



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Matias Pekkarinen

Varastoinnin ja varastonhallinnan optimointi ja kehittäminen pk-yrityksessä

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Pro gradu -tutkielma
Tuotantotalouden maisteriohjelma

Vaasa 2026

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Matias Pekkarinen		
Tutkielman nimi:	Varastoinnin ja varastonhallinnan optimointi ja kehittäminen pk-yrityksessä		
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri		
Oppiaine:	Industrial Management		
Työn ohjaaja:	Tauno Kekäle		
Valmistumisvuosi:	2026	Sivumäärä:	133

TIIVISTELMÄ:

Tutkimuksen tavoitteena oli optimoida ja kehittää kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastointia ja varastonhallintaa ja niihin liittyviä prosesseja. Varastoinnin ja varastonhallinnan optimoinnin ja kehityksen tarpeena oli vastata kohdeyrityksen kasvavaan tuotannon kapasiteettiin uuden tuotantohallin valmistuessa. Tutkimusongelmana käsiteltiin varastoinnin ja varastonhallinnan kehityskohteiden tunnistamista ja relevanttien ratkaisujen löytämistä kehityskohteiden ongelmiin. Tuloksien lopputuloksen tavoitteena oli muodostaa optimoitu varastointimalli varastoinnin ja varastonhallinnan toimintaan. Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimusmenetelminä käytettiin laadullista tapaustutkimusta ja kehitystutkimusta, joiden avulla tutkittiin kohdeyrityksen nykytilannetta ja keskityttiin löytämään ratkaisut nykytilassa havaittuihin kehityskohteisiin. Kehitystoimet toteutettiin JIT-tuotantofilosofian, Lean-johtamisfilosofian ja EOQ varastonhallintateorian luoman viitekehityksen mukaan.

Tutkimuksen keskeisinä tuloksina olivat havainnot kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ongelmista ja vakiomateriaalinimikkeiden muodostaminen, optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittäminen vakiomateriaalinimikkeille, varastoinnin layout-mallin luominen ja varastopaikkojen vakioiminen ja viimeisenä varastoinnin kehittämistoimien määrittäminen ja kohdeyrityksen tulevaisuuden tarpeiden arvioiminen. Vakiomateriaalinimikkeiden osalta määritettiin kohdeyrityksen toiminnalle tarpeelliset vakiomateriaalinimikkeet ja muodostettiin käsittelymallit vakionimikkeille ja projektikohtaisille materiaalinimikkeille. Tämän jälkeen muodostettiin optimaaliset eräkoot ja varastotasot vakiomateriaalinimikkeille, jotta kohdeyrityksen varastointi ja varastonhallinta tehostuisi. Vakioiden eräkokojen ja varastotasojen perusteella muodostettiin kohdeyrityksen varastointimalli, jossa määritettiin layout-malli materiaalien sijoittelulle ja määritettiin varastoiden sisälogistiikan toiminta varastotasojen mukaan. Viimeisenä muodostettiin jatkuvan kehittämisen malli kohdeyrityksen varastoinnille ja varastonhallinnalle ja määritettiin tulevaisuuden varastoinnin ja varastonhallinnan tarpeita kohdeyrityksen liiketoimintastrategian mukaan.

Tutkimuksen johtopäätöksenä havaittiin nykytilan määrittelyn ja kokonaisuuden tehokkuuden tutkimisen olevan olennaiset keinot havaita kehityskohteita pk-yritysten varastoinnissa ja varastonhallinnassa. Relevanttien ratkaisujen löytämisen osalta havaittiin teoreettisen viitekehityksen vahvan ymmärtämisen sekä varastoinnin ja varastonhallinnan osa-alueiden yhteisvaikutuksien ymmärtämisen olevan välttämättömiä. Teoreettinen viitekehitys mahdollistaa kehityskohteiden analysoinnin ja olemassa olevien työkalujen käytön kehittämisessä. Varastoinnin ja varastonhallinnan kokonaisuuden ymmärtäminen havaittiin vaikuttavan ongelmakohteiden kokonaisuuden vaikutuksen ymmärtämiseen ja mahdollisesti usean prosessin kehittämisen yhden ongelman ratkaisemisella.

AVAINSANAT: Varastointi, tehdasteollisuus, tuotantolaitokset, materiaalivirrat, logistiikka

Sisällys

1	Johdanto	9
1.1	Tutkimuksen tausta	9
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	12
1.3	Tutkimuksen rakenne ja rajoitukset	13
2	Varastointi ja varastonhallinta yleisesti	16
2.1	Varastoinnin ja varastonhallinnan merkitys pk-yrityksessä	17
2.2	Varastointi	19
2.2.1	Varastokokojen ja käytettävän tilan määrittely	22
2.2.2	Varastopaikkojen vakiointi ja materiaalien optimaalinen sijoittelu	26
2.2.3	Varastojen käytön optimointi ja FIFO menetelmä	30
2.3	Varastonhallinta	34
2.3.1	Optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittäminen	37
2.3.2	Just-In-Time (JIT) -johtamisfilosofia ja varastonhallintajärjestelmä	41
2.3.3	Lean-johtamisfilosofia ja TQM varastonhallinnassa	44
2.3.4	Tuotantolaitoksen logistiikka osana varastonhallintaa	48
3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto	50
4	Kohdeyrityksen varastointi ja varastonhallinta	53
4.1	Materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelu	54
4.1.1	Kriittisyysluokittelun muodostaminen	54
4.1.2	Kohdeyrityksen nimikkeiden kriittisyysluokittelu	57
4.1.3	Kriittisyysluokittelun analyysi ja johtopäätökset	60
4.2	Materiaalinimikkeiden vakiointi	62
4.2.1	Vakiomateriaalinimikkeet	63
4.2.2	Projektikohtaiset materiaalinimikkeet	66
4.3	Optimaaliset eräkoot ja varastotasot	67
4.3.1	Optimaaliset eräkoot	68
4.3.2	Optimaaliset varastotasot	73
4.4	Varastoiden layoutin ja tilankäytön optimointi	81
4.4.1	Varastoiden optimaalinen layout	81

4.4.2	Varastoiden sisälogistiikka	86
4.4.3	Tuotantolaitoksen ulkologistiikka ja materiaalivirrat	107
4.5	Varastoinnin kehittäminen ja tulevaisuuden tarpeiden simulointi	110
4.5.1	Varastoinnin kehittäminen ja varastonhallinnan mittarit	111
4.5.2	Kohdeyrityksen varastonhallinnan ja varastoinnin tulevaisuus	115
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	117
5.1	Yhteenveto ja johtopäätökset	117
5.2	Jatkotutkimusehdotukset	121
	Lähteet	123
	Liitteet	128
	Liite 1. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varistorakennuksien layout.	128
	Liite 2. Kohdeyrityksen varastot ja materiaalien sijoittelu layoutiin.	128
	Liite 3. Runkomateriaalien nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	128
	Liite 4. Paneelien ja lautojen nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	130
	Liite 5. Kertopuiden nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	130
	Liite 6. Eristeiden nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	131
	Liite 7. Levyjen nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	131
	Liite 8. Muovien ja huopien nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot	132
	Liite 9. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaalivirrat.	133
	Liite 10. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X valmist tuotteiden logistiikka.	133
	Liite 11. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rekkaliikenne.	133

Kuvat

Kuva 1. Kohdeyrityksen runkomateriaalien vakionimikkeiden kulutustiedot (ks. liitteet 3–8).	72
Kuva 2. Kohdeyrityksen runkomateriaalien optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 3).	75
Kuva 3. Kohdeyrityksen paneelien ja lautojen optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 4).	76
Kuva 4. Kohdeyrityksen kertopuiden optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 5).	77
Kuva 5. Kohdeyrityksen eristeiden optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 6).	78
Kuva 6. Kohdeyrityksen levyjen optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 7).	79
Kuva 7. Kohdeyrityksen muovien ja huopien optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 8).	80
Kuva 8. Varastoiden logistiikan etäisyydet materiaalikategorioittain käyttöpaikoista metreinä.	85
Kuva 9. Varaston 1 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	87
Kuva 10. Varaston 2 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	89
Kuva 11. Varaston 3 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	91
Kuva 12. Varaston 4 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	93
Kuva 13. Varaston T1 Katos sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	94
Kuva 14. Varaston 5 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	95
Kuva 15. Varaston 6 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	97
Kuva 16. Varaston 7 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	98
Kuva 17. Varaston 8 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.	100
Kuva 18. Varaston H1 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.	102
Kuva 19. Varaston H2 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.	104
Kuva 20. Varaston H3 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.	106
Kuva 21. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaalivirrat (suurennos, ks. Liite 9).	109
Kuva 22. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X valmistuotteiden logistiikka (suurennos, ks. Liite 10).	109

Kuva 23. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rekkaliikenne (suurennos, ks. Liite 11).	110
Kuva 24. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X liikevaihdon kasvutavoitteet.	115
Kuva 25. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaalitarpeen kasvuennuste.	116

Kuviot

Kuvio 1. Varastokokojen vakioinnin työkalut (mukaillen Duque-Jaramillo ja muut (2024, s. 134–137)).	23
Kuvio 2. Layout suunnittelun menettelytapa (mukaillen Suhardini ja muut, 2017, s. 4).	28
Kuvio 3. Simulaatiomallin prosessirakenne (mukaillen Zhang ja muut, 2018, s. 1220).	29
Kuvio 4. Varastohallinnan tehtävät valmistavan teollisuuden toiminnassa (mukaillen Minashkina, 2024, s. 65).	35
Kuvio 5. Varastohallinnassa käytettäviä työkaluja (mukaillen Ayoun, 2024, s. 129).	36
Kuvio 6. Havainnollistus optimaalisesta eräkokomallista (mukaillen Bhat, 2008, s. 149).	40
Kuvio 7. Jatkuvan seurannan varastointimallin havainnollistus (mukaillen Bhat, 2008, s. 157).	41
Kuvio 8. Shingo Prize -mallin havainnollistus (mukaillen Plenert, 2006, s. 146).	46
Kuvio 9. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rakennusten pohjakuva (suurennos ks. liite 1).	82
Kuvio 10. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastojen layout-mallinnus (suurennos, Ks. Liite 2).	86

Taulukot

Taulukko 1. Tutkielmassa tutkittavat varastotyyppit.	17
Taulukko 2. Simulaatioprosessin tehtävien ja toimintavaiheiden merkitys varastoinnin kehitysprosessissa (mukaillen Zhang ja muut, 2018, s. 1220–1222).	29

Taulukko 3. Vaatimuksia varastoiden layoutin suunnittelulle (mukaillen Bhat, 2008, s. 115–116).	32
Taulukko 4. Varastoinnin tehokkuusmittareita (mukaillen Bhat, 2008, s. 188).	33
Taulukko 5. JIT-johtamisfilosofian käyttöönoton vaiheet (mukaillen Muller, 2011, s. 110–111).	43
Taulukko 6. Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ABC-analyysin tulokset laskevassa järjestyksessä kulutetuimmasta nimikkeestä alkaen (luokka A); nimitykset sensuroitu.	58
Taulukko 7. Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ABC-analyysin tulokset laskevassa järjestyksessä kulutetuimmasta nimikkeestä alkaen (luokka B); nimitykset sensuroitu.	59
Taulukko 8. Vakio materiaalinimikkeiden määrät kategorioittain (Ks. liitteet 3–8).	64
Taulukko 9. Kohdeyrityksen varastot, varastotyypit ja käyttötarkoitukset.	82
Taulukko 10. Kohdeyrityksen varastoiden mittatiedot.	83
Taulukko 11. Varastoiden optimaalisuus vakio materiaalinimikkeiden kategorioille (osa 1).	84
Taulukko 12. Varastoiden optimaalisuus vakio materiaalinimikkeiden kategorioille (osa 2).	84
Taulukko 13. Varaston 1 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	88
Taulukko 14. Varaston 2 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	90
Taulukko 15. Varaston 3 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	91
Taulukko 16. Varaston 4 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	93
Taulukko 17. Varaston T1 Katos materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	94
Taulukko 18. Varaston 5 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	96
Taulukko 19. Varaston 6 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	98
Taulukko 20. Varaston 7 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	99
Taulukko 21. Varaston 8 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	101
Taulukko 22. Varaston H1 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	103
Taulukko 23. Varaston H2 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	104
Taulukko 24. Varaston H3 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.	107
Taulukko 25. Materiaalikategorioiden käyttöpaikat ja materiaalivirrat.	108

Taulukko 26. Varastoinnin ja varastonhallinnan taloudellisen suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).	113
Taulukko 27. Varastoinnin ja varastonhallinnan operatiivisen suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).	113
Taulukko 28. Varastoinnin ja varastonhallinnan palvelutason suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).	114
Taulukko 29. Varastoinnin ja varastonhallinnan laadullisen suorituskyvyn mittarit (Fullerton & Wempe, 2009, s. 230–231).	114

1 Johdanto

Tutkielma käsittelee varastoinnin ja varastohallinnan optimoimista ja kehittämistä pk-yrityksessä. Tutkimus toteutetaan suomalaisen valmistavan teollisuuden yrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimoimiseksi ja kehittämiseksi. Tutkimus on jatkotutkimusta Pekkarisen (2025) tutkielmalle, jossa tutkittiin kyseisen suomalaisen tuotantoalan yrityksen hankintatoimea ja varastohallintaa. Tämän tutkimuksen päätavoite on tutkia Pekkarisen (2025) tutkimuksessa havaittujen varastoinnin ja varastohallinnan kehityskohteiden optimointia ja havaita, kuinka kohdeyrityksen tulisi kehittää varastointia ja varastohallintaansa käytännössä.

1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimus toimii jatkotutkimuksena kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimoimiseksi sekä kehittämiseksi. Pekkarinen (2025) tutkii kyseisen kohdeyrityksen hankintatoimea ja varastohallintaa yleisesti ja esittää tutkimuksessa havaitut kehitysmahdollisuudet sekä suosittelee toimenpiteitä näiden tehostamiseen. Tutkimuksessa havaitut kehityskohteet ja mahdollisuudet toimivat tämän tutkimuksen lähtötietoina, joiden pohjalta syvennyttään kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan prosessien optimoimiseen ja kehittämiseen. Pekkarisen (2025) tutkimuksen havainnot toimivat tutkimuksen lähtötietoina, joiden pohjalta selvitetään laajemmin kohdeyrityksen tämänhetkisen varastoinnin ja varastohallinnan tilanne. Tutkimuksen tulokset tulevat perustumaan yrityksen tämänhetkisiin optimaalisiin ratkaisuihin, vaikka pohjatietoina käytetään Pekkarisen (2025) tutkimuksen tietoja.

Ensimmäisenä merkittävänä tekijänä havaittiin kohdeyrityksen materiaalien kulutuksen ennustaminen ja seuranta (Pekkarinen, 2025). Kirjoittaja esittää materiaalien kulutuksen olevan vaikeaa ennustaa tilauskannan suuren vaihtelevuuden vuoksi. Toisena

materiaalien kulutuksen ennustettavuutta hankaloittava tekijä havaittiin olevan materiaalien tarvetietojen liian myöhäinen tai epätarkka arvio (Pekkarinen, 2025). Tämän lisäksi kulutuksen seurannan havaittiin olevan liian epätarkkaa ja varianttikohtaisille materiaalinimikkeille kulutustietoa ei ollut saatavilla ollenkaan. Näiden tekijöiden vuoksi materiaalien ennustettavuuden havaittiin olevan merkittävä kehityskohta.

Seuraavana merkittävänä havaintona oli kohdeyrityksen ERP- ja varastohallintajärjestelmien hyödyntäminen ja järjestelmäongelmat (Pekkarinen, 2025). Kirjoittajan mukaan ERP-järjestelmästä saatu data havaittiin olevan epätarkkaa ja epäluotettavaa. Varastohallintajärjestelmän osalta havaittiin työkalun hyödynnettävyyden olevan heikkoa järjestelmän ongelmien ja käyttäjien alhaisen osaamisen vuoksi. Kokonaisuuteen havaittiin vaikuttavan järjestelmien kautta kirjattu materiaalien kulumatieto, joka puolestaan vaikutti suoraan materiaalien kulumisen ennustettavuuteen. Viimeisenä järjestelmien heikentävänä tekijänä oli joidenkin järjestelmien tarjoamien ominaisuuksien käyttämättä jättäminen, joka aiheutti osaltaan ongelmia tiedon luotettavuuteen.

Kohdeyrityksen varastoinhallinnan ongelmina havaittiin useita kokonaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Varastointisuunnitelman ja strategian puuttuminen havaittiin aiheuttavan ongelmia kokonaisuuden heikkoon tilankäyttöön ja hallittavuuteen (Pekkarinen, 2025). Kirjoittaja esitti vakioinnin puutteen heikentävän varastoinnin tehokkaan toiminnan. Varaston kierron havaittiin olevan puutteellinen varastojen järjestyksen ja materiaalien sijoittelun vuoksi, joka vaikeutti varaston kiertoa ja aiheutti täten materiaalien pilaantumista (Pekkarinen, 2025). Kirjoittaja esitti näiden puutteellisten toimintojen johtavan varastointikustannuksien kasvamiseen optimoinnin puutteen vuoksi.

Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ja varianttien käytössä ja hallinnassa havaittiin olevan vaikutuksia kokonaisuuden toimintaan (Pekkarinen, 2025). Kirjoittajan mukaan

materiaalinimikkeiden liiallinen määrä ja yleinen hallinta oli johtanut materiaalien osittain heikkoon seurantaan ja vaikutti myös materiaalien huonoon kulumatietoon. Vakioinnin puutteen havaittiin myös olevan yhtenä merkittävänä tekijänä nimikkeiden osalta, jonka seurauksena nimikkeiden tiedot olivat sekaisin kohdeyrityksen järjestelmässä (Pekkarinen, 2025). Kirjoittajan mukaan standardien ja vakioiden tietojen ja käsittelytapojen puuttuminen lisäsi kokonaisuuden ongelmia. Täten materiaalinimikkeillä oli oma osansa materiaalien kulutuksen ennustettavuuden ja järjestelmien toimintaongelmien kanssa.

Viimeisenä kohdeyrityksen puutteena havaittiin hankintamallin ja toimittajasuhteiden osalta pitkäaikaisten yhteistyösopimusten puute (Pekkarinen, 2025). Kirjoittaja esittää toiminnan olleen hyvin reaktiivista, jossa materiaalit tilattiin puhtaasti arvioidun kulutuksen mukaan. Liialliseen sopimus pohjaiseen toimintaan tukeutumisen havaittiin vievän tehokkuutta hankinnasta ja sen sijaan todettiin strategisien kumppanuuksien edistävän toimintaa tehokkaammaksi (Pekkarinen, 2025). Kirjoittaja havainnoi toimittajayhteistyön hyödyntämisen olevan vajaanaista toistaiseksi, jonka seurauksena optimointi ja yhteiskehitys olivat vielä puutteellisia.

Kokonaisuudessaan Pekkarisen (2025) tutkimus antaa selkeän kuvan kohdeyrityksen toiminnan pohjasta, jota on tutkimuksen jälkeen kehitetty tavoitteellisesti. Tämän tutkimuksen tehtäväksi jää siis havaittujen epäkohtien toiminnan tarkistaminen ja kehityskohteiden havainnointi Pekkarisen (2025) tutkimuksen pohjalta. Pekkarisen (2025) tutkimus esittää kuitenkin kehityksen keskeisiä pääkohtia, joita tulisi olla datan ja toimintamallien vakiointi eri osa-alueilla ja järjestelmien toiminnan optimointi vakioinnin pohjalta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena on optimoida kohdeyrityksen varastointia ja varastonhallintaa niin, että se mahdollistaa kohdeyrityksen uuden tuotantotehtaan käyttöönoton ja tuotantokapasiteetin kolminkertaistamisen. Varastojen ja varastonhallinnan optimoinnissa pyritään keskittymään juuri tämän hetken ongelmiin ja haasteisiin, jotta kohdeyrityksen ulkologistiikan kapasiteetti ja valmiudet kestäisivät uuden tuotantotehtaan luomat vaatimukset. Tämän toteuttamiseksi tutkimuksen sivutavoitteina on tehdä kirjallisuuskatsaus aiheen tieteelliseen kirjallisuuteen ja muodostaa tämän toissijaisen tiedon avulla menetelmä varastoinnin ja varastonhallinnan kehittämiseen. Tämän menetelmän avulla on tarkoitus käsitellä ensisijaista tietoa, jota kerään kohdeyritykseltä ja muodostaa täten toimintatavan kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan kehityksen toteuttamiseen.

Kohdeyrityksen tavoitteiden osalta tutkimuksessa on tarkoitus perehtyä varastokokojen ja -paikkojen vakiontiin, materiaalien sijoitteluun varastoissa ja varastojen käytön optimointiin FI-FO periaatteiden mukaisesti. Näillä toimenpiteillä tavoitellaan varastoinnin optimoimista ja mahdollistetaan varastoinnin toimivuus uuden tuotantotehtaan tarpeille. Lisäksi näillä toimenpiteillä pyritään kehittämään varastointia tehokkaammalla tilankäytöllä materiaalien tehokkaamman sijoittelun kautta ja pyritään saamaan FI-FO periaate varastoinnin käytännöksi. Varastoinnin tavoitteiden lisäksi varastonhallinnan osalta tavoitteena on määrittää optimaaliset eräkoot jokaiselle materiaalille ja kehittää varastonhallintamallia JIT (Just-In-Time) varastonhallintajärjestelmän mukaiseksi kokonaisuudeksi.

Nämä tavoitteet pyritään saavuttamaan vastaamalla seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten optimoinnin ja kehityksen kohteet voidaan tunnistaa pk-yrityksessä?
2. Miten havaittuihin optimoinnin ja kehityksen kohteisiin löydetään relevantit ratkaisut?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaan perehtymällä aiheen tutkimuskirjallisuuteen, luomalla teoriapohjan tutkimuskysymykselle ja tutkimalla kohdeyrityksen varastointia ja varastohallintaa teoriapohjan opettamin keinoin. Tämän avulla opin tunnistamaan kehityksen kohteet varastoinnissa ja varastohallinnassa, joka mahdollistaa kokonaisuuden kehittämisen. Relevanttien ja merkittävien kehityskohteiden löytäminen on edellytys koko prosessin kehittymiselle ja perusta koko kehitystyölle. Toiseen tutkimuskysymykseen vastaan analysoimalla havaittuja ongelmia ja niiden ratkaisuja ja tieteellisen kirjallisuuden esittämällä ratkaisuille luon mallin kohdeyrityksen ratkaisujen toteutukselle ja ylläpitämiselle. Esitän tutkimuksessa toteutukseen ja ylläpitämiseen liittyviä haasteita ja esitän mahdollisia toimenpiteitä näiden haasteiden ehkäisemiseksi.

1.3 Tutkimuksen rakenne ja rajoitukset

Tutkimuksen rakenne koostuu viidestä pääosiosista: Johdanto, Kirjallisuuskatsaus, Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto, Tulokset sekä Yhteenveto ja johtopäätökset. Tutkimuksen ensimmäisen osion, johdannon, tarkoituksena on esitellä tutkimus, sen taustat, tavoitteet ja rakenne sekä rajoitukset. Johdannossa kuvataan tutkimuksen yleinen suunta ja käsiteltävät aiheet. Toisena tutkimuksen osiona on kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään aiheen tieteelliseen kirjallisuuteen ja muodostetaan tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Kirjallisuuskatsaus pohjustaa tutkimuksen aiheen ja esittää vertaisarvioitua tieteellistä tutkimusta aiheen perustaksi. Kolmantena tutkimuksen osiona on tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto, jossa kuvataan tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja niiden toteutus sekä käytetty tutkimusaineisto ja sen jakautuminen. Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto mahdollistavat tutkimuksen rakenteen havainnoinnin ja mahdollisen uudelleen toteuttamisen. Neljäntenä tutkimuksen osiona on tulokset, jossa muodostetaan tutkimuksen tavoite eli muodostetaan ratkaisut havaittuihin ongelma-kohtiin. Tulokset-osion pohjalta on

mahdollista toteuttaa kohdeyritykselle havaitut ratkaisut ja ymmärtää niiden vaikutukset yleiseen toimintaan. Viimeisenä tutkimuksen osiona on yhteenveto ja johtopäätökset, jossa tutkimuksen sisältö, havainnot ja ratkaisut tiivistetään yhteen. Tuloksien ja ratkaisujen pohjalta muodostetaan johtopäätökset ja analysoidaan vaikutuksia kohdeyrityksen toimintaan. Tutkimuksen lopussa on listattuna käytetyt lähteet ja viimeisenä tutkimuksen liitteet.

Tutkielman tuloksiin ja niiden soveltamiseen liittyy rajoituksia, johtuen tutkimuksen toteuttamisesta. Tutkimuksen tulokset ovat rajatut ainoastaan kohdeyrityksen käyttöön ja kaikki kohdeyrityksen arkaluonteinen tieto on sensuroitu tutkielmasta. Tämän lisäksi tutkimuksen ollessa kohdennettu vain kohdeyrityksen toimintaan, tulokset ovat sidonnaisia kohdeyrityksen toimialaan, prosesseihin ja tilanteeseen. Tutkimus kuvaa kohdeyrityksen tilannetta vain tutkimushetkellä ja tulokset ovat räätälöity juuri kyseisen tilanteen tarpeisiin. Yleisesti tutkimuksen teoreettinen viitekehys soveltuu varastoinnin ja varastonhallinnan kehittämiseen. Kohdeyritykselle suunniteltuja ratkaisuja voidaan käyttää esimerkkinä muiden yritysten toimintojen kehittämiseen, mutta kyseisissä tilanteissa tulisi tutkia heidän tilanteitaan tarkemmin. Tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää valmistavan teollisuuden toimintaan ja toimialan sisällä tulosten yleistäminen voi olla epätarkkaa.

Tutkimustiedon luotettavuus on myös suoraan riippuvainen käytetyn tiedon tarkkuudesta ja luotettavuudesta. Tutkimuksen tiedot rakentuvat osittain aiemman tiedon havaintoihin ja uuden tiedon tarkkuus ja luotettavuus vaikuttavat myös tutkimuksen lopputulemaan. Empiirisen datan rajallisuuteen vaikuttavat tiedon kohdistuminen yhteen organisaation ja sen henkilöstöön. Myöskään kaikkia näkökulmia ei välttämättä saada käsiteltyä kattavasti suhteessa kohdeyrityksen ulkopuoliseen toimintaan. Tutkimuksen kokonaisuus on myös riippuvainen tutkijan roolista ja subjektiivisuudesta tutkimuksen toteutuksessa. Tutkimuksen tulokset ovat tutkijan ehdottamia ratkaisuja, joihin tutkijan tulkinnanvaraisuus ja omat näkemykset ovat voineet vaikuttaa.

Tutkimus on rajattu kokonaisuudessaan kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan tutkimukseen, jolloin muiden tekijöiden vaikutusta ja kokonaisuuden toimintaa ei välttämättä ole huomioitu riittävällä tarkkuudella. Näiden tekijöiden huomioimisen tarkkuus ja määrä voivat vaikuttaa lopulliseen kokonaisuuteen. Viimeisenä tutkimuksen tuloksien toteuttaminen käytännössä voi erota tutkimuksessa suunniteltuun toteuttamiseen. Tutkimus esittää optimaalisia ja tehokkaita ratkaisuja kohdeyrityksen käyttöön, mutta niiden toteutus voi olla käytännössä liian kallista ja hidasta muissa organisaatioissa. Myös muiden organisaatioiden kulttuuri ja resurssit voivat vaikuttaa käyttöönottoon kohdeyrityksen ulkopuolella.

2 Varastointi ja varastonhallinta yleisesti

Tämän osion tavoitteena on syventyä varastoinnin ja varastonhallinnan teoriaan ja muodostaa rakenne varastoinnin ja varastonhallinnan optimoimiselle ja kehitystyölle. Perehdyn aiheen tieteelliseen kirjallisuuteen ja muodostan sen avulla toimintamallin varastoinnin ja varastonhallinnan optimoinnille ja kehitykselle. Rajaan kirjallisuuskatsauksen osalta varastoinnin ja varastonhallinnan tarkastelun pk-yritykselle relevanttien aiheiden käsittelyyn ja muodostan toimintamallin räätälöiden sen kohdeyrityksen tarpeiden ja toiminnan optimoinnin mukaan. Tämä tarkoittaa, että kirjallisuuskatsauksessa keskitytään varastoinnin osalta varastokokojen ja varastopaikkojen vakiontiin, materiaalien optimaaliseen sijoitteluun varastoissa ja varastojen käytön optimointiin FIFO-periaatteiden mukaisesti. Varastonhallinnan osalta keskityn optimaalisten varastotasojen / eräkokojen määrittämiseen, Just-In-Time (JIT) varastonhallintajärjestelmän periaatteiden käytön perehtymiseen liittyviin periaatteisiin ja Lean johtamisfilosofian periaatteiden käyttöönottoon varastonhallinnassa. Näiden teorioiden ja tieteellisen kirjallisuuden avulla lähdän rakentamaan kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan kehitysprosessin rakennetta.

Varastointi on itsessään toimintona myös suurempi kokonaisuus ja se voidaan jakaa useampaan eri varastointityyppiin. Bhat (2008, s. 109) esittää, että varastot jaetaan yleisesti seuraaviin varastointiluokkiin: (I) raaka-ainevarastot, (II) komponenttivarastot, (III) kulutustarvikevarastot, (IV) puolivalmisteverastot, (V) valmiiden tuotteiden varastot, (VI) saapuvien tavaroiden varastot (siirtovarastot), (VII) väliavarastot, (VIII) varaosavarastot, (IX) syttyvien materiaalien varastot, (X) työkalujen varastot, (XI) toimistotarvikevarastot, (XII) kunnossapitotarvikevarastot, (XIII) hylättyjen materiaalien varastot, (XIV) romu- tai poistovarastot, (XV) paperitarvikevarastot ja (XVI) pakkausmateriaalien varastot. Koska tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia varastointia pk-yrityksen näkökulmasta ja huomioida kohdeyrityksen tarpeet, tarkastellaan varastoinnin osalta (I) raaka-ainevarastoja ja (V) valmiiden tuotteiden varastoja. Tästä huolimatta ja pk-yritysten toiminnassa voi olla käytössä listassa nimetyt

varastoja, mutta niiden merkitys kokonaisuuteen sekä varastoinnin ja varastonhallinnan toimintaan ei ole merkittävä suhteessa raaka-ainevarastoiden ja valmiiden tuotteiden varastojen merkitykseen pk-yrityksille. Taulukossa 1 listataan nämä tuotantoalan yrityksen / valmistavan teollisuuden mahdolliset varastotyyppit ja nimetään, mitä varastotyyppijä tässä tutkimuksessa tarkastellaan.

Taulukko 1. Tutkielmassa tutkittavat varastotyyppit.

Luokka	Varasto	Tutkinnan kohde
I	Raaka-ainevarastot	X
II	Komponenttivarastot	
III	Kulutustarvikevarastot	
IV	Puolivalmistevalastot	
V	valmiiden tuotteiden varastot	X
VI	Saapuvien tavaroiden varastot (siirtovarastot)	
VII	Väliavarastot	
VIII	Varaosavarastot	
IX	Syttyvien materiaalien varastot	
X	Työkalujen varastot	
XI	Toimistotarvikevarastot	
XII	Kunnossapitotarvikevarastot	
XIII	Hylättyjen materiaalien varastot	
XIV	Romu- tai poistovarastot	
XV	Paperitarvikevarastot	
XVI	Pakkausmateriaalien varastot	

2.1 Varastoinnin ja varastonhallinnan merkitys pk-yrityksessä

Tuotannon käyttämien materiaalien varastointi on merkittävä toiminto tuotantoalan yritysten toiminnassa. Materiaalien varastoinnilla säilytetään väliaikaisesti tuotannossa käytettäviä materiaaleja eli varastointia voidaan ajatella palvelutoimintana yrityksen sisällä, jossa varastointi palvelee tuotannon tarpeita. Yrityksen sisällä varastoinnin tavoitteena on siis tuottaa tätä palvelua tuotannolle mahdollisimman tehokkaasti ja mahdollisimman alhaisin kustannuksin (Bhat, 2008, s. 109). Tehokkaan varastonhoidon

hyödyiksi Bhat (2008, s.109–110) listaa tärkeiden materiaalien helpon saatavuuden, varastotilojen tehokkaan käyttämisen, joustavuuden materiaalien järjestämisessä, varastoitujen raaka-aineiden hukan (pilaantumisen) minimoimisen ja inventaarien helppouden varastojen järjestyksen vuoksi. Näiden lisäksi optimaalisen ja tehokkaan varastoinnin varastohallinnan kautta saadaan useita muita hyötyjä ja ennen kaikkea turvataan tuotannon jatkuva toiminta.

Materiaalien hankinnan osalta, varastointi mahdollistaa merkittävän joustavuuden hankinnan kriteereissä. Materiaalien varastointi mahdollistaa epätasaiseen kysyntään vastaamisen luomalla puskuria materiaalien osalta, auttaa varautumaan epäluotettavaan tarjontaan materiaalien osalta, mahdollistaa strategisen hankinnan hintojen vaihdellessa, mahdollistaa suurten materiaalierien ostamisen alennettuun hintaan ja viimeisenä mahdollistaa hankintakustannuksien optimoinnin (Muller, 2011, s. 12–14). Varastojen pitäminen mahdollistaa siis paljon vaihtoehtoja materiaalien hankinnan osalta, mutta tämä ei tarkoita, että suuret varastot ovat optimaalisia yrityksille. Mullerin (2011, s. 32–34) mukaan materiaaleista koituvat kulut eivät synny yksinään materiaalien hankinnasta koituvista kuluista vaan myös materiaalien varastoinnista ja hallinnasta syntyy yritykselle kuluja ja muita toiminnallisia kustannuksia. Tämän lisäksi varastoitavat materiaalit sitovat yrityksen pääomaa, jota ei voida käyttää yrityksen muihin toimiin. Tästä syystä materiaaleille tulee määrittää optimaaliset varastotasot, jolloin yritykselle syntyvät kulut ovat optimaalisia ja yrityksen tuotannon tarpeet täyttyvät.

