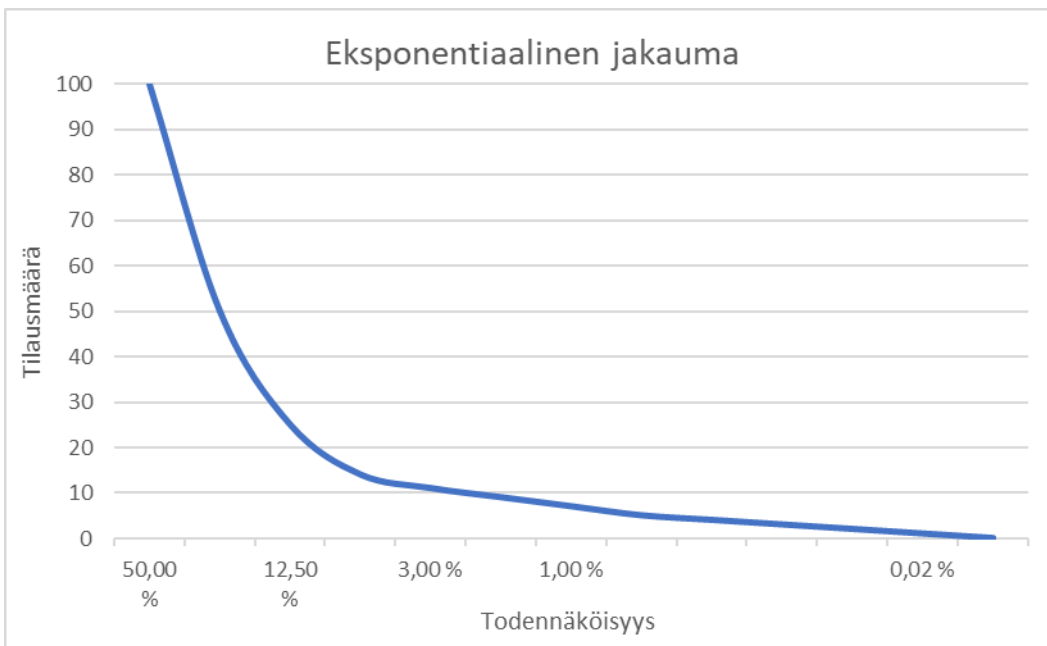
Varmuusvarastointi palvelee näin ollen asiakasta, mutta Myerson (2012, 77–78) muistuttaa logististen kokonaiskustannusten merkityksestä yritysten kilpailukyvyille ja mainitsee erikseen varmuusvaraston muodostavan jopa 20–30 % varastointikustannuksista, joten varmuusvarastotasojen optimointiin kannattaa panostaa.

Nimikekohtainen varmuusvarastomäärä määritellään pohjautuen kysynnän vaihtelun määrään, eikä esimerkiksi vastaamaan valitun päivä- tai viikkomäärän kysyntää (Wild 2018, 102). Kysynnän vaihtelua voi analysoida tutkimalla tilausdataa. Suuremman kulutuksen nimikkeillä kysyntä todennäköisesti jakautuu normaalijakauman mukaisesti (Kuvio 9), jakaantuen keskitason molemmille puolille melko tasaisesti. (Sakki 2003, 108–109, Wild 2018, 98–102.)



Kuvio 9. Normaalijakauma.

Pienemmillä nimikkeillä ja kausituotteilla kysyntä voi jakautua myös kuvion 10 havainnollistamalla tavalla eksponentiaalisesti jakautuen (Sakki 2003, 109).



Kuvio 10. Eksponentiaalinen jakauma.

Suurimpien nimikkeiden yleisesti noudattaen normaalijakaumaa mukailevaa kysyntää, on perusteltua käyttää siihen soveltuvia tekniikoita suurimpien nimikkeiden varmuusvarastotasojen määrittelyssä. Wild (2018, 100) muistuttaa tulosten olevan yleensä hyviä, kunhan tilastossa mukana olevia ajanjaksoja on enemmän kuin 12. Lisäksi Sakki (2003, 109) mainitsee kausivaihtelun käsitteen ja kertoo sen kuvaavan yhden vuoden sisällä tapahtuvia muutoksia, jotka toistuvat vuosien välillä. Kausivaihtelun ollessa suurta voi olla kannattavaa laskea esimerkiksi viikkotasosta kysynnän vaihtelua myös vuotta lyhemmillä ajanjaksoilla, jottei kausivaihtelun aiheuttama vaihtelu ohjaa pitämään liian korkeata varmuusvarastoa, pysyen kuitenkin Wildin osoittaman yli 12 viikon suuruisissa ajanjaksoissa.

### 3.5 Varmuusvarastotason määrittely

Varmuusvarastotason, määrittelyyn Sakki (2003, 111) opastaa käytettäväksi kysynnänvaihtelun keskipoikkeamaa  $s$ , varmuuskerrointa  $k$  ja hankinta-aikaa  $L$  seuraavalla kaavalla:

$$\text{Varmuusvarasto} = ks\sqrt{L}$$

Varmuuskertoimen  $k$  määrittelyyn Sakki (2003, 111) esittelee taulukossa 2 havainnollistetun kaltaisen taulukon, jossa on mainittuna varmuuskerroin eri toimituskykyprosentteilla. Tarkan kertoimen määrittelylle toimitusvarmuustasolle voi helposti laskea käyttäen taulukkolaskennan käänteisen normitetun normaalijakauman kertymäfunktia.

Taulukko 2. Varmuuskertoimet eri toimitusvarmuustavoitteilla.

Toimitusvarmuustavoite	70,0 %	75,0 %	80,0 %	85,0 %	90,0 %	95,0 %	96,0 %	97,0 %	97,5 %	98,0 %	98,5 %	99,0 %	99,5 %	99,8 %
Varmuuskerroin	0,52	0,67	0,84	1,04	1,28	1,64	1,75	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58	2,88

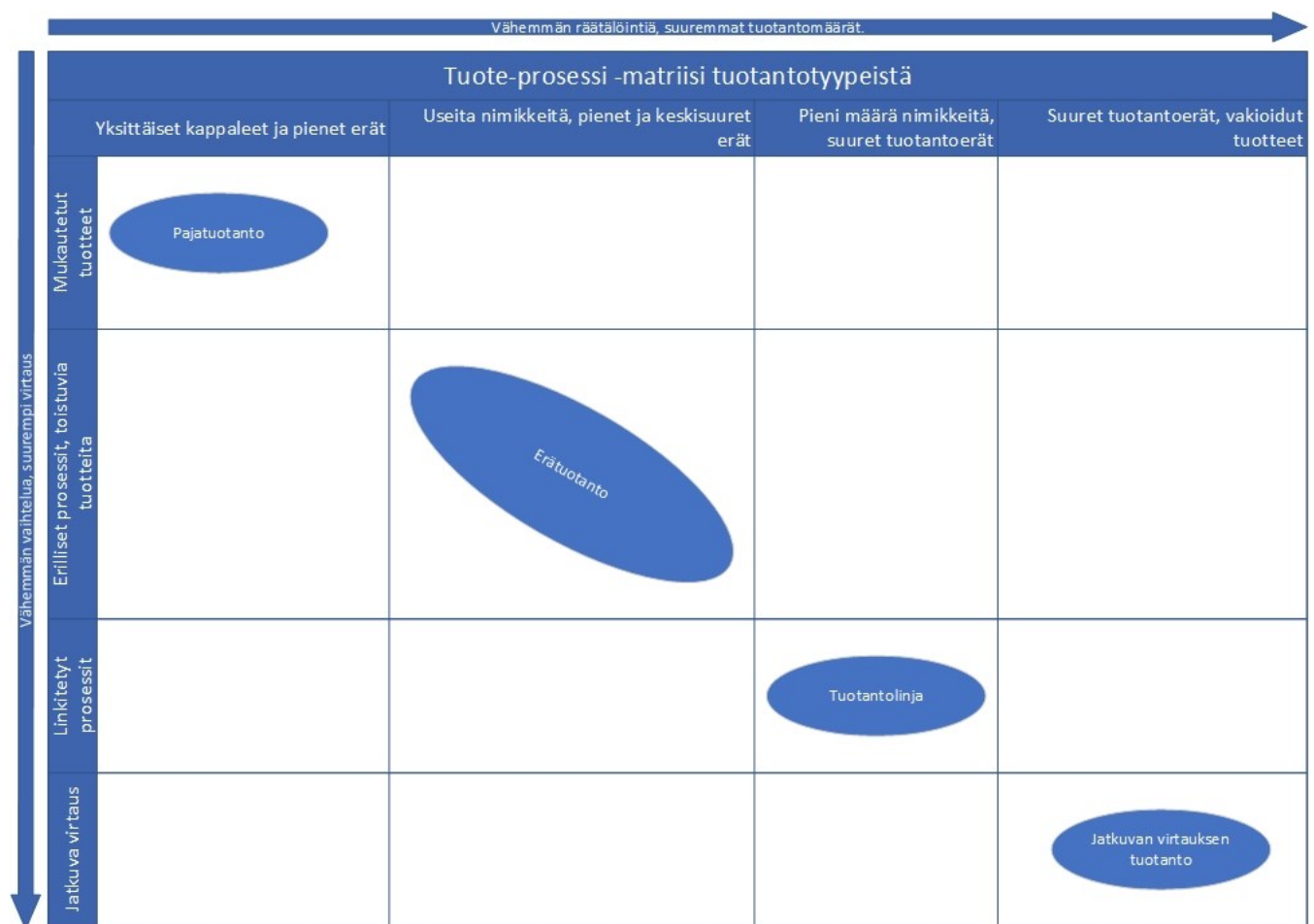
Yllä olevassa kaavassa voi hyödyntää keskipoikkeaman sijaan myös kysynnän keskihajontaa. Vielä parempaan ja muutoksiin nopeammin reagoivaan lopputulokseen pääsee helposti hyödyntämällä eksponenttitasoituksen menetelmää keskipoikkeamaan. (Wild 2018, 105.) Varmuusvarastotason määrittelyssä niin Sakki (2003, 111) kuin Wildkin (2018, 195) korostavat laskelmien jatkuvaa päivittämistä aina kun uudet kysyntäluvut ovat saatavilla, jotta varmuusvaraston pysyy oikealla tasolla.

## 4 Tuotannonohjaus

### 4.1 Tuotantotyypit

Krajewski, Malhotra ja Ritzman (2016, 75) jakavat tuotantotyypit kuvion 11 havainnollistamaan neljään eri pääluokkaan:

1. Pajatuotanto.
2. Erätuotanto
3. Tuotantolinja
4. Jatkuvan virtauksen tuotanto



Kuvio 11. Tuotantotyypit (Krajewski ym. 2016, 74, muokattu)

Greasley (2008, 23) mainitsee näiden lisäksi vielä projektituotannon. Projektituotannossa tehtävä tuote yleensä pysyy paikallaan prosessin ajan ja projektituotantoa voi olla esimerkiksi rakennus- ja elokuvateollisuudessa (Greasley 2008, 23).

**Pajatuotannossa** tuotteet valmistetaan tyypillisesti tilausten perusteella, yksittäisistä kappaleista aina pieniin eriin saakka ja tuotteet voivat olla vahvasti mukautettuja tilaajan toiveiden mukaisesti (Krajewski ym. 2016, 75). Pajatuotannossa valmistettava tuote usein siirtyy työpisteeltä toiselle prosessin edetessä (Greasley 2008, 23).

**Erätuotanto** voi koostua pienemmistä tai suuremmista eristä aina yhtä vakioitua tuotetta kerrallaan ja valmistettavien erilaisten nimikkeiden määrä voi olla suurikin (Krajewski ym. 2016, 75). Krajewski ja muut (2016, 75) mainitsevat erätuotannon olevan myös selkeästi kaikkein yleisin tuotantotyyppi.

**Tuotantolinjalla** valmistetaan vakioituilla prosesseilla suuria tuotantomääriä tuotteita, tuotteen liikkuessa tuotantolinjaa pitkin. Tuotantolinjan eri vaiheissa voidaan vaihdella käytettäviä komponentteja mikä mahdollistaa tilattujen tuotteiden mukauttamisen ennakkoon määriteltyjen vaihtoehtojen rajoissa, esimerkiksi autoteollisuudessa. (Krajewski ym. 2016, 75; Greasley 2008, 23).

**Jatkuvan virtauksen tuotannossa** taas tehdään pitkä aika yhtä tuotetta, jatkuvalla prosessilla. Esimerkiksi paperiteollisuudessa ja öljynjalostuksessa (Krajewski ym. 2016, 75). Jatkuvan virtauksen prosessissa prosessiin tulevat raaka-aineet tulevat yleisesti putkistoa pitkin, jauheena, nesteinä tai kaasuna ja prosessi voi jatkua katkeamattomana useista tunneista useisiin kuukausiinkin (Krajewski ym. 2016, 75; Greasley 2008, 23). Hokkanen, Karhunen & Luukkainen (2011, 149) mainitsevat jatkuvan virtauksen tuotantoa kutsuttavan yleisesti prosessiteollisuudeksi, erotuksena kappaletavaroita tuottavasta kappaletavarateollisuudesta. Kuitenkin voidaan todeta prosessituotannon lopputuotteena saatavan myös kappaleiksi pakattuja tuotteita, esimerkiksi nestekaasupullot.

Krajewski ja muut (2016, 75) mainitsivat esimerkkinä jatkuvan prosessin tuotannosta myös juoma- ja elintarviketeollisuuden. Esimerkiksi Pohjois-Amerikan kaltaisella, suurella markkina-alueella useita tuotantolinjoja sisältävän, suuren virvoitusjuomavalmistajan tehtaan voi hyvinkin ajatella toimivan jatkuvan prosessin tuotannolla (Coca-Cola Southwest Beverages to build bottling plant in Houston 2018). Vastaavasti taas erityyppisillä valmistajilla voi olla tarpeen tehdä yhdellä tuotantolinjalla useampia eri tuotteita, jolloin prosessituotanto yhdistyy tuotantolinjaan ja erätuotantoon. Johtopäätöksenä voidaan nähdä tuotantotyyppien pääluokkien voivan limittyä keskenään, eikä sulkevan toisiaan pois.

## 4.2 Tuotannonohjauksen lajit ja tilauksen kohdennuspiste

Tuotannonohjauksen lajit ja tilauksen kohdennuspiste on valittava tukemaan yrityksen strategiaa ja asiakkaiden tarpeita, huomioiden yrityksen tuotannolliset mahdollisuudet ja tuotettavat tuotteet (Jacobs ym. 2018, 42). Usein yritykset käytännössä soveltavat useampaa tuotannonohjauksen lajia toiminnassaan (Jacobs ym. 2018, 42). Tuotannonohjauksen lajit voi jakaa neljään pääluokkaan:

1. Tilauksesta suunnittelu – Engineer-to-order (ETO) tai Design-to-order (DTO)
2. Tilauksesta valmistus – Make to order (MTO)
3. Tilauksesta kokoonpano – Assemble to order (ATO)
4. Varasto-ohjautuva tuotanto – Make-to-stock (MTS)

(Jacobs ym. 2018, 43–46; Krajewski ym. 2016, 75–76)

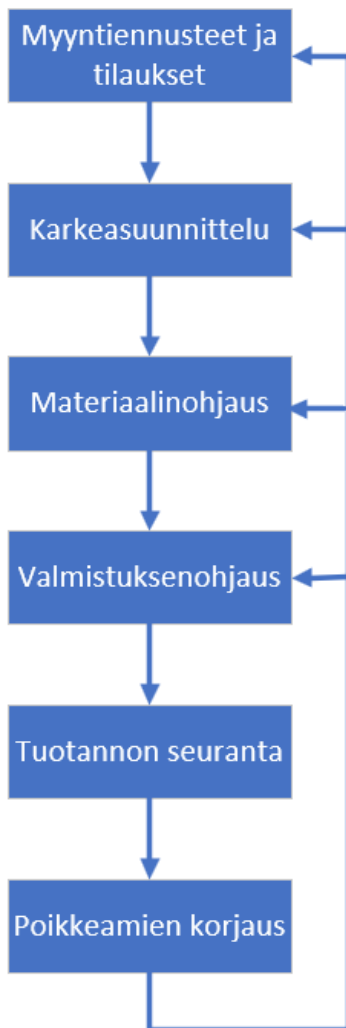
Tilauksesta suunnittelussa tuotteen suunnitteluprosessi aloitetaan vasta asiakkaan tilauksesta, asiakkaan tarpeiden ja toiveiden mukaan (Jacobs ym. 2018, 46). Krajewski ja muut (2016, 76) mainitsevat tilauksesta suunnitellun tuotteen olevan tyypillisesti suuresti tilaajalle mukautettu tuote, esimerkiksi pari designer-kenkiä tietylle henkilölle.

Tilauksesta valmistus on Krajewskin ja muiden (2016, 76) mukaan tyypillisesti paja- tai pienerätuotantoa, jossa valmistettavat tuotteet ovat vahvistikin mukautettavissa asiakkaiden toiveiden mukaan. Lisäksi tilauksesta valmistusta voi soveltaa myös vakiovalikoimaan tuotteita, joissa asiakas pääsee valitsemaan yksityiskohdat – esimerkiksi värin tai pintamateriaalin. Tällaista tilauksesta valmistusta sovelletaan esimerkiksi tilausohjautuvasti toimivissa huonekaluteollisuuden yrityksissä (Kaikki tuotantomme on Suomessa, n.d.).