Varastohallinta on osaltaan merkittävämpi toiminto yrityksen päivittäisen toiminnan kannalta, sillä sen kautta ohjataan varastoitavia materiaaleja, osaltaan niiden hankintaa ja päätoimisesti niiden varastointia. Mahjaan ja muut (2024, s. 1–3) listaavat tehokkaan varastohallinnan hyödyiksi seuraavia toimia: parempi materiaalien seuranta, valvonta ja suunnittelu; parempi varastojen ja varastotasojen seuranta, hallinta sekä ylläpito; varastojen parempi järjestys tehostaen toimintaa ja vähentäen kustannuksia; tuottavuuden paraneminen alenneiden varastotasojen johdosta; parempi strategia

varastojen kiertonopeuksien kasvattamiseksi; vaihtelusta johtuvien vaihtelevien varastokustannuksien parempi hallinta; toimitusketjun kustannusten ja epävarmuuden vähentäminen. Näiden toimien lisäksi tehokkaalla varastohallinnalla on muita välittömiä ja välillisiä hyötyjä yrityksen prosesseihin. Tästä huolimatta Mahjaanin ja muiden (2024, s. 1) pääjohtopäätös on, ettei varastohallinnalla ole suoraa yhteyttä yrityksen kokonaissuorituskykyyn, vaikka heidän mukaansa varastohallinta korreloi vahvasti varastojen kiertonopeuden kanssa. Varastoilla ja varastohallinnalla on suuri ja suora merkitys tuotantoalan yhtiöiden toimintaan, sillä varastoitavat materiaalit ovat suoraan sidoksissa tuotannon läpivirtaukseen. Tästä syystä Mahjaanin ja muiden (2024, s. 1) johtopäätös varastohallinnan vaikutuksesta yrityksen kokonaissuorituskykyyn vaikuttaa vajaanaiselta ja etenkin pk-yrityksien kohdalla aliarvio varastojen ja varastohallinnan merkityksen yritysten kokonaisprosessissa.

Esitettyjen tietojen pohjalta voimme ymmärtää, että varastoinnilla ja varastohallinnalla on suuri merkitys valmistavan teollisuuden pk-yritysten toiminnassa ja ne vaikuttavat merkittävästi tuotannon läpivirtaukseen. Vastaavasti olemme havainneet myös, että tehokkaalla varastoinnilla ja varastohallinnalla voidaan tehostaa yrityksen sidottua pääomaa ja kustannuksia. Lisäksi varastointi mahdollistaa tuotannon läpivirtauksen kehittämisen tarjoamalla tarvittavat materiaalit tarvittavaan aikaan tuotantoon. Tästä syystä voimme vetää johtopäätöksen, että varastoinnin ja varastohallinnan optimointi ja kehitys ovat pk-yritysten kannalta kannattava investointi, joka mahdollistaa yritysten tuottavuuden ja tehokkuuden kasvamisen.

2.2 Varastointi

Tehokas varastointi on hyvin merkityksellinen toiminto valmistavan teollisuuden yrityksille ja kuten edellisessä osiossa havaittiin, sillä on useita hyötyjä tuotantolaitoksen toiminnassa. Raaka-aineiden varastointi on välttämätön toiminto valmistavan teollisuuden yrityksille, sillä se on tuotantoprosessien perusta ja materiaalien riittävällä

saatavuudella varmistetaan, että tuotanto voi toimia ilman viiveitä (Ayoun, 2024, s. 6). Varastoinnin merkityksellisyydestä huolimatta ja sen vaikutuksista tuotantoalan yrityksen ydinprosesseihin riippumatta, perinteinen varastointijärjestelmä kärsii yhä mm. epätarkoista varastotasoista, heikosta sijoittelusta (layout), kysynnän vaihtelusta, epäoptimaalisesta noutamisesta, turhista toiminnoista ja prosessin läpinäkyvyyden/selkeyden puutteesta (Maheshwari ja muut, 2024, s. 1073–1075). Pk-yrityksien kontekstissa nämä heikkoudet korostuvat yleisesti pienempien resurssien ja tiedon vuoksi. Tästä syystä resurssien käyttäminen varastojen optimoimiseen ja kehittämiseen voi olla hyvinkin kannattava toiminto pk-yrityksien toiminnassa ja se voi vaikuttaa suoraan yrityksen tuottavuuteen tehostamalla valmistavan teollisuuden yritysten ydinprosessia eli tuotantoprosessia.

Varastointi on siis tuotantoprosessissa käytettävien raaka-aineiden ja materiaalien varastointia sitä hetkeä varten, jolloin ne käytetään tuotannossa. Vaikka varastot ovat tarvittavia palvelemaan tuotantoalan yrityksen tuotantoprosessia, varastot ajatellaan hukaksi JIT (Just-In-Time) tuotannossa (Muller, 2011, s. 12–14). Wang (2010, s. 1–3) esittää, että Lean tuotannon tavoitteena on vähentää hukkaa kaikista tuotantoprosesseista, mikä tarkoittaa hukan vähentämistä myös varastoista. Tämä tarkoittaisi siis suoraan ajatellen varastojen vähentämistä Lean tuotannon ja JIT tuotannon periaatteiden mukaisesti. Kuitenkin kuten mainittua, varastoja tarvitaan tuotantoprosessien täyttämiseen, jonka vuoksi varastoja ei voida vähentää loputtomiin. Tämä vaatii optimaalisten varastotasojen löytämistä jokaiselle varastoitavalle materiaalille, johon varastojen määrä asetettaisiin ja ”hukka” vähennettäisiin pois varastointiprosessista varastoitavien materiaalien osalta.

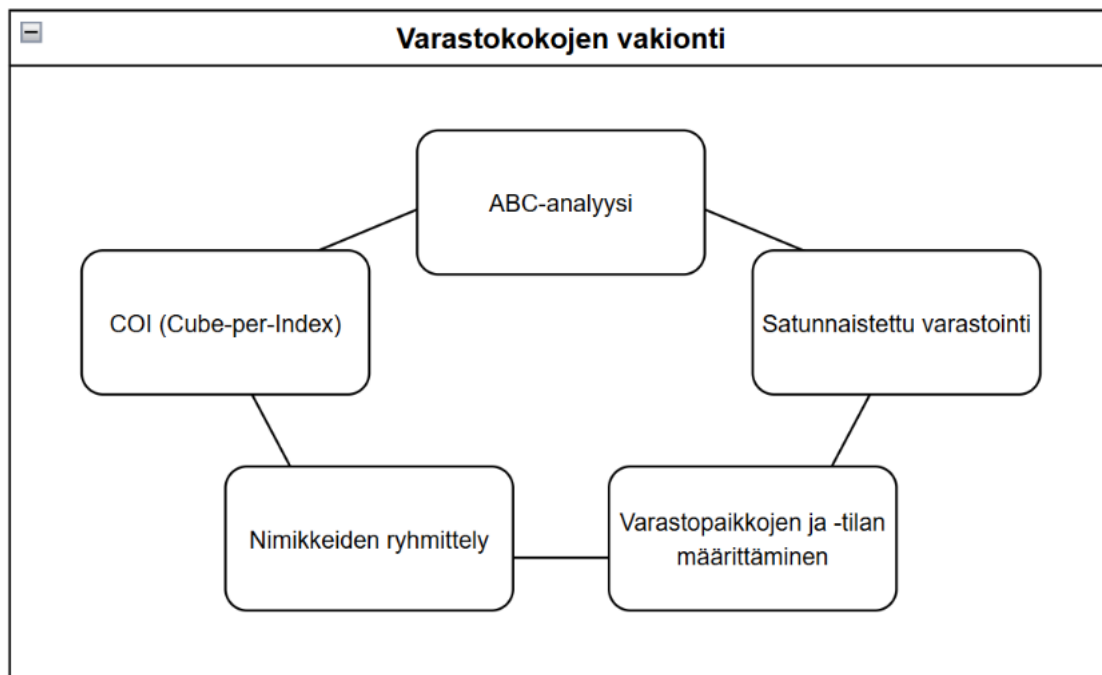
Varastoitavia materiaaleja kutsutaan ja käsitellään materiaalinimikkeinä (lyhyemmin nimike), joilla materiaaleja käsitellään yrityksen toiminnanohjaus- ja varastointijärjestelmissä (Kampen ja muut, 2012, s. 1–3). Materiaalinimikkeet ovat siis uniikkeja ominaisuuksiltaan, ja jokaiselle yrityksen käyttämälle materiaalille tulee olla oma nimike. Kampen ja muiden (2012, s. 1–3) mukaan materiaalinimikkeiden käyttö

mahdollistaa materiaalien luokittelun ja täten käsittelyn ja analysoinnin nimikkeiden omissa luokissa. He esittävät yhdeksi tunnetuimmista ja merkittävimmistä analyysityökaluista olevan ABC-analyysin, jonka avulla materiaalinimikkeistä voidaan tunnistaa merkittävimmät materiaalit, jotka tuottavat suurimman osan varastoinnin kuluista. Materiaalien käsitteleminen nimikkeinä on siis hyödyllistä kaikin puolin ja se on lähes pakollista materiaalien käsittelyyn yrityksen sähköisessä toiminnanohjausjärjestelmässä. Koska tässä tutkielmassa käsitellään pk-yrityksien varastointia ja varastonhallintaa, ja pk-yritykset tarvitsevat materiaalinimikkeitä käsitelläkseen tarvitsemansa materiaalmäärän, tulee materiaalinimikkeiden käsite ja merkitys korostumaan tämän tutkimuksen aikana.

Raaka-aineet ovat yleisesti jaettuina erillisiin varastointinimikkeisiin, joilla kuvataan yksittäistä materiaalia/materiaalityyppiä, kuten edellisessä kappaleessa havaittiin. Materiaalityyppien lisäksi materiaalit voidaan jakaa kategorioihin materiaalien ominaisuuksien, käyttökohteiden tai muiden kriteerien mukaan. Duque-Jaramillon ja muiden (2024, s. 134) mukaan näiden varastointinimikkeiden varastoinnissa ja varastopaikkojen valinnassa tulee ottaa huomioon varastointinimikkeen prioriteetti tuotantoprosessissa, varastointinimikkeen tarpeen kriteerit tuotannossa ja varastoinnin sekä logistiikan olosuhteet, toimitusmatkan/-ajan, noutamisolosuhteiden, toimitettavan määrän ja muut vastaavat vaatimukset ja kriteerit. He esittävät, että materiaalinimikkeiden edellä mainittuja vaatimuksia ja ominaisuuksia voidaan verrata luokittelemalla ne ABC-luokituksen ja COI (Cube-per-Order Index) strategian avulla (Duque-Jaramillo ja muut, 2024, s. 134). Perusteluna näiden tekniikoiden käyttämiselle Duque-Jaramillo ja muut (2024, s. 134) käyttävät varastointinimikkeiden eroavia tarpeita tuotannon ja varastoinnin osalta. Kun materiaalinimikkeet ovat jaettuina tai ne jaetaan kategorioihin, tulisi tietyn kategorian materiaalinimikkeet olla yhtäläisiä ominaisuuksiltaan ja vaatimuksiltaan tietyllä tasolla, jotta saman kategorian nimikkeitä olisi helppo hallita. Tämä mahdollistaisi varastoinnissa ja tehtaan ulkologiikassa tietyn kategorian nimikkeiden varastoinnin samalla tavalla ja lisäisi materiaalien käsittelyn tehokkuutta.

2.2.1 Varastokokojen ja käytettävän tilan määrittely

Varastokokojen vakiointi ja käytettävän tilan määrittely jokaiselle varastonimikkeelle mahdollistaa varastoinnin järjestelmällisyyden ja tehokkaan ohjauksen. Duque-Jaramillo ja muut (2024, s. 134–137) listaavat varastokokojen vakionnin työkaluiksi seuraavat tekniikat: nimikkeiden kategorisoinnin/ryhmittämisen, varastopaikkojen ja -tilojen määrittämisen, COI (Cube-per-Order Index) eräkokojen mitoituksen, satunnaistetun varastointistrategian ja ABC-analyysin. Heidän mukaansa näitä työkaluja käyttämällä voidaan luoda järjestelmä, jolla vakioidaan varastokoot ja käytettävä tila jokaiselle materiaalinimikkeelle (Duque-Jaramillo ja muut, 2024, s. 134–137). ABC-analyysi ja COI strategia mahdollistavat materiaalinimikkeiden luokittelun merkittävyyssjärjestyksessä, joka auttaa jakamaan varastoinnin resursseja tarpeen mukaan. Toisaalta nimikkeiden ryhmittely ja varastointi nimikeryhmittäin mahdollistaa varastoinnin hyötyjen saamisen yhtäläisten materiaalien varastoinnista samassa paikassa ja tehostaa varastonhallintaa kokonaisuudessaan. Käytettävän tilan määrittäminen ja varastopaikkojen määrittäminen avaavat varastoinnin kokonaisuuden mahdollisuuksia ja selventävät vapaana olevan tilan määrittämiä rajoituksia materiaalinimikkeiden varastoinnille. Tuotantoalan yritykselle satunnaistettu varastointi ei ole toimiva vaihtoehto, sillä materiaalien tulee olla tiettyssä paikassa varastonhallinnan ja varastoinnin kokonaisuuden optimoimiseksi. Kuviossa 1 ryhmitetään erikseen jokainen varastoinnin vakiontiin käytettävä työkalu.



Kuvio 1. Varastokokojen vakioinnin työkalut (mukaillen Duque-Jaramillo ja muut (2024, s. 134–137)).

Materiaalinimikkeiden jakaminen erillisiin kategorioihin voi helpottaa rajatun varastotilan tehokkaaseen käyttämiseen. Jotta materiaalinimikkeiden suurta määrää voidaan hallita ja ohjata tehokkaasti, tulee materiaalinimikkeet jakaa järkeviin luokkiin (Milstein ja muut, 2014, s. 71–72; Muting ja muut, 2017, s. 468). Materiaalinimikkeiden jakamisen kriteerit voivat vaihdella suuresti valmistavan teollisuuden yritysten toiminnan mukaan ja jokaisen yrityksen tulee määrittää itselleen toimivat kriteerit. Milstein ja muut (2014, s. 71–80) tutkivat materiaalinimikkeiden ryhmittämistä laajasti käytetyn ABC-analyysin avulla, kun puolestaan Muting ja muut (2017, s. 468–471) kritisoivat ABC-analyysin puutteita, kuten kyvyttömyyttä käsitellä laadullisia kriteerejä, kyvyttömyys mallintaa useita kriteerejä ja mahdolliset epäoptimaaliset ratkaisut. He puolestaan suosivat materiaalinimikkeiden kategorisoinnin tarkastelua monikriteerisestä (multi-criteria) näkökulmasta (Muting ja muut, 2017, s. 468–469).

Materiaalinimikkeiden kategorisointiin on siis useita lähestymistapoja ja Pk-yritysten osalta materiaalinimikkeiden todennäköinen vähäinen määrä puoltaa yksinkertaista kategorisointia materiaalinimikkeille. Vaikka tieteellinen kirjallisuus esittää useita

työkaluja ja tekniikoita kategorioiden määrittämiseen, ei kaikkien niiden käyttäminen ole todennäköisesti tehokasta satojen materiaalinimikkeiden kategorisointiin. ABC-analyysin, COI strategian tai muiden työkalujen käyttäminen voivat kuitenkin auttaa materiaalinimikkeiden merkittävyyden analysoinnissa ja auttaa ymmärtämään kokonaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Näistä syistä materiaalinimikkeiden kategorisointiin ei ole yhtä oikeaa tapaa, ja yritysten on itse valittava parhaiten sopiva lähestymistapa materiaalinimikkeiden kategorisointiin.

Käytettävissä olevien varastotilojen jakaminen materiaalinimikkeiden käyttöön ja paikkojen optimaalinen sijoittelu ovat yksi merkittävimmistä varastoinnin optimoinnin muuttujia. Varastopaikkojen sijoittelulla vaikutetaan tuotantolaitoksen sisäisen logistiikan toimintaan, joten siinä tulee huomioida kaikki tuotantolaitoksen logistiset toiminnot ja jakaa varastopaikkojen käyttö nämä huomioiden. Varastopaikkojen vakiointi itsessään ei ole monimutkainen toiminto, mutta kun huomioidaan käytössä olevien varastojen rajoitteet, saattaa materiaalien sijoittelussa syntyä ongelmia. Varastopaikkojen vakionnin ja sijoittelun monimutkaisuuden vuoksi tätä toimintoa käsitellään erillään seuraavassa kappaleessa.

COI (Cube-per-Order Index) varastostrategiaa käytetään yleisesti toimitettavien valmiiden tuotteiden varastoinnin optimoimiseen (Alqahtani, 2023, s. 1–7). Vaikka COI strategiaa käytetäänkin myytävien tuotteiden varastoinnissa, voidaan sitä soveltaa tuotannossa käytettävien materiaalien varastoinnin optimoimiseen määrittämällä optimaaliset varastosijainnit materiaalinimikkeille. Koska varastoitavat raaka-aineet tulee toimittaa tuotannon käyttöön juuri silloin, kun niitä tarvitaan, käyttäytyy tuotantolaitoksen sisäinen logistiikka yhtäläiseen tapaan asiakkaiden tilausten täyttämisen kanssa. Alqahtani (2023, s. 6–7) käyttää COI indeksiä määrittämään varastopaikkojen tarvittavan määrän. Hänen tutkimuksessaan määritetään COI indeksit jokaiselle materiaalinimikkeelle varastopaikkojen määrän ja materiaalinimikkeen keräilyjen määrän suhteen, nimikkeet jaotellaan ABC-analyysin suhteen ja kuljetusmatkat ja -ajat lasketaan, joiden mukaan materiaalinimikkeet asetellaan

tärkeysjärjestykseen (Alqahtani, 2023, s. 6–10). Tästä prosessista etenkin kuljetusmatkojen ja -aikojen laskeminen ja vertaaminen eri varastojen layout ratkaisulla auttavat yhdessä COI indeksin varastopaikkojen määrä/toimitustiheys suhteen kanssa määrittämään optimaaliset varastosijainnit jokaiselle materiaalinimikkeelle.

ABC-analyysi on työkalu, jolla luokitellaan materiaalinimikkeet niiden merkittävyyden mukaan määrittämällä jokaisen nimikkeen merkittävyys yrityksen tuotantoprosessissa (Alqahtani, 2023, s. 7). Aswathappa ja Shridharabhat (2008, s. 543–546) esittävät ABC-analyysin prosessin sisältävän arvioinnin materiaalinimikkeiden vuosittaisesta kulutuksesta euroina (laskentakaava), jonka mukaan nimikkeet jaetaan luokkiin A, B ja C niiden merkittävyyden mukaan. ABC-analyysi on siis yksinkertainen työkalu materiaalinimikkeiden luokitteluun, jonka avulla saadaan arvio eri tasoista nimikkeistä, jonka avulla käytettävät resurssit voidaan optimoida. Tätä voidaan käyttää arvioimaan esimerkiksi materiaalien tarvittavaa varastomäärää ja täten tarvittavaa varastotilaa vuosittaisten kulutustietojen avulla. Materiaalinimikkeiden vuosittainen kulutus ei yksistään kuitenkaan kerro paljosta yrityksen varastoinnista ja tarvitsee rinnalleen muita työkaluja, kuten COI strategian, jotta varastointia voidaan optimoida toimivasti.

Lopulta tarvittavien varastokokojen määrittely perustuu tietyllä aikavälillä käytettävään yksittäisen materiaalin määrän, jonka avulla määritellään, kuinka paljon varastotilaa tarvitaan tietylle materiaalinimikkeelle. Materiaalien hallintaa ohjaa yleisesti varastonhallintajärjestelmä, jonka kautta varastoliikenne kirjautuu yrityksen sähköiseen toiminnanohjausjärjestelmään (Baruffaldi ja muut, 2019, s. 251–257). Toiminnanohjausjärjestelmään kirjautuneista varastointitapahtumista saadaan kerättyä tietoa kulutetuista materiaaleista tietyllä aikavälillä, jonka avulla yritys voi määritellä jokaisen materiaalinimikkeen kulutuksen tietyllä aikavälillä. Materiaalin kulutuksen määrittely on kuitenkin vain arvio materiaalin tarpeesta ja se ei ole varma tieto materiaalien todellisesta kulumisesta. Täten tulevaisuuden materiaalintarvetta joudutaan ennustamaan varastotilojen tarpeen määrittämisessä, jotta osataan arvioida tarvittava tila materiaalinimikkeiden varastoimiseen.

2.2.2 Varastopaikkojen vakiointi ja materiaalien optimaalinen sijoittelu

Varastopaikkojen vakiointi ja optimaalinen sijoittelu ovat tarvittavien varastokokojen määrittämisen lisäksi merkittävä toiminto varastoinnin optimoimisessa ja kehittämisessä. Varastojen paikkojen vakioinnilla ja sijoittelun optimoinnilla varmistetaan, että varastolosuhteet pysyvät tehokkaina sekä vakioina ja varmistetaan materiaalien sijoittelun olevan tehokas logistiikan näkökulmasta. Tämä tarkoittaa materiaalien tarvittavan varastotilan vertaamista käytettävissä olevaan varastotilaan ja materiaalien kuljetusmatkojen ja -aikojen minimoimista materiaalien sijoittelun avulla. Tähän varastojen optimoinnin työvaiheeseen vaikuttavat edellisessä osiossa käsitellyt materiaalinimikkeiden kategorisointi/luokittelu ja materiaalinimikkeiden varastointitarpeita voidaan joutua madaltamaan tai vaihtoehtoisia ratkaisuja muodostamaan, jos yrityksellä ei ole riittäviä resursseja lisäämään varastotilaa. Tämä työvaihe on siis vahvasti sidoksissa varastokokojen ja käytettävän tilan määrittelyyn ja tulisi huomioida myös siinä työvaiheessa.

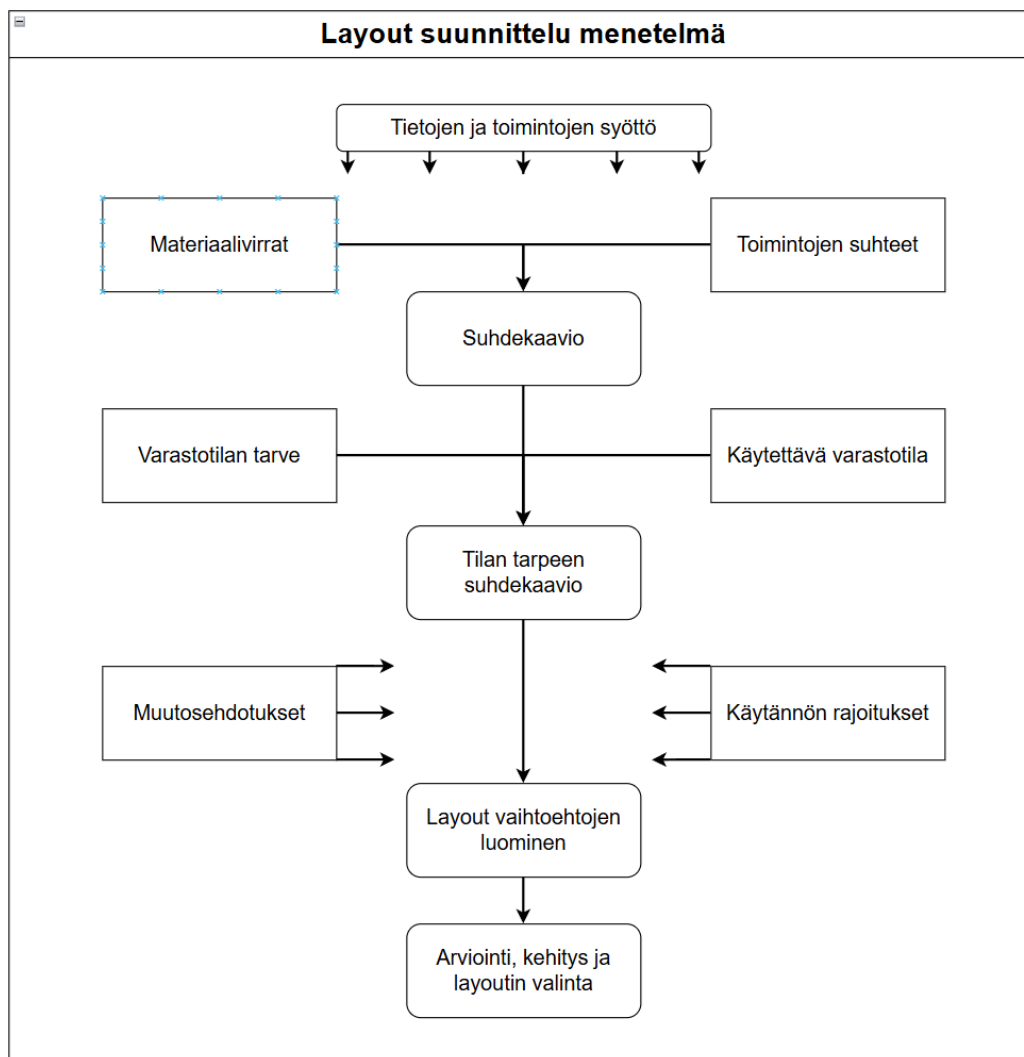
Varastopaikkojen vakiointi lähtee materiaalinimikkeiden varastotilan tarpeen vertaamisesta käytettävissä olevaan varastotilaan. Varastojen vakiointi on olennainen osa Lean-johtamisfilosofian toimintamallia ja auttaa vähentämään hukkaa varastointiprosessista (Munsberg ja muut, 2022, s. 1164–1165). Varastopaikkojen standardointi aloitetaan asettamalla materiaalit kaikista kätevimpiin sijainteihin (Munsberg ja muut, 2022, s. 1165). Standardoinnin vaiheet ovat kätevimpiä toteuttaa suunnitelmalla, jotta materiaalien siirtoa ei tarvitse toteuttaa vasta kun varastopaikoille on valmis suunnitelma. Asettamalla materiaalinimikkeet heti alussa kaikista kätevimpiin sijainteihin, saadaan hahmotelma alustavista tarpeista materiaalien sijainneille. Seuraavana materiaalinimikkeiden ominaisuuksia ja vaatimuksia tulisi arvioida suhteessa muihin nimikkeisiin, jotka voidaan toteuttaa esimerkiksi ABC-analyysin, COI indeksin, kuljetusmatkojen ja -aikojen, materiaalinimikkeiden kategorioiden, käytettävissä olevan varastotilan tai joidenkin muiden arviointimenetelmien kautta (Munsberg ja muut, 2022, s. 1165; Duque-Jaramillo ja muut, 2024, s. 134–137). Näitä arviointikriteereitä

yhdistämällä voidaan verrata materiaalinimikkeiden tarvetta käytössä oleviin varastotiloihin, jonka avulla saadaan luotua materiaalinimikkeiden standardoitu varastosijoittelu.

Varastotilojen käytettävyyden arvioiminen ja varastojen layoutin optimointi kuuluvat vahvasti varastoinnin kehitystyöhön. Varaston sisällä materiaalien sijoittelun tavoitteena on minimoida materiaalien käsittelyn/liikuttelun määrää, minimoida materiaalien vahingoittuminen ja pilaantuminen, mahdollisimman tehokas tilankäyttö ja turvalliset sekä uupumusta vähentävät työskentelyolosuhteet (Le ja muut, 2021, s. 1). Kun materiaalit ovat sijoitettu varastoon tehokkaasti, vähennetään samalla materiaalien käsittelyä, materiaalien vahingoittumista ja työntekijöiden uupumista. Materiaalien sijoittelulle ei ole kuitenkaan yksinkertaista ratkaisua, sillä se riippuu vahvasti kohdevarastosta. Tuotantoalan yrityksillä varastoitavat materiaalit voivat vaihdella suuresti ja varastojen käyttötarpeet ovat hyvin erilaiset. Varastojen sisällä kaiken tilan hyödyntäminen, kuten korkeuden hyödyntäminen, korostuu varastotilan tehokkuutta parantaessa. Muita rajoitteita saattavat asettaa layoutin kehitykseen käytössä olevat resurssit ja logistiikan käyttämät koneet. Muilta osin varaston tilan tehokas käyttö vaatii vain varaston tilan mallintamista ja tehokkaimman varastointitavan löytämisen testaamalla eri varastointiratkaisuja.

Layoutin mallinnustyökaluna voidaan käyttää esimerkiksi SLP (System Layout Planning) menetelmää, jolla luodaan layout-suunnitelma materiaalien varastoinnille jokaiseen erilliseen varastoon (Le ja muut, 2021, s. 2). Selkeä layoutien suunnittelun rakenne helpottaa muutosprosessin toteuttamista ja auttaa eri varastojen layoutin suunnittelun jaottelussa. Varastointi on moniosainen prosessi, jossa tulee huomioida sekä kuljetukset varastosta tuotantoon, mutta myös saapuvien materiaalien logistiikka ja varastojen täyttö. Tällaisen moniosaisen prosessin layout-suunnittelu vaatii systemaattisen suunnittelutyökalun käyttämistä, jotta jokainen muuttuja tulee huomioitua suunnitteluprosessissa. Kuviossa 2 mallinnetaan layout suunnittelun menetelmää, nimeämällä tarvittavat toimenpiteet toteutusjärjestyksessä. Vaiheittainen

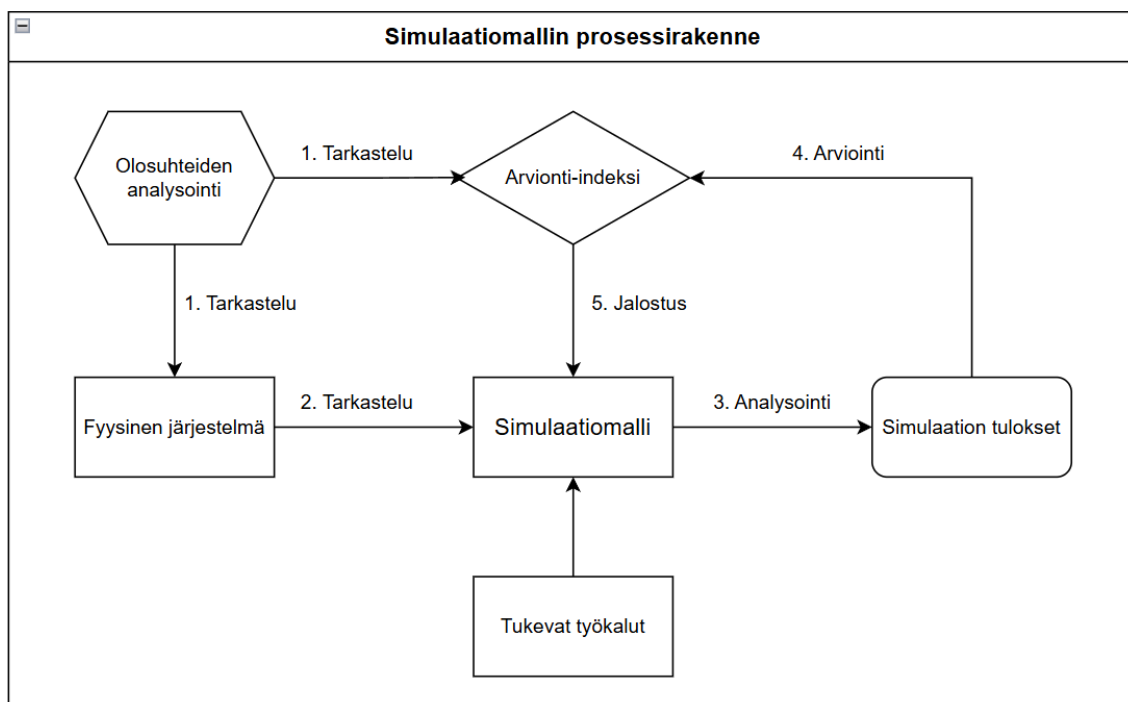
suunnittelumenetelmän rakenne auttaa käyttäjää tunnistamaan, havainnollistamaan ja arvioimaan tarvittavia vaihtoehtoisia toimintoja ja suhteita varastojen layoutin suunnittelussa (Suhardini ja muut, 2017, s. 4).



Kuvio 2. Layout suunnittelun menettelytapa (mukaillen Suhardini ja muut, 2017, s. 4).

Materiaalinimikkeiden optimaalista sijoittelua voidaan mallintaa sähköisesti eri simulointityökaluilla. Esimerkiksi yksinkertainen simulointityökalu voidaan luoda Excel-työkalun avulla simuloimalla käytettävissä olevaa varastotilaa ja vertaamalla sitä materiaalinimikkeiden tarpeeseen tietyillä aikaväleillä. Muita kaupallisesti saatavilla olevia simulaation käytettäviä ohjelmia ovat mm. Siemens Tecnomatix Plant Simulation (Siemens), Dassault CATIA V6 (Dassault), and AutoMod (Applied Materials), joita voidaan

käyttää varastoinnin ja simuloimisessa (Zhang ja muut, 2018, s. 1219–1220). Näistä vaihtoehdoista Pk-yritykselle parhaiten sopiva vaihtoehto riippuu käytettävistä resursseista ja yrityksen suuntautumisesta oman toiminnan kehittämiseen. Ulkoistamiseen painottuneille yrityksille simulaatiopalvelun valitseminen ylläpitäisi omien prosessien tehokasta toimintaa, kun taas oman simulaatiomallin rakentaminen pienemmilläkin resursseilla vahvistaa yrityksen sisäistä osaamista. Täten simulaation toteutuksen ja simulaation syvällisyyden valinta on täysin yrityksen itsensä valittavissa. Kuviossa 3 havainnollistetaan simulaatiomallin prosessirakennetta, jonka avulla simulaatiomalli voidaan toteuttaa riippumatta simulaatiotyökalusta. Taulukossa 2 listataan simulaatiomallin tärkeimmät tehtävät ja niissä tarkasteltavat toimintavaiheet.



Kuvio 3. Simulaatiomallin prosessirakenne (mukaillen Zhang ja muut, 2018, s. 1220).

Taulukko 2. Simulaatioprosessin tehtävien ja toimintavaiheiden merkitys varastoinnin kehitysprosessissa (mukaillen Zhang ja muut, 2018, s. 1220–1222).

Järjestys	Tehtävä	Toimintavaihe	Tulkinta
1.	Tarkastelu	Olosuhdeanalyysi	Olosuhteiden analysointi ja arviointi vaikutuksista kokonaisuuteen. Näiden

			vaikutuksien lisääminen simulaatiomalliin.
2.	Tarkastelu	Fyysinen varastointijärjestelmä	Fyysisen varastointijärjestelmän mallinnus simulaatiomalliin.
3.	Analysointi	Simulaatiomalli	Varastointijärjestelmän analysointi simulaatiomallin avulla.
4.	Arviointi	Simulaatiomallin tulokset	Simulaatiomallin tuloksien arviointi.
5.	Jalostus	Tuloksien arviointi	Simulaatiomallin jalostus ja toistojen kautta tuloksena lopullinen varastointimalli.

2.2.3 Varastojen käytön optimointi ja FIFO menetelmä

Pelkkä varastotilojen käytön optimointi, varastopaikkojen ja varastokokojen vakiointi sekä materiaalinimikkeiden optimaalinen sijoittelu eivät riitä tehokkaaseen varastointiin ja varastojen käyttöön. Näiden lisäksi varastojen käyttö tulee optimoida varastojen ja materiaalien kierron osalta ja materiaalien noudon ja täydentämisen osalta. Tiwari ja muut (2017, s. 402–403) esittävät materiaalien pilaantumisen ongelman ja korostavat miten pilaantumisen syyt ja alkaminen vaihtelevat eri materiaaleilla. Merkittävänä varastojen hallintamenetelmänä he esittävät FIFO-ajattelun (First In First Out), jonka avulla varastojen kiertoa voidaan hallita ja materiaalien pilaantumista estää (Tiwari ja muut, 2017, s. 402–403). Toinen materiaalien hallintamenetelmä on LIFO-ajattelu (Last In First Out), jolla voidaan hallita myös varastojen kiertoa (Bhat, 2008, s. 123–124). FIFO:n ja LIFO:n avulla voidaan varmistaa materiaalien kierto varastoissa, kun menetelmät otetaan käyttöön oikeaoppisesti ja sen käyttöä voidaan valvoa, mutta itse varastojen käyttöön nämä menetelmät eivät vaikuta riittävästi. Tapa, jolla materiaaleja käsitellään ja varastohenkilöstön sitoutuneisuus luotuihin varastokäytäntöihin ovat luultavasti merkittävimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat varastojen käyttöön ja varastojen järjestyksen pysyvyyteen (Bhat, 2008, s. 27–33). Varastohenkilöstön sitoutuneisuus

varastointikäytäntöihin ja sovittuihin toimintatapoihin on varastohallinnan vastuun ja valvonnan alaisena.

Tuotteet, jotka ovat pilaantuvia, menettävät arvoa ajan myötä, kunnes ne muuttuvat käyttökelvottomiksi (Chaudhary ja muut, 2018, s. 306–307). Pilaantumisen estämiseksi tarvitaan varastojen kiertoon malli, jonka avulla vanhimmat tuotteet saadaan käyttöön aina ensimmäisenä. FIFO varastohallintamalli on tällainen malli, jossa ensimmäisenä varastoon toimitetut tuotteet toimitetaan aina ensimmäisenä käyttöön (Bhat, 2008, s. 123–124). Kun FIFO malli saadaan toimimaan käytännössä, voidaan materiaalien pilaantumista vähentää tai eliminoida kokonaan toimivan varastohallintamallin kautta. FIFO menetelmän käyttäminen varastoinnissa ei ole kuitenkaan täysin suoraviivaista, sillä vaihtelevat varastointiolosuhteet ja logistiikan resurssit voivat vaikeuttaa materiaalien kiertämistä varastossa. FIFO menetelmän käyttäminen vaatii siis muilta osin varastoiden layoutin suunnittelua niin, että materiaalien kierto on mahdollistettu mahdollisimman vähäisin resurssein.

LIFO menetelmä käyttää puolestaan viimeisimpänä saapuneet materiaalit ensin, optimoidakseen verotusta käyttämällä kalleimmat tuotteet ensimmäisenä (Bhat, 2008, s. 124). LIFO menetelmä ei ole optimaalinen varastohallintamenetelmä tuotantoalan yrityksille, sillä materiaalien pilaantumisen riski kasvaa vanhojen materiaalien pysyessä varastossa pidempiä aikoja. Varaston kiertoa ei saada realistisesti toimimaan LIFO menetelmän avulla ja pelkät taloudelliset hyödyt eivät riitä perustelemaan sen käyttöä tuotantoalan yritysten varastoinnissa.

Oikein suunniteltu varaston layout johtaa materiaalien tarkoituksenmukaiseen (eli tehokkaaseen) varastointiin, jolla minimoidaan myös materiaalien käsittelyä ja optimoidaan yleisesti varaston käyttöä (Bhat, 2008, s. 115). Materiaalien käsittelyyn kuluu aikaa, joka puolestaan heikentää tuotantolaitoksen ulkologistiikan tehokkuutta. Kun varaston layout on suunniteltu oikein, mahdollistaa se materiaalien tehokkaan noutamisen ja täydentämisen, materiaalien käytön vanhimmasta uusimpaan ja se ei

vaadi materiaalien ylimääräistä käsittelyä. Jotta eri materiaalien varastojen layout saadaan tehokkaaksi ja käytännölliseksi, tulee layout suunnittelussa huomioida seuraavia tekijöitä: (I) millaisia materiaaleja varastossa varastoidaan, (II) millainen määrä materiaaleja varastoidaan, (III) millainen on varaston käytettävä tila ja (IV) millaiset ovat varaston fyysiset ominaisuudet (Bhat, 2008, s. 115).

Ensimmäinen tekijä varaston layoutin suunnittelulle tai varaston valinnalle on tieto varastoitavista materiaaleista. Varastoitavien materiaalien ominaisuudet määrittävät pitkälti varaston layoutin vaatimukset varaston käytettävyyden osalta. Seuraava tekijä layoutin suunnittelussa on tieto varastoitavien materiaalien määrästä. Tämä määrittää tarvittavan varastotilan jokaiselle materiaalille, jonka perusteella layout voidaan suunnitella optimaaliseksi materiaalien varastointia varten. Kolmantena tarvitaan tieto varaston käyttötilasta, jonka mukaan materiaalit voidaan sovitella kyseiseen varastoon. Neljäntenä tekijänä on varaston fyysiset ominaisuudet, joilla voidaan määrittää tietyt olosuhteet vaativat materiaalit ja niiden varastopaikat. Varastoiden yleisesti tarvittavia ominaisuuksia ovat mm. varaston lämpötila, suljettu varasto, ilmastointi ja valaistus (Bhat, 2008, s. 115). Taulukossa 3 on listattuna lisää vaatimuksia varastoiden layoutien suunnittelulle.

Taulukko 3. Vaatimuksia varastoiden layoutin suunnittelulle (mukaillen Bhat, 2008, s. 115–116).

	Periaatteet varaston layoutin suunnittelulle
1.	Varaston läheinen sijainti materiaalien käyttöpaikkaan.
2.	Materiaalien käsittelyn minimointi.
3.	Materiaalien helppo saatavuus käsittelylaitteille.
4.	Varaston lattiatilan ja korkeuden optimaalinen käyttö
5.	Varastoitavien materiaalien selkeä tunnistaminen, nopea paikantaminen ja laskennan helppous.
6.	Varaston layoutin joustavuus tulevaisuuden muutoksiin.
7.	Suoja pilaantumiselta, vahingoilta, varkauksilta ja tulelta.
8.	Hyvä valaistus vahinkojen ja varastointivirheiden estämiseksi.
9.	Paikkojen sijoittelu mahdollistamaan FIFO menetelmän.
10.	Turvallisuustekijöiden sisällyttäminen layout suunnitelmaan.

Kahdessa edellisistä kappaleista on käsitelty materiaalien varastotilan tarpeen määrittämistä, varastotilojen ja kokojen vakioimista sekä materiaalien sijoittelua varastoihin, mutta niissä ei ole käsitelty varastojen tehokkuuden mittareita tai mittaamista. Varastojen tehokkuuden mittaamiseen on useita mittareita, kuten mm. varastoiden tehokkuus indeksi (1), varastoiden hukka indeksi (2), vanhentumisindeksi (3) ja varastotilan käyttöindeksi (4), jotka ovat listattuna taulukossa 4 (Bhat, 2008, s. 118). Varastoiden tehokkuus indeksillä mitataan materiaalien toimituksien tehokkuutta mittaamalla toteutettuja toimituksia suhteessa toimituspyyntöjen kokonaismäärään (Bhat, 2008, s. 188). Varastoiden hukka indeksillä mitataan materiaalien hukan arvoa ja vanhentumisindeksillä vanhentuneiden materiaalien arvoa (Bhat, 2008, s. 188). Varastotilan käyttöindeksillä mitataan käytetyn varastotilan määrä varastoiden kokonaistilasta (Bhat, 2008, s. 188). Näistä mittareista varastoiden käyttöindeksi on ainoa varastoinnin optimoinnissa ja kehityksessä järkevästi käytettävissä oleva mittari ja lopuilla mittareilla voidaan mitata varastoiden toimivuutta varastonhallinnan kannalta.

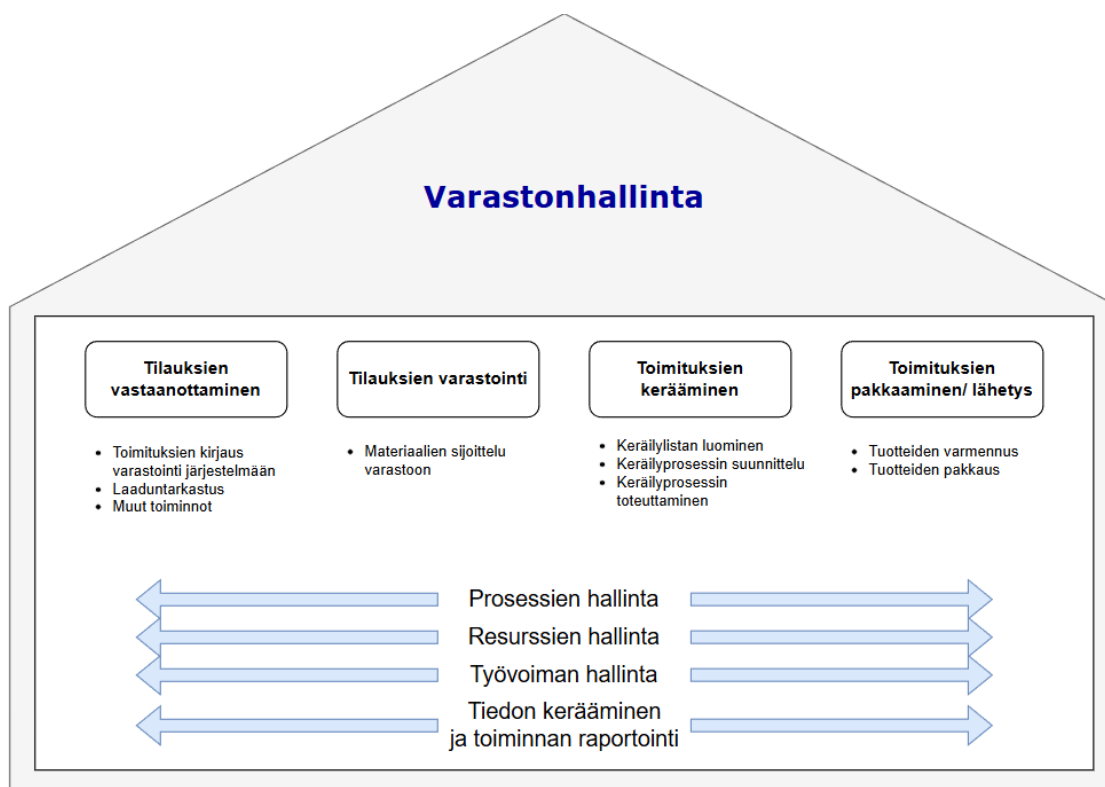
Taulukko 4. Varastoinnin tehokkuusmittareita (mukaillen Bhat, 2008, s. 188).

	Tehokkuusmittari	Laskentakaavat
1.	Varastoiden tehokkuusindeksi	$\frac{\textit{Aikaan toimitettujen pyyntöjen määrä}}{\textit{Pyyntöjen kokonaismäärä}}$
2.	Varastoiden hukka indeksi	$\frac{\textit{Menetetyn varaston arvo}}{\textit{Varaston keskimääräinen arvo}}$
3.	Vanhentumisindeksi	$\frac{\textit{Liikkumattomien materiaalien arvo}}{\textit{Varaston kokonaisarvo}}$
4.	Varastotilan käyttöindeksi	$\frac{\textit{Varastointiin käytetty tila}}{\textit{Varaston kokonaistila}}$

2.3 Varastonhallinta

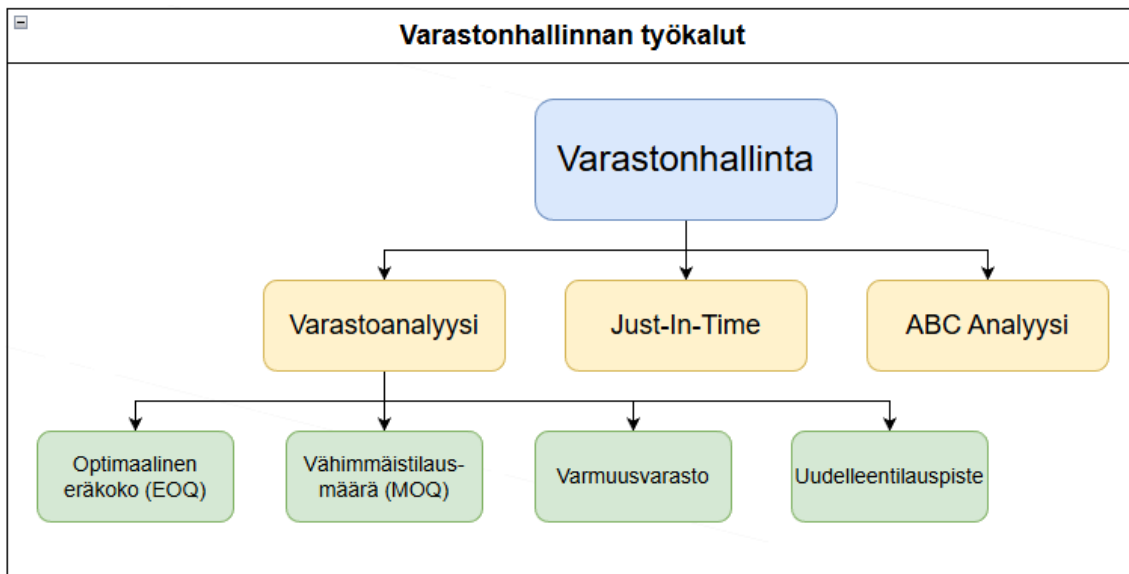
Varastonhallinta on varastointia ohjaavaa toimintaa, jolla hallitaan varastointiin ja osittain hankintaan liittyviä toimintoja. Varastonhallinnan tavoitteena on korvata kallista omaisuutta: varastot, vähemmän kalliilla omaisuudella: informaatio (Viale & Carrigan, 1996, s. 3). Viale ja Carrigan (1996, s. 3) lisäävät myös, että varastonhallinnalla voidaan ratkaista ongelma varastomäärien tarpeista ennusteiden, kysynnän ja toimitusaikojen vaihdellessa. Materiaalien hankintaan liittyvien toimien lisäksi varastonhallinnan pääasiallinen tehtävä on valvoa ja ohjata päivittäistä materiaalien varastointia ja toimitusta tuotannon tarpeisiin. Kuten edellisessä varastointiosiossa käsiteltiin, varastot on jaettu useaan varastotyyppiin ja varastonhallinnan tehtävänä on valvoa ja ohjata kaikkien näiden eri varastojen toimintaa. Tässä tapauksessa tutkitaan valmistavan teollisuuden yritysten varastonhallintaa, joten kohteena ovat vain raaka-ainevarastot sekä valmiiden tuotteiden varastot.

Varastonhallinnan tavoitteet voidaan jakaa yleisesti neljään eri kategoriaan: asiakaspalvelun maksimointi, raaka-aineiden hankinnan ja tuotannon tehokkuuden maksimoiminen, varastoihin sitoutuneen pääoman minimoiminen ja voiton / tuottavuuden maksimoiminen (Viale & Carrigan, 1996, s. 4–5). Kuten todettua, varastoinnilla ja varastonhallinnalla on laajat vaikutukset valmistavan teollisuuden yritysten toimintaan ja erityisesti varastonhallinnalla voidaan vaikuttaa vahvasti yrityksen liiketoiminnan tulokseen. Tämän vuoksi valmistavan teollisuuden yritysten toiminnassa tulisi keskittyä vahvasti varastonhallintaan, jotta yrityksen ydintoiminnot toimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Kuviossa 4 havainnollistetaan varastonhallinnan erinäisiä tehtäviä valmistavan teollisuuden toiminnassa, jotka ovat jaettuna raaka-aineiden varastoinnin toimintoihin ja valmistuotteiden varastoinnin toimintoihin.



Kuvio 4. Varastonhallinnan tehtävät valmistavan teollisuuden toiminnassa (mukaillen Minashkina, 2024, s. 65).

Varastonhallinnassa voidaan käyttää useita työkaluja varastojen optimoimiseen ja materiaalien hallintaan, joilla varastoista saadaan tehokkaampia. Varastonhallinnan tekniikoita ja työkaluja on laajasti käytössä ja näiden menetelmien käyttö riippuu paljolti yrityksen tilanteesta ja varastonhallinnan työkalujen tarpeesta (Ayou, 2024, s. 128–129). Näitä varastonhallinnan työkaluja ovat mm. ABC-analyysi, JIT (Just-In-Time) varastonhallinta, optimaalinen eräkokomalli, vähimmäistilausmäärämalli, varmuusvarasto ja uudelleentilauspiste (Ayou, 2024, s. 128–142). Kuviossa 5 on havainnollistettu edellä mainittuja varastonhallinnan tekniikoita ja työkaluja, joilla voidaan tehostaa varastoinnin toimintaa. Ayoun (2024, s. 141–142) listaa myös varastonhallinnan työkaluiksi minimimaksimimenetelmän ja kahden laatikon järjestelmän (Kanban), joita on käytetty myös varastonhallinnan työkaluina.



Kuvio 5. Varastohallinnassa käytettäviä työkaluja (mukaillen Ayoun, 2024, s. 129).

Erinäiset varastohallintajärjestelmät (WMS, Warehouse Management Systems) ovat olennainen osa varastohallintaa ja niiden avulla varastohallintaa voidaan tehostaa merkittävästi (Minashkina, 2024, s. 60–62). Varastohallintajärjestelmä (WMS) on yleisesti ohjelmistoratkaisu, jonka avulla varastohallintaa voidaan toteuttaa ja varastojen toimintaa seurata (Minashkina, 2024, s. 60–62). Sähköinen varastohallintajärjestelmä mahdollistaa varastotoimien kirjaamisen järjestelmään, josta materiaalien kiertoa ja kulkua voidaan seurata ja eri toiminnot kirjataan järjestelmään. Tämä mahdollistaa varastoinnin datan analysoinnin ja järjestelmän kehittämisen kirjattujen tietojen avulla. Sähköisen varastohallintajärjestelmän käyttöönotto ja varastoinnin kehitys sen avulla vaativat varastohallintajärjestelmän optimaalisen suunnittelun vastaamaan varastoinnin olennaisia toimia. Nämä puolestaan vaativat olennaisten suorituskykymittareiden (KPIs, Key Performance Indicators) määrittämistä, jotta näitä suorituskykymittareita voidaan seurata varastohallintajärjestelmän kautta (Minashkina, 2024, s. 74–76). Täten varastohallintajärjestelmän luominen vaatii huolellista suunnittelua ja kokonaisuuden mallintamista, jotta järjestelmän käyttöönotto tuo todellisia hyötyjä tuotantoalan yrityksen toimintaan.

2.3.1 Optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittäminen

Optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittäminen on olennainen osa varastoinnin ja varastonhallinnan optimoimista ja kehittämistä. Vakioituilla eräkoilla ja varastotasolla vakioidaan varastossa tietyllä hetkellä säilytettävien materiaalien määrä ja vakioidaan varastojen kiertoa. Optimaalisen eräkoon mallilla (EOQ, Economic Order Quantity) määritetään optimaalinen tilauserä tietylle materiaalille optimaalisen eräkoon kaavalla (Choi, 2013, s. 4–8). Optimaalisen eräkoon kaavaa on käytetty vakiintuneesti valmistavan tuotannon optimaalisten tilauskokojen määrittämisessä, vaikka siinä käytettäviä muuttujia voi olla vaikeaa arvioida käytännössä (Choi, 2013, s. 4–8). Optimaalisen eräkoon kaava esitetään esimerkissä (1) ja avataan kaavan sisältö sekä esitetään sen käyttö.

(1) Optimaalisen eräkoon (EOQ) laskentakaava, variaatio 1:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1)$$

Missä,

D = Tuotteen (materiaalin) vuotuinen kysyntä

S = Yhden tilauskerran kiinteät kustannukset

H = Yhden tilausyksikön vuotuiset varastointikustannukset

[Choi, 2013, s. 5–6].

Optimaalisen eräkoon kaavassa (1) esiintyvät muuttujat ovat tuotteen (materiaalin) vuosittainen kysyntä (D), kiinteät kustannukset per tilauskerta (S) ja yhden tilattavan yksikön vuotuiset varastointikustannukset (H) (Choi, 2013, s. 5–6). Vuosittaista kysyntää arvioidessa joudutaan ennustamaan tulevaisuuden kysyntää yhtiön tuotteille ja tämän kautta tuotannon tulevaisuuden tarpeita, jonka kautta saadaan arvio materiaalien tarpeille. Näiden arvioiminen voi koitua haastavaksi ja tarkkojen sekä luotettavien arvioiden saaminen on perusta optimaalisen eräkoon määrittämiselle. Yksittäisen

tilauskerran kustannuksien arvioiminen ei luultavasti aiheuta haasteita, mutta vuotuisten varastointikustannuksien arvioiminen voi olla vaikeaa varsinkin, kun varastot ovat yhtiön itsensä omistamia. Choi (2013, s. 6–8) esittää myös EOQ-laskentakaavan haasteeksi ongelmia varastointikustannuksien laskennassa, kuten materiaalien vanheneminen, pilaantuminen tai muut varastoinnissa aiheutuvat ongelmat, joita on vaikea arvioida etukäteen. Täten optimaalisen eräkokomallin käyttäminen tilauserien laskemisessa voi aiheuttaa haasteita kaavan muuttujia määritettäessä.

Optimaalinen eräkokokaava on hyödyllinen työkalu, sillä sen avulla voidaan määrittää myös muita varastohallinnassa tarvittavia arvoja. Optimaalisen eräkoon kaavan variaatiot mahdollistavat mm. optimaalisen tilauserän, optimaalisen tilausajan (uudelleentilauspiste), kokonaiskustannusten, keskimääräisten varastotasojen, maksimaalisten varastotasojen määrittämisen (Muller, 2011, s. 102–104). Optimaalisen eräkokokaavan käyttäminen mahdollistaa siis laajemman varastohallinnan arvojen määrittämisen, joka on hyödyllinen kokonaisprosessille. Optimaalinen eräkokomalli on myös monipuolinen vaihtoehto sen puutteista huolimatta, sillä optimaalisen eräkoon kaavalle on useita variaatioita, joilla optimaalinen eräko voidaan määrittää eri tekniikoita ja arvoja käyttämällä. Esimerkissä 2 on esitetty toinen vaihtoehtoinen kaava optimaalisen eräkoon määrittämiseksi.

(2) Optimaalisen eräkoon (EOQ) laskentakaava variaatio 2:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AR}{P^2K}} \quad (2)$$

Missä,

A = Materiaalinimikkeen vuosittaisen kulutuksen arvo

R = Täydennyskustannukset

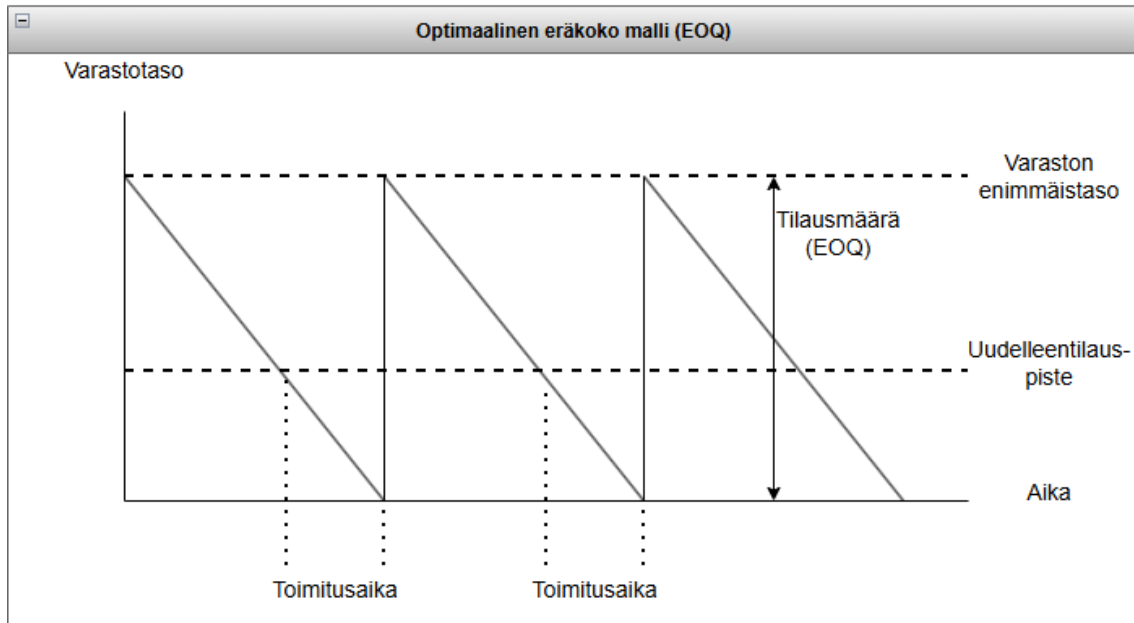
K = Vuosittainen säilytyskustannus

P = Hinta per tilausyksikkö

[Muller, 2011, s. 102–104].

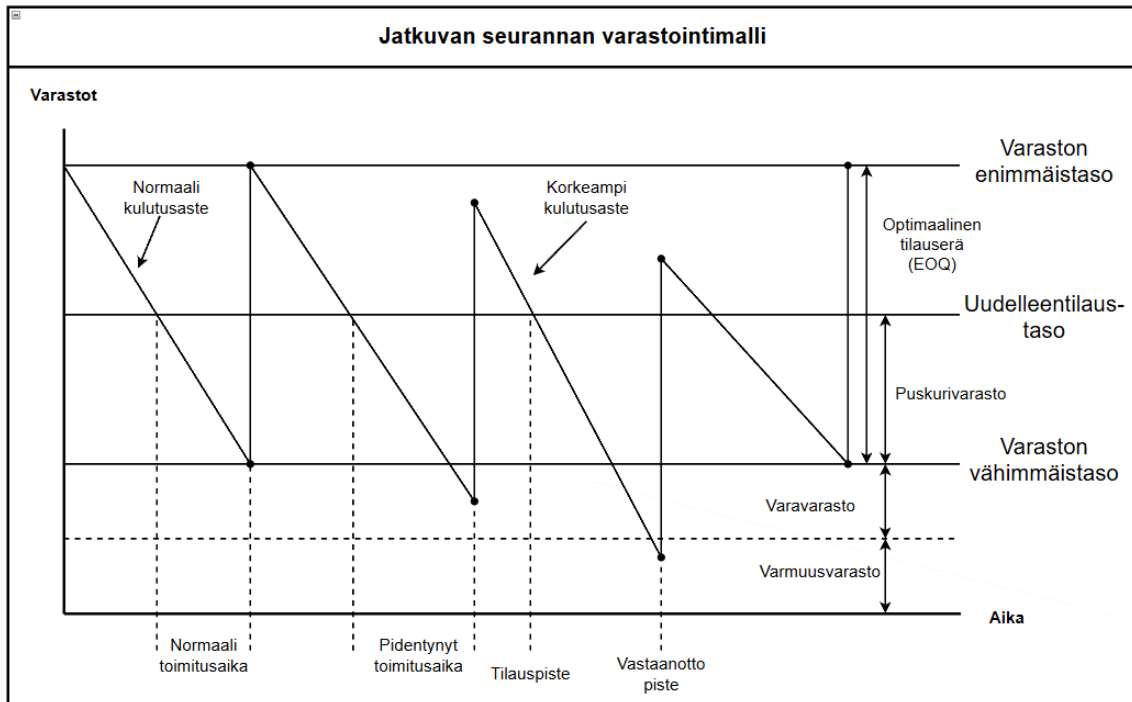
Optimaalisen eräkokomallin (EOQ) muu kritiikki koostuu mallin näkökulmasta materiaaleihin irrallisena toimintona koko toimitusketjussa huomioimatta logistisia toimintoja materiaalien kuljetuksien ja toimitusten osalta (Choi, 2013, s. 6–8). Choi (2013, s. 6–8) esittää, että edellä mainituista syistä optimaalisen eräkoon mallin sijaan on suositeltu käyttämään yhtenäistä tilausmäärää (Uniform Order Quantity), jossa määritetään kaikille osapuolille optimaalinen tilausmäärä toimitusketjun osalta. Yhtenäinen tilausmäärä ei itsessään ole välttämättä tehokkaampi optimaalisen eräkoon määrittämisen työkalu, mutta sen kautta nousee esille logistiikan vaikutus eräkokoihin ja miten ne tulisi huomioida eräkokojen määrittämisissä. Materiaalikustannuksissa yhden materiaalin näkökulma ei välttämättä tuota aina parasta tulosta, sillä valmistavan teollisuuden yritykset tilaavat usein useita materiaaleja tuotantoonsa yhdessä kuljetuksessa. Optimaalisen eräkoon mallissa toimituskustannukset määritetään kuitenkin yhdelle kuljetuskerralle ja käsittelyn kohteena on vain yksittäinen materiaali. Tästä syystä EOQ-malliin tulisi sisällyttää toimituskustannuksien vaikutus, jotta toimituskustannukset saataisiin optimoituja myös käytännössä.

Vaikka optimaalisen eräkoon mallissa on paljon haasteita, on se silti toimiva työkalu varastokustannusten vähentämisessä. EOQ-malli on kustannustehokas vaihtoehto monimutkaisempien, mutta tarkempien mallien sijaan ja yleisesti auttaa yrityksiä varastoinnin optimoinnin ja kehityksen alkuvaiheilla toimien suoraviivaisena opasteena varastoinnin kustannusten vähentämiseksi (Choi, 2013, s. 6–8). Optimaalinen erä koko on lopulta kuitenkin materiaalien tarve tietyllä aikavälillä, jossa on huomioituna toimitusaika ja materiaalien toimituksesta ja varastoimisesta aiheutuneet kustannukset. Täten optimaalisen eräkokomallin avulla saatuja eräkokoja voidaan mukauttaa yhtiölle toimivimmiksi lisäämällä muiden tekijöiden vaikutuksia ja mukauttamalla eräkokoja sopimaan näiden vaikutusten alaisiksi. Lopulta tulee kuitenkin muistaa, että tuotannon materiaalien tarve tulee olla taattu varastonhallinnan osalta, joten eräkokojen kautta kustannuksien minimoiminen ei enää tuota merkittäviä hyötyjä riskien suhteen tietyn pisteen jälkeen.



Kuvio 6. Havainnollistus optimaalisesta eräkokomallista (mukailen Bhat, 2008, s. 149).

Optimaalisten varastotasojen määrittäminen eroaa optimaalisesta eräkoosta siinä mielessä, että varastotasojen määrittämisessä tulee huomioida optimaalisen eräköön lisäksi varmuusvarastot. Optimaalinen eräkoko määrittää vain optimaaliset tilauserät, mutta ei itsessään huomioi materiaalien tarvittavaa ja optimaalista määrää itse varastoissa (Bhat, 2008, s. 148–153). Kuviossa 6 havainnollistetaan optimaalista eräkokomallia, mutta siitä voidaan nähdä, miten EOQ-malli vääristää varastotasoa niin, ettei siinä huomioida tarvittavaa varmuusvarastoa riittävällä tasolla. Varmuusvaraston tehtävä on turvata tuotannon jatkuvuus materiaalien hankinnan epävarmuuden tai ongelmien vallitessa, toimitusaikojen heittelyn, toimitusvarmuuden pettäessä tai kysynnän heittelyissä (Bhat, 2008, s. 146). Täten varmuusvaraston osalta ei riitä, että se kattaa ainoastaan toimitusajan aikaisen materiaalien kulutuksen. EOQ-mallin osalta optimaalisiin varastotasoihin tulee siis lisätä optimaalisen varmuusvaraston materiaalimäärä, jotta saavutetaan optimaalinen varastotaso. Tehokkaampi varastotason määrittämisen malli on jatkuvan seurannan varastointimalli, jossa varastotasoa ja saldomuutoksia seurataan jatkuvasti, jonka perusteella tilaamista toteutetaan. Kuviossa 7 havainnollistetaan paremmin jatkuvan seurannan varastointimallia.



Kuvio 7. Jatkuvan seurannan varastointimallin havainnollistus (mukaillen Bhat, 2008, s. 157).