## 4.3 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelun tavoitteena on varmistaa asiakkaalle laadukkaasti tuotettujen tuotteiden toimitusvarmuus, optimoiden samalla tuotannon tehokas käyttöaste, varaston kierto, varastotasot ja tuotevaihdot (Kiran 2019, 2). Tuotannosuunnittelun voi jakaa kahteen vaiheeseen: karkea- ja hienosuunnitteluun (Hokkanen ym. 2011, 209)

Hokkanen ja muut (2011, 209–210) esittävät kuvion 12 mukaisen suunnitteluprosessin tuotannonohjaukseen, josta he nostavat prosessin tärkeimmäksi vaiheeksi karkeasuunnittelun ja huomauttavat myyntiennusteiden roolin koskevan erityisesti varasto-ohjautuvaa tuotantoa, joka tuotannonohjauksen lajeista onkin tämän opinnäytetyön kannalta merkittävin.



Kuvio 12. Tuotannonohjaus suunnitteluprosessina (Hokkanen ym. 2011, 210, muokattu).

Karkeasuunnittelu ohjaa materiaalien hankintaa, tuotannon resursointia, sopeuttaa pidemmän aikavälin kapasiteettia ja nostaa myös esiin tuotannon ja tuotteiden kehitystarpeita kapasiteetin kasvattamiseksi (Hokkanen ym. 2011, 209–212; Kiran 2019, 6–8). Karkeasuunnittelussa suunnitellaan valmistettavat tuotantomäärät nimikekohtaisesti, huomioiden ajankohdassa käytettävä kapasiteetti, resurssit ja myyntiennuste (Jacobs ym. 2018, 186–187). Ajanjakson pituutena käytetään

esimerkiksi viikkotasoa, ja sitä peilataan samanpituisilla ajanjaksoilla myyntiennusteeseen ja varastotason kehitykseen taulukon 3 havainnollistamalla tavalla (Jacobs ym. 2018, 191–192). Karkeasuunnittelulla on näin ollen merkittävä vaikutus varastotason kehitykseen ja sitä kautta tuotteeseen koituihin kustannuksiin (Myerson 2012, 20). Lisäksi Bhasin ja Burcher (2006, 57-58) muistuttavat ylituotannon ja varastoinnin olevan Lean-filosofian näkökulmasta asiakkaalle arvoa tuottamatonta hukkaa.

Taulukko 3. Karkeasuunnittelu.

Viikko	1	2	3	4	5	6	7	8
Ennuste	2	3	4	6	2	4	2	6
Saldo	20	18	15	11	5	23	19	17
Suunniteltu tuotanto					20			

Hienosuunnittelussa suunnitellaan kullekin ajanjaksolle, esimerkiksi tulevalle viikolle, karkean suunnitelman mukaisten tuotteiden optimaalinen tuotantojärjestys ja tarkka kuormitus tuotannolle toteutettavaksi (Hokkanen ym. 2011, 209; Jacobs ym. 2018, 186–187). Hokkanen ja muut (2011, 212) nostavat esiin myös tuotannon toteutumisen seurannan tärkeyden ja korostaa valmistuksenohjauksessa tarvittavan osastojenvälisiä yhteistyötä. Tästä voi tehdä päätelmän, että hienosuunnittelun suorittavan tuotannonsuunnittelijan on tärkeä seurata suunnitelmien toteutumista ja tarvittaessa ohjata valmistusta yhteistyössä tuotannon työnjohdon kanssa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteen kannalta pääpaino on tuotannonsuunnittelun osalta karkeasuunnittelussa. Karkeasuunnittelun mahdollistamiseksi on tärkeää olla perillä käytettävästä kapasiteetista (Hokkanen ym. 2011, 211), joten seuraavassa osiossa syvennyttään kapasiteetin hallintaan.

#### 4.4 Kapasiteetin määrittely

Tuotannon kapasiteetti tarkoittaa suurinta tuotantojärjestelmästä saatavaa määrää valitulla ajanjaksolla (Krajewski ym. 2016, 156). Bruttokapasiteetti, tai tuotantolinjan nimellisteho, on suurin teoreettinen tuotantomäärä valitulla ajanjaksolla, josta ei ole vähennetty tuotevaihtoihin, resurssivajeisiin, korjauksiin, huoltoihin ym. kuluvaan aikaan (Hokkanen ym. 2011, 211). Bruttokapasiteettia

voi näin ollen ajatella suoraan hyödynnettäväksi esimerkiksi tuotantoa seuratessa, lyhyellä aikavälillä. Kapasiteetin määrittelyyn esimerkiksi viikko- tai vuositasolle voi bruttokapasiteettia hyödyntää kertomalla teoreettinen kapasiteetti tuotannon kokonaistehokkuutta mittaavalla OEE-luvulla (Myerson 2012, 68–69). Myersonin (2012, 68) mukaan useiden tutkimustulosten osoittama tyypillinen keskiarvo yritysten OEE-lukemaksi on noin 70 %.

OEE-lukeman saa laskettua kaavalla:

$$OEE = \text{Käytettävyys} \cdot \text{toiminnan tehokkuus} \cdot \text{laadun taso}$$

(Myerson 2012, 69).

Käytettävyyttä pienentävät esimerkiksi asetusajat, huollot ja korjaukset. Toiminnan tehokkuutta pienentävät esimerkiksi pienet pysähdykset, tuotevaihdot, alennetulla teholla tuottaminen. Laadun tasoa taas pienentää mahdollisten epäkuranttien tuotteiden osuus tuotetusta määrästä.

(Myerson 2012, 69).

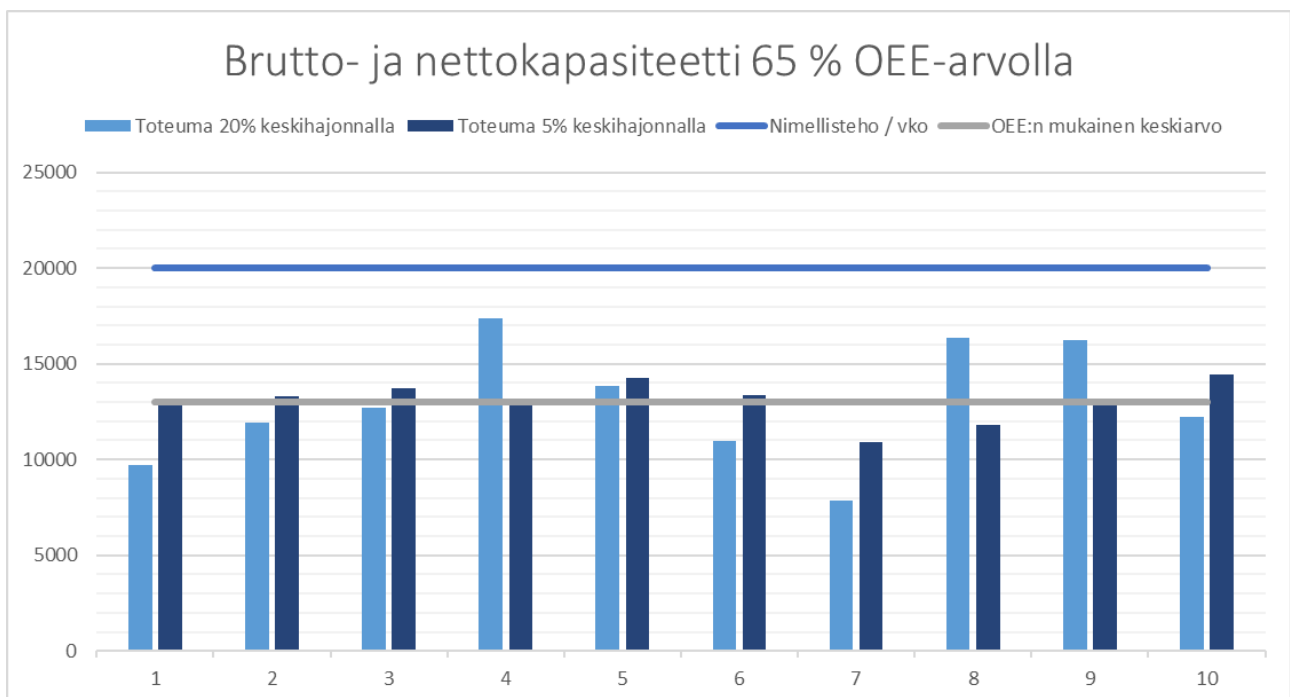
Krajewski ja muut (2016, 158) puolestaan opastavat laskemaan nettokapasiteetin keskimääräisen toteuman perusteella kaavalla:

$$\text{Bruttokapasiteetti} = \frac{\text{Keskimääräinen teho}}{\text{Nimellisteho}} \cdot 100 \%$$

Tämä laskukaava voi olla käytännöllisempi yrityksissä, joissa ei ole OEE-lukemaa kertovaa suorituskykymittaria jo valmiiksi käytössä. Molemmissa laskutavoissa voi myös esimerkiksi tulevien viikkojen kapasiteetin määrittelyyn käyttää eksponenttitasoituksen menetelmää, jolloin mahdolliset muutokset tuotannon toteumassa tulevat huomioiduksi jatkuvasti. Kuvio 13 havainnollistaa brutto- ja nettokapasiteetin eroa ja suoraviivaisen bruttokapasiteetin eroa tuotannon toteumaan 5 % ja 20 % keskihajonnalla, 65 % OEE-arvolla.

## 4.5 Kapasiteetin mitoitus

Hokkanen ja muut (2100, 211–212) sanovat, että karkeasuunnittelun keinoin pitäisi koittaa mitoitaa kapasiteetti ja kysyntä mahdollisimman lähelle toisiaan, yli- tai alikapasiteetista johtuvan hukan minimoimiseksi. Kapasiteetin määrittelyä kuvaavissa lähteissä ei usein kuitenkaan mainita tilanteita, joissa kapasiteetin toteuma vaihtelee viikkojen välillä. Kiran (2019, 8) kuitenkin tunnistaa, ettei tuotanto-ohjelma aina toteudu täysin suunnitellun mukaisesti, vaan voi osittain epäonnistua esimerkiksi materiaalipuutteen, teknisen ongelman, kysynnän muutoksesta tehdyn muutoksen, henkilöstöpuutteen tai toimintojen välisen kommunikaatiopuutosten takia. Samaa asiaa Myerson (2012, 69) kuvailee mainitsemalla vastaavien tekijöiden lisäksi myös tuotevaihtojen voivan aiheuttaa viikkotasaisen OEE-arvon vaihtelua. Tätä ilmiötä mallintamaan laadittiin kuvio 13, joka havainnollistaa brutto- ja nettokapasiteetin eroa ja suoraviivaisen bruttokapasiteetin eroa tuotannon toteumaan 5 % ja 20 % keskihajonnalla, 65 % OEE-arvolla. Johtopäätöksenä viikkotason kuormitusta suunnitellessa kannattaa huomioida myös tuotannon vaihtelutaso kyseisellä tuotantolinjalla. Vaihtelun kasvaessa voidaan olettaa riskin kasvavan niin viikkokohtaisen yli- kuin alikapasiteetinkin osalta.



Kuvio 13. Brutto- ja nettokapasiteetti 65 % OEE-arvolla.

Pidemmän aikavälin nettokapasiteettiin, esimerkiksi vuositasolla laskettuna, on kapasiteettiin hyvä jättää puskuria ja jos vuositason nettikapasiteetin tarve lähestyy 100 prosentin tasoa, kertoo se yleensä kapasiteetin kasvattamistarpeesta (Krajewski ym. 2016, 159). Sopivan kapasiteettipuskurin koko vaihtelee aloittain, vaihteluvälin suuruusluokan ollessa noin 5–40 % (Krajewski ym. 2016, 159). Krajewski ja muut (2016, 163) kertovat vuosittaisen kapasiteettitarpeen prosenttiosuuden voitavan laskea kaavalla:

$$\text{Tarvittava kapasiteetti} = \frac{\text{Vuosiennuste}}{\text{Vuoden nettokapasiteetti} \cdot (1 - \text{kapasiteettipuskuri})}$$

## 5 Tutkimusasetelma

### 5.1 Tutkimuskysymykset

Vilka (2021, 51) korostaa työelämässä yrityksen tarpeista nousevan tutkimuksen perustamista täsmällisesti määriteltävään ja rajattuun ratkaistavaan asiaan. Tästä ratkaistavasta ongelmasta johdetaan tutkimuskysymykset, joista pääkysymyksen ratkaisuun pääsyksi johdetaan myös tarvittavat apukysymykset. Tämän tutkimuksen päätavoitteena on optimoida juomateollisuuden tuotantolinjan toimintaa tuotannon karkeasuunnittelun keinoin ja kehittää useille tuotantolinjoille sovellettavissa oleva prosessi. Tavoitetta lähdetään lähestymään seuraavien kysymysten kautta:

1. Kuinka varmistetaan kunkin tuotteen saatavuus toimitusehtojen mukaisesti?
2. Kuinka huomioidaan tuotantokapasiteetin tehokas käyttö?
3. Kuinka määritellään tuotettavat eräkoot?

### 5.2 Määrällinen ja laadullinen tutkimus

Tutkimusmenetelmät jaotellaan yleisesti kahteen pääluokkaan: määrälliseen ja laadulliseen tutkimusmenetelmään (Vilka 2021, 55). Kananen (2015, 24) puolestaan nimeää nämä kaksi tutkimusmenetelmien pääluokkaa tutkimusotteeksi. Molemmilla tutkimusmenetelmillä on omat, tyypilliset tutkimusmenetelmänsä ja -aineistonsa, joista tämä ylätasoinen menetelmä koostuu (Vilka 2021, 56; Kananen 2015, 24).

Määrällinen, eli kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä tutkii numeraalisessa muodossa olevaa, tai sellaiseksi muutettavissa olevaa tietoa ja käyttää usein tilastollisia menetelmiä tiedon analysoinnissa (Vilkka 2007, 14; Vilkka 2021, 55). Kananen (2015, 24) mainitsee määrällisen tutkimuksen yleisimmäksi aineiston keruutavaksi kyselylomakkeet. Vilkka (2015, 14) puolestaan sanoo tutkijan joko saavan aineiston numeroina, tai muuttavan aineiston numeraaliseen muotoon. Nämä eivät toki ole toisensa poissulkevia asioita, eivätkä myöskään poissulje muita aineiston keruukeinoja, jollainen on esimerkiksi tämän opinnäytetyön tietojärjestelmistä kerättävä numeerinen data. Vilkka (2015, 31) tunnistaakin määrällisen tutkimuksen potentiaalisiksi aineistoiksi erilaiset sähköiset lähteet, jos ne ovat mitattavassa muodossa, tai muutettavissa sellaiseksi.

Laadullinen, eli kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä puolestaan tutkii ihmisten toiminnalleen antavia merkityksiä ja yleisesti laadullinen tutkimus on subjektiivisempaa kuin määrällinen tutkimus (Vilkka 2021, 55–56). Laadullisen tutkimuksen yleisiksi aineiston keruumenetelmiksi Kananen (2015, 24) laadullisen tutkimuksen osalta nostaa havainnoinnin, haastattelut ja dokumentit. Vilkka (2021, 99) puolestaan mainitsee kaiken ihmisen tuottaman median ja esineet voivan toimia laadullisen tutkimuksen aineistona.

Molempiin tutkimusmenetelmiin sisältyy aineiston keruun lisäksi myös analysointivaihe (Kananen 2015, 24). Molemmat tutkimusmenetelmistä kirjoittaneet Kananen ja Vilkka keskittyvät aineiston keruussa ja tutkimusesimerkeissä ylipäänsä yksinomaan ihmisiltä kerättyyn tietoon ja samoin aineistojen tilastointia ja analysointia käsitellään lähteissä vain haastatteluiden ja kyselyiden jalostamisen näkökulmasta. Vilkka (2015, 45) yhdistää jopa asioiden mittaamisen yksinomaan mielipiteiden ja kokemusten mittaamiseksi, vaikka juuri mittaamalla voi saada paljon erilaista aineistoa laajalti myös tietojärjestelmistä ja erilaisista teknisistä mittareista.

### 5.3 Aineiston analysointimenetelmät

**Määrällisessä tutkimuksessa** Kananen (2015, 101) opastaa tiivistämään aineiston prosenttimuotoisiksi taulukoiksi ja tunnusluvuiksi. Analysointimenetelmän osalta puolestaan Vilkka (2015, 119) muistuttaa valitsemaan metodin, joka antaa oikeanlaista tietoa tutkittavan asian kannalta; yhden muuttujan jakauman osalta sijaintilukuja ja usean muuttujan välisissä suhteissa ristiintaulukointia, korrelaatiokerrointa tai näiden yhdistelmää.