2.3.2 Just-In-Time (JIT) -johtamisfilosofia ja varastonhallintajärjestelmä

Yksi merkittävimmistä varastoinnin teorioita on JIT (Just-In-Time) varastonhallintajärjestelmä, joka mahdollistaa varastojen materiaalitasojen laskemisen optimoimalla tilausprosessia. JIT-johtamisfilosofian tavoitteena on vähentää hukkaa tuotantoalan yritysten prosesseissa ja varastonhallinnan osalta tämä tarkoittaa ylimääräisen materiaalin varastoinnin välttämistä ja varastotasojen hallintaa kysyntään vastaten (Franco & Rubha, 2017, s. 14–15). JIT-johtamisfilosofia kehitettiin osana Toyotan tuotannon operaatiota 1970-luvulla Taiichi Ohnon toimesta, jonka tavoitteena oli vastata asiakkaiden kysyntään mahdollisimman pienellä viiveellä (Muller, 2011, s. 110–112). JIT-johtamisfilosofia on vahvasti liitettyä Lean-tuotantofilosofiaan, sillä JIT tuli laajemmin käyttöön Yhdysvalloissa tällä nimellä (Franco & Rubha, 2017, s. 14). JIT varastonhallintajärjestelmä on siis levinnyt maailmanlaajuisesti ja sitä on testattu laajasti

eri tuotanto-olosuhteissa. JIT-johtamisfilosofia on siis kehittynyt ajan saatossa 1900-luvulta 2000-luvulle siirryttäessä ja voidaan todeta, että sitä voidaan soveltaa laajasti valmistavan teollisuuden varastohallinnassa.

JIT varastohallinta mahdollistaa laaja-alaisten hyötyjen realisoitumisen varastohallinnassa, kuten varastojen loppumisen mahdollisuuden vähenemisen, varastotasojen vähentämisen, materiaalien käsittelyn vähentämisen, varastoinnin tehostumisen, laadun merkittävän parantumisen ja henkilöstön osallistamisen jatkuvaan parantamiseen (Muller, 2011, s. 109). Vaikka JIT varastohallinnalla on laajat mahdolliset hyödyt, se ei itsessään ole mikään tekniikka vaan johtamisfilosofia, jota soveltamalla voidaan realisoida edellä mainittuja hyötyjä varastohallinnan osalta (Muller, 2011, s. 108–110). JIT-johtamisfilosofian ideana on käytännössä vähentää hukkaa kaikista tuotantoprosesseista, kuten hukkaa ylituotannosta, odottelusta, kuljetuksista, kaikesta käsittelystä, varastoista, liikkeestä ja puutteellisista lopputuotteista (Franco & Rubha, 2017, s. 15–16). Hukan vähentämistä voidaan käyttää lähtökohtana kaikissa varastoinnin ja varastohallinnan prosesseissa ja tämän avulla voidaan löytää uusia näkökulmia toiminnan tehostamiseen.

Merkittävinä menestystarinoina JIT-filosofian toimimisesta ovat Toyotan lisäksi Dell ja Harley Davidson, jotka onnistuivat tuotantoprosessin tehostamisessa tehostamalla heidän varastohallintaansa (Franco & Rubha, 2017, s. 17). Franco ja Rubha (2017, s. 17) esittävät, että Dell yhtiön tilanteessa tuotantoprosessi tehostui luotettavien tavarantoimittajien ja luotettavan toimitusjärjestelmän avulla laskeneella läpimenoajalla ja tavarantoimittajien suostumuksella varastoida osaa Dellin tuotannossa käytettyjä materiaaleja heidän omissa varastoissaan valmiina toimitettavaksi. Harley Davidsonin osalta JIT-varastohallintamalli auttoi laskemaan varastotasoja 75 % ja nosti tuottavuutta (Franco & Rubha, 2017, s. 17). Nämä esimerkit osoittavat, miten JIT-johtamisfilosofiaa on voitu käyttää varastohallinnan työkaluna, joka on vaikuttanut suoraan tuotannon läpimenoaikoihin ja yhtiön tuottavuuteen.

JIT-johtamisfilosofian käyttöönotto voidaan toteuttaa vaiheittain järjestelmällisesti muuttaen tuotannon, hankinnan ja varastonhallinnan toimintatapoja. Mullerin (2011, s. 110–111) mukaan JIT-filosofian toteuttaminen aloitetaan stabiloimalla ja tasoittamalla tuotannon kuormitus ja aikataulu. Tämä tarkoittaa kaikkien työpisteiden ja tuotantolinjojen kuormituksen tasoittamista päivittäisessä toiminnassa ja tämän suunnitelman lukitsemista hyvissä ajoin (Muller, 2011, s. 110–111). Toinen vaihe JIT-filosofian toteuttamisessa on asetusajkojen vähentäminen tai kokonaan eliminoiminen (Muller, 2011, s. 110–111). Kolmas vaihe on tuotannon ja materiaalitilausten eräkokojen pienentäminen aktiivisen tavarantoimittajayhteistyön kautta, jotta tiheämpi tavarantoimitus tukee eräkokojen pienentämistä (Muller, 2011, s. 110–111). Neljäs vaihe on tuotannon ja materiaalitilausten läpimenoajkojen vähentäminen optimaalisen tuotantolaitoksen layoutin ja muiden tuotantoa tehostavien toimien kautta (Muller, 2011, s. 110–111). Viides vaihe on vahva ennaltaehkäisevä asenne laitteiden ja koneiden huoltamiseen tuotannon ja varastoinnin joutoaikoina (Muller 2011, s. 110–111). Kuudes vaihe on henkilöstön koulutus tuotantoprosessin eri työtehtäviin, kuten koneiden ja laitteiden käyttöön, huoltotoimenpiteisiin ja laaduntarkastukseen, laaja-alaisen osaamisen levittämiseksi (Muller, 2011, s. 110–111). Seitsemäs vaihe on tavarantoimittajien laadunvarmistus ja nollatoleranssi laatuvirheisiin (Muller, 2011, s. 110–111). Kahdeksas ja viimeinen vaihe on ohjausjärjestelmän asettaminen materiaalien ja osien ohjaukselle (Muller, 2011, s. 110–111). JIT-johtamisfilosofian käyttöönoton vaiheet ovat kirjattuna taulukossa 5.

Taulukko 5. JIT-johtamisfilosofian käyttöönoton vaiheet (mukaillen Muller, 2011, s. 110–111).

Vaihe	Käyttöönottovaihe	Vaiheen sisältö
1.	Tuotanto kuormituksen tasoittaminen	Työpisteiden ja tuotantolinjojen kuormituksen tasoittaminen. Tuotantosuunnitelman luominen ja lukitseminen hyvissä ajoin.
2.	Asetusaikojen vähentäminen	Asetusaikojen vähentäminen ja pyrkimys yksinumeroisiin asetusajkoihin (minuuteissa).
3.	Eräkokojen pienentäminen	Asetusaikojen pienentäminen mahdollistaa taloudellisesti pienempien

		eräkokojen tuottamisen, joka tuottaa tuotannon tehostumista.
4.	Läpimenoaikojen vähentäminen	Läpimenoaikojen vähentäminen tuotantolaitoksen layoutia parantamalla, työjonoja vähentämällä ja onnistuneiden prosessimuutosten kopioimisella.
5.	Vahvaan ennaltaehkäisyyn sitoutuminen	Tuotannon joutoajan hyödyntäminen koneiden ja laitteiden huoltamiseen.
6.	Laaja koulutus laaja-alaiseen osaamiseen	Työntekijöiden koulutus useaan eri tehtävään, jotta osaaminen eri koneiden ja laitteiden, huoltotoimenpiteiden ja laaduntarkastamisen osalta leviää.
7.	Tavarantoimittajien laadun varmistus ja virheettömän laadun standardi	Pienemmät eräkoot ja läpimenoajat eivät salli laatuvirheitä käytettävissä materiaaleissa. Tämä vaatii tarkempaa laatustandardia ja nollatoleranssia laatuvirheitä kohtaan.
8.	Materiaalien ja osien ohjausjärjestelmä	Standardoidun ohjausjärjestelmän luominen materiaalien ja osien ohjaukselle, jotta viiveitä (hukkaa) ei pääse syntymään tuotantoprosessissa.

2.3.3 Lean-johtamisfilosofia ja TQM varastonhallinnassa

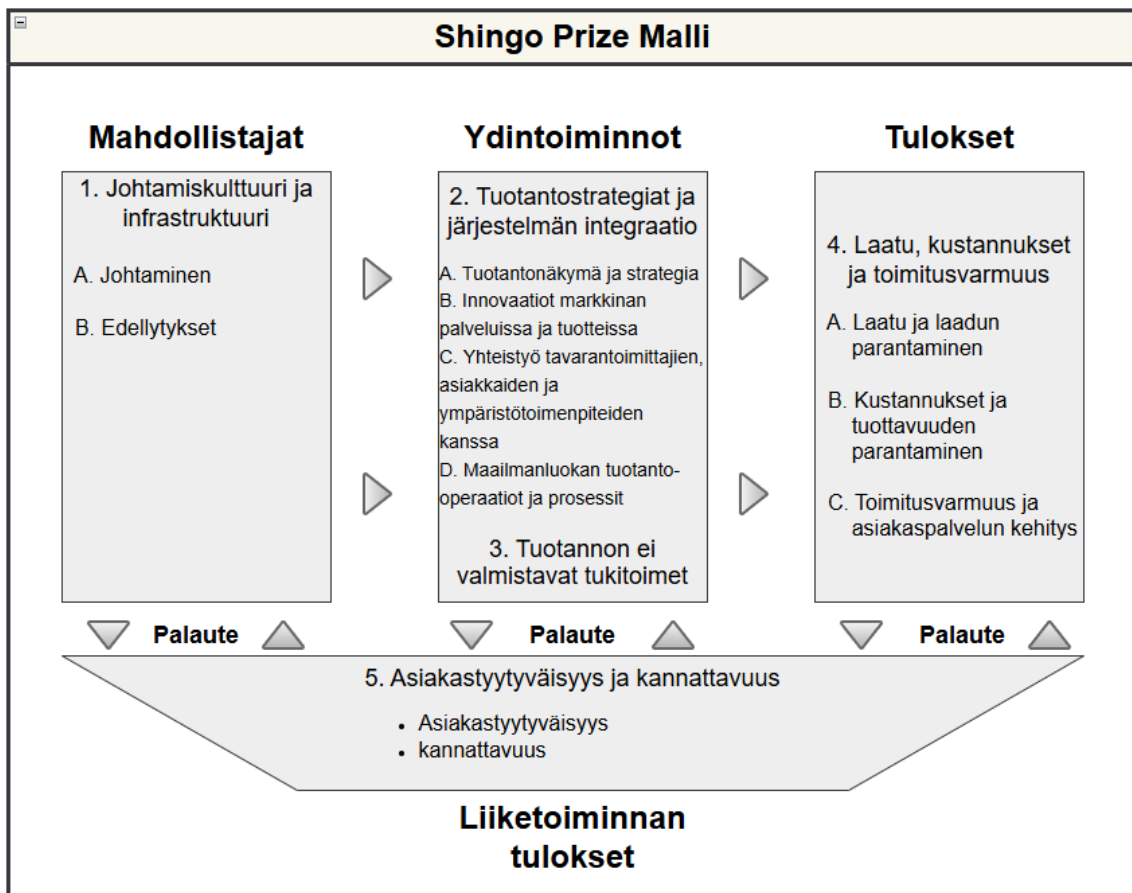
Lean-johtamisfilosofia on vahvasti linkitettyä JIT-johtamisfilosofiaan ja sisältää paljolti samoja ajatusmalleja ja menetelmiä tuotantoprosessien ja varastonhallinnan tehostamiseen. Lean-johtamisfilosofia juontaa juurensa Toyotalla kehitetystä JIT (Just-In-Time) -johtamisfilosofiasta ja siitä on käytetty myös nimityksiä, kuten Toyota Production System (TPS), Pull Manufacturing ja Total Quality Management (TQM) (Plenert, 2006, s. 146–148). Näistä johtamisfilosofioista ja toimintamalleista jokainen järjestelmä sisältää Lean-järjestelmän periaatteita ja Lean järjestelmä vastaavasti näiden järjestelmien periaatteita (Plenert, 2006, s. 145–148). Lean-ajattelun perustana on hukan vähentäminen, tuotannon kierto- ja virtausajan vähentäminen, kapasiteetin kasvattaminen, varastojen vähentäminen, asiakastyytyvyyden kasvattaminen, pullonkaulojen poistaminen ja tiedonkulun edistäminen (Plenert, 2006, s. 145–148).

Lean-ajattelu sisältää siis samoja perusperiaatteita kuin JIT-johtamisfilosofia, mutta lisää prosessiin myös oman näkökulmaansa, jonka vuoksi Lean-filosofia on tärkeä ymmärtää. Lean-ajattelussa keskitytään vahvasti tuotannon optimoimiseen ja kehittämiseen, kun taas JIT on itsessään oma tuotantomalli. Lean-johtamisfilosofian periaatteet ovat kuitenkin merkityksellisiä varastonhallinnan osalta, sillä varastotoimenpiteiden tulee palvella tuotantoa ja täten niiden tulee olla synkroniassa tuotannon toimien kanssa.

Plenert (2006, s. 145–148) esittää nykyaikaisen Lean-järjestelmän koostuvan kokoelmasta erilaisia työkaluja ja menetelmiä, joista tiettyjä työkaluja sovelletaan tiettyihin Lean-prosesseihin. Lean-järjestelmän ideana on, että jokaisesta projektista työstetään erillään toisista projekteista ja tähän kyseiseen projektiin suunnitellaan ja kerätään optimaaliset työkalut, jotta lopullinen tulos vastaisi odotuksia (Plenert, 2006, s. 145–148). Lean prosessissa ei siis kehitetä koko tuotantoprosessia kerrallaan, vaan keskitytään yhteen ongelmaan, johon luodaan lopullinen ratkaisu. Tällöin kehitysprosessista saadaan järjestelmällinen ja lopulliset tulokset tuottavat paremman lopputuloksen.

Yksi Lean-menetelmistä on Shingo Prize -malli, joka arvioi Lean-prosessin tuloksia seuraavilla kategorioilla: mahdollistajat, ydintoiminnot, tuotannon ei valmistavat tukitoiminnot, tulokset, palaute ja liiketoiminnan tulokset (Plenert, 2006, s. 145–148). Plenertin (2006, s. 145–148) mukaan mahdollistajat ovat johtamista, kulttuuria ja infrastruktuurin rakentamista, jotka mahdollistavat suunnitelmien, strategioiden ja toimintamallien muodostamisen. Hän kertoo näiden tekijöiden auttavan yhdistämään johtamisrakennetta ja organisaatiokulttuuria Lean-filosofian tavoitteiden saavuttamiseksi. Ydintoiminnot sisältävät tuotantostrategiat ja järjestelmän integroimisen, jossa keskitytään tuotannon ydintoimintoihin, toimintatapoihin ja organisaation menetelmiin (Plenert, 2006, s. 145–148). Tuotannon ei valmistavat tukitoimet puolestaan keskittyvät arvioimaan Lean-menetelmien integroimista yrityksen ei valmistaviin toimintoihin ja miten nämä tuotannon tukitoimet tukevat valmistavia toimintoja käytännössä (Plenert, 2006, s. 145–148). Tulosten osalta Plenert (2006, s.

145–148) esittää arvioitavan laatua, kustannuksia ja toimitusvarmuutta, jotka ovat tuloksia yrityksen ydinprosessin osalta. Tämä tarkoittaa laadun kehittymisen arvioimista ja laadun paranemista asiakkaan näkökulmasta, tuottavuuden parantamista ja toimitusaikojen, määrien sekä asiakaspalvelun riittävää tasoa (Plenert, 2006, s. 145–148). Viimeisenä palautteen ja liiketoiminnan tulosten osalta arvioidaan asiakastyytyvyyttä ja tuottavuutta (Plenert, 2006, s. 145–148). Kuviossa 8 havainnollistetaan Shingo Prize -mallia tarkemmin.



Kuvio 8. Shingo Prize -mallin havainnollistus (mukaihen Plenert, 2006, s. 146).

Lean menetelmiä ja työkaluja on useita, joita esitellyn Shingo Prize -mallin lisäksi ovat PDCA-malli (Plan, Do, Check, Act), VSM (Value Stream Mapping), 5S -menetelmä (Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain), 5W -analyysi (Who, What, Where, When, Why), Ishikawa (Fishbone) diagrammi ja FMECA-analyysi (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) (Juliao ja muut, 2025, s. 3–9). Lean-työkaluja on siis useita ja jokaiselle niistä on

oma tietty käyttötarkoituksensa. Kuten mainittua, jokainen työkalu on suunniteltu juuri tiettyyn käyttötarkoitukseen, jonka vuoksi Lean-prosesseissa toimenpiteen kohde ja tavoitteet tulee olla määritettynä hyvissä ajoin.

Lean-filosofian merkitys varastohallinnalle ilmentyy vastaavasti kuin JIT-johtamisfilosofia, sillä se ei ole suoranaisesti toimintamalli, jota voidaan noudattaa. Lean-filosofia keskittyy jatkuvaan parantamiseen, jossa pyritään eroon muutosvastaisuudesta ja pikemminkin halutaan johtaa muutosta omalla tuotantoalalla (Plenert, 2006, s. 148–152). Lean-prosessi vaatii toiminnan arvioimista tavoitteiden näkökulmasta, jolloin tavoitteiden mukaan voidaan arvioida, miten eri Lean-työkaluilla voitaisiin saavuttaa nämä tavoitteet (Plenert, 2006, s. 148–152). Plenert (2006, s. 148–152) esittää, että juuri tämän vuoksi organisaation johtoportaan tulee sitoutua Lean-johtamisfilosofiaan, jotta Lean-filosofian mukaiset muutokset voidaan toteuttaa. Lean-filosofian tuominen käytäntöön on siis koko organisaation laajuinen prosessi, joka vaatii sitoutumista koko organisaatiolta eri toiminnoissa ja osastoissa.

TQM (Total Quality Management) on Lean-filosofian kanssa toisiaan täydentävät johtamisfilosofiat, joissa tuotantoa lähestytään eri näkökulmista. Yrityksen hankintatoimen osalta TQM on merkittävä osa-alue, johon tulisi keskittyä, jotta tuotannossa käytettävien materiaalien laatu olisi riittävä (Benton, 2020, s. 264–266). Hankintatoimen osalta määritetään vaadittava laatu tavarantoimittajille, mutta varastohallinnan vastuulla on materiaalien laadun seuranta ja varmistaminen. Jos materiaalien laatu ei vastaa vaatimuksia, tulisi se huomata materiaalien vastaanotossa tai viimeistään materiaalien käsittelyssä. Kuten Lean-menetelmän jalkauttaminen, TQM vaatii sitoutumista kaikilta toimitusketjun osapuolilta ja TQM vaatii totaalista kulttuurin muutosta (Benton, 2020, s. 264–266). TQM järjestelmän jalkauttaminen aloitetaan johtotasolta, mutta sen käytännön toteuttaminen vaatii työtä varastotasolla, jotta laatutekijöitä voitaisiin valvoa käytännössä ja käytettävien materiaalien laatu varmistaa.

Varastoinnin ja tuotantolaitoksen logistiikan osalta tavarantoimittajan toimittamaan laatuun voidaan vaikuttaa negatiivisesti materiaalien käsittelyssä tuotantolaitoksen sisällä. Tavarantoimittajan tuottamien materiaalien laadunvarmistamisen lisäksi TQM laajentaa laadun näkökulmaa koko tuotantoketjuun liittyviin prosesseihin (Benton, 2020, s. 266–267). TQM järjestelmien tavoitteena on täten myös estää ja ehkäistä huonon laadun syntymistä (Benton, 2020, s. 266–267). Varastohallinnan tasolla tämä tarkoittaa materiaalien logistisesta käsittelystä johtuvia laatuvirheitä materiaaleissa ja näiden riskien minimoimista. Varastoinnin ja logistiikan suunnittelun ja optimoinnin merkitys korostuu laadunhallinnan osalta ja tämän merkitystä ei tulisi aliarvioida koko prosessin kannalta. Myös varastointi osiossa käsitelty materiaalien pilaantuminen tulee ottaa huomioon varastointiolosuhteita suunniteltaessa ja tiettyjen materiaalien ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi tarvittaviin olosuhteisiin.

2.3.4 Tuotantolaitoksen logistiikka osana varastohallintaa

Valmistavan teollisuuden toiminnassa materiaalien kuljetus tuotantolaitoksen sisällä muodostaa ison osan varastohallinnan tehtävistä. Yritysten toimitusketjujen hallinta (SCM, Supply Chain Management) on osa suurempaa kokonaisuutta, eikä se ole suoraan varastohallinnan toimialueen vaikutuksessa. Tästä huolimatta toimitusketjujen hallinta korostuu materiaalien toimituksissa ja niiden suunnittelu tulee integroida osaksi varastohallintaa tiiviillä yhteistyöllä yrityksen hankintatoimen kanssa. Yritysten toiminnassa logistiikka voidaan jakaa kahteen laajaan alueeseen, yrityksen sisäinen logistiikka ja yrityksen ulkoinen logistiikka (Paulraj & Chen, 2007, s. 3–4). Paulrajin ja Chenin (2007, s. 3–4) mukaan yrityksen sisäinen logistiikka käsittää kaikki logistiset toimet, joita yrityksen tulee itse hallinnoida ja yrityksen ulkoinen logistiikka käsittää puolestaan logistiset toimet, joita hallinnoi jokin toinen yritys, mutta jotka ovat suoraan yhteydessä yrityksen toimintaan. Yrityksen sisäinen logistiikka kattaa vielä monta eri toimintoa, ja varastohallinnan osalta keskeiset logistiset toimet ovat ne, jotka tapahtuvat tuotantolaitoksessa ja ovat suoraan yhteydessä varastointiin.

Kuten varastointiosiossa käsiteltiin, varastonhallinnan osalta logistiikan ohjaaminen koostuu pääasiassa kuljetusmatkojen ja aikojen optimoimisesta. Näiden toimintojen avulla optimoidaan tarvittava logistinen kapasiteetti koneiden, laitteiden ja työntekijöiden osalta. Myös logistiikan jouhevuus ja joustavuus ovat isossa roolissa, sillä pienet ongelmat ja hidasteet kasaantuvat ja pahimmillaan aiheuttavat seisahduksia tuotannossa. Logistiikan joustavuus auttaa vastaamaan tuotannon muuttuviin tarpeisiin vastaamiseen ja mahdollistaa materiaalien toimitusketjun muuttujien tasaannuttamisen.

3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto

Tämä tutkimus on laadullinen tapaustutkimus, jossa kehitetään olemassa olevan kohdeyrityksen nykyistä toimintaa. Tutkimusongelma on tyypiltään normatiivinen ongelma, jossa määritetään ratkaisu empiirisin tutkimuskeinoin tulevaisuuden mallille. Tutkimusmenetelminä käytetään täten laadullista tapaustutkimusta ja kehittämistutkimusta. Tapaustutkimus auttaa havainnoimaan yrityksen nykytilaa ja ymmärtämään eri toimintojen vaikutuksen kokonaisuuteen. Tämä on olennainen osa yrityksen toiminnan kehittämistä, jota voidaan toteuttaa kehittämistutkimusmenetelmän kautta. Tapaustutkimukseen liittyy olennaisesti kehittämisehdotuksien luominen, johon kehittämistutkimus auttaa konkreettisesti. Tapaustutkimuksen ja kehittämistutkimuksen lisäksi tutkimuksessa käytetään DSR (Design Science Research) suunnittelututkimusmenetelmää, sillä tutkimuksen tavoitteena on suunnitella ja muodostaa toimintamalli varastoinnin ja varastonhallinnan kehittämiseksi ja toiminnalle. Menetelmien yhdistämisen oletetaan luovan tehokkaan kokonaisuuden tutkimuksen tulosten muodostamiselle.

Tutkimuksen eteneminen tapahtuu seuraavien vaiheiden mukaisesti. Ensimmäisenä tunnistetaan Pekkarisen (2025) tutkimuksen perusteella kohdeyrityksen oletettavat kehityskohteet varastoinnissa ja varastonhallinnassa. Toiseksi muodostetaan teoreettinen viitekehys kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Kolmanneksi toteutetaan kohdeyrityksen nykytilanteen analysointi ja verrataan ongelmia Pekkarisen (2025) tutkimuksessa havaittuihin ongelmiin. Neljäntenä suunnitellaan ja kehitetään ratkaisumalleja kohdeyrityksen varastoinnille ja varastonhallinnalle. Viidentenä arvioidaan lopulliset ratkaisut suhteessa kohdeyrityksen tarpeisiin ja esitetään valitut ratkaisut.

Tutkimuksen kohteena on yksi organisaatio, jonka sisäistä toimintaa analysoidaan käyttäen prosesseihin liittyviä mitta- ja analyysiyksiköitä. Tutkimuksen analyysiyksikköinä käytetään varastoinnin ja varastonhallinnan prosesseihin sekä valmistavan teollisuuden

prosesseihin liittyviä mittayksiköitä. Varastoinnin kohteisiin, materiaaleihin, sovelletaan kohdeyhteyden käyttämiä yksiköitä niiden käsittelyssä. Varastoiden tilankäytössä ja etäisyyksien määrittämisessä käytetään maantieteellisiä yksiköitä, tarkemmin kansainvälistä mittayksikköjärjestelmää (SI-järjestelmä), joka on yleisesti käytössä kohdeyhteyden kotimaassa. Kokonaisuudessaan tutkimuksessa mitataan kohdeyhteyden prosessien tehokkuutta ja pyritään optimoimaan ja tehostamaan niiden tehokkuutta.

Tutkimuksen lähdeaineisto jakautuu kahteen pääryhmään, ensisijainen aineisto ja toissijainen aineisto. Tutkimus aloitetaan keräämällä toissijaista aineistoa aiheen tieteellisestä kirjallisuudesta ja muodostamalla tiedon avulla tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Toissijainen aineisto on täten varastointiin, varastohallintaan ja valmistavan teollisuuden toimintaan liittyvää tieteellistä kirjallisuutta. Ensisijainen aineisto on puolestaan kohdeyhteyden järjestelmästä, toiminnasta ja henkilöstöltä kerättyä tietoa, jota käytetään teoreettista viitekehystä soveltamalla muodostamaan tutkimuksen tulokset. Ensisijainen tieto sisältää kohdeyhteyden ERP- ja varastohallintajärjestelmästä saatavaa dataa, materiaalivirtoihin, tuotannon ja varastoinnin toimintoihin liittyvät prosessikuvaukset, havainnot varastoinnin ja varastohallinnan käytännöistä sekä asiantuntijatieta kohdeyhteyden toimihenkilöstöltä sekä tuotannon operaattoreilta.

Tutkimuksessa hyödynnetään useita varastoinnin ja varastohallinnan sekä valmistavan teollisuuden teorioita ja analyysimenetelmiä. Tutkimuksen pääasiallisia teorioita ovat EOQ (Economic Order Quantity) varastohallintateoria, JIT (Just-In-Time) tuotanto- ja logistiikkafilosofia sekä Lean-johtamisfilosofia. Tutkimuksessa käytettäviä analyysimenetelmiä ovat prosessianalyysi, varastohallinnan analyysimenetelmät ja tuotannon sekä varastoinnin kehittämismenetelmät. Prosessianalyysin avulla muodostetaan nykytilan kuvaus ja määritetään kehitetylle mallille asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Varastohallinnan analyysimenetelminä käytetään EOQ-mallia, ABC-analyysiä ja FIFO-periaatetta. Tuotannon ja varastoinnin kehittämismenetelminä käytetään Lean-ajattelua, prosessien vakiointia ja JIT-periaatteen soveltamista.

Tutkimuksen rakenne on pyritty rajaamaan niin, että sen toistettavuus olisi mahdollisimman toteutettavissa. Analyysiyksiköt ovat pyritty rajaamaan selkeästi ja käytetyt menetelmät ovat standardoituja. Ei-standardoitujen menetelmien käyttö on selkeästi ilmaistu tutkimuksessa, ja syyt ei-standardoidun menetelmän käyttöön ovat perusteltuja tutkimuksessa. Tutkimus etenee systemaattisesti teoreettisen viitekehyksen rakentamisesta nykytilan analysointiin ja vertaamiseen ja kehitysmallin luomiseen. Tulokset ovat kuitenkin hyvin sidonnaisia tutkimuksen kontekstiin ja toimintaympäristöön, jonka vuoksi tutkimuksen rajoitukset ovat määritetty selkeästi ”Johdanto” -osiossa.

4 Kohdeyrityksen varastointi ja varastonhallinta

Tulokset osiossa käsitellään kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan optimointia ja kehitystä sekä esitetään tutkimuksen pääsisältö. Tarkoituksena on jatkaa Pekkarisen (2025) selvittämän nykytilan informaation pohjalta kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan nykytilan optimoinnilla ja jatkaa siitä kohdeyrityksen vastaavien toimien kehittämiseen. Tässä tutkimuksen osiossa keskitytään yksinomaan kohdeyrityksen tapaukseen ja käsitellään vain kohdeyritykselle relevantteja osa-alueita varastoinnin ja varastonhallinnan osalta. Tulokset keskittyvät siis valmistavan teollisuuden varastointiin ja varastonhallintaan, eivätkä huomioi suoranaisesti muiden varastointitoimenpiteiden optimoimista ja kehittämistä. Esitettyjen tulosten on tarkoitus muodostaa varastoinnin ja varastonhallinnan optimointi- ja kehitysprosessin rakenne valmistavalle teollisuudelle, jota voidaan hyödyntää muun valmistavan teollisuuden vastaavien toimintojen kehittämisessä.

Ennen kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan optimointi- ja kehitysprosessin aloittamista tulee ymmärtää, että ennen prosessin aloittamista kohdeyrityksen nykytilanne ja prosessien ongelmat sekä haasteet pitää olla kartoitettuna. Tämän tutkimuksen osalta nykytilan määrittelyssä sovelletaan Pekkarisen (2025) tutkielmaa, jossa kohdeyrityksen varastonhallinnan nykytilanne määriteltiin. Lisäksi varastoinnin ja varastonhallinnan kriittiset osat käsitellään tämän tutkielman osalta sekä kohdeyrityksen henkilöstöä haastatteleamalla ja kohdeyrityksen prosesseista havaitut kehityskohteet käsitellään osana tulosten sisältöä. Itse optimoinnin ja kehityksen kohteiden löytäminen on siis ensimmäinen merkittävä askel muutosprosessin aloittamiseksi, vaikka sitä ei tässä osiossa suoraan käsitelläkään.

4.1 Materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelu

Tässä luvussa perehdytään materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelun muodostamiseen erilaisten työkalujen avulla ja muodostetaan kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelu. Nimikkeiden kriittisyysluokittelulla pyritään selvittämään, minkä nimikkeiden optimoimiseen, riskien hallinnoimiseen ja kustannuksiin kohdeyrityksen tulisi keskittyä uuden hankintatoimen ja varastohallinnan mallissa. Perehdyn kriittisyysluokittelun luomiseen tutkimalla aiheen tieteellistä kirjallisuutta ja käytän kirjallisuudessa esitettyjä työkaluja kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelun luomiseen. Jotta kriittisyysluokittelu kuvastaisi kohdeyrityksen materiaalien todellista kriittisyyttä, tutkin materiaalinimikkeiden kriittisyyttä useamman työkalun avulla ja muodostan näiden tulosten avulla lopullisen johtopäätöksen materiaalinimikkeiden kriittisyydestä. Kriittisyysluokittelu perustuu Pekkarisen (2025) keräämiin tietoihin kohdeyrityksen materiaalinimikkeistä ja materiaalien kulutuksesta, mutta se on yhä relevantti kohdeyrityksen toimintaan, sillä tuotettavat tuotteet eivät ole muuttuneet merkittävästi ja käytettävät materiaalit ovat täten pysyneet pitkälti samoina.

4.1.1 Kriittisyysluokittelun muodostaminen

Yrityksen materiaaleja arvioimalla, voidaan ymmärtää paremmin niiden merkittävyys ja kriittisyys yrityksen toiminnalle, jolloin tiedetään, minkä materiaalien riskien minimoimiseen yrityksen tulisi keskittyä. Aswathappa ja Shridharabhat (2008) esittävät materiaalinimikkeiden luokitteluun käytettäviä työkaluja, joita ovat heidän mukaansa mm. ABC-analyysi, HML-luokittelu, VED-analyysi, SDE-analyysi, FNS-analyysi, SOS-analyysi, XYZ-analyysi, GOLF-analyysi ja EOQ. Erilaisia työkaluja käyttämällä yritykset voivat määrittää materiaalien merkittävyysjärjestystä erilaisien kriteerien avulla. Materiaalien kriittisyyden arvioimisessa materiaalien kriittisyyden monipuolinen tarkastelu on tarpeen, jotta materiaalien kokonaisvaltainen kriittisyys yrityksen

toiminnassa saadaan arvioitua. Tämä tarkoittaa usean eri työkalun käyttöä ja materiaalien arvioimista usean eri kriteerin näkökulmasta.

ABC-analyysin (Always Better Control) avulla materiaalinimikkeet voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen arvioimalla niiden vuosittaista kulutusta euroina, joka voidaan laskea: vuotuinen kulutus kertaa hinta (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 543–546). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) mukaan ABC-analyysissä nämä kulutuksen määrät asetetaan suuruusjärjestyksessä kolmelle asteikolle, jotka ovat A, B ja C. Heidän mukaansa korkeimmat 10 % materiaaleista asetetaan luokkaan A, seuraavat 20 % luokkaan B ja loput 70 % luokkaan C. Tämän analyysin avulla yritys luokittelee materiaalinimikkeet tärkeysjärjestyksessä A, B ja C, joiden hallintaan heidän tulisi käyttää eniten resursseja minimoidakseen niiden aiheuttamia kustannuksia ja riskejä (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 543–546). Toinen mahdollinen työkalu on HML-luokittelu (High, Medium, Low), joka toimii samalla periaatteella, kuin ABC-analyysi, mutta siinä kriteerinä on vuosittaisen kulutuksen hinnan sijaan materiaalien yksikköhinta (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 546). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) mukaan HML-luokittelussa luokkien H, M ja L koot ja välit voidaan määrittää itse parhaaksi nähdyllä tavalla, jolloin eniten pääomaa sitovat materiaalinimikkeet on helppo tunnistaa.

VED-analyysi (Vital, Essential, Desirable) on analyysi, jolla arvioidaan yksittäisten materiaalinimikkeiden kriittisyyttä sen vaikutuksilla tuotantoon ja yrityksen toimintaan (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 546). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) mukaan VED-analyysissä materiaalinimikkeet jaetaan kolmeen luokkaan, jotka ovat V (Vital), E (Essential) ja D (Desirable), niiden kriittisyyden mukaan ja analyysin tulosten mukaan luokan V materiaaleille pidetään korkeita turvavarastoja, kun taas D luokan materiaaleille riittää perustason varastot. SDE-analyysissä arvioidaan puolestaan materiaalinimikkeiden saatavuutta ja näiden arvioiden perusteella materiaalit jaetaan kolmeen luokkaan S (Scarce), D (Difficult) ja E (Easy) (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 546–547). SDE-analyysin avulla yritys saa ymmärryksen käyttämiensä materiaalien

tarjonnasta markkinoilla ja mahdollisista ongelmista kuljetusmatkoissa, tietyn materiaalin luotettavien tavarantoimittajien puutteesta tai muista tietyn materiaalin hankinnan ongelmista (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 546–547). FNS-analyysillä (Fast-, Slow-, Non-moving) voidaan arvioida materiaalien kulumisnopeutta ja verrata niiden eroja asettamalla materiaalit asteikolle (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 547). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) mukaan FNS-analyysissä mitataan aikaa viimeisimmästä ostotoimenpiteestä kyseiselle materiaalille ja tämän arvon mukaan asetetaan ne asteikoille F, S ja N, jotka ovat yleensä n. 12 kuukauden väleillä. Heidän mukaansa tämä analyysi auttaa määrittämään materiaalit, joita ei kulu juurikaan tuotannossa ja puolestaan korostaa materiaaleja, joiden kuluminen on nopeaa.

SOS-analyysillä (Seasonal, Off-Seasonal) arvioidaan materiaalinimikkeen kausiluonteisuutta, kuten ympärivuotista saatavuutta ja kausiluonteisia hinnanmuutoksia (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 547). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) mukaan SOS-analyysi voi auttaa ostamaan materiaaleja silloin, kun niiden hinnat ovat alhaisemmillaan tai kun ne ovat parhaiten saatavilla. XYZ-analyysiä voidaan käyttää kontrolloimaan varastojen sitomaa pääomaa ja vähentämään sitä keskittymällä eniten pääomaa sitoviin materiaaleihin (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 547). XYZ-analyysi toimii samoin periaattein kuin ABC-analyysi, mutta arvioitavana kriteerinä toimii kyseisen materiaalin senhetkinen varaston arvo (Aswathappa & Shridharabhat, 2008, s. 547). Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) esittävät GOLF-analyysiä (Government, Open market, Local, Foreign) käytettävän arvioimaan materiaalinimikkeiden toimittajia ja niiden vaikutusta materiaalien hankintaan. Heidän mukaansa materiaalin tavarantoimittajan sijainti, toimintamuoto ja markkinoiden avoimuus vaikuttavat materiaalien hankintaan. GOLF-analyysi auttaa siis tunnistamaan materiaalien toimittajiin liittyviä poikkeustekijöitä, jotka voisivat kasvattaa kuluja tai riskejä yrityksen toiminnassa. Viimeisenä työkaluna Aswathappan ja Shridharabhatin (2008) esittävät EOQ (Economic Order Quantity) mallin, jolla voidaan määrittää eri materiaaleille optimaalinen tilauskoko, jolla minimoidaan materiaalin hankinnan kulut kasvattamatta riskiä.

4.1.2 Kohdeyrityksen nimikkeiden kriittisyysluokittelu

Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelun muodostamisessa ABC-analyysi on paras työkalu huomioiden saatavilla olevan tiedon ja työkalujen vaatimukset sekä tarjoamat tulokset. Kohdeyrityksen tilanteessa ABC-analyysillä saadaan kartoitettua parhaiten heidän materiaalinimikkeiden nykyinen kriittisyys tuotannossa muodostamalla ABC-analyysi vuoden 2024 aikaisen materiaalinimikkeiden kulutustiedon avulla. Muiden työkalujen käyttämisestä kohdeyrityksen materiaalien kriittisyyden arvioinnissa vaikeuttaa saatavilla olevan tiedon määrä ja sen tarkkuus, jonka vuoksi muiden työkalujen tuloksista ei voi olla varmuutta ja niiden luotettavuutta on vaikeaa arvioida. Lisäksi jopa ABC-analyysissä haasteita tuottaa kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden muovien ja kiinnikkeiden puutteellinen kulutustieto, jota ei ole kirjattuna tarkasti heidän järjestelmiinsä. Täten näiden luokkien materiaalinimikkeiden kriittisyyttä ei voida arvioida osana ABC-analyysiä.

Kohdeyrityksen tuotannossa käytettäviä ja ABC-analyysissä arvioitavia materiaalinimikkeitä on yhteensä 104 ja materiaalinimikkeet ovat kategorioista: runkomateriaalit, paneelit ja laudat, kertopuut, eristeet sekä levyt. ABC-analyysissä käytetään päänimikkeiden kulumatietoja eli eri varianttien kulumista ei ole otettu huomioon ja lisäksi analyysissä ei arvioida muoveja ja kiinnikkeitä, sillä niiden kulumatietoja ei ole kirjattuna tarkasti kohdeyrityksen tietokannassa ja varianttien kulumista ei ole eritelty. ABC-analyysissä materiaalinimikkeet jaetaan kolmeen luokkaan niiden kriittisyyden mukaan, joista luokkaan A sijoitetaan 10 % eniten kulutetuista materiaalinimikkeistä vuoden ajalta, luokkaan B sijoitetaan seuraavat 20 % kulutetuimmista materiaalinimikkeistä ja luokkaan C sijoitetaan loput 70 % materiaalinimikkeistä. Kohdeyrityksen tilanteessa tämä tarkoittaa, että 10 kaikista eniten kulutetuista materiaalinimikkeistä sijoitetaan luokkaan A, 21 seuraavaksi kulutetuista materiaalinimikkeistä sijoitetaan luokkaan B ja loput 73 materiaalinimikkeistä sijoitetaan luokkaan C. Kulutuksen arvioinnin kriteerinä ABC-analyysissä toimii vuosittaisen kulutuksen määrän hinta euroina.

Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ABC-analyysi on määritetty laskemalla heidän toiminnanohjausjärjestelmästä (ERP-järjestelmästä) saatujen materiaalinimikkeiden kulutustietojen (1.1.2024-16.12.2024) mukaan vuosittainen kulutus euroina, kertomalla kulumamäärät inventaariolaskelmiin kirjattujen hintatietojen mukaan. Taulukossa 6 on kirjattuna ABC-analyysin luokan A kaikki 10 materiaalinimikettä. Luokkaan A sisältyy kolme (3) nimikettä runkomateriaaleista, kolme (3) nimikettä kertopuista, kaksi (2) nimikettä eristeistä ja kaksi (2) nimikettä levyistä (analyysissä ei ole huomioitu muoveja tai kiinnikkeitä). Luokan A sisällä on huomattavia eroja kulutetuimpien (taulukon yläpäässä) ja vähiten kulutettujen (taulukon alapäässä) materiaalinimikkeiden välillä. Tämän lisäksi luokan A loppupäässä olevien materiaalinimikkeiden ja luokan B kulutetuimpien nimikkeiden välillä ei ole suhteessa kovin suurta eroa, joka tulee ottaa huomioon ABC-analyysin tuloksia analysoitaessa.

Taulukko 6. Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ABC-analyysin tulokset laskevassa järjestyksessä kulutetuimmasta nimikkeestä alkaen (luokka A); nimitykset sensuroitu.

Materiaalinimike	Nimitys	ABC-analyysin luokka
600005	Runkomateriaali 1	A
600011	Kertopuu 1	A
600001	Levy 1	A
600018	Eristevilla 1	A
600015	Runkomateriaali 2	A
600013	Kertopuu 2	A
600009	Runkomateriaali 3	A
500125	Levy 2	A
600012	Kertopuu 3	A
500140	Eristevilla 2	A

Taulukossa 7 kirjataan ABC-analyysin luokan B 21 materiaalinimikettä, joista kuusi (6) on runkomateriaaleja, neljä (4) on paneeleja ja lautoja, kolme (3) on eristeitä ja kahdeksan (8) on levyjä. Analyysistä huomataan, että runkomateriaalien ja levyjen materiaalinimikkeitä on huomattava määrä B luokassa ja useat näiden kategorioiden nimikkeet ovat myös luokan B kulutetuimpia materiaaleja (taulukon yläpäässä). Luokassa

B materiaalinimikkeiden välisten kulutuksien erot eivät ole yhtä merkittäviä, kuin luokassa A, mutta kuten A luokassa myös luokan B vähiten kulutettujen materiaalien erot luokan C kulutetuimpiin materiaaleihin eivät ole suuret. ABC-analyysin hienosäätämistä voitaisiin toteuttaa tarvittaessa rajaamalla luokkarajat materiaalinimikkeille siten, että luokkien kulutuksien määrissä saataisiin selkeät erot.

Taulukko 7. Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden ABC-analyysin tulokset laskevassa järjestyksessä kulutetuimmasta nimikkeestä alkaen (luokka B); nimitykset sensuroitu.

Materiaalinimike	Nimitys	ABC-analyysin luokka
600019	Levy 3	B
600007	Runkomateriaali 4	B
600004	Levy 4	B
600008	Runkomateriaali 5	B
600002	Levy 5	B
401555	Runkomateriaali 6	B
301277	Levy 6	B
500021	Levy 7	B
500168	Runkomateriaali 7	B
301037	Runkomateriaali 8	B
600003	Levy 8	B
500059	Levy 9	B
401832	Eristevilla 3	B
401847	Paneeli ja lauta 1	B
500132	Eristevilla 4	B
401237	Paneeli ja lauta 2	B
401269	Paneeli ja lauta 3	B
600006	Runkomateriaali 9	B
600020	Levy 10	B
401725	Eristevilla 5	B
301036	Paneeli ja lauta 4	B

ABC-analyysin C luokkaan jää loput 73 materiaalinimikettä, joita löytyy tasaisesti jokaisesta kohdeyrityksen materiaalikategoriasta. Luokan C materiaalinimikkeet ovat vähiten käytettyjä materiaaleja kohdeyrityksen tuotannossa. Osa C luokkaan sijoitetuista materiaalinimikkeistä ovat materiaaleja, joiden kulutus on ollut vuoden 2024 aikana nolla. Merkinnän C- saaneita nimikkeitä on yhteensä 23 ja näitä materiaalinimikkeitä ei

ollut kulutettu kohdeyrityksen ERP-järjestelmän mukaan välillä 1.1.2024–16.12.2024. Näiden materiaalinimikkeiden kirjaukset ERP-järjestelmässä johtuvat luultavasti vielä jäljellä olevasta varastosaldosta, joita ei ole käytetty tai materiaalinimikkeet ovat jääneet ERP-järjestelmään, vaikka ne eivät ole enää käytössä. Nämä C- merkityt nimikkeet tulisi käydä läpi ja arvioida niiden tarpeellisuus kohdeyrityksen järjestelmässä, jotta turhat nimikkeet saataisiin poistettua käytöstä.

4.1.3 Kriittisyysluokittelun analyysi ja johtopäätökset

ABC-analyysin tuloksien avulla voidaan määrittää materiaalinimikkeet, joiden hallintaan yrityksen tulisi käyttää eniten resursseja minimoidakseen niiden aiheuttamia kustannuksia ja riskejä. Kohdeyrityksen tilanteessa materiaalinimikkeiden vuoden 2024 kulutusmäärien väleillä on suuria eroja, joten ABC-analyysin avulla voidaan määrittellä kriittisimmät materiaalit heidän toiminnalleen. Analyysin tuloksista voidaan nähdä, että merkittäviä materiaalinimikkeitä kohdeyrityksen toiminnalle löytyy useasta materiaalikategoriasta ja jokaisen kategorian sisällä löytyy jokaisen luokan materiaaleja. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X tuotannossa kulutetuimmat materiaalit ovat perusmateriaaleja, joita käytetään lähes jokaisen lopputuotteen valmistuksessa. ABC-analyysin tulosten tulkinnan mukaan yritys pystyy vaikuttamaan korkeamman luokan materiaalinimikkeisiin paremmin, kuten niiden kustannuksien laskemiseen. Lisäksi korkeamman luokan nimikkeiden riskien hallinta on tärkeämpää, sillä niiden vaikutukset yrityksen toiminnalle ovat korkeammat. Kohdeyrityksen tulisi siis keskittyä eniten A-luokan materiaalinimikkeiden kustannusten ja riskien hallintaan optimoidakseen hankintatoimeaan. A-luokan materiaalinimikkeiden hallinnan lisäksi kohdeyrityksen tulisi keskittyä hieman myös B-luokan ja varsinkin B-luokan kuulutetuimpien materiaalinimikkeiden kustannusten ja riskien hallintaan.

ABC-analyysin mukaan kohdeyrityksen tulisi keskittyä A- ja B-luokan materiaalinimikkeiden kustannuksien hallintaan, sillä ne kuluttavat suurimman määrän

resursseja heiltä. Kustannusten laskemisen lisäksi kohdeyrityksen tulisi varmistaa näiden materiaalinimikkeiden ehdoton saatavuus, sillä niiden saatavuuden puutteella on suurimmat vaikutukset heidän tuotantoonsa. Näiden nimikkeiden saatavuuden riskit tulisi kartoittaa ja määrittää, miten niiden saatavuus saataisiin varmistettua. Muiden materiaalinimikkeiden riskien, kuten ajoittaisten hintojen vaihtelujen määrittäminen on tärkeää hallitakseen kustannuksiin liittyviä riskejä. Kriittisten materiaalinimikkeiden toimittajien kanssa yhteistyössä toimiminen ja luotettavien kumppanuussuhteiden luominen auttaa kriittisten materiaalinimikkeiden riskien hallinnassa ja luo lisäresursseja tavarantoimittajien osalta, joilla voidaan hallita materiaaleihin liittyviä riskejä.

ABC-analyysissä ei arvioitu muovien tai kiinnikkeiden suhteellista kulutusta muihin verrattuna, johtuen puutteellisista kulutustiedoista arvioidulta ajalta. Kohdeyritys ei ole käyttänyt varastonhallintatyökalua muovien ja kiinnikkeiden tuotantoon siirtojen osalta, joten niiden kulumamääristä ei ole tarkkaa kulumatietoa heidän ERP-järjestelmässään. Tästä syystä muoveja ja kiinnikkeitä ei voitu arvioida ABC-analyysissä, mutta kiinnikkeiden osalta tiedetään, että niiden viemät resurssit suhteessa kokonaiskulutukseen eivät ole merkittäviä johtuen niiden pienestä suhteellisen pienestä käyttömäärästä ja hinnoista. Muovikategorian osalta merkittäviä materiaalinimikkeitä kulutuksen osalta ovat eri höyrynsulkumuovit ja aluskermit, joiden kulutus tuotannossa on merkittävä. Muiden muovikategorian nimikkeiden kulutuksien määrät eivät ole suhteessa höyrynsulkumuovien ja aluskermien kulutukseen merkittäviä, mutta sekä muovien ja kiinnikkeiden kulutusta tulisi tarkastella tarkemmin, jos halutaan varmaa kulutustietoa näiden materiaalinimikkeiden tuotannon kulutuksesta.

ABC-analyysin tulokset ovat yhtä tarkkoja, kuin lähdemateriaalin tarkkuus eli tässä tapauksessa kulutuksien kirjaukset kohdeyrityksen ERP-järjestelmään. Kirjatuissa materiaalinimikkeiden kulutustiedoissa voi olla pieniä eroavaisuuksia todellisesta kulutuksesta, johtuen virheellisistä kirjauksista tai kirjausten puuttumisista, mutta suuressa kuvassa materiaalien kulutustietojen pitäisi olla täsmäviä suhteessa toisiinsa. Tämän vuoksi ABC-analyysin osoittamien tuloksien pitäisi olla luotettavia analysoimaan

materiaalinimikkeiden kriittisyyttä kohdeyrityksen nykytilanteessa. Materiaalinimikkeiden kriittisyyttä voisi tutkia myös muita työkaluja käyttäen, keräämällä tarpeellista tietoa näiden työkalujen käyttöä varten. Eri työkalujen luomia kriittisyysanalyysyjä vertailemalla saataisiin tarkempi käsitys eri materiaalinimikkeiden todellisesta kriittisyydestä. Nimikkeiden kriittisyydet voivat myös vaihdella ajan myötä, joten materiaalinimikkeiden kriittisyyttä tulisi myös arvioida tietyillä aikaväleillä, jotta nimikkeiden todellinen kriittisyys kohdeyritykselle saataisiin pidettyä ajan tasalla.

4.2 Materiaalinimikkeiden vakiointi

Materiaalien kriittisyysluokittelun pohjalta saatiin selkeä kuva materiaalien merkittävyyksien eroavaisuuksia, mutta ennen kaikkea havaittiin ongelma materiaalinimikkeiden sekavuudessa ja suuressa käytettävyyden vaihtelussa. Kohdeyrityksessä tuotannossa käytettävät materiaalit ovat jaettuna vakioihin materiaalinimikkeisiin ja projektikohtaisiin materiaalinimikkeisiin. Siispä materiaalien kriittisyysluokittelun pohjalta havaittiin tarve uuteen ja tarkempaan vakioiden materiaalinimikkeiden määrittelyyn ja näiden nimikeluokkien käsittelyn selkeyttämiseen ja vakioimiseen. Vakioiminen on merkittävä osa JIT-varastohallintajärjestelmää ja Lean-johtamisfilosofiaa, kuten tässä tutkimuksessa perehdytyn kirjallisuuden pohjalta on havaittu, ja täten materiaalinimikkeiden vakiointi on osa varastoinnin ja varastohallinnan optimoimista. Tämän osion tavoitteena on siis määrittää kohdeyrityksen vakiomateriaalinimikkeet ja määrittellä vakioidut käsittelytavat vakioille materiaalinimikkeille ja projektikohtaisille materiaalinimikkeille.

Tutkimuksen kohdeyritys toimii projektiliiketoiminnassa, jossa toimitettavat materiaalit käsitellään asiakkaan tilaamina projekteina. Projektiliiketoiminta perustuu siihen, että tilaukset ovat asiakaskohtaisia ja tuotettavat tuotteet voivat vaihdella merkittävästi eri projektien/tilausten kohdalla. Tämä luo merkittäviä haasteita varastohallinnalle, sillä materiaalien vaihteleva tarve hankaloittaa kaikkien materiaalien varastointia

vakiovarastoissa. Tämän vuoksi on olennaista määrittää vakiomateriaalinimikkeet, joita tutkimuksen kohdeyritys varastoi vakiona varastoissaan ja joiden varastotasojen ylläpidetään jatkuvasti. Vakioiden materiaalinimikkeiden lisäksi kohdeyritys käyttää projektikohtaisia materiaaleja, jotka tilataan jokaiselle projektille erikseen, eikä näitä materiaaleja ylläpidetä kohdeyrityksen vakiovarastoissa.

4.2.1 Vakiomateriaalinimikkeet

Vakiomateriaalinimikkeiden määrittäminen osoittautui pakolliseksi toimenpiteeksi materiaalien kriittisyysluokittelua pohjalta nykyisten materiaalien sekavuuden vuoksi. Suuret erot materiaalien kulutuksen välillä ja materiaalien vaihtelevuus vaativat vakioiden materiaalinimikkeiden määrittelyn ja materiaalien käsittelyn vakioinnin kohdeyrityksen varastoinnissa ja varastonhallinnassa. Varastoitavien materiaalien selkeys ja kohdeyrityksen tilanteessa vakiomateriaalien ja projektikohtaisten materiaalien erottelu selkeyttävät varastointi- ja varastonhallintaprosesseja huomattavasti. Tämän selkeän eron luominen vakioiden ja projektikohtaisten materiaalien välille helpottaa materiaalien käsittelyn optimoimista osana varastoinnin ja varastonhallinnan prosesseja. Se mahdollistaa myös materiaalien käsittelyn selkeämmän vakioinnin ja vakioiden materiaalien käsittelyn toimenpiteiden määrittämisen.

Tarvittavien vakiomateriaalinimikkeiden määrittäminen on organisaatiossa varastonhallinnan, tuotannon johdon ja hankintatoimen vastuulla ja kohdeyrityksen tilanteessa vakiomateriaalien määrittäminen päätettiin toteuttaa varastonhallinnan johdolla. Vakiomateriaalien määrittäminen toteutettiin yhteistyössä varastonhallinnan, tuotannon johdon, hankintatoimen ja suunnittelun välillä, jossa tarvittavat materiaalit kartoitettiin ja niistä valittiin vakiona varastoissa säilytettävät materiaalinimikkeet. Toimenpiteen päällimmäisenä tarkoituksena oli supistaa nykyisten materiaalinimikkeiden määrää ja ohjata organisaation toimintaa materiaalien käytössä suppeampaan ja vakiomateriaaliluetteloon. Vakiomateriaalit tulevat kohdeyrityksessä

määrittämään suunnittelusta alkaen käytettäviä materiaaleja ja ohjaavat tehokkaampaan materiaalien käyttöön koko organisaation tasolla. Ennen kaikkea tämä toimenpide luo tehokkuutta, selkeyttä ja läpinäkyvyyttä varastoinnin ja varastonhallinnan prosesseihin sekä tuotannon prosesseihin.

Kokonaisuudessaan vakiomateriaalinimikkeitä on kohdeyrityksen nykyisessä materiaaliluettelossa vakionimikkeiden valintaprosessin jälkeen 182 nimikettä. Kohdeyrityksen vakiomateriaalinimikkeet ovat jaettuna useaan pääkategoriaan, jonka lisäksi nimikkeille on määritelty käyttötarkoituksen mukainen tuoteryhmäluokka. Nimikkeiden pääkategorioita on vakio nimikkeille 7 kappaletta ja ne ovat seuraavat: runkomateriaalit, paneelit ja laudat, kertopuut, eristeet, levyt, muovit ja huovat sekä kiinnikkeet. Taulukosta 3 voidaan havaita nimikkeiden määrien jakautuvan runkomateriaaleihin 36 kpl, paneeleihin ja lautoihin 15 kpl, kertopuihin 6 kpl, eristeisiin 18 kpl, levyihin 22 kpl, muoveihin ja huopiin 12 kpl ja kiinnikkeisiin 73 kpl (Ks. liitteet 3–8). Nimikemäärältään suurin näistä kategorioista on selvästi kiinnikekategoria, jonka suuruus johtuu laajasta valikoimasta kiinnikkeitä, joita tarvitaan kohdeyrityksen tuotannossa. Seuraavaksi suurin kategoria on runkomateriaalit, jotka rakentavat perustan jokaiselle kohdeyrityksen tuotannossa valmistettavalle tuotteelle. Pienin nimikeryhmä on kertopuut, joiden käyttö vaihtelee eri tuotteiden välillä ja joita ei käytetä jokaisessa kohdeyrityksen tuotteessa.

Taulukko 8. Vakio materiaalinimikkeiden määrät kategorioittain (Ks. liitteet 3–8).

Nimike kategoria	Nimikkeiden määrä (kpl)
Runkomateriaalit	36
Paneelit ja laudat	15
Kertopuut	6
Eristeet	18
Levyt	22
Muovit ja huovat	12
Kiinnikkeet	73

Vakionimikkeiden määrittämisen tarkoituksena on varmistaa varastoitavien ja hankittavien nimikkeiden selkeys, vakiintuvuus ja yhtenäiset säännöt. Näiden säilyvyyden vuoksi nimikkeiden lisäykselle ja muutokselle tulee määrittää tietyt säännöt ja muutoksien tekemisen tulee olla hyvin rajoittunutta, mutta tarpeen mukaan mahdollista. Tämän vuoksi kohdeyrityksessä tulee määrittää tietyt vastuuhenkilöt, jotka vastaavat nimikkeiden ylläpidosta ja muutoksesta, jos vakionimikkeet vaativat lisäyksiä tai muutoksia. Näin varmistetaan vakionimikelistan järjestelmällisyys ja prosessin tehokkuus. Jos vakionimikkeitä ei ylläpidetä uudessa järjestyksessään, tarkoittaisi tämä kohdeyrityksen tilanteessa varastoinnin ja varastonhallinnan sekä hankinnan prosessien sekaantumista ja täten muutoksesta kerrytettyjen tehokkuus hyötyjen menettämistä. Myös muut varastoinnin ja varastonhallinnan optimointi- ja kehitystoimet sekaantuisivat vakiomateriaalien kasvusta tai epäjärjestyksellisestä muutoksesta. Viimeisenä tiedonkulun puute aiheuttaisi koko varastoinnin sekaantumisen epäsäännöllisten vakionimikkeiden muutoksien takia. Tiettyjen vastuuhenkilöiden avulla tieto nimikkeiden muutoksista ja itse muutoksien toteuttaminen saadaan järjestelmälliseksi ja vakioksi prosessiksi, joka oli alkuperäinen tavoite materiaalinimikkeiden vakioinnissa.

Vaikka vakionimikkeiden muutoksien halutaan olevan rajoittunutta, tulee muutoksien olla mahdollista. Vakion prosessin muodostaminen vakionimikkeiden muuttamiselle on tarvittava osa vakionimikkeiden käyttöönoton prosessia. Kohdeyrityksen kohdalla on järkevää, että hankinnasta ja varastonhallinnasta vastaavat henkilöt ovat vastuussa vakioiden materiaalinimikkeiden muutoksista. Muutosprosessi itsessään vaatii, että muutosehdotukset ilmoitetaan vastuuhenkilöille perusteluineen, jonka pohjalta määritetty muutosryhmä tekee päätöksen vakionimikkeiden muutoksista. Muutokset voivat olla uuden vakionimikkeen lisääminen, nykyisen nimikkeen tietojen tai ominaisuuksien muuttaminen tai nykyisen vakionimikkeen poistaminen. Riippumatta muutoksen tyypistä, tulee kohdeyrityksellä olla vakioprosessi muutoksen toteuttamiseksi. Hyväksytyt muutosehdotuksen jälkeen muutos toteutetaan vakioprotokollan mukaan, jotka tulee olla määritettynä ennen muutosprosessin aloittamista. Lisättäessä uusi vakionimike, tulee vakioprosesseja noudattaa

kohdeyrityksen ERP-järjestelmään lisättävien tietojen osalta, saada hyväksyntä kohdeyrityksen hankintatoimen osalta sekä tiedottaa organisaation relevanttia henkilöstöä muutoksesta. Näin vakionimikkeiden muutokset saadaan pidettyä rajattuina ja kontrolloituina, mutta tarpeen vaatiessa mahdollisina.

Materiaalinimikkeiden muutosprosessin kautta vakioiden materiaalinimikkeiden käsittelyn erottaminen projektinimikkeistä selkeyttää varastohallinnan toimia varastoinnissa, varastosaldojen seurannassa ja inventointitoimenpiteissä. Suurin muutos, jonka materiaalinimikkeiden selkeä erottaminen tuottaa, on kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP-järjestelmä) käsiteltävien nimikkeiden jaotus ja niiden ominaisuudet. Nimikkeille on määritelty erilaisia ominaisuuksia ERP-järjestelmään riippuen nimikkeen tyypistä ja nimikkeiden uusi jaottelu tukee ERP-järjestelmän selkeämpää ja varmempaa toimintaa. Varastohallintaan vahvimmin liitetty toiminnallisuus on varastosaldojen seuranta ja liikkuminen raaka-ainevarastoista kohdeyrityksen tuotantoon. Varastosaldojen tarkkuus ja oikeanmukaisuus on edellytys varastohallinnan ja hankintatoimen toiminnalle ja vakaa nimikepohja on edellytys tämän toteutumiselle. Kun nimikkeet ja niiden tarvittavat tiedot ovat vakioidut ja oikeat, voidaan muita toiminnallisuuksia rakentaa tukemaan varastoinnin ja varastohallinnan toimintaa. Kohdeyrityksen osalta varastohallinnassa on käytössä ERP-järjestelmään liitetty työkalu, jolla käsitellään ja hallitaan materiaalinimikkeitä ja varastointiin liittyviä toiminnallisuuksia. Ennen nimikkeiden vakioimisprosessia työkalussa ja itse ERP-järjestelmässä havaittiin kohdeyrityksessä merkittäviä ongelmia, joita lähdettiin korjaamaan tämän toimenpiteen avulla.

4.2.2 Projektikohtaiset materiaalinimikkeet

Projektikohtaiset materiaalinimikkeet eroavat vakioista materiaalinimikkeistä kohdeyrityksen toiminnassa niin, että projektimateriaalit ovat erikoismateriaaleja, joita käytetään vaihtelevissa määrin tietyille projekteille. Materiaalien kulutus vaihtelee siis

projektimateriaalinimikkeillä niin suuresti, ettei niiden osalta ole kannattavaa ylläpitää varastotasoja kohdeyrityksen materiaalivarastoissa. Projektikohtaiset materiaalit tilataan erikseen jokaiselle projektille ennen projektien tuotantoon siirtymistä ja materiaalit säilytetään lyhyen aikaa projektikohtaisille materiaaleille määritetyissä varastopaikoissa. Tämä toimenpide tehostaa varastointia ja varastohallintaa niin, että iso osa muutoin kuluvista resursseista saadaan hyödynnettyä, kun vakiovarastotasojen ylläpitoon varastoissa kuluu vähemmän resursseja. Lisäksi tilankäytön tehokkuus, varastojen kierto ja kohdeyrityksen tuotantolaitoksen logistiikan tehokkuus kasvavat merkittävästi vähemmän varastoitavan materiaalin takia. Toisin sanoen kohdeyrityksen varastoihin sitoutunut pääoma pienenee merkittävästi materiaalinimikkeiden tehokkaamman luokittelun ja tarkemman seulonnan ansiosta.

Kohdeyrityksen toiminnassa projektikohtaisten materiaalien saldojen seuraaminen ei ole yhtä kriittistä kuin vakiomateriaalinimikkeiden, sillä projektikohtaiset materiaalit tilataan jokaiselle projektille erikseen. Jokaiselle projektille tarvittavat erikoismateriaalit määritetään suunnitteluvaiheessa ja tarvittava määrä lasketaan tarkalleen jokaisen projektin osalta. Näin projektikohtaisten materiaalien saldot eivät ole merkityksellisiä kohdeyrityksen hankinnan osalta ja varastohallinnan on helppo seurata varastoinnissa pieniä materiaalimääriä projektitunnusten avulla. Siispä projektikohtaisten materiaalien erottaminen vakioista materiaalinimikkeistä selkeyttää varastoinnin ja varastohallinnan prosesseja eroavien käsittelytapojen ja toimenpiteiden vuoksi. Tämä erottelu mahdollistaa myös aiemmin mainittujen resurssien tehokkaamman käytön projektimateriaalien pienemmän resurssitarpeen vuoksi.

4.3 Optimaaliset eräkoot ja varastotasot

Optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittäminen on olennainen osa varastoinnin ja varastohallinnan kustannuksien minimoimisessa. Kun varastotasot saadaan optimoituja, yrityksen varastoihin sitoutunut pääoma saadaan minimoitua silti

varmistuen tuotannon jatkuvuus raaka-aineiden riittävyydellä. Pienemmällä varastomäärillä varastonhallinta, varastojen kierto ja materiaalien käsittely muuttuvat tehokkaammiksi ja mahdollistetaan suuremman raaka-ainemenekin hallitsemisen vähemmällä resursseilla. Eräkokojen osalta hallitaan varastotasoa ja ylläpidetään haluttua varastotasojen skaalaa. Vaikka materiaalien tilaaminen on pääasiassa yrityksen hankintatoimen vastuualueella, on tilauserien ja täten eräkokojen vaikutus varastoihin niin merkittävä, että ne ovat tarpeellisia määrittää varastoinnin kehitysprosessissa.

Kohdeyrityksen tilanteessa materiaalien ohjaus on tapahtunut tähän mennessä pääasiassa visuaalisen ohjauksen kautta. Kuten Pekkarisen (2025) tutkimuksessa määriteltiin, kohdeyrityksen varastonhallinta on ollut vaihtelevalla tasolla ja selkeitä raameja varastotasojen ylläpitoon ei ole ollut käytännössä. Aikaisempi Lean-johtamisfilosofian työkalu, Kanban ja tarkemmin Kanban-kortit olivat olleet käytössä kohdeyrityksen varastonhallinnan työkaluna. Korttien käyttö kuitenkin poistettiin käytöstä ajan saatossa niiden toimivuuden hiipumisen ja ylläpidon sekä kehityksen puutteellisuuden vuoksi. Nyt tavoitteena on rakentaa uusi järjestelmä, jossa varastoja ohjataan vakioeräkoilla ja optimoiduilla varastotasolla.

4.3.1 Optimaaliset eräkoot

Kuten optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen kirjallisuuteen perehtymisen pohjalta havaittiin eräkokojen ja varastotasojen välinen suhde olevan EOQ-mallin mukaan hyvin läheinen. Tämän mallin mukaan optimaaliset varastotasot voidaan määrittellä optimaalisten eräkokojen avulla. Siispä optimaalisten eräkokojen määrittäminen on ensimmäinen vaihe EOQ-mallin mukaisen järjestelmän luomisessa varastojen ja varastotasojen hallinnalle. Lisäksi optimaalisen eräkoon määrittämisen kautta havaitaan puutteellisuudet tarvittavissa tiedoissa, kuten materiaalien kulumisen määrien tarkkuudessa, varastointikustannuksien ymmärtämisessä, toimituskustannuksien läpinäkyvyydessä ja muissa kohdeyrityksen prosesseissa. Tämä auttaa ymmärtämään

paremmin optimaalisen eräkoon ja varastotasojen määrittämisen prosessia ja lopputulemaa.