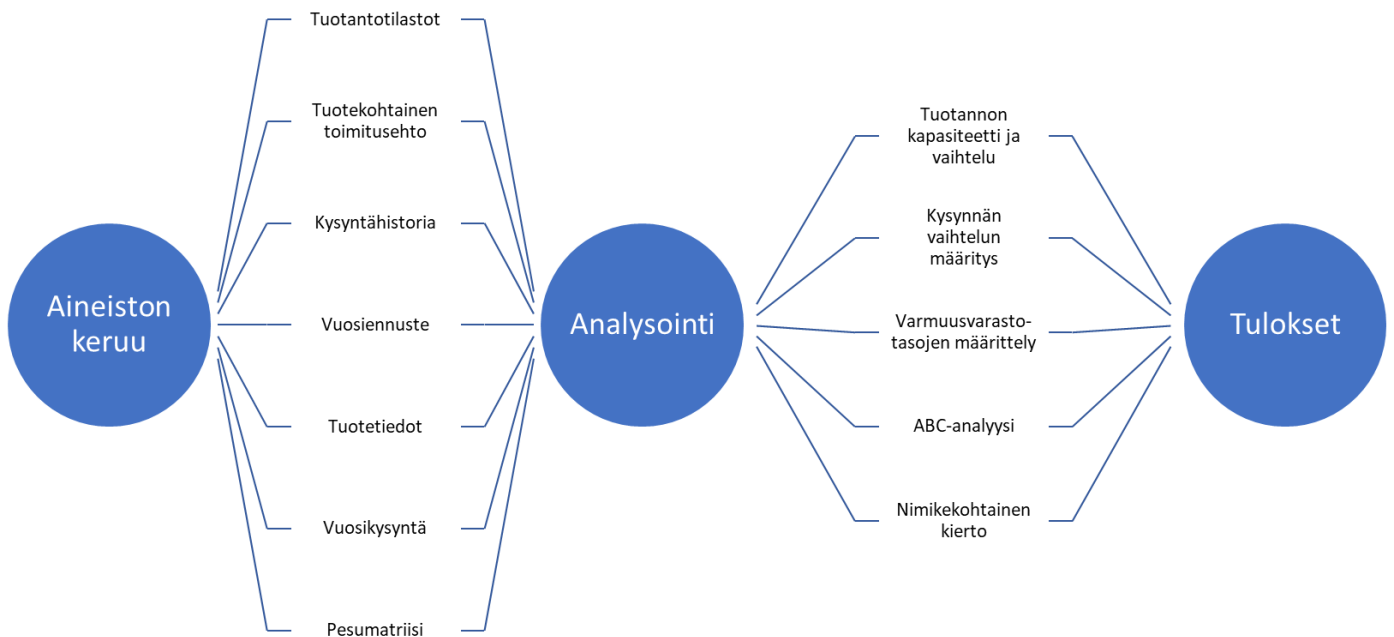
**Laadullisessa tutkimuksessa** aineisto yhdenmukaistetaan samaan muotoon, yleensä tekstiksi, sen jälkeen luokitellaan ja tiivistetään (Kananen 2015, 88–89). Aineiston luokittelun Kananen (2015, 93) jakaa laadullisessa tutkimuksessa kolmeen eri tapaan:

1. Aineistolähtöiseen
2. Teorialähtöiseen
3. Edellisten yhdistelmään

Luokittelun jälkeen laadullista aineistoa tulkitaan tutkimuskysymysten ohjaamana ilmiöiden, niiden tekijöiden määrien, esiintymisyhteyksien, logiikan tai kuvauksen mukaan (Kananen 2015, 94).

#### **5.4 Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmät**

Tässä opinnäytetyössä käytetään kvantitatiivista tutkimusmenetelmää sen soveltuessa parhaiten tämän opinnäytetyön aineistotyyppin tutkimiseen ja sitä kautta mahdollisimman objektiivisten vastausten löytämiseksi valittuihin tutkimuskysymyksiin. Käytettävä aineisto kerätään enimmäkseen numeerisena datana toimeksiantajayrityksen tietojärjestelmistä ja myyntiennusteesta. Havainnointia käytetään tukemaan ilmiöiden tunnistamisessa, esimerkiksi tuotantototeuman vaihtelun ja tuotteiden luokittelutarpeen tunnistamiseen. Havainnoimalla tunnistetut ilmiöt vahvistetaan mahdollisuuksien mukaan yrityksen tietojärjestelmistä ja dokumentaatiosta kerättävän aineiston avulla.



Kuvio 14. Aineiston keruu ja analysointi.

Kuvion 14 havainnollistama aineisto kerätään pesumatriisia lukuun ottamatta suoraan numeraaliseen muotoon yrityksen tietojärjestelmästä. Kerättyä aineistoa analysoidaan taulukkolaskentaohjelmaa käyttäen, yhdistäen aineiston, tutkimuskysymykset ja analysointimenetelmät taulukossa 4 olevan yhteenvedon mukaisesti.

Taulukko 4. Tutkimuskysymysten ja -menetelmien välinen yhteys.

Tutkimuskysymys	Aineiston keruumenetelmät	Aineiston analysointimenetelmät
Kuinka varmistetaan tuotteen saatavuus toimitusehtojen mukaisesti?	<p>Kvantitatiivisen aineiston keruu: Kerätään yrityksen tietojärjestelmistä tuotetiedot, myyntiennuste ja tilaushistoria.</p> <p>Kirjallisuuskatsaus: Toimitusketuun, varastointiin ja määrälliseen tutkimukseen liittyvät kirjat, tieteelliset artikkelit ja muut julkaisut.</p>	Kootaan kerätyt tiedot taulukkolaskentaan ja analysoidaan kerättyjen tietojen perusteella ja lähdekirjallisuuden tietoa hyödyntäen tuotekohtainen valmistuseräkokojen mahdollinen liikkumavara.
Kuinka varmistetaan tuotantokapasiteetin tehokas käyttö?	<p>Kvantitatiivisen aineiston keruu: Kerätään yrityksen dokumentaatiosta tiedot tuotantolinjan nimellistehosta, OEE-ohjeavosta</p> <p>Havainnointi: Tuotannon tarkkailun tueksi kerätään analysoitavaksi yrityksen kirjallista dokumentaatiota.</p> <p>Kirjallisuuskatsaus: Toimitusketjuun, tuotannonohjaukseen, -suunnitteluun ja -optimointiin, sekä määrälliseen tutkimukseen liittyvät kirjat, tieteelliset artikkelit ja muut julkaisut.</p>	<p>Analysoidaan kerättyjä tietoja ja kirjallista tietoa yhdistämällä kerättyjen arvojen pohjalta tuotantolinjalle teoreettinen kapasiteetti.</p> <p>Lisäksi luokitellaan aineistoa ja analysoiden erilaiset tuoteryhmät ja lasketaan tuoteryhmien osuus vuosikysynnästä ja -kapasiteetista.</p> <p>Taulukoidaan erilaiset tuoteryhmäkohtaiset tuotantorytmivariaatiot ja analysoidaan parasta rytmitystä kapasiteettiin ja kysyntään nähden.</p>
Kuinka määritellään tuotettavat eräkoot?	<p>Kvantitatiivisen aineiston keruu: Haetaan yrityksen varastohallintajärjestelmästä tuotantolinjan tuotteiden varastosaldot. Lisäksi hyödynnetään edellisten tutkimuskysymysten aineistoa ja tuloksia.</p> <p>Kirjallisuuskatsaus: Määrälliseen tutkimukseen liittyvä kirjallisuus.</p>	<p>Analysoidaan erilaisten eräkoratkaisujen vaikutus tuotannonvaihteluun, varastotasoihin ja viikottain tuotettavien nimikkeiden määrään.</p> <p>Pyritään lopputuloksena kehittämään prosessi tuotantomäärien optimointiin halutun parametrin perusteella.</p>

#### 5.4.1 Kuinka varmistetaan kunkin tuotteen saatavuus toimitusehtojen mukaisesti

Tähän tutkimuskysymykseen kerätään seuraavaa aineistoa yrityksen tietojärjestelmistä ja dokumentaatiosta:

1. Tuotetiedot kaikista tutkimuksessa käsiteltävällä tuotantolinjalla aktiivisesti valmistettavista tuotteista. Tarvittavia tuotetietoja ovat tuotekoodi, tuotteen nimi, myyntiajan pituus päivissä, tuotekohtainen tankkikoko kappaleina, lavakohtainen kappalemäärä, valmistettava lavatyyppi.

2. Myyntiennuste. Tuotekohtainen viikkotasoinen myyntiennuste kappaleina kaikista tutkimuksessa käsiteltävän tuotantolinjan tuotteista koko vuoden 2023 ajalta. Tutkimuksessa vuosienennusteena käytettävä ennuste on vuoden 2022 lopulla ennakkoon laadittu ennuste vuodelle 2023.
3. Tilaushistoria. Päiväkohtainen tilauskanta kappaleina kaikista tutkimuksessa käsiteltävän tuotantolinjan tuotteista vuodelta 2023, aikaväliltä viikko 1–28. Tiedonkeruu suoritetaan viikolla 29.

**Aineiston analysoinnin** avuksi kerätään tietoa toimitusketjusta yleisesti, sekä varastoinnista ja varastonohjauksesta. Tietoa kerätään alan kirjallisuudesta, tieteellisistä julkaisuista ja verkkojulkaisuista. Analysoinnissa käytetään määrällisen tutkimuksen metodeja, määrällisen tutkimuksen lähdekirjallisuutta soveltaen.

**Tutkimuskysymykseen** vastausta lähdetään etsimään yhdistämällä tuotetiedot, ennuste ja kysyntähistoria samaan Excel-tiedostoon omille välilehdilleen, tuotekoodien toimiessa hakuavaimena välilehdillä. Ensimmäisenä tietona lasketaan kaikille nimikkeille kysyntähistorian ajalle varmuusvarastotaso kullekin viikolle taannehtivasti. Varmuusvarasto määritellään lähdekirjallisuuden oppeja soveltaen. Tutkimukseen mukaan valitun tuotantolinjan tuotteita, pois lukien tutkimuksesta ulos rajatut kausituotteet, on oltava toimitusehtojen mukaan jatkuvasti varastossa saatavilla. Toinen tämän tutkimuksen näkökulmasta merkittävä toimitusehto on parasta ennen -päiväyksen jäljellä oleva pituus tuotteen toimitushetkellä. Toimitusehdon mukainen päiväyksen pituus päivissä saadaan yrityksen tuotetiedoista.

**Varmuusvarasto** lasketaan nimikekohtaisesti kysynnän vaihteluun pohjautuen, kuten Wild (2018, 102) opastaa. Kysyntähistoriaa hyödynnetään vuoden 2023 alusta viikkoon 28/2023 saakka. Nimikekohtaiset varmuusvarastomäärät lasketaan käyttäen eksponenttitasoituksen menetelmää, ja kaikille nimikkeille käytetään alfan arvoa 0,2, jolla Wild (2018, 176) suosittaa aloittamaan, kun kysynnän vaihtelun määrä ei ole vielä tiedossa. Varmuusvarastotaso määritellään viikko- ja tuotetasolla viikoille 03/2023–28/2023. Näistä viimeisintä, viikolle 28 määriteltyjä varmuusvarastotasoja käytetään tutkimuksessa tehtävissä 15 viikon suunnitteluajanjaksoissa. Tätä suunnittelumenetelmää viikoittaisessa suunnittelussa varmuusvarastotasot päivitetäisiin joka viikko uudestaan, aina uuden tilausdatan kertyessä.

Vilkka (2007, 118) esittää yhtenä määrällisen analyysin perusteista erilaiset tunnusluvut, joista näiden seuraavien kaavojen avulla hyödynnetään keskilukujen ryhmään kuuluvaa keskiarvoa ja hajontaluvuista vaihteluväliä. Suurin teoreettinen tuotantoerä nimikekohtaisesti lasketaan käyttämällä tuotekohtaisen varmuusvaraston keskiarvoa viikoilta 03/2023–28/2023, seuraavalla kaavalla:

$$\text{Maks. tuotantoerä} = \frac{\text{Vuosiennuste}}{52} \cdot \frac{\text{Toimitusehto pv}}{7} - \frac{\text{varmuusvarasto}}{\text{Tankkikoko}}$$

Suurimman tuotantoerän lisäksi lasketaan suurin ja pienin tuotantoväli viikoissa, jokaiselle tuotteelle erikseen. Suurin tuotantoväli lasketaan kaavalla:

$$\text{Suurin tuotantoväli} = \frac{\text{Vuosiennuste}}{\text{Maks. tuotantoerä} \cdot \text{Tankkikoko}}$$

Pienin tuotantoväli lasketaan kaavalla:

$$\text{Pienin tuotantoväli} = \frac{52}{\frac{\text{Vuosiennuste}}{\text{Tankkikoko}}}$$

Määriteltävien tuotantovälien avulla saadaan analysoitua tuotteiden sisäiset liikkumavarat tuotantolinjojen ja tuotantovälien suhteen.

#### 5.4.2 Aineisto tuotantokapasiteetin tehokkaan käytön varmistamiseksi

Tähän tutkimuskysymykseen vastaamiseksi kerätään yrityksen dokumentaatiosta seuraavat tiedot:

1. Tuotantolinjan nimellisaika, kappaletta tunnissa.
2. Tuotantolinjalle asetettu kokonaistehokkuuden tavoite, OEE.
3. Tuotantolinjan OEE-arvon määrittelyyn sisällytetty käytettävissä oleva tuotantoaika.
4. Tuotantolinjan pesumatriisi, jossa kuvataan mahdollisesti tarvittavat tuotantolinjan pesutoimet eri tuotteiden välillä siirryttäessä ja kullakin tuoteryhmällä käytettävä pastörintilaite.

Havainnoimalla tuotantoa kertyy tietoa tuotantolinjalla tuotettavista tuoteryhmistä ja niiden mahdollisesta keskinäisestä yhteensopivuudesta. Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi havaintojen tueksi myös käytetään tuotantolinjan pesumatriisissa dokumentoituja tietoja.

Kerättyjen tietojen analysoinnin avuksi kerätään tietoa myös kirjallisuudesta, tieteellisistä artikkeleista ja verkkojulkaisuista seuraavista aihepiireistä: Toimitusketju, tuotannonohjaus, tuotannon suunnittelu, Lean, määrällinen tutkimus.

Kerättävän aineiston ja tietoperustan pohjalta analysoidaan ensiksi tuotantolinjan teoreettinen vuosikapasiteetti määrittelemällä ensin teoreettinen viikkokapasiteetti nimellisenopeuden, OEE-arvon ja viikoittaisen tuotantoajan perusteella. Kirjallisen tiedon ja bruttokapasiteetin perusteella määritellään teoreettinen nettokapasiteetti. Bruttokapasiteetti lasketaan Myersonin opastamalla tavalla (2012, 68–69), käyttäen kaavaa:

$$\text{viikkokapasiteetti} = \text{nimellisenopeus} \cdot \text{viikkotunnit} \cdot \text{OEE}$$

Tätä vaihetta kerättävän aineiston lisäksi hyödynnetään myös edelliseen vaiheeseen kerättävää tietoa ja niistä koostettavaa Excel-tiedostoa. Uuden ja edellisessä vaiheessa koottavan aineiston, sekä kirjallisen tiedon avulla tuotteet luokitellaan tuoteryhmiin, sekä tehdään ABC-analyysi (Sakki 2003, 91). Tuoteryhmiin luokittelu tehdään, jos tuotantolinjalla tehdään keskenään niin erilaisia tuoteryhmiä, että niiden keskinäisellä sekoittamisella on vaikutusta tuotantokapasiteetin tehokkuuteen hyödyntämiseen.

Mahdollisia eri tuoteryhmiä analysoidaan käyttämällä ristiintaulukointia, taulukon 5 havainnollistamalla tavalla. Vilka (2007, 129) opastaa käyttämään ristiintaulukoinnissa prosenttilukuja kappaleten sijaan. Myös tehtävästä ABC-analyysin tuloksia analysoidaan ristiintaulukointia hyödyntämällä.

Taulukko 5. Esimerkki tuotantorytmien vertailusta.

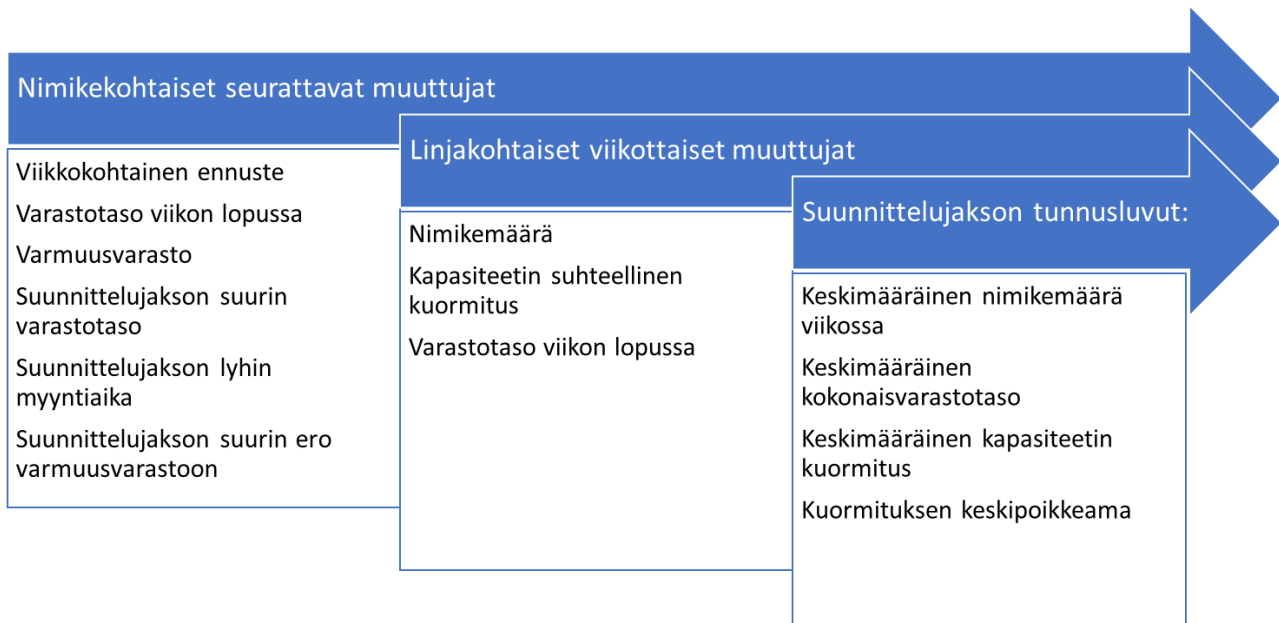
Vaihtoehto	Viikkoa / ryhmä		Osuus kapasiteetista / ryhmä		Osuus myynnistä / ryhmä	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	1	2	33 %	67 %	%	%
2	2	1	67 %	33 %	%	%
3	3	1	75 %	25 %	%	%
4	3	2	60 %	40 %	%	%
5	2	3	40 %	60 %	%	%

#### 5.4.3 Aineisto tuotettavien eräkokojen määrittämiseksi

Tähän tutkimuskysymykseen vastaamiseksi hyödynnetään ensisijaisesti edellisiin vaiheisiin kerättyä tietoa ja niiden pohjalta saatavia tuloksia. Näiden em. tietojen lisäksi haetaan yrityksen varastohallintajärjestelmästä tutkittavalla tuotantolinjalla valmistettavien tuotteiden varastosaldot kappaleina, sekä päivitetty ennuste mallinnuksen aloitushetkestä 10–20 viikkoa eteenpäin ja ajan tasainen kysyntähistoria vuoden alusta mallinnushetkeä edeltävän viikon loppuun saakka. Tarkempi suunnittelujakson pituus määritellään soveltuvien tuotantorytmien mukaan.

Tuotettavien eräkokojen vaikutus analysoidaan laatimalla erilaisia vaihtoehtoja hyödyntämällä samalla aiemmista vaiheista saatuja tuloksia. Erilaiset vaihtoehdot laaditaan edellisen vaiheen tuloksena saatavan tuotantorytmien mukaan. Vaihtoehdot analysoidaan laatimalla taulukkolaskentaohjelmalla tutkittavan suunnittelujakson mittainen tuotantosuunnitelman runko, jossa huomioidaan kuvion 15 havainnollistamat muuttujat. Näiden muuttujien avulla varmistetaan tuotteiden saatavuus toimitusehtojen mukaisesti, pitäen samalla tuotantolinjan kuormituksen kullakin viikolla kapasiteetin määrittelemien rajojen sisällä. Tutkimuksissa käytettävistä mittareista Vilka (2007, 75) toteaa, että toisinaan kannattaa käyttää olemassa olevia mittareita. Tämän tutkimuksen osalta tätä sovelletaan käyttämällä tuotettavien eräkokojen vaikutuksen mittareina jo yrityksessä käytössä olevia mittareita varastotason, viikkokohtaisen nimikemäärän osalta. Lisäksi uusina mittareina käytetään suunnittelujakson keskimääräistä kuormitusta ja kuormituksen keskipoikkeamaa. Näitä saatuja tuloksia analysoidaan ristiintaulukoinnin avulla, jolla voi analysoida muuttujien välisiä

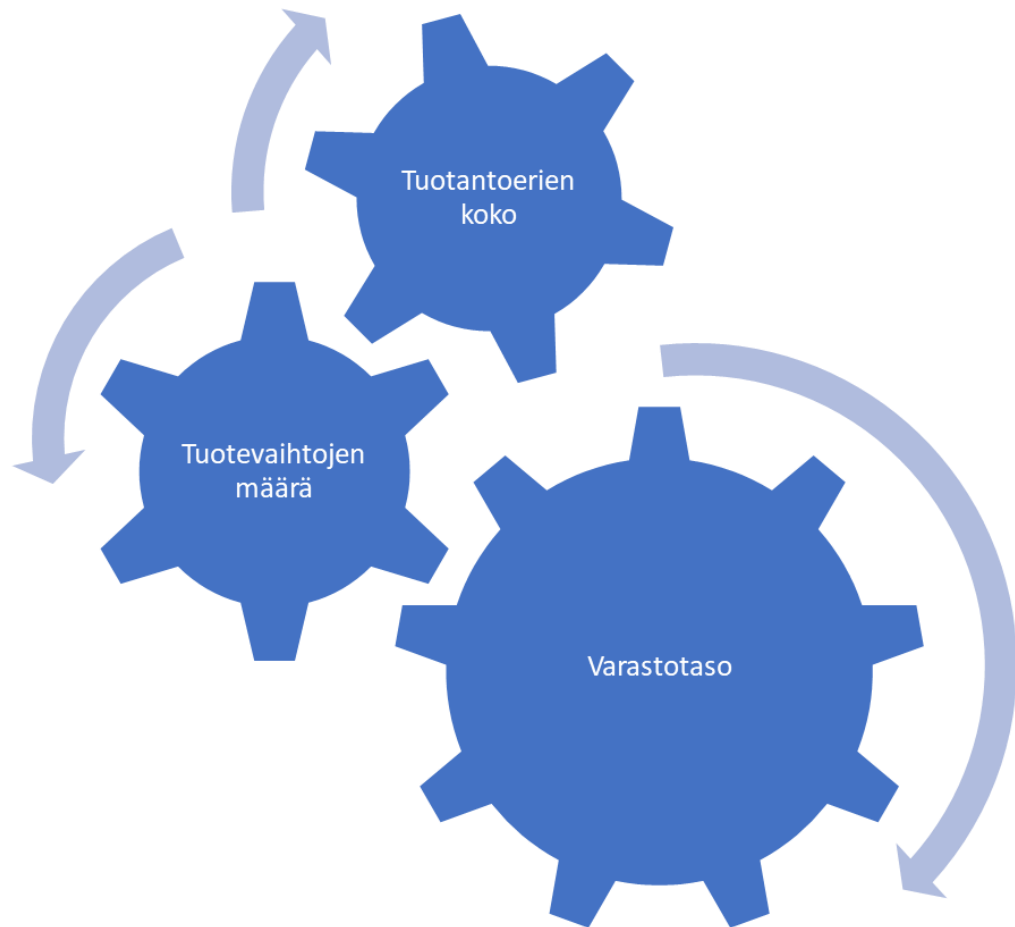
riippuvuuksia (Vilkkä 2007, 129). Lisäksi mitattavista tunnusluvuista laaditaan kuvaajat suunnittelujakson ajalta, jolloin myös valittujen mittareiden vaihtelu voi havainnollisesti analysoida.



Kuvio 15. Eräkoon muuttujat

Eri vaihtoehdoissa käytetään kyseisenä ajankohtana saatavilla ollutta tuoreinta myyntiennustetta, aloitusviikosta suunnittelujakson loppuun saakka. Lisäksi varmuusvarastotasot lasketaan vuoden alusta mallinnusta edeltävän viikon loppuun saakka ulottuvan tilauskannan mukaan tuotekohtaisesti, eksponenttiasoitusta hyödyntäen, josta mallinnuksessa käytetään viimeisimmälle viikolle määritettyjä varmuusvarastotasoja.

Lopuksi erilaisten mallinnettujen tuotantorytmien ja eräkokojen tulokset analysoidaan ja lopputuotteena saadaan prosessi, jolla voi tuotettavia eräkokoja optimoida haluamallaan painotuksella tuotevaihtojen, kuormituksen vaihtelun ja varastotason välillä varmistaen samalla asiakastytyvyyden toimitusehtojen puitteissa pysymisen osalta. Kuvio 16 havainnollistaa tuotantoerien koon oletettua korrelaatiota tuotevaihtoihin ja varastotasoon.



Kuvio 16. Tuotantoerien ja tuotevaihtojen suhde.

#### 5.4.4 Tuotettavien eräkokojen määrittelyyn käytettävä taulukko

Tässä osiossa esitellään tarkemmin tuotettavien eräkokojen tutkimiseen taulukkolaskentaohjelmassa valmistettua työkalua, jolla tarvittavat tutkimukset tutkittavalle ajanjaksolle suoritetaan. Taulukossa 6 on esimerkki 15 viikon ajanjaksolle laaditusta tuotettavien eräkokojen suunnittelun päätaulukosta, jossa on seuraavat tiedot:

1. Tuoteryhmä.
2. ABC-luokka. Tieto haetaan automaattisesti ABC-analysistä.
3. Varmuusvarasto, kappaletta. Tieto haetaan automaattisesti varmuusvarastolaskennan suorittavalta välilehdeltä.
4. Varastosaldo, kappaletta. Suunnittelujaksoa edeltävän viikon loppusaldo. Tieto haetaan automaattisesti Varastosaldot-välilehdeltä, johon lukemat tuodaan varastohallintajärjestelmästä.
5. Suurin eräkkö, viikkoa. Tieto haetaan automaattisesti tuotekoodin perusteella suurimpien eräkköjen laskentaan käytettävältä välilehdeltä.

6. Pienin erotus varmuusvarastotasoon suunnittelujakson aikana, kappaletta. Huomioiden suunnitellut tuotannot.
7. Suunnittelujaksolla oleva lyhin myyntiaika, viikkoa. Huomioiden suunnitellut tuotannot. Jos myyntiaika painuu suunnittelujakson aikana negatiiviseksi, ruutu värjäytyy automaattisesti punaiseksi taulukon 6 esimerkin mukaisesti.
8. Suurin varastotaso suunnittelujakson ajalla, kappaletta. Huomioiden suunnitellut tuotannot. Automaattinen muotoilu korostaa pienimpiä arvoja vihreinä, suurimpia punaisina.
9. Sarakkeisiin 9–23 suunnitellaan tuotettavat määrät, tankillisina. Syöttöruudut värjätään vihreiksi kunkin tutkittavan optimointivaihtoehdon tuotantorytmin mukaisesti.

Taulukko 6. 15 viikon suunnittelurunko.

Tuoteryhmä	ABC	Varmuusvarasto	Saldo	Suurin erätkoko	Erotus varmuusvarastoon	Myyntiaika	Suurin varastotaso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 A				8.4	2.9	3.6																
1 A				3.5	1.1	2.4																
1 B				3.0	1.2	3.4																
1 A				3.1	1.3	2.2																
1 A				2.9	1.2	2.3																
1 C				1.3	1.3	3.2																
1 B				1.5	1.9	1.6																
1 B				2.0	1.2	1.9																
1 B				2.4	1.4	1.6																
1 C				0.5	1.3	1.2																
1 C				0.5	1.4	1.2																
1 C				0.3	1.1	1.2																
1 C				0.7	1.5	1.2																
1 C				0.5	1.4	1.2																
1 C				0.9	1.4	1.4																
1 C				1.0	1.4	1.9																
1 B				1.1	1.0	1.2																
1 B				1.3	1.4	1.1																
1 B				1.5	1.2	0.5																
2.5 B				1.4	1.1	0.3																
2.5 B				3.0	1.5	2.7																
2.5 B				1.5	1.7	1.4																
2.5 B				1.5	1.5	1.4																
2.5 B				4.0	1.2	2.8																
2.5 C				0.8	1.5	0.9																
2.5 B				2.1	1.9	0.9																
2 B				2.5	1.6	3.7																
2 B				2.4	1.3	3.8																
2 A				3.9	1.3	4.6																
2 B				2.8	1.1	3.3																
2 B				2.5	1.9	3.4																
2 C				0.6	1.5	3.6																
2 C				1.5	1.7	2.5																
2 B				1.4	1.5	0.5																
2 A				5.8	1.5	4.7																
2 C				0.7	1.2	2.0																
2 B				3.9	1.1	7.7																
2 B				3.2	1.2	7.3																
2 B				2.1	1.8	6.0																
2 C				1.5	1.3	3.6																
2 C				0.7	1.1	1.0																
2 A				7.8	1.1	4.8																
2 B				2.5	1.6	3.4																
2 B				1.4	1.6	0.3																
2 C				0.7	1.4	3.8																
2 A				4.5	1.0	3.6																
2 A				5.3	1.5	3.6																
2 B				2.5	1.3	3.3																

Suunnittelutaulukosta on poistettu näkyvistä hakuavaimena poistettu tuotekoodi ja anonymisoitu tuotenimi. Näin pyritään varmistamaan tutkiminen objektiivisesti numeroiden ja asetetun tuotantorytmin ja muiden mahdollisesti asetettujen rajoitteiden mukaisesti

Taulukko 7 esittelee optimointivälilehdellä näkyvät päämittarit viikkotasolla:

1. Suunnitteluviikko

2. Kullekin viikolle suunniteltu nimikemäärä. Automaattinen muotoilu korostaa suurimpia arvoja punaisella, pienimpiä vihreällä.
3. Suunniteltu nettokapasiteetin kuormitus.
4. Varastotaso suunnitteluviikon jälkeen, kappaletta.

Taulukko 7. Optimointityökalun päämittarit.

Viikko	Tuotteita	% Kapas.	Varastotaso
1		46 %	
2		73 %	
3		45 %	
4		100 %	
5		71 %	
6		49 %	
7		71 %	
8		47 %	
9		72 %	
10		82 %	
11		64 %	
12		75 %	
13		42 %	
14		64 %	
15		52 %	
Keskim.		64 %	
Vaihteluväli	109 %	92 %	25 %
Kuormituksen vaihtelu		13 %	
Varastotason muutos 1/5 vs 5/5			-12 %

Lisäksi taulukko 7 havainnollistaa näkyvillä olevat muut mitattavat tunnusluvut suunnittelujakson ajalta. Näistä optimointivälilehdiltä löytyvistä päämittareiden tuloksista tulokset haetaan lopulta tulosten yhteenvedon tekevälle välilehdelle.

Taulukoissa 6 ja 7 havainnollistettujen laskentaa vaativien arvojen laskemiseksi käytössä on seuraavat aputaulukot:

1. Varastosaldo viikon lopussa, kappaleina. Nimikkeittäin ja viikoittain, huomioiden suunnitteluajanjaksoa edeltävän varastosaldon, suunnitellut tuotannot ja viikkoennusteen.
2. Riitto viikon lopussa, viikkoa. Nimikkeittäin ja viikoittain. Laskee myös nimikkeittäin pienimmän ja suurimman arvon.
3. Erotus varmuusvarastomäärään viikon lopussa, kappaletta. Nimikkeittäin ja viikoittain. Laskee myös nimikkeittäin pienimmän ja suurimman arvon.
4. Toimitusehto viikon lopussa, viikkoa. Nimikkeittäin ja viikoittain. Laskee myös nimikkeittäin pienimmän ja suurimman arvon.

5. Tuotettavaksi suunniteltu määrä kappaleina. Suunniteltujen tankillisten määrä kerrottuna tuotetiedoista automaattisesti haettavalla tuotekohtaisella tankkikoolla.

## 5.5 Eettisyyden tarkastelu

Tämä tutkimus suoritetaan noudattaen Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisiä periaatteita. Lisäksi tulosten luotettavuuden varmistamiseksi kaikki kerätty aineisto on kerätty yrityksen dokumentaatiosta ja tietojärjestelmistä. Tutkimusaineisto ei sisällä henkilötietoja eikä kyselyiden tai haastattelujen tuloksia.

Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella objektiivisesti vastauksia tutkimuskysymyksiin (Vilka 2007, 16), ilman subjektiivisia mielipiteitä, ennakkoon asetettuja odotuksia optimointiprosessin painopisteen osalta ja olemassa olevia toimintamalleja. Objektiivisuuden varmistamiseksi myös kaikki tuotenimet anonymisoidaan aineistoa jalostaessa (Vilka 2007, 95). Lisäksi tuotetietojen haakuavaimena toimiva tuotekoodi kätketään näkyvistä tutkimukseen käytettävästä 15 viikon tuotannon suunnittelun pohjasta.