EOQ-mallin avulla luotujen optimaalisten eräkokojen osalta tulee huomioida, että mallin tulokset ja niiden tarkkuus ovat hyvin riippuvaisia käytetyn datan tarkkuudesta ja jopa käytetystä laskentakaavasta. Tässä tutkimuksessa on esitelty kaksi vaihtoehtoista optimaalisen eräkoon laskentakaavaa, mutta vaihtoehtoja optimaalisten eräkokojen määrittelemiselle on useita. Kohdeyrityksen tilanteessa tavoitteena on määrittää alustavat eräkoot, joita voidaan lähteä optimoimaan käytännössä kerätyn datan avulla. Koska EOQ mallin avulla lasketuilla eräkoilla ei saada täydellisiä eräkokoja, on tärkeintä muodostaa alustavat eräkoot eri materiaalinimikkeille, jotta tilauserien kokoja voidaan optimoida tarkemmiksi käytännössä kerätyn datan avulla. Tämän kautta toimiva jatkuvan parantamisen prosessin avulla voidaan muodostaa yhä tarkemmat ja tehokkaammat eräkoot ja realisoidaan taloudelliset hyödyt varastoinnissa ja varastonhallinnassa.

Kun ymmärrämme optimaalisen eräkoon määrittämisen ja lopputuloksien rajoitteet, voimme aloittaa kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden eräkokojen määrittämisen prosessin. Kohdeyrityksen tilanteessa päätimme aloittaa eräkokojen määrittämisen kirjallisuuskatsauksen osiossa 2.3.1 esitetyn EOQ-mallin kaavan 1 avulla. Kaavassa käytetään muuttujina materiaalien vuotuista kysyntää D , yhden tilauskerran kiinteitä kustannuksia S ja yhden tilausyksikön vuotuisia varastointikustannuksia H . Käyttämällä näitä edellä mainittuja muuttujia, voimme määrittää tietyn materiaalinimikkeen optimaalisen eräkoon seuraavan kaavan avulla:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Jotta voimme käyttää valittua optimaalisen eräkoon laskentakaavaa, tulee meidän kerätä kaavaan käyttöä varten tarvittavat materiaalinimikkeiden tiedot kohdeyrityksessä. Tarvittavat materiaalinimikkeiden tiedot sisältävät jokaisen materiaalinimikkeen vuosittaisen kysynnän, materiaalinimikkeen yhden tilauserän kiinteät kustannukset ja

materiaalinimikkeen yhden tilausyksikön vuotuiset varastointikustannukset. Materiaalinimikkeiden tietojen hankinnassa tulee huomioida, että materiaalinimikkeen yhden tilausyksikön vuotuiset varastointikustannukset (H) tulee suhteuttaa samaan yksikköön, kuin materiaalinimikkeen vuotuinen kysyntä on ilmoitettu.

Kohdeyrityksen tilanteessa materiaalinimikkeiden vuotuinen kysyntä määriteltiin vuoden 2025 nimikkeiden kulutuksen mukaan. Nimikkeiden kulutus saatiin kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä, johon käytetyt materiaalit oli kirjattu. Materiaalinimikkeiden kulutuksen määrä kerättiin nimikkeen käsittely-yksikössä vaihdellen eri materiaalinimikkeiden välillä. Yhden tilauserän kiinteät kustannukset kerättiin kohdeyrityksen hankintasopimuksissa ja logistiikkasopimuksissa kirjattujen kustannuksien mukaan. Tilauserän kiinteä kustannus oli vakioitu tiettyyn toimituskokoon, joka oli määrätty sopimuksissa. Kustannuksen arvioiminen tietylle materiaalinimikkeelle osoittautui haastavaksi, sillä kohdeyrityksen hankinnassa materiaalityylit sisältyvät yleensä useita eri materiaalinimikkeitä. Siispä jokaiselle materiaalinimikkeelle tilauserän kiinteäksi kustannukseksi määritettiin nimikkeen täydelle kuormalle muodostuva kiinteä kustannus.

Materiaalinimikkeen yhden tilausyksikön vuotuisten varastointikustannuksien määrittäminen osoittautui hyvin haastavaksi kohdeyrityksen tilanteessa. Kohdeyrityksen itse omistamien varastojen kustannuksia ja muita varastoinnin aiheuttamia sivukustannuksia ei ollut realistista lähteä arvioimaan. Heizer ja muut (2016, s. 505–507) esittävät, että yhden tilausyksikön vuotuiset varastointikustannukset voidaan määrittää prosenttiosuutena yhden materiaalinimikkeen hankintahinnasta. Jotta varastointikustannukset voidaan määrittää prosenttiosuutena hankintahinnasta, tulee meidän ymmärtää, kuinka tämä prosenttiosuus voidaan määrittää. Gurtu (2021, s. 2–4) esittää, että useat tieteellisen kirjallisuuden kirjoittajat ovat käyttäneet vuotuisiin varastointikustannuksien arvioimiseen keskimäärin 16 % – 20 % prosenttiosuutta materiaalinimikkeen hankintahinnasta. Tarkan käytetyn prosenttiosuuden ilmaistaan riippuvan yrityksen toimialasta, kun yleiset EOQ-mallin perusoletukset pätevät (Gurtu,

2021, s. 2–4). Tämän perusteella kohdeyrityksen varastointikustannuksien määrittämisessä päätettiin käyttää tiettyä vakio prosenttiosuutta materiaalinimikkeen yksikköhinnasta. Kohdeyrityksen tilanteessa päätettiin käyttää kirjallisuudessa esitettävää 20 % osuutta materiaalinimikkeen yksikköhinnasta määrittämään nimikkeen vuotuisia varastointikustannuksia.

Optimaalisten eräkokojen määrittämisen tiedonkeruuvaiheessa havaittiin, että nimikkeiden vakiointiprosessissa tapahtuneet nimikemuutokset vaikuttivat suoranaisesti kulumatietojen saamiseen. Osa vuoden 2025 aikana käytetyistä nimikkeistä oli poistettu käytöstä uusien vakionimikkeiden prosessissa. Täten jouduttiin arvioimaan, miten poistettujen nimikkeiden kulutus tulisi jakautumaan nykyisille vakionimikkeille. Toisena tiedonkeruun aikaisena havaintona huomattiin, että osalla materiaalinimikkeistä yhden tilauskerran kustannukset olivat sisällytetty tuotteen hintaan ja täten tilauskerran nimelliset kiinteät kustannukset olivat 0 €. Nimikkeiden kulutustietojen ja vakionimikkeiden muutokset olisivat aiheuttaneet pieniä haasteita optimaalisten eräkokojen määrittämiseen, mutta yhden tilauskerran kiinteiden kustannuksien ollessa 0 € optimaalisen eräkoon kaavan tuottama vastaus olisi aina 0. Näiden lisäksi optimaalisen eräkoon kaavaa testatessa materiaalinimikkeillä, joilla tilauskerran kiinteät kustannukset eivät olleet sisällytetty nimikkeen ostohintaan, havaitsimme kaavan tuottavan hyvin epärealistisia tuloksia. Näiden olosuhteiden vallitessa todettiin vaihtoehtoinen tilauserien määrittämisen tapa parhaaksi vaihtoehdoksi.

Puutteellisten lähtötietojen aiheuttaman EOQ-mallin toimimattomuuden vuoksi optimaalisten eräkokojen määrittämiseen todettiin tarvittavan uudenlainen lähestymistapa. EOQ-malliin kerätyistä lähtötiedoista, vuoden 2025 materiaalinimikkeiden kulutustietojen todettiin olevan hyödyllinen tieto eräkokojen määrittämiseen. Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden kysynnän suuresta vaihtelusta riippumatta nimikkeiden kulutustiedoilla voitiin määritellä keskimääräinen materiaalinimikkeen kulutus tietyllä aikavälillä. Tämän tiedon pohjalta optimaalisia eräkojoja päätettiin lähteä määrittelemään kohdeyrityksen sisäisen

hankintahenkilöstön tiedon ja materiaalinimikkeiden kulutustiedon pohjalta. Kuvassa 1 on esimerkki kohdeyrityksen runkomateriaalien vakionimikkeiden kulutustiedoista ja keskimääräisestä kulutuksesta työviikon aikavälillä. Kulutustietojen perusteella luotiin yhtäläiset taulukot jokaisen materiaalikategorian vakionimikkeelle.

Kuva sensuroitu.

Kuva 1. Kohdeyrityksen runkomateriaalien vakionimikkeiden kulutustiedot (ks. liitteet 3–8).

Materiaalinimikkeiden kulutustiedon lisäksi eräkokojen määrittelemiseen päätettiin käyttää ohjauksena tunnettavia toimituserien kokoja, jotka ovat riippuvaisia rahtien koosta. Yhdistämällä rahtien vakiokoot tunnettujen toimitusaikojen kanssa, pystyttiin arvioimaan kohdeyrityksen jokaisen materiaalinimikkeen keskimääräinen kulutus toimitusaikana. Näiden tietojen pohjalta määritimme yhdessä kohdeyrityksen hankintahenkilöstön kokemuksen ja osaamisen pohjalta maksimaaliset varastotasot jokaiselle materiaalinimikkeelle. Maksimaalisten varastotasojen määrittämisessä pyrimme minimoimaan varastotason säilyttäen kuitenkin materiaalin saatavuuden varmuudella kohdeyrityksen tuotantolinjoille. Nyt tunnettaessa materiaalinimikkeen tilaamiseen ja kulutukseen liittyvät tiedot päätettiin näitä tietoja käyttää pohjatietona eräkokojen määrittämiseen. Yhdistämällä kohdeyrityksen hankinnan tiedon ja osaamisen materiaalien tarpeiden vaihtelusta keskimääräisen kulutuksen ja toimituskokojen kanssa, saimme määriteltyä lähtökohtaiset tilauserät jokaiselle materiaalinimikkeelle.

Määritimme tilauserien koot jokaiselle kohdeyrityksen vakionimikkeelle, poissulkien kiinnikkeet, joiden käsittely eroaa muista nimikkeistä, edellä mainitun prosessin avulla. Kokonaisuudessaan vakioeräkoot määritettiin siis kuudelle nimikekategorialle, jotka sisältävät 115 erillistä materiaalinimikettä. Optimaalisten tilauserien määrittäminen on olennainen osa EOQ-mallin mukaista varastotasojen määrittelyä, vaikka prosessiin itsessään sisältyy yrityksen hankinnan prosesseihin. EOQ-mallin ja kohdeyrityksen

pohjatietojen puutteellisuuden vuoksi eräkokojen määrittämisen prosessi päätettiin toteuttaa erillisellä suoraviivaisemmalla prosessilla. Eräkokojen nykyistä tarkkuutta ei vielä tiedetä, mutta kohdeyrityksen prosesseissa tulee lähteä seuraamaan eräkokojen toimivuutta kerätyn reaaliaikaisen tiedon mukaan ja tehdä tarkentavia muutoksia eräkokoihin, jotta ne seuraavat kohdeyrityksen materiaalien tarvetta mahdollisimman tarkasti suuresta kysynnän vaihtelusta huolimatta. Eräkokojen ylläpitämisen tulee siis seurata jatkuvan parantamisen mallia ja siinä tulee noudattaa Lean-johtamisfilosofian ja TQM varastonhallinnan peruseriaatteita.

Määritellyt eräkoot kohdeyrityksen vakioille materiaalinimikkeille esitellään seuraavassa osiossa, jossa määritellään myös optimaaliset varastot materiaalinimikkeille varmuusvarastot huomioiden. Eräkokojen määrittämiseen huomioidut maksimaaliset varastotasot ja eräkoot itsessään toimivat signaaleina maksimaalisten ja minimaalisten varastotasojen sekä varmuusvarastojen kokojen määrittämisessä. Optimaaliset eräkoot jokaiselle materiaalinimikkeelle löytyvät myös tutkielman liitteistä (ks. liitteet 3–8).

4.3.2 Optimaaliset varastotasot

Kuten optimaalisten eräkokojen määrittämisessä havaittiin, EOQ kaavan käyttäminen eräkokojen määrittämiseen ei toiminut epätarkkojen lähtötietojen vuoksi. Nyt optimaalisten varastotasojen määrittämisessä kohtasimme saman haasteen, joka estää optimaalisten varastotasojen laskennallisen määrittämisen. Täten päätimme käyttää optimaalisten eräkokojen määrittämiseen käytettyä tekniikkaa muodostamaan optimaaliset varastotasot kohdeyrityksen vakioille materiaalinimikkeille. Analysoimme siis vuoden 2025 materiaalinimikkeiden kulutustietoja ja vertasimme niitä tuotannon toimihenkilöiden tietämykseen materiaalinimikkeiden kulutuksen vaihtelusta ja määritimme täten alustavat minimi- ja maksimivarastotasot kohdeyrityksen vakiomateriaalinimikkeille.

Varastotasojen määrittämisessä, kuten eräkokojen määrittämisessä, käsiteltiin jokaista kohdeyrityksen materiaalikategoriaa omana kokonaisuutenaan. Materiaalien tarpeen vaihtelu eri materiaalityyppien välillä voi olla merkittävä, mutta yleensä materiaalikategorian sisällä tarve on yhtenevä. Varastotasojen määrittäminen aloitettiin kohdeyrityksen vakioille runkomateriaaleille, joihin sisältyy 36 erillistä materiaalinimikettä. Runkomateriaaleilla kulutus pysyy laajalla skaalalla hyvin tasaisena, mutta suuria haasteita aiheuttaa eri kokoisten ja mittaisten runkomateriaalien kulutuksen vaihtelu. Täten varastotasojen ja tilauseriä määriteltäessä tulee huomioida tarpeen vaihtelu niin, että jokaisen mahdollisen runkomateriaalien mitan varastotaso pystyy kattamaan tietyn hetken kysynnän. Lisää vaihtelua aiheuttaa tietyille mitalle tarvittavat eri pituudet, jonka vuoksi yhden mitan runkomateriaalilla on käytössä useita eri pituuksia. Eri pituuksilla kulutus vaihtelee kohdeyrityksen tuotannossa tuottamien materiaalien perusteella ja tätä vaihtelua on hyvin vaikea ennustaa. Täten vaihtelu ja maksimaalinen tuotannon tarve tulee ottaa huomioon määritettäessä varastotasoja ja eräkokoja. Runkomateriaalien varastotasot ja eräkoot ovat listattuna kuvan 2 taulukossa.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
500279	8,0	7 761,6	16,0	15 523,2	10,0	9 702,0
500280	8,0	8 467,2	12,0	12 700,8	6,0	6 350,4
500281	8,0	14 112,0	16,0	28 224,0	10,0	17 640,0
500312	1,0	1 584,0	2,0	3 168,0	1,0	1 584,0
500315	2,0	1 908,0	4,0	3 816,0	3,0	2 862,0
500318	2,0	2 385,0	4,0	4 770,0	3,0	3 577,5
500321	3,0	4 293,0	6,0	8 586,0	4,0	5 724,0
500323	3,0	4 770,0	6,0	9 540,0	4,0	6 360,0
500326	1,0	810,0	3,0	2 430,0	2,0	1 620,0
500329	1,0	1 012,5	2,0	2 025,0	1,0	1 012,5
500332	1,0	1 147,5	2,0	2 295,0	1,0	1 147,5
500337	1,0	1 350,0	3,0	4 050,0	2,0	2 700,0
500340	2,0	1 209,6	5,0	3 024,0	4,0	2 419,2
500344	2,0	1 512,0	4,0	3 024,0	3,0	2 268,0
500347	2,0	1 713,6	4,0	3 427,2	3,0	2 570,4
500349	2,0	2 016,0	4,0	4 032,0	3,0	3 024,0
500352	2,0	990,0	5,0	2 475,0	4,0	1 980,0
500353	2,0	1 080,0	5,0	2 700,0	4,0	2 160,0
500356	1,0	675,0	3,0	2 025,0	2,0	1 350,0
500359	1,0	810,0	3,0	2 430,0	2,0	1 620,0
500361	2,0	1 800,0	5,0	4 500,0	4,0	3 600,0
500364	6,0	2 376,0	12,0	4 752,0	10,0	3 960,0
500365	4,0	1 728,0	8,0	3 456,0	6,0	2 592,0
500368	4,0	2 160,0	8,0	4 320,0	6,0	3 240,0
500371	5,0	3 240,0	10,0	6 480,0	8,0	5 184,0
500373	6,0	4 320,0	12,0	8 640,0	10,0	7 200,0
500376	4,0	6 384,0	9,0	14 364,0	8,0	12 768,0
500380	4,0	8 160,0	9,0	18 360,0	8,0	16 320,0
500389	1,0	1 346,4	2,0	2 692,8	1,0	1 346,4
500287	1,0	1 346,4	3,0	4 039,2	2,0	2 692,8
500297	1,0	648,0	2,0	1 296,0	1,0	648,0
500335	1,0	1 363,5	2,0	2 727,0	1,0	1 363,5
301037	4,0	7 920,0	7,0	13 860,0	5,0	9 900,0
301100	1,0	1 584,0	3,0	4 752,0	2,0	3 168,0
301040	2,0	2 534,4	4,0	5 068,8	3,0	3 801,6
500387	0,5	264,0	1,0	528,0	1,0	528,0

Kuva 2. Kohdeyrityksen runkomateriaalien optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 3).

Seuraavana käsittelemme kohdeyrityksen paneeli- ja lautamateriaalikategoriaa, joiden osalta vakiomateriaalien listaus on suhteellisen suppea. Tämä johtuu siitä, että suurin osa kohdeyrityksen paneeleista ja laudoista tilataan projektimateriaaleina johtuen kysynnän suuresta vaihtelevuudesta. Täten vakiovaraston osalta paneelien ja lautojen vakiovarastoa halutaan pitää hyvin suppeana. Lisäksi tämän kategorian vakioiden materiaalinimikkeiden kulutus on hyvin tasaista, johtuen suuren vaihtelun materiaalien tilaamisesta projektimateriaaleina. Tämä mahdollistaa kohdeyrityksen paneelien ja lautojen vakiovarastojen tasojen pitämisen suhteellisen alhaisina. Ainoana erityistekijänä tuli huomioida osalla nimikkeistä erilliset materiaalinimikkeet saman

dimension erivärisille materiaaleille. Näille materiaalinimikkeille ei voitu käyttää historiallista kulutusta arvioimaan tulevaa kulutusta johtuen puutteellisista tiedoista. Näiden nimikkeiden osalta varastotasojen ja eräkokojen määrittämisessä jouduttiin tukeutumaan vahvasti kohdeyrityksen toimihenkilöiden kokemukseen kulutuksesta, joka voi vaikuttaa tulosten tarkkuuteen. Kuvassa 3 on listaus kohdeyrityksen paneelien ja lautojen materiaalinimikkeiden varastotasoista ja tilauseristä.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
401237	1,0	900,0	2,0	1 800,0	1,0	900,0
301036	2,0	3 600,0	4,0	7 200,0	3,0	5 400,0
301262	1,0	1 440,0	2,0	2 880,0	1,0	1 440,0
301034	0,5	675,0	1,0	1 350,0	1,0	1 350,0
401797	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
301260	1,0	1 260,0	2,0	2 520,0	1,0	1 260,0
301161	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0
500395	1,0	1 800,0	2,0	3 600,0	1,0	1 800,0
500396	1,0	1 800,0	2,0	3 600,0	1,0	1 800,0
500397	0,5	720,0	1,0	1 440,0	1,0	1 440,0
500398	0,5	720,0	1,0	1 440,0	1,0	1 440,0
500401	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
500402	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
500403	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0
500404	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0

Kuva 3. Kohdeyrityksen paneelien ja lautojen optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 4).

Kolmantena käsittelevänä materiaalikategoriana ovat kohdeyrityksen kertopuut. Kertopuiden vakionimikkeitä on itsessään vähäinen määrä, johtuen materiaalin suppeista käyttötarkoituksista, mutta kysynnän osalta nimikkeillä esiintyy suurempaa vaihtelua. Osalla vakionimikkeistä on suurempi keskimääräinen menekki, mutta osalla vaihtelu voi olla korkea hetkittäin. Täten tarpeen vaihteluun on varauduttava korkeammilla varastotasoilla ja eräkoilla. Yhdelle kertopuiden materiaalinimikkeistä ei määritelty varastotasoa eikä eräkokoja johtuen kyseisen materiaalin käytön toistaisesta puutteesta. Materiaalinimike on osa kohdeyrityksen tulevaisuudessa käytettäviä materiaalinimikkeitä, mutta tämänhetkisen kulutukseen puuttuessa nimikettä ei ole toistaiseksi tarve tilata. Kyseisen nimikkeen dimensiolle on lisäksi käytössä toinen mitta, joka on huomattavasti yleisemmässä käytössä, jonka vuoksi toiselle nimikkeelle ei

määritelty vielä varastotasoa eikä eräkokoja. Kuvassa 4 on taulukoitu kohdeyrityksen kertopuiden vakioiden materiaalinimikkeiden varastotasot ja tilauserät.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
500405	1,0	3 192,0	2,0	6 384,0	1,0	3 192,0
500406	4,0	1 276,8	10,0	3 192,0	6,0	1 915,2
500407	Määritetään	#ARVO!		0,0	Myöhemmin	#ARVO!
500409	2,0	718,2	6,0	2 154,6	4,0	1 436,4
500410	2,0	504,0	6,0	1 512,0	4,0	1 008,0
500411	2,0	638,4	6,0	1 915,2	4,0	1 276,8

Kuva 4. Kohdeyrityksen kertopuiden optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 5).

Eristeiden optimaalisten varastotasojen ja eräkokojen määrittämistä tuli lähestyä osittain varauksella, sillä osalla eristeistä kulutus on hyvin tasaista ja vastakohtaisesti osalla nimikkeistä kulutus on hyvin vaihtelevaa. Yksittäisen materiaalinimikkeen kulutuksen vaihtelun lisäksi kulutuksen määrä vaihtelee paljolti vakioiden materiaalinimikkeiden välillä. Eristeiden osalta tämä vaikuttaa paljolti nimikkeiden välisiin varastotasoihin ja eräkokoihin ja todellista tarvetta ennustaessa tämä tuli huomioida erityisesti. Kulutuksen vaihtelun osalta varastotasot ovat määritelty kattamaan maksimaalinen mahdollinen kulutus niin, että kulutuksen vaihtelun tasapainottamisessa käytetään varmuusvarastoja. Varastotasot on siis määritelty niin matalaksi kuin mahdollista, jotta varastoon sitoutunut pääoma saadaan mahdollisimman alhaiseksi. Vähäisen kulutuksen materiaaleilla varastotasot voivat olla liian suuret, johtuen toimittajan tarjoamista toimituserien koista, mutta kokonaisuudessaan nämä vähäiset määrät eivät vaikuta merkittävästi varastoihin sitoutuneeseen pääomaan. Kuvassa 5 on listattuna kohdeyrityksen eristeiden vakiot materiaalinimikkeet (Ks. liite 6).

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500162	1,0	126,9	2,0	253,8	1,0	126,9
301099	5,0	423,1	10,0	846,1	5,0	423,1
301008	10,0	793,3	20,0	1 586,5	10,0	793,3
401021	3,0	158,7	6,0	317,3	3,0	158,7
301009	7,0	370,2	15,0	793,3	8,0	423,1
301123	10,0	423,1	20,0	846,1	10,0	423,1
500140	42,0	1 723,7	85,0	3 488,4	34,0	1 395,4
500198	1,0	47,2	2,0	94,4	1,0	47,2
401832	7,0	128,3	15,0	275,0	8,0	146,6
500146	1,0	63,0	2,0	126,0	1,0	63,0
401725	2,0	457,5	6,0	1 372,5	4,0	915,0
500391	1,0	2 310,0	4,0	9 240,0	4,0	9 240,0
500121	1,0	1 125,0	5,0	5 625,0	5,0	5 625,0
500392	1,0	2 100,0	3,0	6 300,0	2,0	4 200,0
500390	1,0	1 312,5	3,0	3 937,5	2,0	2 625,0
500147	1,0	1 125,0	3,0	3 375,0	2,0	2 250,0
500218	5,0	1 080,0	15,0	3 240,0	10,0	2 160,0
500208	2,0	504,0	4,0	1 008,0	2,0	504,0

Kuva 5. Kohdeyrityksen eristeiden optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 6).

Kohdeyrityksen levyateriaalikategorian varastotasojen ja eräkokojen määrittäminen oli suoraviivainen prosessi kulutuksen tasaisuuden vuoksi. Itse levyjä on neljää eri tyyppiä, joiden kulutus riippuu käytettävästä levytyypistä. Osalla levyistä on useita pituuksia saman dimension levyille, mutta kulutuksen jakautuminen on hyvin arvioitavissa näille eri pituuksille. Kohdeyrityksen vakionimikkeiden määritellyt levyt ovat kulutukseltaan suhteellisen tasaisia ja suuremman vaihtelun tai erikoislevyjen osalta materiaalit tilataan projektille erikseen. Eroavana tekijänä vakioiden levyjen osalta on yhden levytyypin tilauskäytäntö, jonka vuoksi näille materiaalinimikkeille ei ole määritelty varastotasoja eikä eräkokoja. Näiden vakionimikkeiden hankinnan osalta toimitaan eritellyn toimintatavan kautta. Kohdeyrityksen levyjen vakionimikkeiden varastotasot ja eräkoot ovat listattuna kuvassa 6.

Varastotasot ja tilauserät

Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500271	3,0	583,2	8,0	1 555,2	5,0	972,0
500272	4,0	864,0	12,0	2 592,0	8,0	1 728,0
500273	4,0	950,4	12,0	2 851,2	8,0	1 900,8
500274	3,0	777,6	12,0	3 110,4	5,0	1 296,0
500268	2,0	259,2	5,0	648,0	3,0	388,8
500267	2,0	288,0	5,0	720,0	3,0	432,0
500270	2,0	316,8	5,0	792,0	3,0	475,2
500264	2,0	374,4	5,0	936,0	3,0	561,6
500263	2,0	432,0	5,0	1 080,0	3,0	648,0
500262	2,0	475,2	5,0	1 188,0	3,0	712,8
500259	2,0	259,2	6,0	777,6	4,0	518,4
500258	2,0	288,0	6,0	864,0	4,0	576,0
500261	2,0	316,8	6,0	950,4	4,0	633,6
500256	1,0	108,0	2,0	216,0	1,0	108,0
401801	1,0	151,2	2,0	302,4	1,0	151,2
301091	Erytystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
301277	Erytystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
500220	Erytystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
500303	2,0	324,0	10,0	1 620,0	8,0	1 296,0
500304	2,0	366,1	10,0	1 830,6	8,0	1 464,5
500008	0,5	253,9	1,0	507,8	1,0	507,8
500127	0,5	158,4	1,0	316,8	1,0	316,8

Kuva 6. Kohdeyrityksen levyjen optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 7).

Viimeisenä käsiteltävänä kohdeyrityksen vakionimikkeiden materiaalikategoriana on muovit ja huovat. Tämän materiaalikategorian materiaalinimikkeillä on laaja käyttötarkoitus, jonka vuoksi jokaisen materiaalinimikkeen varastotasot ja eräkoot tuli käsitellä erillisinä prosesseina. Kohdeyrityksen muovit on jaettu kahteen eri luokkaan käyttötarkoituksensa mukaan ja niiden kulutus, pakkauskoot ja dimensiot vaihtelevat luokkien välillä. Kaikkien muovien kulutus oli kuitenkin selkeää arvioida kulutuksen tiedon läpinäkyvyyden vuoksi. Kulutusta voitiin verrata suoraan menneeseen kulutukseen ja arvioida kulutuksen kasvaminen tuotannon volyymin suhteen. Huopien osalta varastotasot jouduttiin tasapainottamaan kulutuksen sallimia etuja ja toimituksen rajoitteita. Huopien varastotasot ja eräkoot määritettiin suuremmalle aikavälille, jotta toimituserien kustannuksia ja rajoitteita saatiin tasapainotettua. Lopulliset huopien varastotasot ja eräkoot eivät ole kuitenkaan epäoptimaaliset, sillä toimituserien tuomat hyödyt hankintaan ja varastointiprosessissa tasapainottavat

hieman suurempaa pääoman sitoutumista varastoon. Kuvassa 7 on listattuna kohdeyrityksen muovien ja huopien määritellyt varastotasot ja eräkoot.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500003	1,0	5 920,0	4,0	23 680,0	3,0	17 760,0
301176	0,5	705,0	1,0	1 410,0	1,0	1 410,0
500023	0,5	1 875,0	1,0	3 750,0	1,0	3 750,0
500241	0,5	2 250,0	1,0	4 500,0	1,0	4 500,0
500016	0,5	3 200,0	1,0	6 400,0	1,0	6 400,0
301180	0,5	10,0	1,0	20,0	1,0	20,0
301179	1,0	33,0	2,0	66,0	1,0	33,0
401820	1,0	7 200,0	2,0	14 400,0	1,0	7 200,0
500124	1,0	5 320,0	2,0	10 640,0	1,0	5 320,0
500420	1,0	180,0	4,0	720,0	4,0	720,0
500418	4,0	1 440,0	30,0	10 800,0	30,0	10 800,0
401649	1,0	600,0	2,0	1 200,0	1,0	600,0

Kuva 7. Kohdeyrityksen muovien ja huopien optimaaliset varastotasot ja eräkoot (Ks. liite 8).

Kokonaisuudessaan varastotasojen ja eräkokojen määrittämisessä saatiin määritettyä lähtötilanteeseen optimaaliset varastotasot ja eräkoot, huomioiden käytettävissä olleiden tietojen tarkkuus ja saatavuus. Varastotasojen ja eräkokojen määrittämisen pohjalta voidaan lähteä kehittämään varastointiprosessia ja tarkentaa määritettyjä varastotasoja ja eräkokoja. Varastotasot ja eräkoot mahdollistavat varastohallinnan läpinäkyvyyden ja täten prosessien tehostamisen. Ne lisäävät myös organisaation tietoisuutta tuotannon ja tukitoimien toiminnasta ja mahdollistavat kokonaisuuden tehostamisen. Organisaatiotasolla vakionimikkeiden varastotasojen ja eräkokojen määrittäminen mahdollistaa varastoihin sitoutuneen pääoman minimoimisen ja varastohallinnan tehokkuuden seurannan. Vakiot varastotasot auttavat ennen kaikkea tehostamaan kohdeyrityksen muuta varastohallintaa ja tarkemmin kohdeyrityksen varastojen layoutia ja tilankäyttöä, joita käsitellään seuraavassa osiossa.

4.4 Varastoiden layoutin ja tilankäytön optimointi

Tässä osiossa käsitellään kohdeyrityksen materiaalien sijoittelua heidän tuotantolaitoksessaan X. Pekkarisen (2025) tutkimuksessa kartoitettiin kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X nykyisen varastohallinnan ja varastoiden nykytilanne. Varastojen layoutin ja tilankäytön optimoinnin osalta kohdeyrityksen materiaalien sijoittelu suunnitellaan optimaaliseksi varastojen sopivuuden, tilan optimoinnin ja toimitusmatkojen osalta. Materiaalit on tarkoitus paikoittaa varastoihin optimoiden eri materiaalivarastoiden luoma tuotantolaitoksen varastoinnin layout-kokonaisuutta. Kun materiaalit on paikoitettu varastoihin, keskitytään optimoimaan jokaisen varaston sisälogistiikka eli materiaalien sijoittelu varastoon. Tämä tulee olla huomioituna myös jo varastoiden layoutin suunnitteluvaiheessa, jotta varastoiden kokonaisuus olisi optimoitu.

4.4.1 Varastoiden optimaalinen layout

Optimaalisen layoutin määrittämiseksi tulee ensin kartoittaa kohdeyrityksen varastoiden nykytilanne. Pekkarisen (2025) havainnoista sekä tämän tutkimuksen aikana tehdyn kohdeyrityksen toimintaan perehtymisen kautta ymmärrämme kohdeyrityksen varastoiden nykytilannetta. Kohdeyrityksellä on 6 erillistä materiaalien varastoinnille varattua varastoa, joiden lisäksi vapaata varastointitilaa löytyy yhden tuotantohallin perältä. Materiaalien varastointiin on siis 7 erillistä varastointitilaa, joiden pinta-alojen summa on n. 3150 m² tai tilavuuksien summa on n. 13 600 m³ käyttökorkeuden mukaan. Materiaalivarastojen lisäksi kohdeyrityksellä on käytössä kolme varastohallia, joiden pääsääntöinen käyttötarkoitus on valmistuotteiden varastointi. Näiden varastohallien pinta-alojen summa on n. 21 450 m² tai tilavuuksien summa on n. 107 250 m³ käyttökorkeuden mukaan. Valmistuotevarastojen kaikkea varastotilaa ei käytetä tällä hetkellä valmistuotteiden varastointiin, joten sen varastotilaa on hyödynnetty raaka-aineiden varastointiin, jotta uusia varastoja ei ole toistaiseksi tarvittu rakentaa. Tämän

vuoksi osa kahden varastohallin tilasta on käytettävissä tällä hetkellä raaka-aineiden varastointiin. Kuviossa 9 on mallinnettu kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X pohjakuvaa ja rakennusten sijoittelua.

Kuva sensuroitu.

Kuvio 9. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rakennusten pohjakuva (suurennos ks. liite 1).

Käytettävyyden ja tilankäytön tehokkuuden vuoksi raaka-aineet ovat tehokkainta varastoida materiaaliluokittain tietyissä varastoissa. Tämä tarkoittaa, että levyt ovat tehokkainta varastoida muiden levyjen kanssa ja puutavara muun puutavaran kanssa. Varastotilat ovat myös hyvin erilaisia ja suunniteltu palvelemaan eri materiaalityyppejä parhaiten, joten tietyn tyyppiset materiaalit sopivat paremmin tiettyihin varastoihin. Tämän vuoksi materiaalit saadaan varastoitua tehokkaammalla tilankäytöllä ja paremmalla varaston käytettävyydellä huomioimalla varastojen käytettävyyden materiaalien sijoittelussa logistiikan tehokkuuden lisäksi. Siispä meidän tulee kerätä tiedot eri varastojen logistiikan tehokkuudesta ja jokaisen varaston käytettävyydestä eri materiaalikategorialle. Taulukossa 9 määritetään varastointiin käytettävät kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rakennukset (sijainnit layout kuvassa).