## 6 Tutkimustulokset

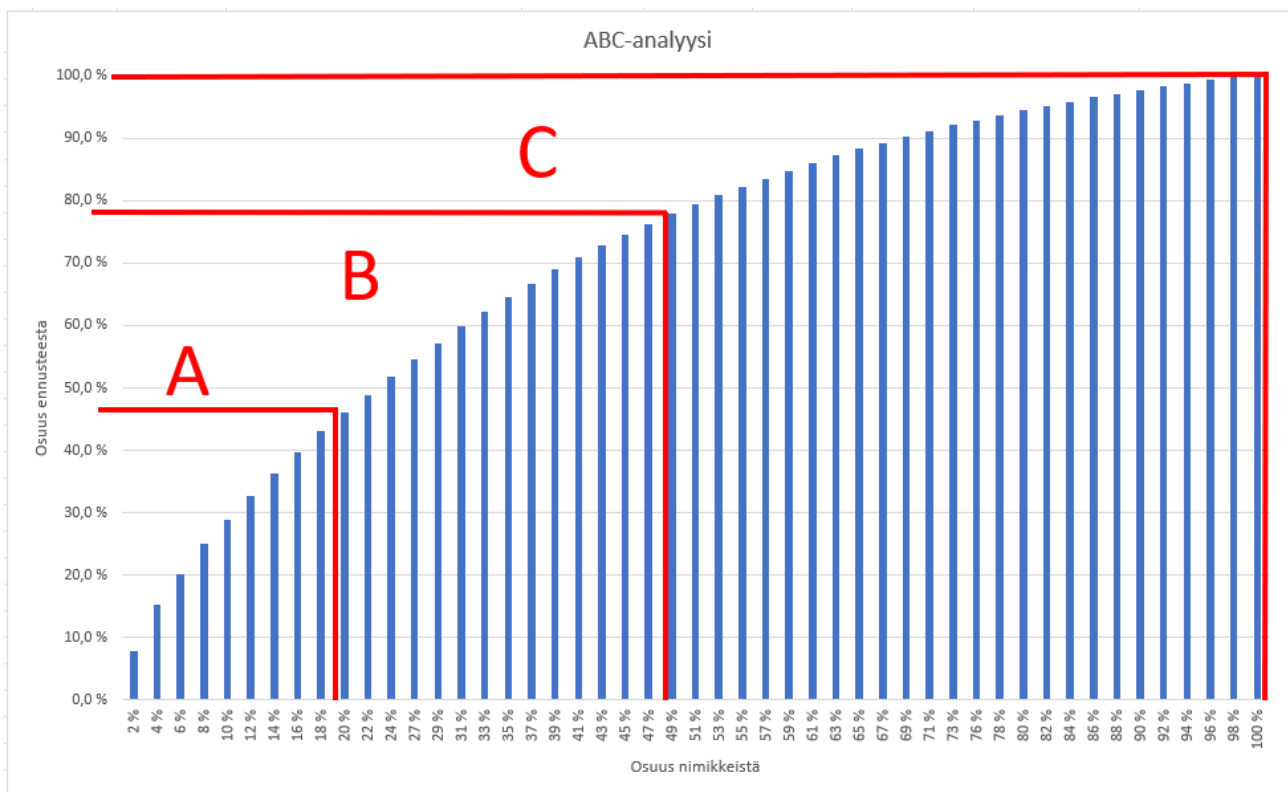
### 6.1 Valmistettavien tuotteiden analysointi

Tutkimus aloitettiin analysoimalla tuotantolinjalla valmistettavia tuotteita ja niiden kysyntää, saadaksemme tietoa ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi – kuinka varmistetaan tuotteiden toimitus toimitusehtojen mukaisesti. Ymmärtääksemme tuotantolinjalla tuotettavien tuotteiden määrää ja kysyntää tehtiin ABC-analyysi koko vuoden 2023 kattavasta viikkotasoisesta myyntiennusteesta, josta oli rajattu tutkimuksesta pois rajatut kausiluontoisesti valmistettavat tuotteet. ABC-analyysin tuloksena nähtiin tuotantolinjalla valmistettavan ympärivuotisesti yhteensä 49 nimikettä, joista 10 kuuluu A-luokkaa, 14 B-luokkaan ja 25 nimikettä C-luokkaan (Taulukko 8).

Taulukko 8. ABC-analyysin tulokset.

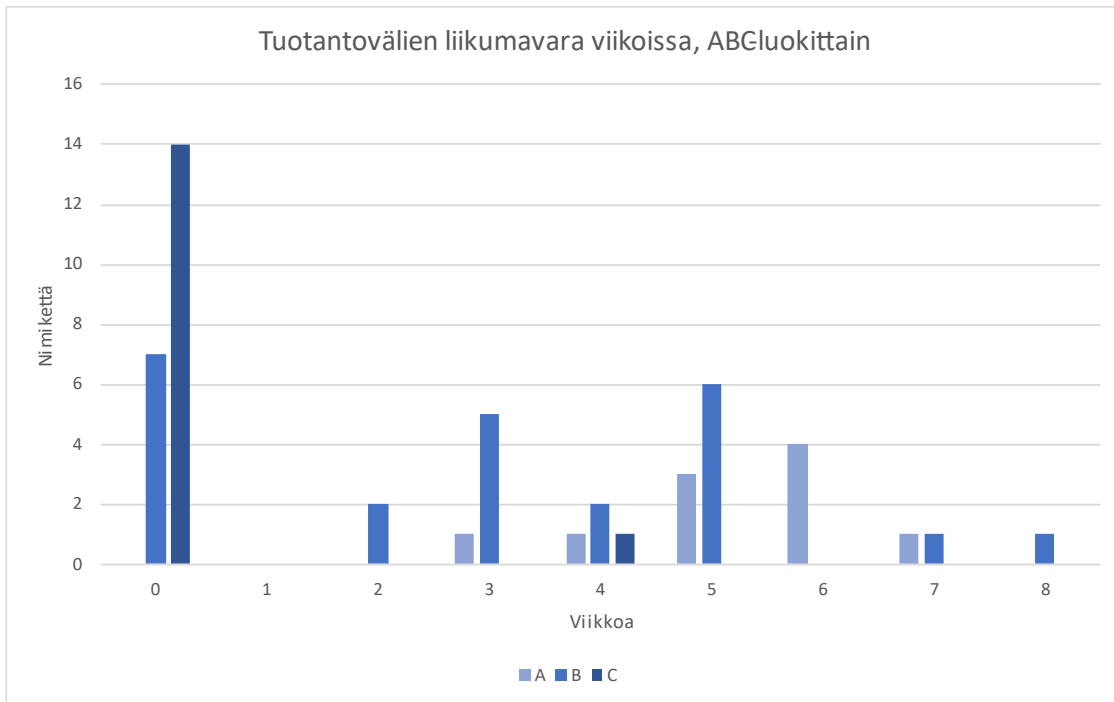
ABC-luokka	Nimikkeitä	Osuus volyymistä	Kumulatiivinen osuus volyymistä	Osuus nimikkeistä
A	10	46,0 %	46,0 %	20,4 %
B	14	31,9 %	78,0 %	28,6 %
C	25	22,0 %	100,0 %	51,0 %
Yhteensä	49	100 %	100 %	100 %

ABC-analyysistä laadittiin myös tuotteiden jakaumaa visualisoiva kuvaaja (Kuvio 17). Kuvaajasta nähdään havainnollisesti valmistettavien nimikkeiden tasainen pienentyminen ja jakautuminen ABC-luokkiin.



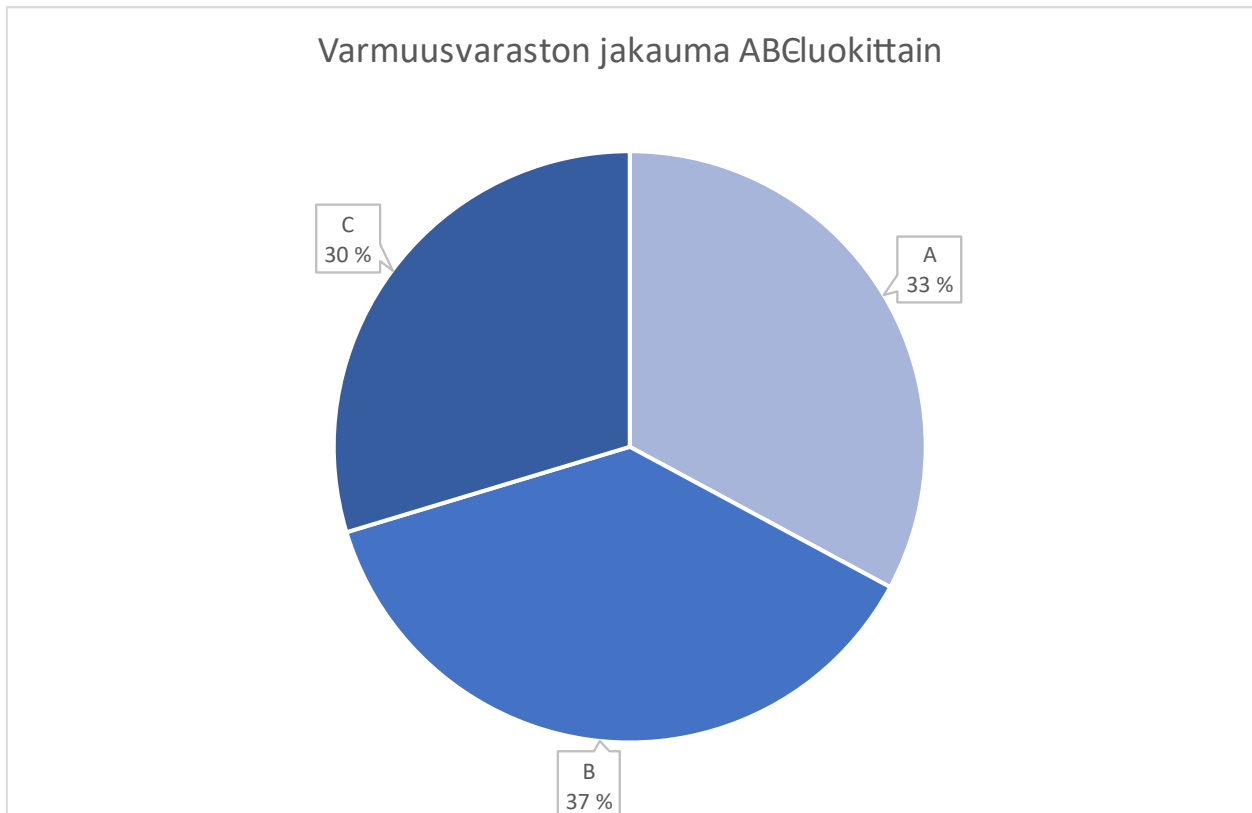
Kuvio 17. ABC-analyysin kuvaaja

ABC-analyysin lisäksi määriteltiin jokaiselle nimikkeelle pienin ja suurin mahdollinen tuotantoväli toimitusehtojen rajoissa. Pienimmän ja suurimman tuotantovälin erotuksena saatiin tuotantovälien mahdollinen liikkumavara tuotteittain. Tuotantovälien liikkumavarojen määrittelyn jälkeen nämä tulokset yhdistettiin ABC-analyysiin. Kuvio 18 havainnollistaa tuotantovälien liikkumavaran ABC-luokittain, ja paljastaa liikkumavaran olevan lähes yksinomaan A- ja B-luokkien nimikkeissä.



Kuvio 18. Tuotantovälien liikkumavara ABC-luokittain.

Nimikekohtaiset varmuusvarastotasot määriteltiin viikoille 3–28 / 2023 kysynnän vaihtelun perusteella, soveltaen eksponenttitasoituksen menetelmää. Nimikekohtaisen varmuusvaraston keskiarvo yhdistettiin ABC analyysin tuloksiin, jolloin saatiin esille varmuusvaraston jakautuminen ABC-luokkien välillä. Kuvio 19 havainnollistaa varmuusvaraston jakaumaa luokittain, tutkimuksen varmuusvarastoarvona käytettyjen viikon 28 varmuusvarastotasojen mukaan, näyttäen samalla varmuusvaraston jakautuvan melko tasaisesti eri luokkien välillä.



Kuvio 19. Varmuusvaraston jakauma ABC-luokittain.

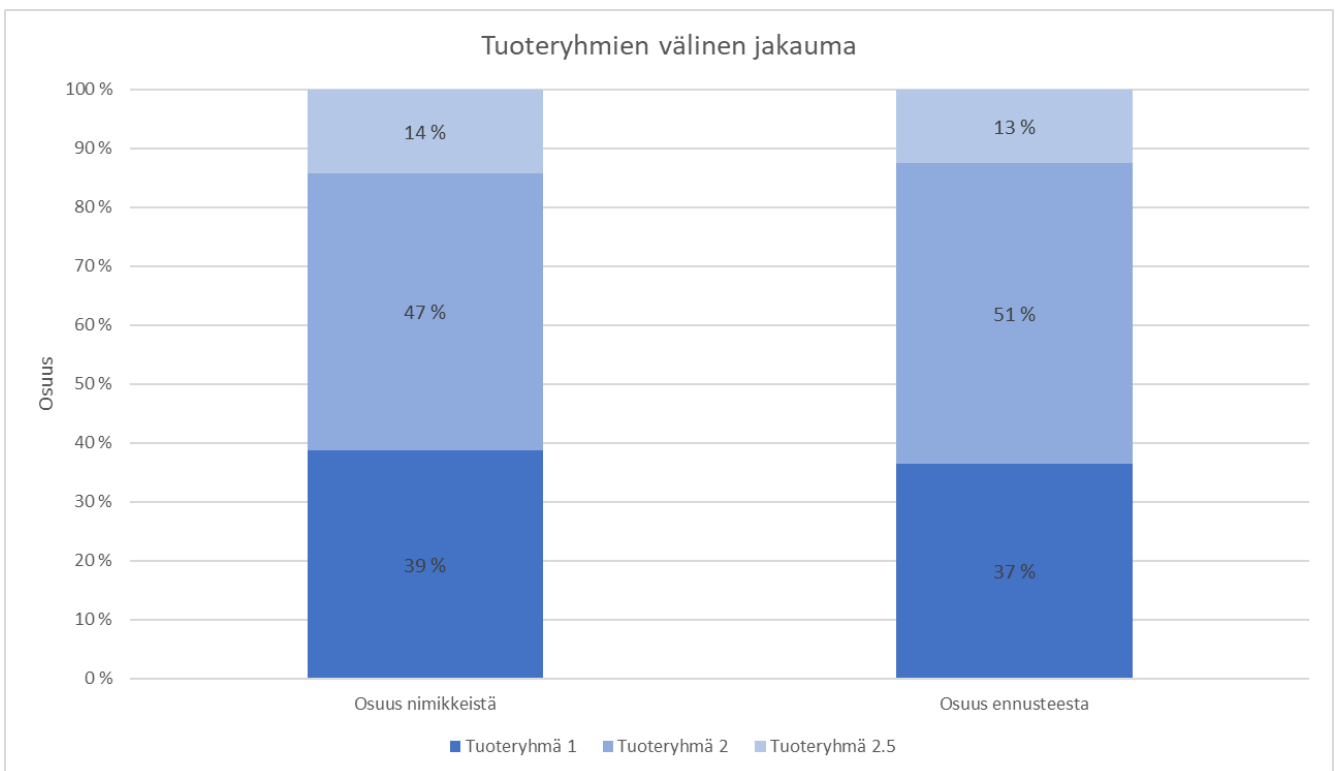
## 6.2 Tuotantoryhmien analysointi

Toiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tutkittiin tuotantolinjalla valmistettavien nimikkeiden valmistusteknisesti toisistaan erottuvia tuoteryhmiä, käyttäen apuna tuotantolinjalla käytettävää yrityksen ohjeistukseen sisältyvää pesumatriisia. Pesumatriisista erottui selkeästi kaksi eri päätuoteryhmää, jotka on jaettu kokonaan toisistaan erilleen, eikä niiden välillä pääse luontevasti siirtymään. Kyseisten tuotantoryhmien tuotantoprosessissa on käytettävä eri pastörintilaitetta. Nämä tuoteryhmät nimettiin tuoteryhmiksi 1 ja 2.

Lisäksi tuoteryhmästä 2 löydettiin alaryhmä, jonka tuotteista ei pääse pesumatriisista saatavien tietojen pohjalta siirtymään takaisin pääryhmän tuotteisiin ilman tuotantolinjalle tehtävää tuotantolinjan suurempaa pesuprosessia, koska eräs tuoteryhmän tuotteissa käytettävä raaka-aine ei liukene valmistettaviin tuotteisiin. Tuotantolinjan suurempi pesuprosessi on pesumatriisin mukaan

kuitenkin suoritettava vähintään kerran viikossa tuotantojen välissä ja samoin tuotantoviikon päätteeksi osana tuotannon lopetuspesuja. Tämä tuoteryhmän 2 alaryhmä nimettiin tuoteryhmäksi 2.5.

Tuoteryhmien välistä jakaumaa analysoitiin ristiintaulukoimalla tuoteryhmien 1, 2 ja 2.5 osuus tuotantolinjan nimikkeistä ja vuosienusteesta, ja siitä laadittiin tuloksia havainnollistava kuvaaja (Kuvio 20). Analyysin tuloksena nähtiin tuoteryhmän 1 muodostavan n. 37 % vuosikysynnästä ja sisältävän 39 % tuotantolinjan nimikkeistä, lopun jäädessä tuoteryhmille 2 ja 2.5.



Kuvio 20. Tuoteryhmien välinen jakauma

Lisäksi tuoteryhmiä tutkittiin ristiintaulukoimalla tuoteryhmien jakaumaa ABC-luokittain (Taulukko 9). ABC-analyysin tuloksista nähtiin tuoteryhmien 1 ja 2 volyymin muodostuvan hieman yli 50 % A-luokan nimikkeistä, tuoteryhmällä 2.5 puolestaan ei A-luokan nimikkeitä ollut lainkaan. Tuoteryhmissä 1 ja 2 suurimmat osuudet nimikkeistä kuuluivat C-luokkaan, tuoteryhmässä 2.5 suurin osuus jäi luokalle B, 57 prosentin osuudella. Tuoteryhmä 1 puolestaan sisälsi suhteessa eniten C-luokan

nimikkeitä ja ainoana tuoteryhmänä tuoteryhmässä 1 C-luokan osuus volyymistä ylitti B-luokan volyymin.

Taulukko 9. Tuoteryhmät ABC-luokittain.

Tuoteryhmä	Osuus tuoteryhmän nimikkeistä			Osuus tuoteryhmän volyymistä		
	A	B	C	A	B	C
1	21 %	16 %	63 %	54 %	20 %	26 %
2	26 %	30 %	43 %	52 %	30 %	18 %
2.5	0 %	57 %	43 %	0 %	73 %	27 %

### 6.3 Mahdolliset tuotantorytmit

Tuotantorytmejä tuoteryhmien 1 ja 2 välillä tutkittiin viikkotasolla. Tuoteryhmän 2 lukuihin sisällytettiin myös alaryhmä 2.5, jonka tuotteita on mahdollista valmistaa samalla viikolla tuoteryhmän 2 kanssa. Vaihtoehtoisia tuotantorytmejä tutkittiin viisi kappaletta. Tutkittaessa laskettiin tuoteryhmien välinen suhde kunkin rytmituksen mukaisesti (Taulukko 10).

Taulukko 10. Vertailut tuotantorytmit.

Vaihtoehto	Tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde	Ryhmä 1	Ryhmä 2
1	1:2	33 %	67 %
2	1:3	25 %	75 %
3	3:5	43 %	57 %
4	2:3	40 %	60 %
5	2:5	43 %	57 %

Optimaalisen tuotantorytmin selvittämiseksi ristiintaulukoitiin saadut tulokset tuoteryhmäkohtaisen ennustejakauman kanssa ja laskettiin näiden suhteellinen ero (Taulukko 11). Saaduista tuloksista nähtiin pienimpien erotusten olevan vaihtoehtoissa 1 ja 4., joten tuotettavien eräkokojen määrittelyä lähdettiin tutkimaan näiden vaihtoehtojen pohjalta.

Taulukko 11. Tuotantorytmien ja tuoteryhmäkohtaisen kysynnän välinen suhde.

Vaihtoehto	Tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde	Ryhmä		Osuus ennusteesta		Suhteellinen erotus	
		Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 1	Ryhmä 2
1	1:2	33 %	67 %	36,5 %	63,5 %	-9,6 %	4,8 %
2	1:3	25 %	75 %	36,5 %	63,5 %	-46,1 %	15,3 %
3	3:5	43 %	57 %	36,5 %	63,5 %	14,8 %	-11,1 %
4	2:3	40 %	60 %	36,5 %	63,5 %	8,7 %	-5,8 %
5	2:5	43 %	57 %	36,5 %	63,5 %	14,8 %	-11,1 %

## 6.4 Tuotantokapasiteetin analysointi

Kolmanteen tutkimuskysymykseen liittyen analysoitiin tuotantolinjan viikkokapasiteettia normaali-pituisella työviikolla, käyttäen 15 % kapasiteettipuskuria. Kapasiteettipuskuria käytettiin mahdollisen tuotantototeuman aiheuttamien haittojen eliminoimiseksi. Laskennassa käytettävät OEE, nimellinopeus kappaleina tunnissa ja viikoittaiset tuotantotunnit haettiin yrityksen dokumentaatiosta. Viikkokapasiteetti määritettiin seuraavaa kaavaa käyttäen:

$$\text{Viikkokapasiteetti} = \text{OEE \%} \cdot \text{nimellinopeus} \cdot \text{viikoittaiset tuotantotunnit} \cdot (100 \% - 15 \% \text{ kapasiteettipuskuri})$$

Tuloksena saatu viikkokapasiteetti asetettiin viikkokohtaisten eräkokojen tutkimuksessa käytettyyn taulukkoon viitearvoksi. Tutkimuksessa viikkotasolle suunniteltu kuormitus laskettiin suhteessa kapasiteettiin, taulukon 12 havainnollistaman esimerkin mukaisesti.

Taulukko 12. Kapasiteetin kuormitus.

Suunnitteluviikko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kapasiteetin kuormitus	78 %	63 %	93 %	84 %	51 %	82 %	35 %	70 %	69 %	60 %	84 %	43 %	95 %	59 %	46 %

## 6.5 Tutkitut vaihtoehtoiset optimointiratkaisut

Tutkimuksen osana tehtiin lopulta 17 erilaista optimointivaihtoehtoa valitulle 15 viikon pituiselle ajanjaksolle. Optimointivaihtoehtojen määrää ei asetettu ennalta, vaan niitä tehtiin niin monta

kuin tutkimuksen mittaan osoittautui tarpeelliseksi erilaisten painotusten vertailemiseksi. Tutkittavaksi ajanjakson pituudeksi tuli 15 viikkoa, tutkittavien tuotantorytmien ollessa kolmen ja viiden viikon sykleillä. Näin molemmat tuotantorytmit jakautuvat kokonaisuun sykleihin tutkittavalla ajanjaksolla. Optimointeja suoritettiin painottamalla kussakin vaihtoehdossa yhtä tai useampaa seuraavista painopisteistä:

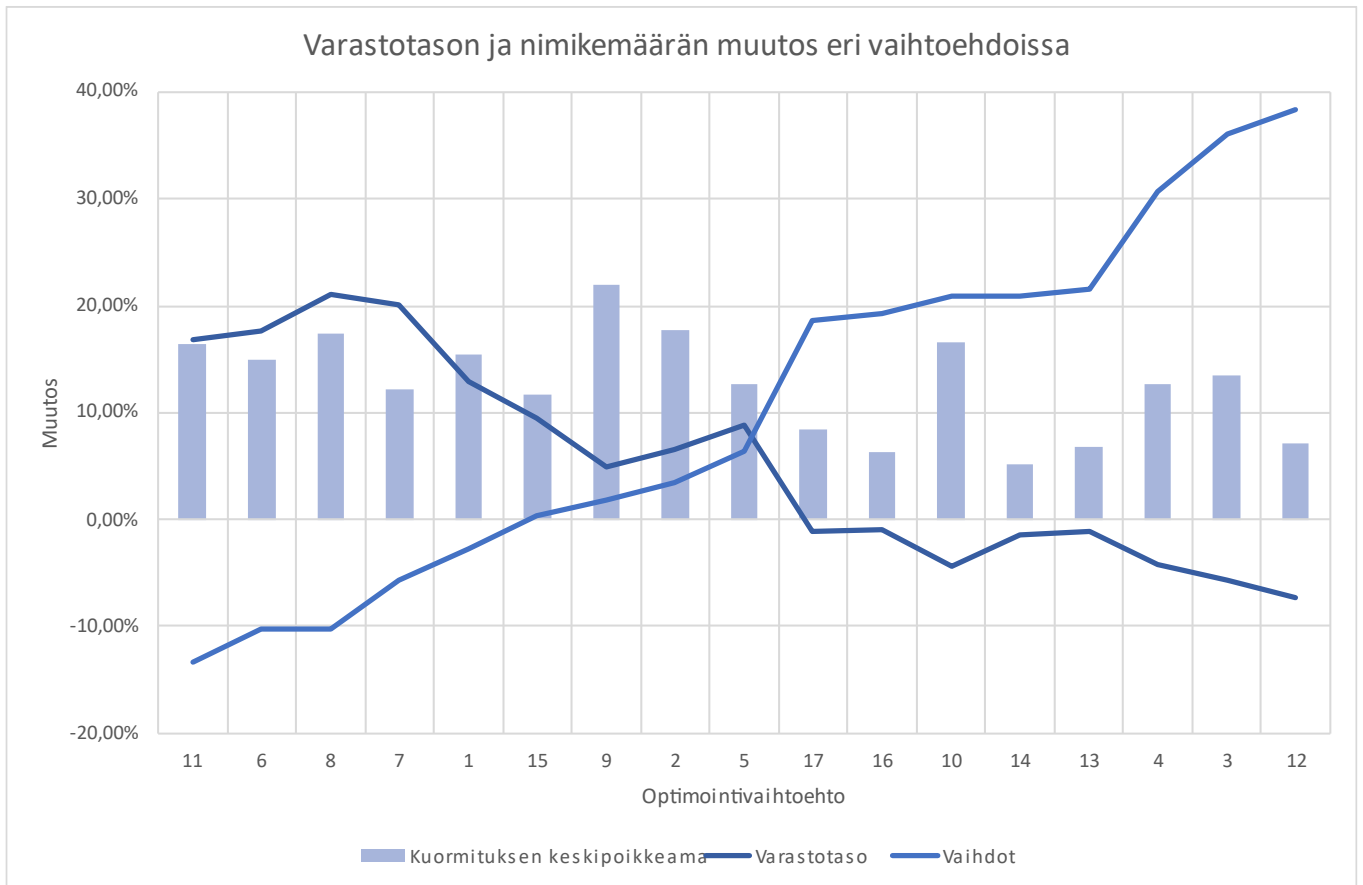
1. Keskimääräisen varastotason minimointi
2. Viikoittaisten tuotevaihtojen / tuotettavien nimikemäärien minimointi
3. Tasoitettu viikoittaisen kapasiteetin kuormituksen vaihtelu
4. Tasoitettu viikoittaisen nimikemäärän vaihtelu

Tutkituissa optimointivaihtoehdoissa tutkittiin valittujen painopisteiden lisäksi eri tuotantorytmien vaikutusta päämuuttujiin, jotka ovat varastotason ja tuotevaihtojen muutos vuoden 2023 toteutuneeseen keskiarvoon viikkojen 1–28 ajalta ja tuotannon kuormituksen keskipoikkeama tutkitulla ajanjaksolla. Taulukossa 13 on lueteltu eri optimointivaihtoehtojen painopiste, mahdolliset asetetut ja poistetut rajoitteet kyseisen vaihtoehdon osalta, sekä rytmityssuhteet päätuoteryhmien välillä, sekä tuoteryhmän 2 ja alaryhmän 2.5 välillä.

Taulukko 13. Tutkitut optimointivaihtoehdot.

Vaihtoehto	Painopiste	Asetetut / poistettut rajoitteet	Tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde	Tuoteryhmien 2 ja 2.5 välinen suhde
1	Varastotaso	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:1
2	Varastotaso	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
3	Varastotaso	-	2:3	3:2
4	Varastotaso	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
5	Varastotaso	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
6	Tuotevaihdot	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:1
7	Tuotevaihdot	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
8	Tuotevaihdot	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
9	Varastotaso	Toinen ryhmän 2.5 viikko yhdistetty ryhmään 1	2:3	3:2
10	Varastotaso	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	1:3	2:1
11	Tuotevaihdot	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	1:3	2:1
12	Varastotaso	Minimoidut tuotantoeräkoot	1:3	2:1
13	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	1:3	2:1
14	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	Ryhmä 2.5 myös peräkkäisillä tuotantoviikoilla	1:3	1:1
15	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	2:3	3:2
16	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	-	1:3	2:1
17	Tasoitettu kuormitus	Ei samaa nimikettä peräkkäisillä viikoilla	1:3	2:1

Kuvio 21 havainnollistaa eri optimointivaihtoehtojen vaikutusta varastotason ja viikoittaisen nimikemäärän muutokseen vuoden 2023 vertailuarvoihin verrattuna. Lisäksi kuvaajasta on nähtävissä kunkin optimointivaihtoehdon kapasiteetin kuormituksen vaihtelua kuvaava keskipoikkeama.



Kuvio 21. Varastotason ja nimikemäärän muutos eri vaihtoehdoissa.

Taulukko 14 esittelee päämuuttujien arvot eri optimointivaihtoehdoissa. Tuloksista näkyy myös, kuinka tutkimuksen edetessä painopiste on siirtynyt enemmän ottamaan huomioon myös vaihtelun. Taulukoimalla päämuuttujat nähdään eri vaihtoehtojen vaikutus varastotasoon, nimikemäärään ja sen myötä viikoittaisiin tuotevaihtoihin ja kuormituksen vaihteluun. Varastotaso vaikuttaa varastointikustannuksiin (Myerson 2012, 20), nimikemäärän vaikuttaessa kokonaistehokkuutta kuvaavaan OEE-lukemaan (Myerson 2012, 69).

Taulukko 14. Päämuuttujat eri optimointivaihtoehdoissa.

Vaihtoehto	Muutos vertailuarvoon		Vaihtelu
	Varastotaso	Nimikemäärä	Kuormituksen keskipöikkeama
1	12,9 %	-2,7 %	15,5 %
2	6,5 %	3,4 %	17,7 %
3	-5,6 %	36,1 %	13,4 %
4	-4,3 %	30,7 %	12,6 %
5	8,9 %	6,4 %	12,7 %
6	17,6 %	-10,3 %	15,0 %
7	20,1 %	-5,7 %	12,2 %
8	21,1 %	-10,3 %	17,5 %
9	5,0 %	1,9 %	21,9 %
10	-4,4 %	20,9 %	16,5 %
11	21,5 %	-7,3 %	17,9 %
12	-7,4 %	38,4 %	7,0 %
13	-1,1 %	21,6 %	6,8 %
14	-1,4 %	20,9 %	5,2 %
15	9,5 %	0,3 %	11,6 %
16	-0,9 %	19,3 %	6,2 %
17	-1,1 %	18,6 %	8,5 %

Varastotason muutosta mitattiin myös tutkimusjakson aikana, vertaamalla tutkimusjakson viimeisen kolmen viikon syklin keskimääräistä varastotasoa tutkimusjakson ensimmäisen kolmen viikon syklin varastotasoon sekä vuoden 2023 keskiarvoon vuoden alusta tutkimushetken, eli viikon 29, alkuun. Taulukko 15 esittelee mitatut varastotason muutokset tutkimusvaihtoehdoittain. Näin mitattiin eri vaihtoehtojen vaikutusta varastotason kehitykseen tutkintajakson edetessä.

Taulukko 15. Varastotason muutos tutkitun ajanjakson aikana.

Vaihtoehto	Varastotason muutos	
	Vertailujakson sisällä	Vertailujakson lopussa vs 2023
1	-2,9 %	11,3 %
2	-4,3 %	2,8 %
3	-12,2 %	-14,0 %
4	-14,5 %	-14,0 %
5	-7,3 %	4,2 %
6	-11,3 %	10,6 %
7	-3,5 %	17,8 %
8	0,5 %	24,0 %
9	2,8 %	4,7 %
10	-18,0 %	-14,8 %
11	-14,5 %	8,2 %
12	-18,0 %	-17,0 %
13	-19,6 %	-10,7 %
14	-15,9 %	-9,2 %
15	-2,4 %	8,7 %
16	-15,5 %	-9,2 %
17	-16,1 %	-10,0 %

Taulukkoon 16 otettiin varastotasoa kuvaavan päämuuttujan tilalle varastotason muutos vertailujakson aikana vuoden 2023 keskitasoon verrattuna ja lisättiin mukaan myös optimoinnin painopiste. Tämän taulukon avulla voi analysoida optimoinnin painopisteen vaikutusta päämuuttujiin. Lisäksi taulukkoon 16 ristiintaulukoitiin tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde taulukosta 13, soveltuvimman tuotantorytmin analysoimiseksi.

Taulukko 16. Päämuuttujat ja tutkimusjakson aikana tapahtuva varastotason muutos.