Taulukko 9. Kohdeyrityksen varastot, varastotyyppit ja käyttötarkoitukset.

Varasto	Varastotyyppi	Varaston nykyinen käyttötarkoitus
<u>V1</u>	Kapea suljettava katos	Raaka-aine varasto
<u>V2</u>	Kapea suljettava katos	Raaka-aine varasto
<u>V3</u>	Kapea suljettava katos	Raaka-aine varasto
<u>V4</u>	Kapea suljettava katos	Raaka-aine varasto
<u>T1 Katos</u>	Kapea avoin katos	Raaka-aine varasto
<u>V5</u>	Avoin katos	Raaka-aine varasto
<u>V6</u>	Syvä avoin katos	Raaka-aine varasto
<u>V7</u>	Kapea suljettava katos	Raaka-aine varasto
<u>V8</u>	Syvä avoin katos	Raaka-aine varasto
<u>H1</u>	Suljettu pitkä halli	Raaka-aine varasto
<u>H2</u>	Suljettu pitkä halli	Raaka-aine / valmistuotevarasto
<u>H3</u>	Suljettu pitkä halli	Valmistuotevarasto

Varastoiden käytettävyys vaihtelee eri varastoiden osalta riippuen varastotyypistä ja muista varaston ominaisuuksista. Edellä listattujen ominaisuuksien lisäksi meidän tulee tietää varastoiden tarkemmat ominaisuudet leveyksien, pituuksien ja korkeuksien osalta, jotta varaston käyttötarkoitusta voidaan arvioida paremmin. Näiden varaston ominaisuuksien pohjalta voimme määrittää varastoiden sopivuuden jokaisen kohdeyrityksen materiaalikategorian osalta. Taulukossa 10 on listattu kohdeyrityksen varastoiden mittatiedot sekä varastoiden pinta-alat ja tilavuudet. Varastoiden tilavuudessa tulee huomioida, että kohdeyrityksen logistiikan ja varastoiden käytettävyyden toimintojen pohjalta käyttökorkeus on rajoitettu 5 metriä. Täten riippumatta varastoiden korkeudesta, käyttökorkeuden luoman rajoitteen vuoksi tilavuuksissa käyttökorkeus on maksimissaan 5 metriä. Näiden tietojen pohjalta voimme jaotella varastoiden sopivuudet kohdeyrityksen eri materiaalikategorioille.

Taulukko 10. Kohdeyrityksen varastoiden mittatiedot.

Varasto	Leveys (m)	Syvyys (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)
V1	96	6,5	4,5	624	2 808
V2	50	6,5	4,5	325	1 462,5
V3	42	5,6	2	235,2	470,4
V4	60	6,3	5	302,4	1 512
T1 Katos	60	6,5	4,5	390	1 755
V5	40	15	5–11	600	3 000
V6	42	17	5–11	714	3 570
V7	49	5,6	2	274,4	548,8
V8	37	17	5–11	629	3 145
H1	30	170	5–8,8	5 100	25 500
H2	30	197	5–8,8	5 910	29 550
H3	45	232	5–12	10 440	52 200

Varastoiden mittatiedot asettavat tiettyjä rajoituksia eri materiaalien varastoinnille tietyissä varastoissa. Osaa materiaalia ei voida lastata varastoon varastoihin niiden mittojen asettamien rajoitusten vuoksi. Lisäksi osan materiaalin kohdalla niitä ei ole tehokasta varastoida tietyissä varastoissa tilankäytön optimoinnin vuoksi. Siispä varastoille tulee määrittää, mille materiaalikategorioille varastot ovat optimoituja tiloja. Taulukoissa 11 ja 12 on määritetty osiossa 4.2 määritetyille vakioiden materiaalinimikkeiden kategorioille optimaaliset ja tehokkaat varastot. Optimaalisuus ja

varastoinnin tehokkuus perustuvat taulukoissa 9 ja 10 esitetyille varastoiden ominaisuuksille ja osiossa 4.4.2 esitetyistä kuvista havaittuihin varastoiden ominaisuuksiin ja rajoitteisiin.

Taulukko 11. Varastoiden optimaalisuus vakio materiaalinimikkeiden kategorioille (osa 1).

	V1	V2	V3	V4	T1 Katos	V5
Runkomateriaalit	x	x	x		x	x
Paneelit ja laudat		x		x	x	x
Kertopuut						
Eristeet						
Levyt						
Muovit ja huovat						

Taulukko 12. Varastoiden optimaalisuus vakio materiaalinimikkeiden kategorioille (osa 2).

	V6	V7	V8	H1	H2	H3
Runkomateriaalit		x		x	x	x
Paneelit ja laudat		x				
Kertopuut				x	x	x
Eristeet	x		x			x
Levyt	x			x		x
Muovit ja huovat		x				x

Varastoiden sopivuuden määrittämisen jälkeen tulee verrata logistiikan tehokkuutta varastoiden ja käyttökohteiden etäisyyksien määrittämisellä. Kohdeyrityksellä on tuotantolaitoksessa X kolme erillistä tuotantorakennusta, joihin materiaalia tulee toimittaa. Rakennukset ovat merkitty pohjakuvaan kuviossa 9 seuraavilla merkinnöillä: T1 (tehdas 1), T2 (tehdas 2) ja T3 (tehdas 3). Mittasimme etäisyydet logistiikkareittejä kulkien jokaisen varaston ja käyttöpaikan välillä kohdeyrityksen tuotantolaitoksen pohjakuvasta. Varastoiden osalta ne ovat jaettu käytettävyyden mukaan jokaisen tuotekategorian alle ja etäisyydet ovat mitatut kyseisen materiaalin tarkkaan käyttöpaikkaan. Mittauksen tulokset ovat esitettynä kuvassa 8, jossa etäisyyden ilmoitusyksikkönä metri. Logistiikkareittien etäisyydet mahdollistavat käytettävien varastojen vertailun eri materiaalinimikkeille ja mahdollistavat materiaalien optimaalisen sijoittelun.

	T1			T2			T3		
	Pisin	Lyhin	Keskimääräinen ajomatka	Pisin	Lyhin	Keskimääräinen ajomatka	Pisin	Lyhin	Keskimääräinen ajomatka
Runkomateriaalit									
H3	262,8	179,2	221,0	219,0	140,7	179,9	131,5	49,5	90,5
H2	260,3	161,8	211,0	330,1	231,5	280,8	230,9	132,3	181,6
H1	328,5	205,0	266,8	402,4	279,0	340,7	311,6	188,2	249,9
V1	137,9	43,8	90,9	62,6	60,3	61,5	181,5	103,8	142,7
V2	92,1	46,3	69,2	105,3	59,5	82,4	226,0	180,3	203,1
V3	63,0	14,5	38,7	141,2	91,1	116,2	230,6	180,6	205,6
V5	204,6	174,48	189,6	176,2	142,5	159,3	79,3	44,6	61,9
V7	134,8	85,0	109,9	227,1	177,3	202,2	255,7	206,3	231,0
T1 sivu	99,5	45,6	72,6	132,8	81,0	106,9	174,7	122,9	148,8
Ulkoverhoukset									
T1 sivu	99,5	45,6	72,6	132,8	81,0	106,9	174,7	122,9	148,8
V4	111,2	45,8	78,5	133,1	61,2	97,1	177,2	103,4	140,3
V2	236,1	185,8	210,9	153,1	102,8	127,9	197,0	147,1	172,0
V5	132,1	101,1	116,6	40,0	20,0	30,0	79,3	44,6	61,9
V7	134,8	85,0	109,9	227,1	177,3	202,2	255,7	206,3	231,0
Kertopuut									
H1	328,5	205,0	266,8	402,4	279,0	340,7	311,6	188,2	249,9
H2	366,0	169,0	267,5	445,2	248,2	346,7	343,3	146,3	244,8
H3	262,8	179,2	221,0	83,7	27,8	55,7	134,8	52,9	93,9
Eristeet									
H3	240,5	191,5	216,0	315,6	261,3	288,5	318,0	263,7	290,8
V8	49,4	17,0	33,2	417,2	372,4	394,8	485,3	440,4	462,9
V6	113,1	68,3	90,7	315,3	273,9	294,6	385,0	343,6	364,3
Levyt									
H1	253,2	116,5	184,9	407,6	270,9	339,3	392,9	269,5	331,2
H3	409,4	314,7	362,1	400,5	310,4	355,4	118,0	54,7	86,3
V6	135,4	92,7	114,1	287,6	246,2	266,9	444,3	403,0	423,7
Muovit									
H3	345,0	310,8	327,9	292,7	268,5	280,6	214,9	128,0	171,4
V7	93,5	48,9	71,2	301,0	251,3	276,1	465,4	235,9	350,6

Kuva 8. Varastoiden logistiikan etäisyydet materiaalikategorioittain käyttöpaikoista metreinä.

Nyt varastoiden optimaalisuuden, tehokkuuden ja logistiikan etäisyyksien määrittämisen jälkeen voimme aloittaa kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden varastoiden määrittämisen prosessin. Ensimmäisenä tarvitsemme tiedon eri materiaalinimikkeiden varastointimääristä ja suhteista, jotta voimme määrittää jokaisen materiaalinimikkeen ja täten materiaalikategorian tarvitseman tilan. Osiossa 4.3 määritettyjen vakioiden materiaalinimikkeiden varastotasojen mukaan saamme eri materiaalikategorioiden tarvitseman tilan varastoinnissa (Ks. liitteet 3–8). Voimme määrittää jokaisen nimikkeen osalta maksimaalisen varastotason mukaan tarvittavan varastotilan, jotta kaikki vakiot materiaalinimikkeet saadaan varastoitua kohdeyrityksen varastoihin. Käyttämällä varastotilan tarvetta ja vertailemalla eri nimikkeiden välistä tarvetta, voimme viimein määrittää optimaalisen varastoiden layoutin kohdeyritykselle tuotantolaitoksessa X.

Edellä listattujen esitietojen pohjalta voimme määrittää optimaalisen layoutin kohdeyrityksen tuotantolaitoksessa X. Vertailemalla varastorakennuksien ominaisuuksia

ja soveltuvuuksia, varastoiden etäisyyksiä käyttöpaikoista ja materiaalinimikkeiden tilantarpeita, saamme muodostettua tasapainoisen kokonaisuuden, jossa on tehty osittain kompromisseja saavuttaaksemme tasapainoisen varastointimallin kohdeyrityksen tarpeille. Kohdeyrityksen uusi varastoiden layout on mallinnettu kuviossa 10. Tämä varastoiden layout-malli on optimoitu kohdeyrityksen nykytilanteeseen ja vastaamaan uuden tuotantohallin (T3) täyden kapasiteetin käyttöä. Muutokset kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X toiminnassa, varastoinnin tarpeissa, materiaalinimikkeiden varastokapasiteetin tarpeessa tai muissa varastoihin vaikuttavissa toiminnoissa vaativat varastoiden layoutin uudelleen käsittelyä. Nykyinen layout on myös tarkoitettu kehitettäväksi nykyisen toiminnan ohella ja mahdolliset havaitut varastoinnin kehitysideoit voivat tehostaa esitettyä layout-mallia. Osiossa 4.4.2 käsitellään jokaisen erillisen varaston sisälogistiikan osalta materiaalien optimaalinen sijoittelu varastoon ja perustellaan jokaisen varaston osalta, miksi juuri kyseiset materiaalit ovat varastoituna tiettyyn varastoon.

Kuva sensuroitu.

Kuvio 10. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastojen layout-mallinnus (suurennos, Ks. Liite 2).

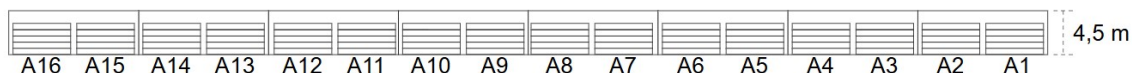
4.4.2 Varastoiden sisälogistiikka

Varastoiden layoutin lisäksi meidän tulee määrittää, kuinka vakiot materiaalinimikkeet varastoidaan jokaisessa varastossa, havainnoida ja määrittää jokaisen varaston rajoitteet sekä listata jokaiselle materiaalinimikkeelle vakiovarastopaikka maksimaalisen varastotason suhteen. Tässä osiossa määritetään myös varastoiden käytettävyyden tehokkuus, joka vaikuttaa suoraan kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X logistiikan toimintaan ja tehokkuuteen. Varastoiden sisälogistiikan prosessin vakioimisella ja varastopaikkojen vakioimisella selkeytämme kohdeyrityksen varastonhallintaa ja läpinäkyvyyttä koko organisaation toiminnassa. Yhä vakioidummat prosessit

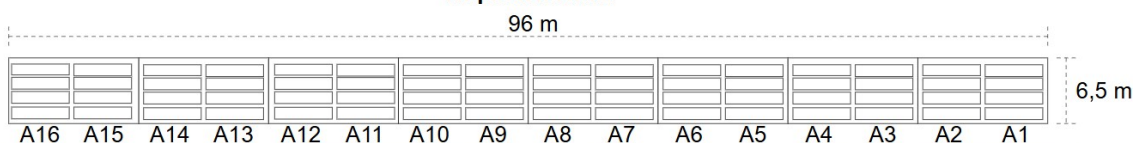
mahdollistavat varastoinnin ja varastonhallinnan jatkokehittämisen ja tarvittavien muutosten tarkan suunnittelun sekä toteuttamisen.

Kohdeyrityksen varastoiden layoutin osalta varaston 1 (V1) varastoinnin käyttötarkoitus on varastoida pituuksien 3 m – 6 m runkomateriaalit. Varaston rajoitteena on käytettävyys alle 12 m leveydelle ja lyhyt syvyysuuntainen tila ei mahdollista muiden, kuin runkomateriaalien tehokasta varastointia tässä varastossa. Varaston 1 ominaisuuksien ja yleisen sijainnin vuoksi varaston käyttö runkomateriaalien varastointiin on tehokkain käyttötarkoitus kyseiselle varastolle. Itse materiaalinimikkeiden varastoinnissa, nimikkeet ovat pakattuna nippuihin, joita on tehokas pinota varastoon. Varastoinnissa tulee kuitenkin huomioida materiaalien kierto varastossa, sillä nippuja pinotessa alempien ja taaempien nippujen saatavuus laskee. Siispä useiden eri materiaalien varastointi samaan jonoon tulisi välttää, jos mahdollista, jotta maksimoidaan varaston kiertävyys ja materiaalien saatavuus. Kuvassa 9 on mallinnettu varaston 1 materiaalien sijoittelua varastoon, merkitty varastopaikat ja esitetty kuvat varastoiden entisestä tilanteesta (entinen tilanne ei havainnollista tarkasti uuden mallin mukaista varastointia).

Etupuolen Kuva



Yläpuolen Kuva



Kuva 9. Varaston 1 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

Materiaalinimikkeiden sijoittelulla varastoon mahdollistetaan tehokas materiaalien kierto, saatavuus ja tuotantolaitoksen logistiikan toimivuus. Materiaalien sijoittelussa tulee myös huomioida varaston tilan rajoitukset tilan määrän ja käyttörajoitusten osalta. Kun nämä asiat ovat huomioituna, varmistetaan varastosuunnitelman toiminta käytännössä. Taulukossa 13 on listattuna varaston 1 varastoitavat materiaalinimikkeet ja jokaiselle materiaalinimikkeelle on määritetty vakio varastopaikka. Tilankäytön osalta osa sama dimension materiaalinimikkeistä joudutaan varastoimaan samalla varastopaikalla. Tämä tarkoittaa logistiikan lisäkuormitusta materiaaleja noudettaessa tuotantoon, mutta käytettävän tilan rajoitteiden vuoksi nimikkeet joudutaan varastoimaan samoille varastopaikoille. Varastopaikkojen määrittämisessä on myös jouduttu huomioimaan vierekkäisten parillisten varastopaikkojen leveysrajoitteet, jotka ovat alle 12 m varaston pylväiden vuoksi. Täten varaston tehokkaan käytettävyyden vuoksi lyhyemmät mitat on varastoitu pidempien mittojen kanssa vierekkäisille varastopaikoille. Osalla nimikkeistä on varaston 1 lisäksi varastopaikat toisessa varastossa varaston kierron ja varastotason määrän vuoksi, jonka vuoksi näiden nimikkeiden osalta varastossa 1 varastoitava määrä on merkitty sulkuihin.

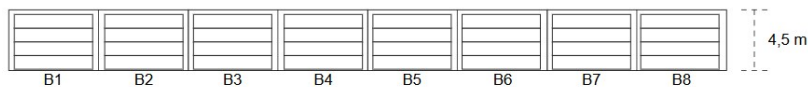
Taulukko 13. Varaston 1 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (nippu)
500308	A16	2
500315	A14	4
500318	A15	4
500321	A15	6
500323	A14	6
500326	A12	3
500329	A13	2
500331	A13	2
500337	A12	3
500340	A10	5
500344	A11	4
500346	A11	4
500349	A10	4
500352	A8	5
500353	A8	5
500356	A9	3
500359	A9	3
500361	A7	5

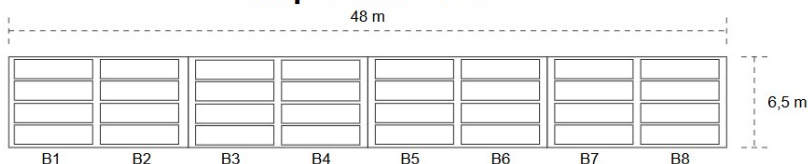
500364	A5	12
500365	A6	8
500368	A6	8
500371	A4	10
500373	A3	12
500279	A2	16 (8)
500281	A1	16 (8)

Kohdeyrityksen varaston 2 (V2) käyttötarkoituksena on varastoida runkomateriaaleja. Varasto on yhtäläinen varaston 1 kanssa, jonka vuoksi se soveltuu varastoimaan runkomateriaaleja tehokkaasti. Varaston tilan rajoitteena ovat leveys suuntainen rajoitus 12 m pitkille tuotteille varaston pylväiden vuoksi ja syvyys suunnan rajoitus muiden materiaalien tehokkaaseen varastointiin. Varaston 2 käytössä tulee myös huomioida varaston käytettävyys ja materiaalien kiertävyys, kuten varaston 1 osalta, jotta kohdeyrityksen tavoitteleva FIFO-periaate toteutuisi varaston käytössä ja logistiikan tehokkuutta saadaan parannettua. Kuvassa 10 on mallinnettu varaston 2 materiaalien sijoittelua varastoon, merkitty varastopaikat ja esitetty kuvat varastoiden entisestä tilanteesta (entinen tilanne ei havainnollista tarkasti uuden mallin mukaista varastointia).

Etupuolen Kuva



Yläpuolen Kuva



Kuva 10. Varaston 2 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

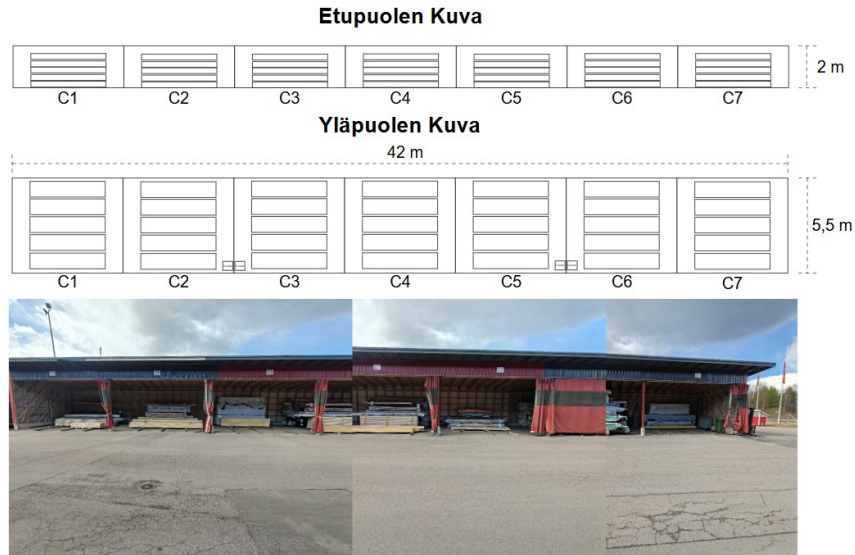
Taulukossa 14 on listattuna varastossa 2 varastoitavat vakiot materiaalinimikkeet, niiden vakiot varastopaikat ja materiaalinimikkeiden (varastopaikkojen) maksimaaliset varastotasot. Varastossa 2 on toiset varastopaikat osalle varastossa 1 varastoitavista materiaalinimikkeistä, joiden varaston 2 saldot ovat merkitty sulkeisiin. Lisäksi varastossa 2 varastoidaan dimensioiltaan harvemmin kulutettuja runkomateriaaleja, jotka voidaan varastoida pienempään tilaan. Varastosta 2 on myös varattu tilaa projektille tilattaville runkomateriaaleille, joiden varastotilan tarve on vaihteleva. Projektikohtaisille runkomateriaaleille ennalta varattu tila mahdollistaa varastoinnin ja varastonhallinnan joustavuuden, joka auttaa ennalta varautumaan varaston tulevaisuuden mahdollisiin tarpeisiin. Projektikohtaisten materiaalien puuttuessa kyseistä tilaa voidaan käyttää tasapainottamaan runkomateriaalien varastoinnin muutostilanteita tai logistiikan ylikuormitusta.

Taulukko 14. Varaston 2 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (nippu)
500279	B2	16 (8)
500280	B3, B4	12
500281	B1	16 (8)
500389	B5	2
500285	B5, B6	3
500297	B6	2
Projektikohtaiset runkomateriaalit (lankut yms.)	B7, B8	x

Kohdeyrityksen varastossa 3 varastoidaan runkomateriaalien osalta lautoja ja rimoja. Runkomateriaaleista laudat ja rimat sopivat ominaisuuksiltaan ja varastomääriltään parhaiten varastoon 3. Ominaisuuksiltaan varasto 3 on matalampi ja kokonaisuudessaan pienempi versio varastoista 1 ja 2, jonka vuoksi siinä on tehokasta varastoida pienen varastotason runko- ja puutavaroita. Varasto soveltuu tehokkaasti puutavarannippujen varastointiin pinoamalla nippuja varastoon. Varaston käytettävyys ja materiaalien kierto tulee kuitenkin huomioida varastopaikoille varastoitavissa määrissä, jotta materiaalit olisivat suhteellisen saatavilla ja helposti logistiikan käytettävissä. Varaston 3 ominaisuudet, materiaalien sijoittelu varaston sisälogistiikassa ja vakiot varastopaikat

ovat mallinnettu kuvassa 11. Kuvasta 11 voi havainnoida myös varaston ominaisuudet visuaalisesti.



Kuva 11. Varaston 3 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

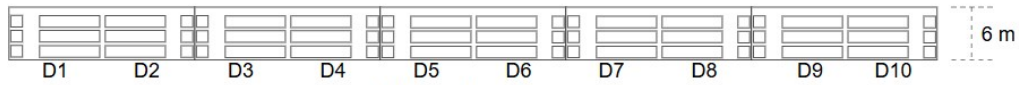
Taulukossa 15 on listattu kohdeyrityksen varastossa 3 varastoitavat materiaalinimikkeet sekä määritetty niiden vakiot varastopaikat ja varastopaikkojen varastotasot. Varastossa varastoidaan runkomateriaalien määriltään pienet laudat ja rimat, projektikohtaiset runkomateriaalit lautojen ja rimojen osalta sekä varastosta on varattu varastopaikka kohdeyrityksen työmaalle keräiltävistä materiaalinimikkeistä kerätyt pakkaukset. Varastossa 3 riittää hyvin tila varastoitavien materiaalinimikkeiden varastointiin ja käsittelyyn ja projektikohtaisille nimikkeille varattuja varastopaikkoja voidaan käyttää tarpeen mukaan uusien tai muiden materiaalinimikkeiden varastointiin.

Taulukko 15. Varaston 3 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

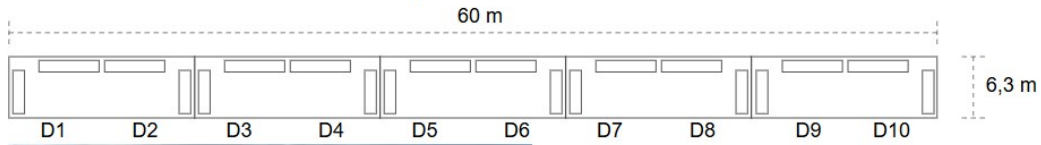
Nimike	Varastopaikka	Määrä (nippu)
500335	C7	2
301037	C6	7
301100	C5	3
301040	C4	4
Projektikohtaiset runkomateriaalit (laudat, rimat, yms.)	C3	x
Projektikohtaiset runkomateriaalit (laudat, rimat, yms.)	C2	x
Työmaalle keräiltävät materiaalipakkaukset	C1	x

Kohdeyrityksen varastoinnissa materiaalinimikkeet ovat jaettu vakioihin materiaalinimikkeisiin, sekä projektikohtaisiin materiaalinimikkeisiin. Suurin osa kohdeyrityksen käyttämistä ulkoverhouspaneeleista ja osa hienosahatuista laudoista tilataan projektikohtaisesti ja nämä materiaalit tarvitsevat oman tehokkaan varastointijärjestelmänsä. Näiden projektikohtaisten materiaalityyppien vaihtelevuus on suuri ja niiden kysyntä tuotannossa voi vaihdella suuresti. Tämän vuoksi jokainen projektikohtainen materiaali tulee olla helposti saatavilla varastoista. Ratkaisuna tähän ongelmaan valittiin hyllykköratkaisu, jossa yksittäiset niput ovat varastoituina hyllykköihin varaston sisällä. Näin varastointi tarjoaa joustavuutta ja tehokkuutta projektikohtaisten paneelien ja lautojen varastointiin ja tehostaa koko kohdeyrityksen varastointi- ja logistiikkaprosessia. Kohdeyrityksen varasto 4 valikoitui toimivaksi varastoksi toteuttaa hyllykköratkaisu tarjoten tilan hyllyille ja suojaten varastoituja materiaaleja. Kuvassa 12 on esitetty varaston 4 varastointiratkaisu varaston sisälogistiikan osalta, nimetty varastopaikat ja havainnollistettu hyllykköratkaisun luomaa muutosta kuvilla. Hyllykköratkaisu laskee maksimaalista varastokapasiteettia varaston 4 osalta, mutta varaston käytettävyys nostaa varastoinnin ja logistiikan tehokkuutta niin paljon, että varastokapasiteetin uhraus on kannattava.

Etupuolen Kuva



Yläpuolen Kuva



Kuva 12. Varaston 4 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

Taulukossa 16 on listattuna varastossa 4 varastoitavat projektikohtaiset materiaalit. Varaston 4 varastoitavat projektikohtaiset materiaalit ovat rajattu ulkoverhouspaneeliin ja hienosahattuihin lautoihin. Nämä materiaalit ovat varastomääriltään suurimpia projektikohtaisia materiaaleja ja vaativat täten suuren määrän varastotilaa. Lisäksi materiaalit tulee olla helposti saatavilla varastoista, jonka vuoksi materiaalit tulee varastoida hyllyköissä. Nimetyt varastopaikat auttavat projektimateriaalien jäljitettävyydessä kohdeyrityksen ERP-järjestelmän ja varastointijärjestelmän kautta.

Taulukko 16. Varaston 4 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

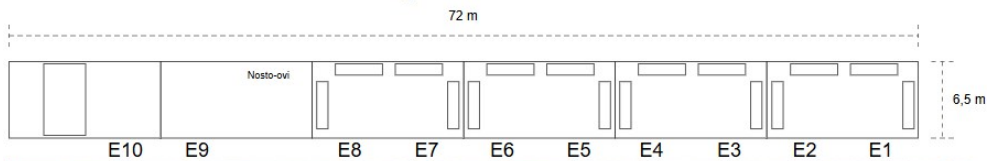
<u>Nimike</u>	<u>Varastopaikka</u>	<u>Määrä (nippu)</u>
Projektikohtaiset ulkoverhouspaneelit	D1–D10	x
Projektikohtaiset hienosahatut laudat	D1–D10	x

Kohdeyrityksen varasto T1 Katos toimii myös projektikohtaisten ulkoverhouspaneelien ja hienosahattujen lautojen varastoinnissa. T1 Katos on ominaisuuksiltaan vastaava varasto 4:n kanssa ja projektikohtaiset materiaalit varastoidaan varastoon sijoitetuilla oksahyllyillä. Kuvassa 13 on esitetty varaston T1 Katos varastointiratkaisu varaston sisälogistiikan osalta, nimetty varastopaikat ja havainnollistettu hyllykköratkaisun luomaa muutosta kuvilla. Taulukossa 17 on listattu varastossa varastoitavat projektikohtaiset materiaalinimikkeet. Varastot 4 ja T1 Katos muodostavat yhdessä kokonaisuuden projektikohtaisten ulkoverhouspaneelien ja hienosahattujen lautojen varastointiin. Varastojen läheinen sijainti optimoi materiaalien käsittelyä ja logistiikkaa yhdistämällä kahden varaston kapasiteetin samaan varastointikäyttöön.

Etupuolen Kuva



Yläpuolen Kuva

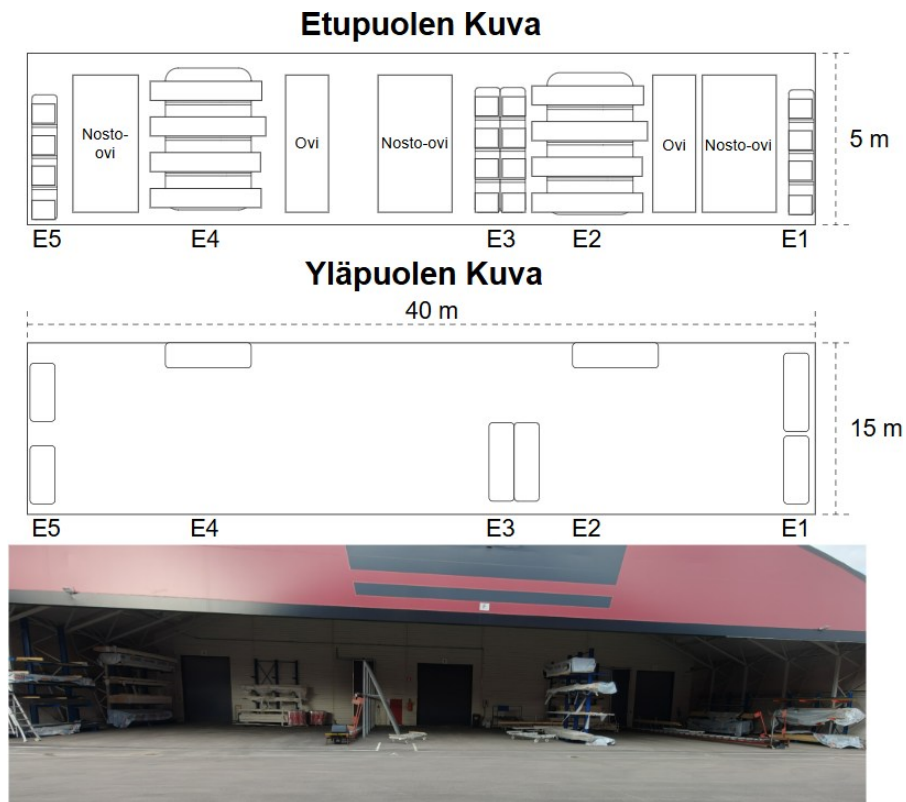


Kuva 13. Varaston T1 Katos sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

Taulukko 17. Varaston T1 Katos materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

<u>Nimike</u>	<u>Varastopaikka</u>	<u>Määrä (nippu)</u>
Projektikohtaiset ulkoverhouspaneelit	E1–E8	x
Projektikohtaiset hienosahattut laudat	E1–E8	x

Projektikohtaisten ulkoverhouspaneelien ja hienosahattujen lautojen lisäksi kohdeyrityksen vakiomateriaaleihin kuuluu näitä materiaalinimikkeitä. Vakiomateriaalinimikkeiden osalta paneelien ja lautojen nimikkeet ovat vähäiset, joten niiden varastointiin ei tarvitse suurta kapasiteettia. Täten näiden materiaalinimikkeiden varastointi soveltuu parhaiten varastoitavaksi varastossa 5. Kuvassa 14 on mallinnettu varaston 5 sisälogistiikka, nimetty varastopaikat ja esitetty kuva varastosta. Varasto sijaitsee tuotantohallin 2 perällä, jonka vuoksi varaston oksahyllyt on tullut sijoitella väljästi, jotta logistiikan kulku tuotantohalliin onnistuu ongelmitta. Varaston 5 nykyinen kapasiteetti sopii nykyisten vakiovaraston ulkoverhouspaneelien ja hienosahattujen lautojen varastointiin.