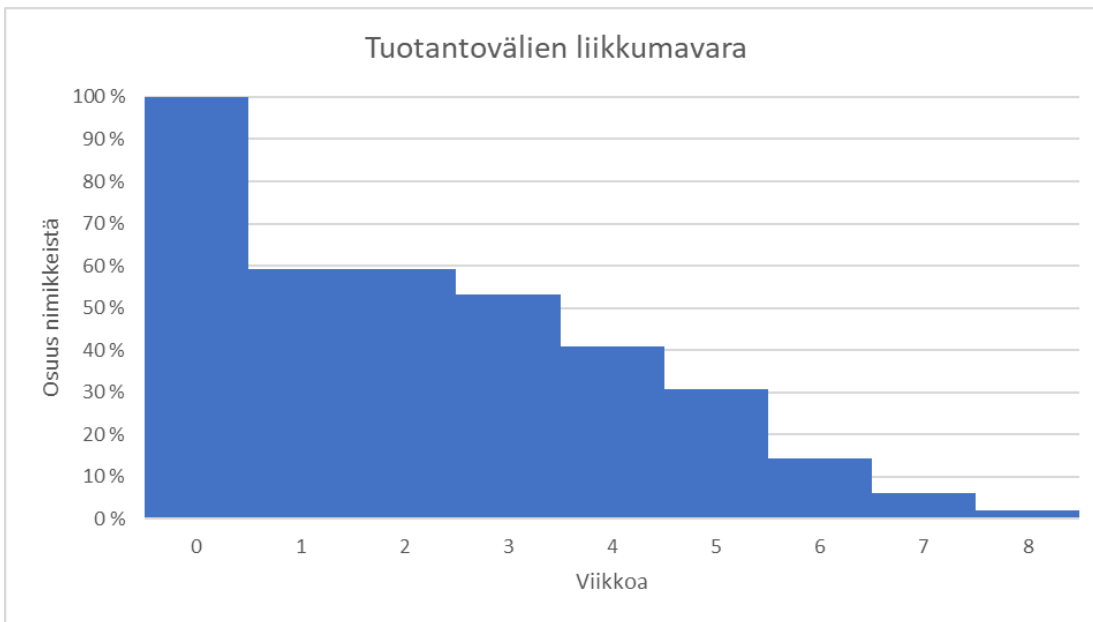
Vaihtoehto	Optimoinnin painopiste	Varastotaso vertailujakson lopussa vs 2023	Nimikemäärä	Kuormituksen keskiarvo	Tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde
1	Varastotaso	11,3 %	-2,7 %	15,5 %	2:3
2	Varastotaso	2,8 %	3,4 %	17,7 %	2:3
3	Varastotaso	-14,0 %	36,1 %	13,4 %	2:3
4	Varastotaso	-14,0 %	30,7 %	12,6 %	2:3
5	Varastotaso	4,2 %	6,4 %	12,7 %	2:3
6	Tuotevaihdot	10,6 %	-10,3 %	15,0 %	2:3
7	Tuotevaihdot	17,8 %	-5,7 %	12,2 %	2:3
8	Tuotevaihdot	24,0 %	-10,3 %	17,5 %	2:3
9	Varastotaso	4,7 %	1,9 %	21,9 %	2:3
10	Varastotaso	-14,8 %	20,9 %	16,5 %	1:3
11	Tuotevaihdot	8,2 %	-7,3 %	17,9 %	1:3
12	Varastotaso	-17,0 %	38,4 %	7,0 %	1:3
13	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	-10,7 %	21,6 %	6,8 %	1:3
14	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	-9,2 %	20,9 %	5,2 %	1:3
15	Kuormituksen ja tuotevaihtojen tasoitus	8,7 %	0,3 %	11,6 %	2:3
16	Tasoitettu kuormitus ja tuotevaihdot	-9,2 %	19,3 %	6,2 %	1:3
17	Tasoitettu kuormitus	-10,0 %	18,6 %	8,5 %	1:3

## 7 Johtopäätökset

### 7.1 Tuotteen saatavuuden varmistaminen toimitusehtojen mukaisesti

Täyttääkseen toimitusehdon on tuotteella oltava toimitushetkellä vähintään tuotetiedoissakin mainittu määrä myyntipäiviä jäljellä ja lisäksi tuotteen on oltava asiakkaalla tilauksen mukaisena toimituspäivänä. Tutkimukseen kuuluvat nimikkeet ovat kaikki toimitusehtojen mukaisista toimitusajoista johtuen varasto-ohjautuvaa tuotantoa (Jacobs ym. 2018, 42). Tästä syystä oli oleellista tutkia tuotantolinjalla valmistettävien tuotteiden tuotantovälien mahdollista liikkumavaraa toimitusehtojen asettamien rajojen sisällä. Jos ei yhdelläkään nimikkeellä olisi liikkumavaraa, ei tuotantoa voisi myöskään optimoida mihinkään suuntaan kajoamatta tankkikokoihin, pitäen samalla asiakastytyvyyden päätavoitteena.

Toimitusehdon mahdollistavan tuotekohtaisen tuotantovälin tarkastelu osoitti Kuvion 22 havainnollistamalla tavalla, että vain noin 59 % tuotteita on tuotantovälillä liikkumavaraa lainkaan. Loppujen, noin 41 % kohdalla, ei tuotantoa voi näin ollen aikaistaa toimitusehdon ylittymättä. Suurimman osan nimikkeistä kuitenkin sisältäen liikkumavaraa, nähtiin mahdollisuuksia optimointiin erilaisilla painotuksilla olevan olemassa.



Kuvio 22. Tuotantovälien liikkumavara.

Yhdistämällä tuotantovälien liikkumavaran ABC-analyysin tuloksiin (Taulukko 17), nähtiin että A-luokan nimikkeillä on vähintään 3 viikon liikkumavara, B-luokan nimikkeistä n. kolmasosalla ei ole liikkumavaraa lainkaan ja C-luokan nimikkeistä ainoastaan yhdellä nimikkeellä on liikkumavaraa.

Taulukko 17. Tuotantovälien liikkumavara ABC-luokittain.

Tuotantovälien liikkumavara ABC-luokittain, viikkoa									
Luokka	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0	0	0	1	1	3	4	1	0
B	7	0	2	5	2	6	0	1	1
C	14	0	0	0	1	0	0	0	0

Tämän tiedon perusteella nähtiin, että optimoinnissa kannattaa hyödyntää ABC-luokitusta ja keskittyä pääosin A- ja B-luokkien tuotteisiin. Tässä taas tulee esiin elintarviketeollisuuden erityispiirre, joka juontuu tuotteiden parasta ennen -päiväyksistä. Jollakin toisella teollisuuden alalla voisi olla kannattavinta toimia juuri päinvastoin ja optimoida pienimpien nimikkeiden tuotantovälejä ja tuottaa suurimpia tuotteita useammin, jolloin suurimpia nimikkeitä ei tarvitsisi varastoida niin paljon. Tässä tutkimuksessa tehtyjen optimointivaihtojen tulosten keskimääräisen varaston jakaumaa tutkittiin Vilkan (2007, 129) mainitseamalla ristiintaulukoinnin menetelmällä, tutkimalla ABC-luokkien ja varastotasojen välistä korrelaatiota. Ristiintaulukoinnin tulokset näkyvät taulukossa 18, joka osoittaa etenkin C-luokan varastotason olevan alhainen luokan nimikemäärään nähden, suurimman varastotason keskittyessä B-luokkaan. Kuvio 19 osoitti varmuusvarastomäärien jakautuvan tasaisesti ABC-luokkien välille, joten kysynnän vaihtelu ja varmuusvarastotasot eivät selitä kokonaisvaraston painottumista A- ja B-luokkiin. Taulukosta 18 voidaan nähdä myös, ettei tässäkään tapauksessa jakauma mene aivan Pareton jakauman mukaisesti, kuten Wild (2018, 34-35) huomautti voivan materiaalinhallinnassa asian olevan.

Taulukko 18. Osuus varastosta ABC-luokittain.

ABC	Osuus ennusteesta	Osuus nimikkeistä	Osuus varastosta
A	46 %	20 %	36 %
B	32 %	29 %	49 %
C	22 %	51 %	15 %

Yhteenvedon kysymykseen kuinka varmistetaan tuotteen saatavuus toimitusehtojen mukaisesti, tuotteille määriteltiin nimikekohtaiset varmuusvarastotasot, tehtiin ABC-analyysi, sekä tutkittiin mahdolliset tuotantovälien liikkumavarat. Noin 59 % nimikkeistä sisälsi liikkumavaraa mahdollisen tuotantovälin ajankohdassa ja 41 % nimikkeistä ei sisältänyt liikkumavaraa lainkaan. Näiden liikkumavaraa sisältämättömien nimikkeiden osalta voitiin päätellä niiden sisältävän riskin toimitusehdon täyttämättä jättämisestä jäljellä olevien myyntipäivien osalta. Tästä voidaan päätellä, että näiden tuotteiden osalta voisi olla perusteltua selvittää tankkikokojen pienentämisen mahdollisuutta, vaikei se juuri varastomääriin vaikuttaa. Bhasin ja Burcher (2006, 58) muistuttavat, että Lean-ajattelussa toiminnan keskiössä olisi aina pidettävä asiakas.

## 7.2 Tuotantokapasiteetin tehokkaan käytön varmistaminen

Tähän tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tutkittiin ensin tuotantolinjalla valmistettavia tuotteita ja niiden mahdollisia vaikutuksia kapasiteetin tehokkaaseen hyödyntämiseen. Tuotantolinjalta löytyi kaksi selkeästi toisistaan eroavaa päätuoteryhmää, joiden valmistamiseen tuotantoprosessissa on käytettävä eri pastörintilaitetta. Näin ollen tultiin johtopäätökseen, että näiden kahden päätuoteryhmän valmistamista samalla viikolla kannattaa pyrkiä välttämään. Kuvion 20 havainnollistaessa tuoteryhmän 1 muodostavan noin 37 % tuotantolinjan kysynnästä, nähtiin realistisena tavoitteena eriyttää päätuoteryhmien 1 ja 2 tuotannot omille viikoilleen.

Tuotantokapasiteetin tehokkaan käytön mahdollistamiseksi laskettiin erilaiset vaihtoehdot päätuoteryhmien 1 ja 2 väliselle rytmitykselle (Taulukko 11). Vertailuista viidestä vaihtoehdosta vaihtoehdoissa 1 ja 4 tuoteryhmien väliset suhteet osuivat lähimmäksi tuoteryhmien välistä ennustejakamaa, joten oli perusteltua rajata muut vaihtoehdot ulos jo tässä vaiheessa. Taulukkoon 19 on rajattu mukaan vain kyseiset kaksi vaihtoehtoa. Näistä nähdään vaihtoehdon 1 painottavan tuoteryhmää 2 hieman yli ennustetun kysynnän, vaihtoehdon 4 puolestaan painottavan vastaavalla tavalla tuoteryhmää 1. Yksistään tämän tiedon perusteella ei vielä voitu päätellä kummankaan näistä olevan toista parempi, joten kumpaakin vaihtoehtoa oli tarpeen tutkia tarkemmin.

Taulukko 19. Tutkitut tuotantorytmit.

Tuotantorytmien ja vuosiennusteen välinen suhde							
Vaihtoehto	Tuoteryhmien 1 ja 2 välinen suhde	Ryhmä		Osuus ennusteesta		Suhteellinen erotus	
		1	2	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 1	Ryhmä 2
1	1:2	33 %	67 %	36,5 %	63,5 %	-9,6 %	4,8 %
4	2:3	40 %	60 %	36,5 %	63,5 %	8,7 %	-5,8 %

Viikkotasaisen kapasiteetin tehokkaaksi hyödyntämiseksi määriteltiin teoreettinen viikkokapasiteetti käyttämällä yrityksen dokumentaatiosta saatuja tuotantolinjan tunnuslukuja, Myersonin (2012, 69) esittämää laskukaavaa kapasiteetin määrittelyksi OEE-arvon perusteella ja yhdistämällä näihin viikkotasolle sovelletun kapasiteettipuskurin, jonka tärkeydestä vuositasolle Krajewski ja

muut (2016, 159) kertoivat. Kapasiteettipuskurin vaihteluväliksi Krajewski ja muut (2016, 159) kertoivat olevan toimialasta riippuen 5–40 prosenttia. Tässä tutkimuksessa käytettiin 15 prosentin kapasiteettipuskuria, mutta on tärkeää huomata tämän olevan vain lähtökohtainen, teoreettinen arvo ja toteutukseen mennessä kapasiteettipuskurin soveltuvuutta on säännöllisesti arvioitava ja kehitettävä, Lean-filosofian mukaisesti (Bhasin & Burcher 2006, 67).

Kapasiteettipuskuri otettiin mukaan laskentaan tasaamaan tuotannon toteuman viikkotason mahdollisia vaihteluita Kuvion 13 havainnollistamalla tavalla. Sopivan kapasiteettipuskurin avulla voidaan pienentää riskiä siitä, että osa tuotteista jää kokonaan tuottamatta suunnitellulla viikolla. Ja jos jotain jääkin tuottamatta suunnitellussa ajankohdassa, niin muillakin viikoilla oleva puskuri mahdollistaa niiden lisäämisen myöhempään ajankohtaan sotkematta koko tehtyä suunnitelmaa. Lähdekirjallisuudesta enin osa lähteistä tunnistanut tuotannon toteuman mahdollista vaihtelua esimerkiksi teknisistä haasteista tai henkilöstön sairastumisesta johtuen. Krajewski ja muut tunnistiivat (2016, 159) tarpeen vuositasoisen kapasiteettipuskurille. Kiran (2019, 8) sentään tunnisti, etteivät tuotantosuunnitelmat aina toteudu täysin suunnitellun mukaisesti, useamman mahdollisesta erisyydestä. Tähän tutkimukseen kapasiteettipuskuria näin ollen sovellettiin viikkotasolla ja asetettu arvo edellä mainitun mukaisesti vaatii jatkoseurantaa ja -kehitystä.

### **7.3 Tuotettavien eräkokojen määrittely**

Koska varastointi ja ylituotanto ovat hukkaa (Myerson 2012, 20; Bhasin & Burcher 2006, 58), ei varastoon kannata tuottaa tarvittavaa suurempia määriä kerrallaan. Näin ollen karkeasuunnittelussa ei käytettävissä olevaa kapasiteettia kannata käyttää kokonaan, jollei sille ole oikeasti tarvetta.

Tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tehtiin 17 erilaista 15 viikon pituista karkeasuunnittelupohjaa, optimaalisen suunnitteluprosessin löytämiseksi tutkittavalle tuotantolinjalle. Kuvio 21 havainnollistaa viikoittaisten tuotevaihtomäärien ja toteutuneen varastotason olevan keskenään kääntäen verrannolliset. Näin ollen varastotasoa laskeakseen on hyväksyttävä tuotevaihtojen lisääntyminen, tai päinvastoin.

Suoritettujen optimointivaihtoehtojen tuloksia analysoitiin Vilkan (2007, 118) opastamalla tilastanalyysin välineillä, käyttäen tunnuslukuina keskilukuja sekä hajontalukuja ja analysoimalla näitä

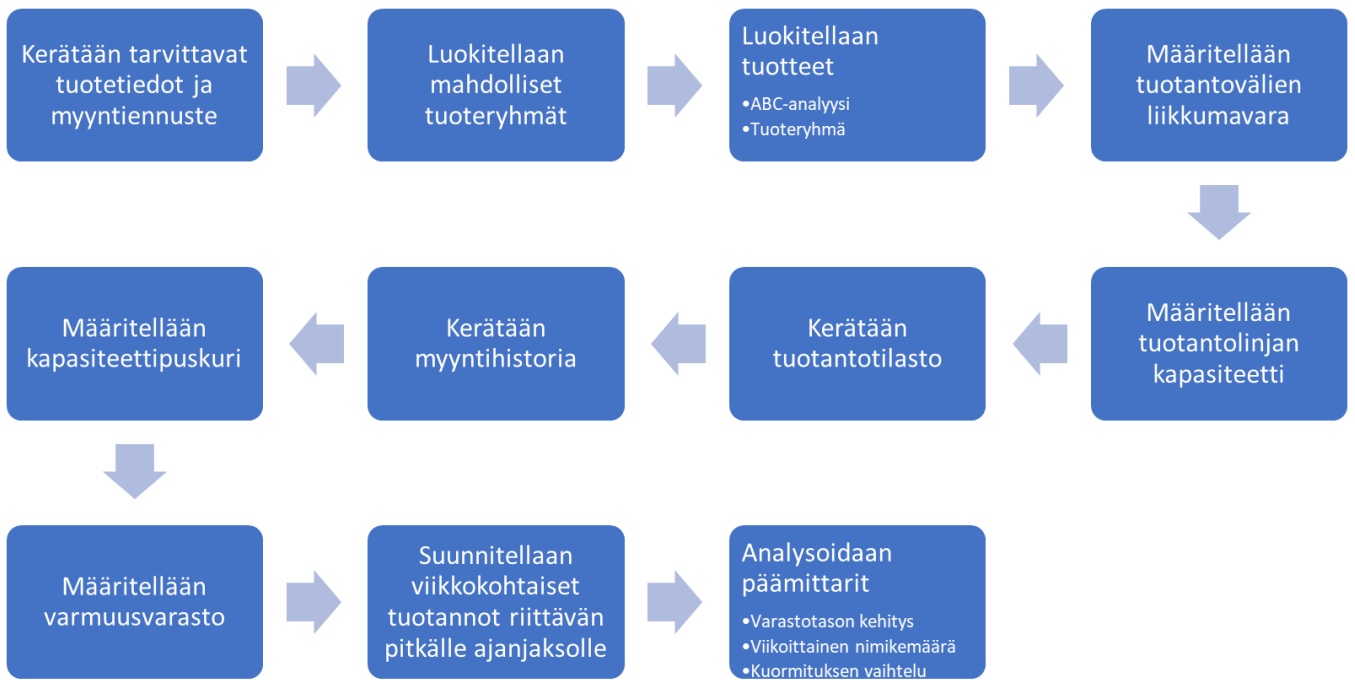
ristiintaulukoinnin avulla. Taulukossa 12 nähtiin ristiintaulukointi tutkimuksen optimointivaihtoehtojen päämuuttujina käytetyistä varastotason ja tuotevaihtojen muutoksesta sekä kuormituksen keskiarvoista. Taulukossa 15 vertailtiin varastotason muutosta tutkittavan ajanjakson viimeisen kolmen viikon keskiarvon ja tutkimusjakson ensimmäisen kolmen viikon keskiarvon sekä vuoden 2023 viikkojen 1–28 keskiarvon välillä. Näin saatiin tutkittua varastotason kehitystä tutkimusjakson aikana. Taulukossa 14 ristiintaulukoitiin optimoinnin painopiste, varastotason kehitys vertailujakson aikana, tuotevaihtojen muutos ja kuormituksen keskihajonta.

Tuoteryhmien 1 ja 2 väliseksi suhteeksi taulukon 16 tulosten perusteella 1:3 näyttää sopivan parhaiten, jos painotetaan kuormituksen vaihtelua ja varastotasoa. Jos taas tahtois painottaa vain tuotevaihtojen määrää minimoimalla viikoittaisen nimikemäärän, pääsisi parhaaseen tulokseen 2:3 rytmityksellä.

Taulukon 16 tuloksista nähtiin myös, että varastotasoa olisi mahdollista laskea noin 10 % pitäen kuormitus samalla suhteellisen tasaisena. Tuotevaihtojen määrä puolestaan kasvaisi tällöin noin 20 % vuoden 2023 keskitasoon verrattuna. Eli lopputulemana tuotantoa kannattaa optimoida kuormituksen tasaisuus huomioiden, pitäen samalla painopisteen varastotason minimoimisessa. Tällöin saavutettaisiin myös tuotannonohjauksessa Martinin ja Holwegin (2011, 69–71) sekä Bhasinin ja Burcherin (2006, 58–59) esiin nostamaa vaihtelun minimoimista.

#### **7.4 Tuotantolinjan optimointiprosessi**

Tutkimustulosten ja johtopäätösten pohjalta saatiin määriteltyä tavoitteen mukainen tuotantolinjan optimointiin käytettävä prosessi. Kuvio 23 esittelee tuloksena saadun prosessin pääkohdat.

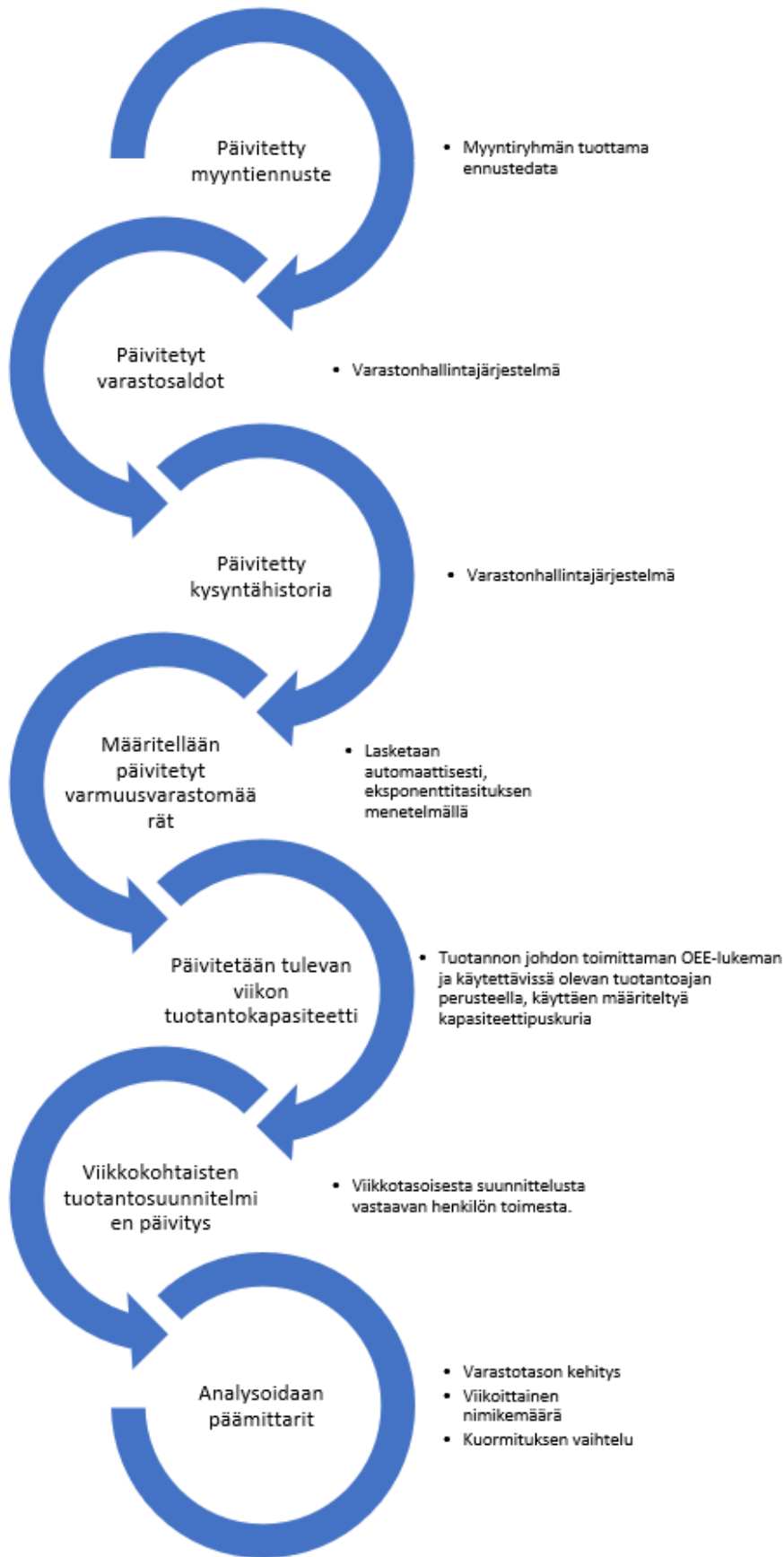


Kuvio 23. Tuotantolinjan optimointiprosessi.

Prosessia käytettäessä kuitenkin on muistettava jatkuvan parantamisen periaatteen toteuttaminen, sekä viikoittaiset päivitykset. Kuvio 24 esittelee viikoittaisen prosessin, sekä siihen tuotavien tietojen lähteet. Tuotetiedot pidetään ajan tasalla tekemällä päivitykset muutosten tullessa.

Lisäksi säännöllisesti päivitetään, jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti:

1. Kapasiteettipuskuri
2. ABC-analyysi



Kuvio 24. Viikoittainen prosessi.

## 8 Pohdinta

### 8.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Projektin tavoitteena oli optimoida juomateollisuuden tuotantolinjan toimintaa tuotannon karkeasuunnittelun keinoin ja kehittää useille tuotantolinjoille sovellettavissa oleva prosessi. Tavoitteeseen pääsemiseksi laadittiin kolme tutkimuskysymystä. Tutkimuskysymysten pohjalta löydettyjen tulosten ja tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi laadittujen keinojen kokonaistuloksena syntyi tavoitteen mukainen prosessi. Kokonaisuutena päätavoite näin ollen saavutettiin ja prosessia lähdetään seuraavaksi viemään käytäntöön ja samalla prosessia jatkokehitetään esiin mahdollisesti nousevien tarpeiden pohjalta eteenpäin.

Prosessin mukaisen optimointityökalun taulukossa 7 esittelemiin mittareihin kuului myös suunniteltu nimikemäärä viikoittain. Tämän avulla on mahdollista optimoida tuotantoa myös jonkin tietulle tasolle asetetun suurimman nimikemäärän tai nimikemäärän vaihtelun perusteella. Tällainen tarve voisi olla esimerkiksi, jos tahdotaan maksimoida tuotantolinjan kapasiteetti vähentämällä tuotevaihtoihin kuluva aikaa tai vakauttaa tuotantolinjan OEE-lukemaa tasoittamalla viikoittaista tuotevaihtoihin kuluva aikaa. Tämä osaltaan lisää prosessin hyödynnettävyyttä erilaisilla tuotantolinjoilla.

Haastavaa tutkimuksessa oli, että itse tuotantolinjan optimointiin ei löytynyt yksioikoista vastausta; tuotantolinjan kuormitusta karkeasuunnittelun keinoin voidaan optimoida niin usealla painopisteellä. Tavoitteenakin tosin oli löytää laajemminkin sovellettavissa oleva prosessi, eikä absoluuttisen oikeaa vastausta vain tutkittavan tuotantolinjan osalta.

### 8.2 Tulosten sovellettavuus

Tuloksena saavutettu prosessi on tehty juomateollisuuden tarpeisiin, johon parasta ennen päiväykset ja niistä syntyvä tuotteiden myyntiaika asettaa omat vaatimuksensa. Lähdemateriaaleista ilmeni monen tuotannonohjaukseen opastavan tiedon jättävän tällaiset vaatimukset täysin huomiotta. Näin ollen tämän tutkimuksen tuloksilla voi olla potentiaalia karkeasuunnittelun avuksi myös muille tuotantoalan yrityksille, joiden tuotteisiin kohdistuu myyntipäivävaatimus, myyntiajan

ollessa samalla riittävän suuri useamman viikon tuotantovälille. Prosessia voi myös soveltaa eripituisille ajan yksiköille, esimerkiksi viikkotason sijaan päivä- tai kuukausitasoon.

Tulosten sovellettavuutta osaltaan lisää tutkimuksen kvantitatiivinen luonne, jonka prosessit ovat toistettavissa, sekä ettei tutkimusta tehdessä ole otettu huomioon kohdeyrityksen nykytilannetta vaan on puhtaasti lähdetty vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin olemassa olevista toimintamalleista riippumatta. Lisäksi prosessi on skaalautuva suunnittelujakson pituuden osalta. Tässä tutkimuksessa tutkittu suunnittelujakso oli pituudeltaan lopulta 15 viikkoa, mutta sitä voi skaalata lyhemmäksi tai pidemmäksi, sovellettavasta kohteesta riippuen.

### **8.3 Tulosten luotettavuus**

Kananen (2015, 120) tiivistää määrällisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnin reliabiliteetin ja validiteetin arviointiin. Tämän tutkimuksen osalta reliabiliteetti, eli tulosten pysyvyys, sinänsä väistämättä muuttuu tutkittavien arvojen muuttuessa. Aineistosta ainakin ennuste- ja myyntilukemien voidaan olettaa muuttuvan suurella varmuudella, lisäksi nimikkeet voivat muuttua ajan kuluessa, samoin kuin tuotantolinjan tunnusluvut. Kuitenkin tutkimuksessa käytetyt menetelmät toimivat edelleen lukemien muuttuessa ja tuloksena syntyneen prosessin käyttöön on sisällytetty muuttuvien arvojen säännöllinen seuranta. Näin ollen reliabiliteetti on korkea.

Sisältövaliditeetin osalta Kananen (2015, 118) mainitsee teorian, käytetyt käsitteet ja niiden muutujat, joiden avulla laaditaan tutkimuksessa käytettävät mittarit. Tutkimuksessa käytetty data oli sinänsä yksinkertaista, jossa ei tarvinnut koostaa arvoja yhteen eri lähteistä yhtä muuttujaa varten. Lisäksi käytetyt mittarit auttoivat asetettuihin tutkimuskysymyksiin vastaamisessa, joten sisältövaliditeetti on siltä osin osoitettu luotettavaksi.

Sisäinen validiteetti Kanasen (2015, 119) mukaan mittaa tulosten välistä syy-seuraussuhdetta. Tässä tutkimuksessa esimerkiksi varastotason ja tuotevaihtojen välinen suhde on näytetty toteen. Samoin tulokset osoittivat, että kuormitusta voidaan tasoittaa painottaen samalla tuotevaihtojen määrää tai varastotason optimointia. Näin ollen päämittareiden sisäinen validiteetti on osoitettu luotettavaksi.

## 8.4 Jatkokehitys

Tämän tutkimuksen jatkokehityskohteet voidaan jakaa neljään tekijään:

1. Tuloksena saadun prosessin integrointi toimintaan ja laajentaminen muillekin tuotantolinjoille.
2. Tuotantolinjakohtaisesti tuotevaihdon keskimääräisten kustannusten määrittely
3. Tuotekohtaisten varastointikustannusten määrittely
4. Tutkia mahdollisuuksia tuotantovälien liikkumavaraa sisältämättömien tuotteiden tankkikokojen muutoksiin.

**Tuloksena saadun prosessin** osalta seuraavana kehitystoimena on viedä prosessi käytäntöön, niin että viikoittaisten päivitysten tekeminen ennusteen, kysyntähistorian ja varmuusvarastolukujen osalta on tehty riittävän helpoksi ja mahdollisuuksien mukaan automatisoiduksi. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa tutkimuksessa käytetyn, taulukkolaskentaohjelmalla tehdyn kokonaisuuden kaltaista ratkaisua, jossa on kuitenkin tuotenimet ja -koodit mukana. Lisäksi rakenne olisi tehtävä sellaiseksi, että tässä taulukossa suunnitellut tuotantomäärät olisi helppo siirtää yrityksessä käytettävään tuotannonsuunnittelujärjestelmään.

**Tuotantolinjakohtaisten tuotevaihdosta** syntyvien kustannusten kartoittamisen ja **tuotekohtaisten varastointikustannusten** avulla suunnitteluun käytettävään työkaluun voisi lisätä myös mahdollisuuden optimoida suunnittelua myös mittaamalla tuotevaihdosta ja varastoinnista syntyviä kustannuksia. Vähintään varastointikustannukset olisi laskettava tuotekohtaisesti, koska eri tuotteita on eri määrä eurolavaa kohden, tuotantolinjasta ja tuotteesta riippuen. Tarkimpaan tulokseen pääsisi, jos myös tuotevaihtokustannukset onnistutaan määrittelemään tuotekohtaisesti. Vaihtoehtoisesti voi myös peilata tuotevaihtoihin kuluva aika varastointikustannuksiin ja laskea mikä on optimaalinen tasapaino tuotevaihtojen ja varastointikustannusten välillä.

**Toimitusehdon varmistamiseksi** olisi hyvä tarkastella esiin nousevia nimikkeitä, joilla ei ole tuotantovälien liikkumavaraa viikkotasolla lainkaan. Prosessia laajennettaessa muillekin tuotantolinjoille saadaan niistäkin tunnistettua mahdolliset riskituotteet toimitusehdon näkökulmasta.

## Lähteet

Ayers, J.B. & Odegaard, M.A. 2018. Retail supply chain management. Second edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis group.

ASCM releases new SCOR digital standard. 2022. Tiedote. Chicago: Association for supply chain management. Viitattu 17.11.2022. [https://www.ascm.org/globalassets/ascm\\_website\\_assets/docs/9.19.2022-scor-press-release.pdf](https://www.ascm.org/globalassets/ascm_website_assets/docs/9.19.2022-scor-press-release.pdf)

Babitzin, V. 2021. Yritysneuvojan TOP 3 vinkit kilpailukyvyn ylläpitämiseen. Blogikirjoitus. Suomen Uusyrittäjäkeskus ry. Viitattu 22.10.2023. [Yritysneuvojan TOP 3 vinkit kilpailukyvyn ylläpitämiseen - Uusyrittäjäkeskus](#)

Bhasin, S. & Burcher, P. 2006. Lean viewed as philosophy. Journal of Manufacturing Technology Management, 17, 1, 56-72. Viitattu 9.12.2022. <https://www-emerald-com.ezproxy.jamk.fi:2443/insight/content/doi/10.1108/17410380610639506/full/pdf?title=lean-viewed-as-a-philosophy>

Coca-Cola Southwest beverages to build bottling plant in Houston. 2018. Tiedote. US: The Coca-Cola company. Viitattu 25.3.2023. <https://www.coca-colacompany.com/news/coke-southwest-to-build-plant-in-houston>

Dewar, C., Doucette, R. & Epstein, B. 2019. How continuous improvement can build a competitive edge. Blogikirjoitus. McKinsey & Company. Viitattu 22.10.2023. <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-organization-blog/empower-the-front-line-for-a-thriving-organization>

Fisher, M. L. 2011. What is the right supply chain for your product. Julkaisussa Harvard business review on managing supply chains. Boston: Harvard Business School Publishing Corporation, 99–129.

Greasley, A. 2008. Operations management. Los Angeles: Sage.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. Kuudes, uudistettu painos. Kangasniemi: Sho business development.

Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Vollmann, T. E. 2018. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management: The CPIM Reference, Second Edition. New York: McGraw-Hill Education.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas: miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 11.4.2023. <https://janet.finna.fi>, Booky.

Kiran, D.R. 2019. Production planning and control: a comprehensive approach. Cambridge, MA: Elsevier. Viitattu 1.4.2023. <https://savonia.finna.fi>, ProQuest e-books.

Krajewski, L. J., Malhotra M. K. & Ritzman L. P. 2016. Operations management: processes and supply chains. Eleventh edition. Boston: Pearson.

Kaikki tuotantomme on Suomessa. n.d. Verkkosivu. Lahti: Isku. Viitattu 27.3.2023.

<https://www.isku.com/fi/fi/tuotanto-lahdessa>

Martin, C. & Holweg, M. 2011. "Supply Chain 2.0": managing supply chain in the era of turbulence. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41, 1, 63-82. Viitattu 9.12.2022. <https://janet.finna.fi>, Emerald eJournals Premier

Myerson, P. 2012. Lean supply chain and logistics management. New York: McGraw-Hill Professional.

Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta: logistinen B-to-B -prosessi. Kuudes, uudistettu painos. Espoo: Jouni Sakki.

Vilkkä, H. 2021. Tutki ja kehitä. Viides, päivitetty painos. Jyväskylä: PS-kustannus. Viitattu 11.4.2023. <https://janet.finna.fi>, Ellibs ebooks.

Vilkkä, H. 2007. Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi. Viitattu 2.4.2023. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0099-9>

Wild, T. 2018. Best practice in inventory management. Third edition. Lontoo: Routledge.