Kuva 14. Varaston 5 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

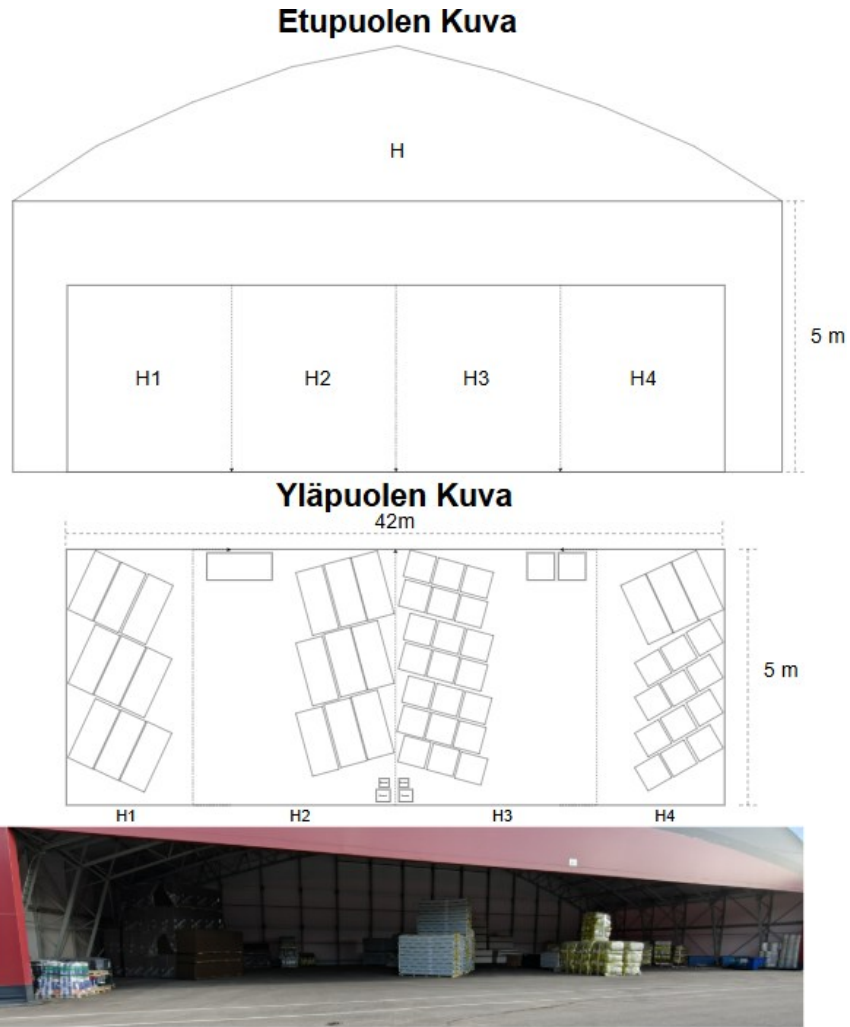
Taulukossa 18 on listattu varastossa 5 varastoitavat vakiot materiaalinimikkeet ja nimetty niiden vakiovarastopaikat sekä varastotasot. Varastopaikoista E2–E5 ovat käytettävissä materiaalinimikkeiden varastointiin ja varastopaikka E1 on varattu tuotannossa

käytettävien materiaalinimikkeiden tuotantovarastopaikaksi. Vakioille paneeleille ja laudoille pätee samat vaatimukset varastoinnin ja logistiikan osalta, kuten projektikohtaisille nimikkeille, jonka vuoksi materiaalinimikkeet tulee varastoida oksahyllyillä. Täten varmistetaan materiaalien käsittelyn tehokkuus logistiikan ja varastoinnin osalta.

Taulukko 18. Varaston 5 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (nippu)
401237	E5	2
301034	E5	1
401797	E5	1
301161	E5	1
500403	E4	1
500404	E4	1
500401	E3	1
500402	E3	1
500397	E3	1
500398	E3	1
500395	E2	2
500396	E2	2

Kohdeyrityksen varasto 6 on hallimainen rakennus, joka muodostaa avonaisen varaston ilman oviaukon sulkemista. Varasto 6 on tilava ja avoin varasto, joka soveltuu tehokkaasti levynippujen ja eristelavojen varastointiin. Materiaalien pinoaminen mahdollistaa tehokkaasti avaran ja korkean varastotilan tehokkaan käytön. Kuvassa 15 on mallinnettu varaston 6 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuva varastosta. Varastoinnissa tulee huomioida varaston avonainen oviaukko, joka ei suojaa materiaaleja säältä kattavasti. Suuri oviaukko mahdollistaa sateen ja lumen pääsyn varaston oviaukon lähellä varastoitaviin materiaaleihin, jonka vuoksi oviaukko tulisi saada suojatuksi tai materiaalien varastointia olisi rajoitettava.



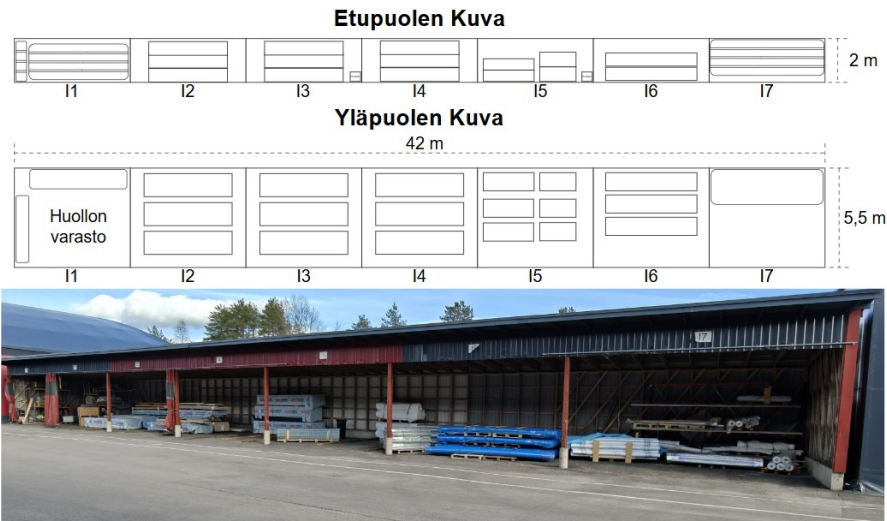
Kuva 15. Varaston 6 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

Taulukossa 19 on listattuna varastossa 6 varastoitavat vakiomateriaalinimikkeet, niiden vakiot varastopaikat ja nimikkeiden varastotasot. Varastossa 6 varastoidaan kohdeyrityksen levyjä, eristeitä, huopia sekä projektikohtaisia materiaaleja. Varastopaikat H1, H2 ja H3 ovat käytössä vakioiden materiaalinimikkeiden varastointiin. Nimetyt varastopaikat on mitoitettu varastoimaan näiden vakioiden materiaalinimikkeiden varastotasot ja saavuttamaan tehokas varastotilan käyttö ja logistiikka. Varaston 6 varastopaikka H4 on varattu täysin projektikohtaisten levyjen, eristeiden ja muiden vastaavien projektikohtaisten materiaalien varastointiin, sillä näiden projektikohtaisten materiaalien määrä on suhteellisen suuri.

Taulukko 19. Varaston 6 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (lava)
500303	H1	10
500304	H1	10
500127	H1	1
500008	H2	1
500218	H2	15
500208	H2	4
500420	H3	4
500418	H3	30
Projektikohtaiset materiaalit (levyt, eristeet, yms.)	H4	x

Kohdeyrityksen varastossa 7 varastoidaan hienosahattuja lautoja ja muoveja. Varasto on vastaava varasto varaston 3 kanssa ja soveltuu tehokkaasti pienen määrän puutavaraniippujen varastointiin ja muovilavojen varastointiin. Puutavaraniiput voidaan pinota varastoon ja muovilavat voidaan pinota ja asetella hyllyköille tehokkaan varastoinnin saavuttamiseksi. Kuvassa 16 on mallinnettu varaston 7 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuva varastosta.

**Kuva 16.** Varaston 7 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

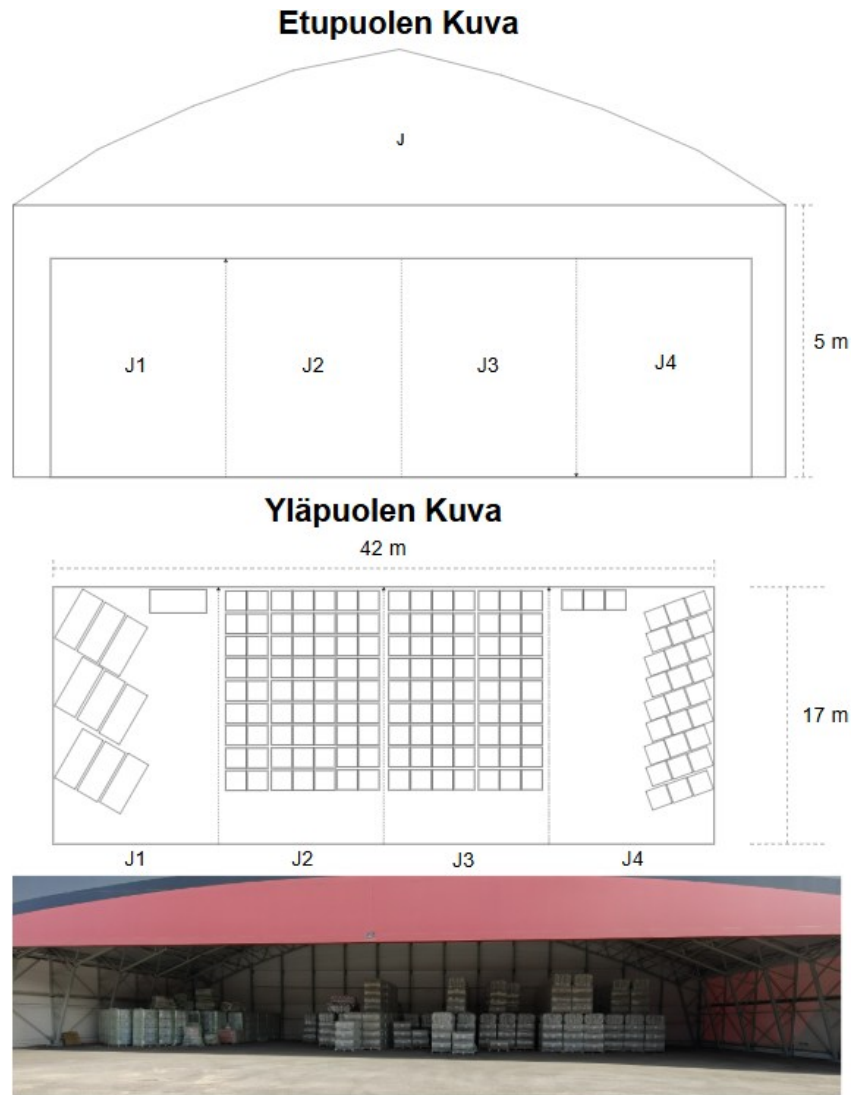
Taulukossa 20 on listattu varastossa 7 varastoitavat vakiot materiaalinimikkeet, niiden vakiot varastopaikat ja varastotasot. Varastopaikat I2, I3 ja I4 ovat käytössä hienosahattujen lautojen varastointiin, jotta niiden käsittely olisi mahdollisimman tehokasta. Varastotilan tarpeen vaatiessa hienosahattujen lautojen varastointi voidaan

tiivistää kahteen varastopaikkaan, mutta tämä laskee logistiikan tehokkuutta. Varastopaikat I5, I6 ja I7 ovat käytössä muovien varastointiin, jotta laaja vakiomateriaalien määrä saadaan varastoitua tehokkaasti. Viimeinen varastopaikka I1 on käytössä kohdeyrityksen huollon tarvikkeiden varastointiin.

Taulukko 20. Varaston 7 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (lava)
301036	I4	4
301262	I3	2
401797	I2	2
401649	I5	2
401820	I5	2
500124	I5	2
301180	I5	1
301179	I6	2
500003	I6	4
301176	I6	1
500023	I7	1
500241	I7	1
500016	I7	1
Projektikohtaiset muovit	I7	x

Kohdeyrityksen varasto 8 on käytössä eristeiden varastoimiseen. Eristeiden vakioiden materiaalinimikkeiden kattaus on laaja ja eristeiden varastotasot ovat suuret. Tämän vuoksi koko varasto 8 on käytössä eristeiden varastointiin. Eristeet on sijoitettu varastoon riveittäin maksimoidakseen tilankäytön tehokkuus ja varaston käytettävyys. Eristeet voidaan pinota kahteen tasoon, joka lisää varastoitavaa tilaa pinta-alaa kohden. Varasto 8 on jaettu neljään erilliseen varastopaikkaan: J1, J2, J3 ja J4, jotta eristeiden varastopaikat voidaan määritellä tarkemmin varaston sisällä. Kuvassa 17 on mallinnettu varaston 8 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuva varastosta.



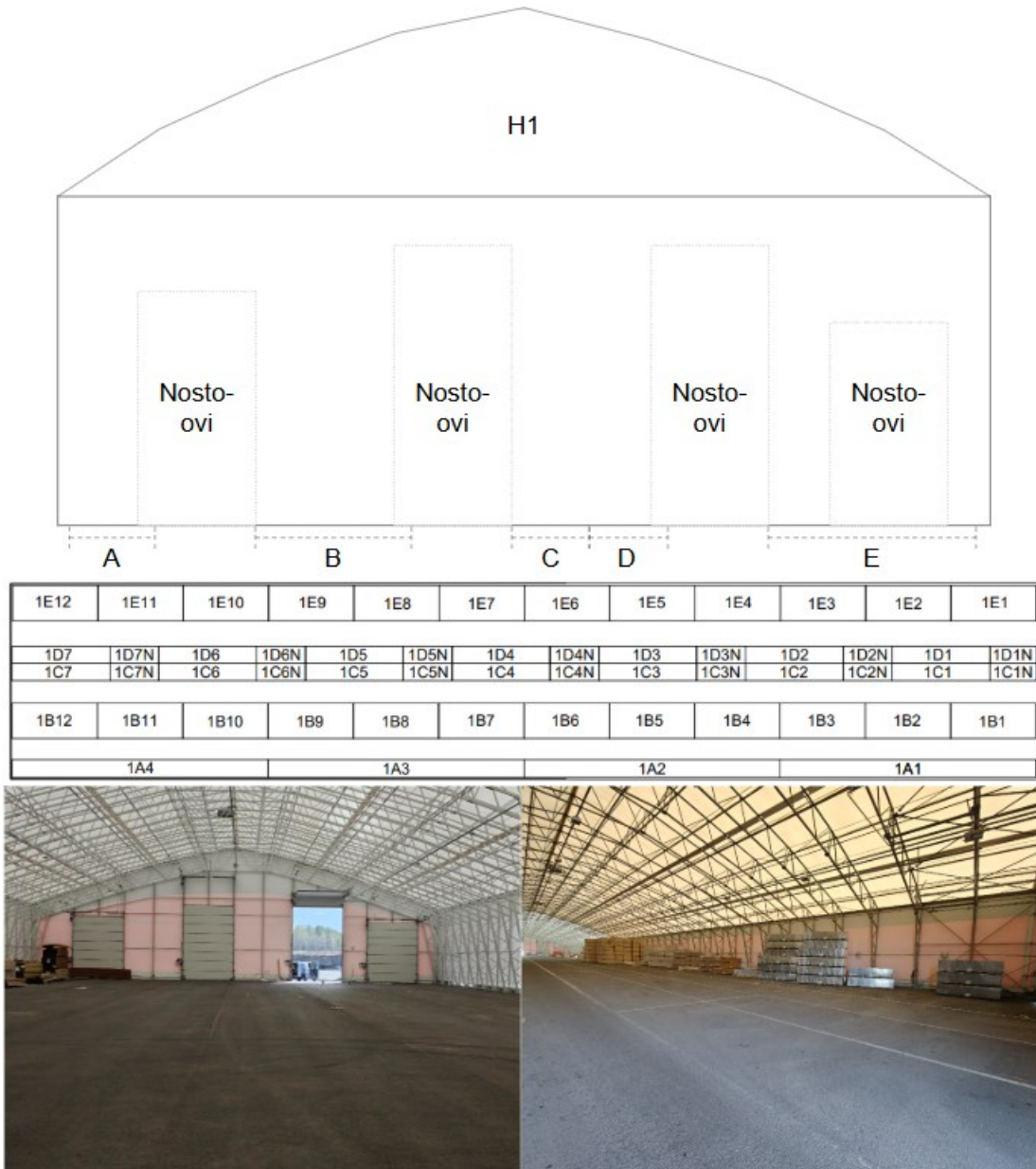
Kuva 17. Varaston 8 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelu.

Taulukossa 21 on listattu varastossa 8 varastoitavat eristeet, listattu materiaalinimikkeiden vakiot varastopaikat ja varastotasot. Varastossa varastoidaan kahden tyyppin eristelevyt eri dimensioissa, eristematot ja eristekaistat. Eristeiden vakioiden materiaalinimikkeiden varustetasot vaihtelevat suhteutettuna tuotannon tarpeeseen, jonka vuoksi varaston 8 varastila on allokoitu nimikkeille niiden varastotason mukaan. Pienen varastotason nimikkeet tarvitsevat kuitenkin vähintään kahden lavan välisen tilan varastosta, jotta logistiikan koneet voivat päästä käsiksi materiaaleihin.

Taulukko 21. Varaston 8 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (lava)
500162	J4	2
301099	J4	15
301008	J4	20
401021	J4	6
301009	J3	15
301123	J3	20
500140	J3	85
500198	J2	2
401832	J2	15
500146	J2	2
401725	J2	6
500391	J1	4
500121	J1	5
500392	J1	3
500390	J1	3
500147	J1	3

Kohdeyrityksen halli 1 on ensimmäinen hallimainen varastorakennus ja eroaa perinteisistä varastoista suuren pinta-alansa vuoksi. Kohdeyrityksen hallit ovat suunniteltuja varastoimaan pääasiassa valmist tuotteita, mutta soveltuvuutensa vuoksi ovat myös käytössä osan raaka-aineiden varastoinnissa. Hallissa 1 varastoidaan suurin osa kohdeyrityksen levyistä, vakiot ja projektikohtaiset painekyllästetyt puutavarat ja projektikohtaisesti tilattavat ikkunat. Levyt soveltuvat suurten varastotasojensa vuoksi varastoitavaksi hallissa 1 ja varastointitapa tehostaa logistiikan toimintaa. Paineekyllästetyn puutavaran tarve tuotannossa on hyvin vaihtelevaa sekä niiden varastotasot vaihtelevat suuresti, jonka vuoksi niille ei ole tehokasta varata varastotilaa muista varastoista. Ikkunoiden osalta varastomäärät vaihtelevat tuotannon kulutuksen mukaan ja varastopaikkojen tarpeet ovat yksilöityjä projektien välillä. Varastopaikoille 1A1–1A2 on merkitty tiheämmin nimetyt varastopaikat, joiden avulla tietyn projektin ikkunat voidaan löytää järjestelmästä. Ikkunoiden kasvavan varastotilan vuoksi tämä nimeäminen tulisi toteuttaa myös varastopaikoille 1A3–1A4, jotta ikkunat voitaisiin varastoida projektikohtaisesti tietyille varastopaikoille. Kuvassa 18 on mallinnettu hallin 1 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuvat varastosta.



Kuva 18. Varaston H1 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.

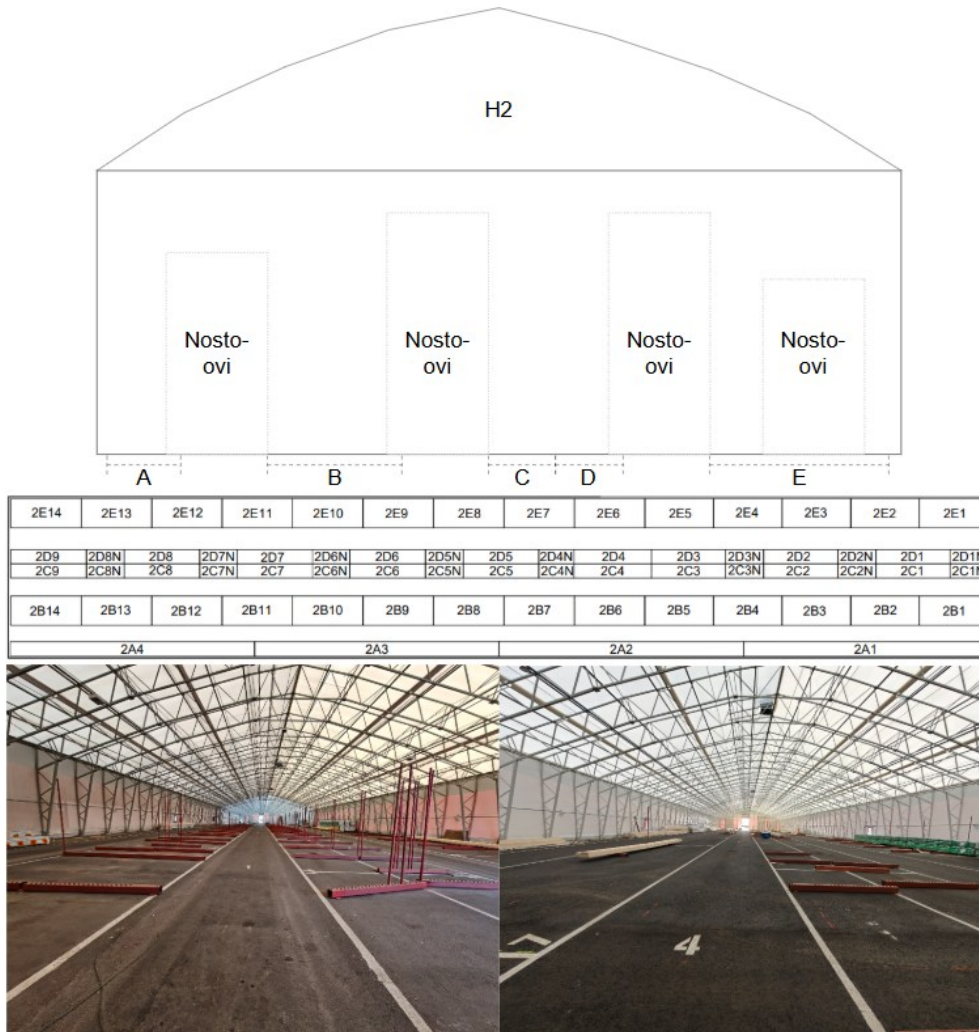
Taulukossa 22 on listattuna hallissa 1 varastoitavat vakiot ja projektikohtaiset materiaalinimikkeet. Levyt ovat varastoituina varastopaikoille 1E1–1E9 ja ne ovat paikoitettu varastotasojen vaatiman varastotilan mukaan. Vakiot ja projektikohtaiset painekyllästetyt puutavara ovat varastoituina varastopaikoille 1E10–1E11 vaatien suhteellisen pienen määrän varastotilaa. Projektikohtaisesti tilattavat ikkunat ovat varastoituina varastopaikoille 1A1–1A4, jotta jokaisen projektin ikkunat voidaan

varastoida erilleen ja ovat helposti löydettävissä. Varastopaikka 1E12 on varattu kohdeyrityksen asennuksen tavaroiden säilyttämiseen ja työmaalle lähettämistä varten.

Taulukko 22. Varaston H1 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (lava)
500271	1E1	8
500272	1E1	12
500273	1E2	12
500274	1E2	12
500268	1E3	5
500267	1E3	5
500270	1E3	5
500264	1E3	5
500263	1E4	5
500262	1E4	5
500259	1E4	6
500258	1E4	6
500261	1E5	6
500256	1E5	2
401801	1E5	2
301091	1E6	x
301277	1E6, 1E7	x
500220	1E7, 1E8, 1E9	x
500387	1E10	1
Projektikohtainen painekyllästetty puutavara	1E10, 1E11	x
Ikkunat (tilataan projektikohtaisesti)	1A1, 1A2, 1A3, 1A4	x

Kohdeyrityksen halli 2 on vastaava varastorakennus hallin 1 kanssa, mutta on pituudeltaan suurempi. Hallin 2 varastopaikkojen jakauma on vastaava hallin 1 paikoituksen kanssa, mutta hallin käyttötarkoitus eroaa valmistuotteille varatun tilan osalta. Hallissa 2 varastoidaan kaikki vakiot kertopuu materiaalinimikkeet sekä runkomateriaaleista kaikki yli 6 metriä pitkät lankut. Kertopuut ja yli 6 metriä pitkät lankut tulee varastoida hallissa 2, sillä niitä ei mahduta varastoimaan muissa varastoissa tehokkaasti. Varastoinnin ja logistiikan rajoitteena ovat ahtaat käytävätilat ja materiaalien pituudet, jotka vaativat pyöräkoneen sijaan kylkikoneen käyttöä materiaalien käsittelyssä. Kuvassa 19 on mallinnettu hallin 2 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuvat varastosta.



Kuva 19. Varaston H2 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.

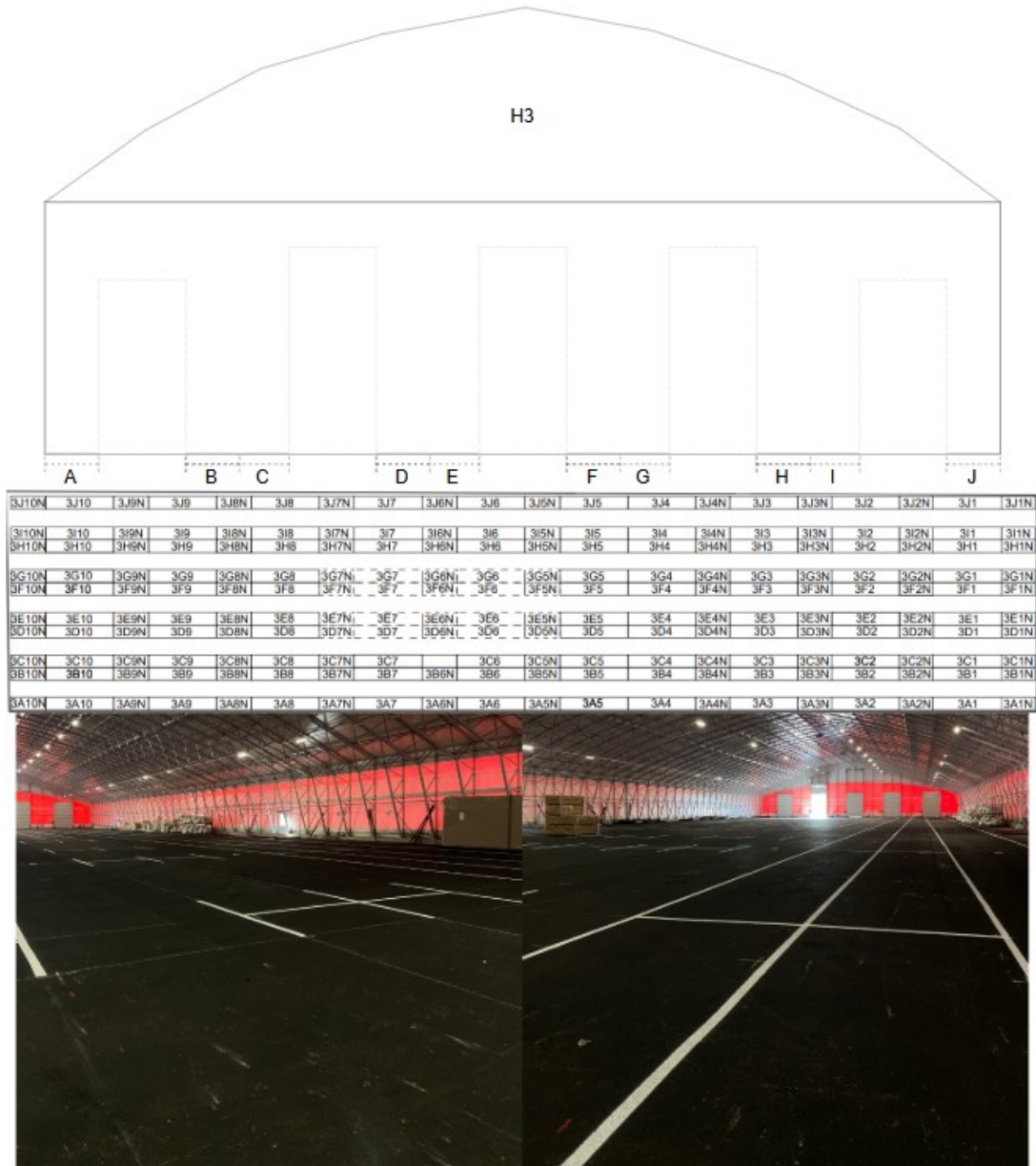
Taulukossa 23 on listattuna hallissa 2 varastoitavat materiaalinimikkeet, määritetty materiaalien vakiot varastopaikat ja varastotasot. Kertopuille on varattuna hallin 2 kapeat varastopaikat 2A1–2A4. Projektikohtaisille kertopuille voidaan käyttää lisänä rivin B varastopaikkoja. Pitkille runkotavaroille on puolestaan varattuna varastopaikat 2E1–2E7. Loput hallin 2 varastopaikoista ovat varattuna kohdeyrityksen valmistuotteiden varastointia varten.

Taulukko 23. Varaston H2 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

Nimike	Varastopaikka	Määrä (nippu)
500405	2A1	2
500406	2A1, 2A2	10

500407	2A2	x
500409	2A3	6
500410	2A4	6
500411	2A4	6
500376	2E1, 2E2, 2E3	9
500380	2E4, 2E5, 2E6, 2E7	9

Kohdeyrityksen halli 3 on varattu täysin valmistuotteiden varastointiin ja lastaamiseen. Kaikki kohdeyrityksen valmistuotteet varastoidaan säältä suojassa varastohalleissa ja toimitukset pakataan kuljetuksiin hallin sisällä. Lastaus alue sijaitsee hallin 3 keskellä, joka mahdollistaa toimituksien keräämisen lastausalueelle ja muun logistiikan tehokkaan toiminnan lastauksien yhteydessä. Ainoat hallissa 3 varastoitavat materiaalit ovat toimituksille keräiltävät materiaalit, jotka lastataan tuotteiden yhteydessä toimituksiin. Halli 3 on ensisijainen valmistuotteiden varasto ja sen kapasiteettia tukevat halli 2 ja halli 1, joissa varastoidaan myös kohdeyrityksen materiaaleja. Halli 3 on ominaisuuksiltaan suurempi varastorakennus verrattessa halliin 2 ja 1, mutta on rakenteeltaan yhtäläinen näiden varastorakennusten kanssa. Kaikki hallien 1, 2 ja 3 varastopaikat ovat merkittyjä varastojen lattioihin maalamalla, joka tehostaa valmistuotteiden varastointia ja seurantaa kohdeyrityksen ERP- ja varastointijärjestelmistä. Kuvassa 20 on mallinnettu hallin 3 sisälogistiikka ja materiaalien sijoittelua, nimetty varastopaikat ja esitetty kuvat varastosta.



Kuva 20. Varaston H3 sisälogistiikka ja varastopaikkojen sijoittelu.

Taulukossa 24 on listattuna hallissa 3 varastoitaville toimituksille keräiltäville materiaaleille varatut varastopaikat. Toimituksille keräiltävät materiaalit ovat tehokkainta varastoida lastausalueen yhteydessä, jotta ne ovat tehokasta lastata tarvittaville toimituksille. Tämä vähentää logistiikan kuormitusta poistamalla tarpeen noutaa keräiltävät materiaalit erikseen jokaiselle toimitukselle.

Taulukko 24. Varaston H3 materiaalit, varastopaikat ja varastotasot.

<u>Nimike</u>	<u>Varastopaikka</u>	<u>Määrä (lava)</u>
Toimituksille keräiltävät materiaalit	3J7N, 3J8, 3J8N, 3J9	x

Varastoiden sisälogistiikan ja materiaalien sijoittelun osalta nykyinen varastointisuunnitelma perustuu nykyisten materiaalinimikkeiden jakaumaan ja tarpeisiin. Varastointisuunnitelman on laadittu vastaamaan kohdeyrityksen varastointitarpeisiin ja suunnitelman osalta saavutetaan varastoinnin perustaso. Varastointi ja varastohallinta vaativat jatkuvaa kehittämistä ja tehostamista, etenkin kohdeyrityksen kovan kasvun ohella, jotta varastoinnin ja varastohallinnan tehokkuus pysyy vähintäänkin nykyisellä tasolla.

4.4.3 Tuotantolaitoksen ulkologistiikka ja materiaalivirrat

Kohdeyrityksen materiaalivirrat auttavat ymmärtämään heidän tuotantolaitoksen x ulkologistiikkaa ja materiaalien liikennettä. Logistiikan optimointi on osa varastoinnin ja varastohallinnan tehtäviä ja operaatioiden kasvaessa logistiikan optimointi, ja tehokkuuden nostaminen korostuvat varastohallinnan prosesseissa. Logistiikan toimintojen havainnollistaminen auttaa myös arvioimaan varastoinnin muutosten vaikutusta logistiikan kuormitukseen ja täten ohjaa varastoinnin kehitystä kokonaisuutta ajatellen. Tässä osiossa määritellään kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X uuden varastointimallin logistiikka- ja materiaalivirrat.

Kohdeyrityksellä on tuotantolaitoksen logistiikassa käytössään kahdentyyppisiä kuljetusajoneuvoja, joilla on molemmilla omat yksilöidyt käyttötarkoitukset. Nämä laitteet ovat pyöräkuormaajat ja kylkikoneet, joita käytetään kuljettamaan materiaaleja tuotantoon ja materiaaleja sekä valmist tuotteita varastoon. Lisäksi näillä koneilla toteutetaan kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X kaikki tarvittavat ulkologistiset toimenpiteet tuotantolaitoksen sisällä. Pyöräkuormaajaa käytetään pääasiassa materiaalien kuljettamiseen tuotantoon poissulkien tietyt materiaalit, joita

pyöräkuormaajat eivät pysty kuljettamaan. Lisäksi pyöräkuormaajia käytetään lastaamaan lähtevät kuljetukset. Kylkikoneita käytetään pääsääntöisesti kuljettamaan valmistuotteet tuotannosta varastoihin. Lisäksi kylkikoneita käytetään tiettyjen materiaalien logistiikassa, kuten pitkät kertopuut ja runkotavarat, joita ei voida kuljettaa pyöräkuormaajalla. Pyöräkuormaajaan keskinopeus materiaalien kuljetuksessa on n. 15 km/h ja kylkikoneen keskinopeus on n. 4 km/h.

Kohdeyrityksen materiaalivirrat koostuvat tuotantolaitoksessa X tuotantohalleihin kuljetettavista materiaaleista, valmistuotteiden varastoinnin liikenteestä sekä rekkaliikenteestä tuotantolaitokseen ja tuotantolaitoksesta. Näitä materiaalivirtoja tarkastelemalla voimme havainnoida logistiikan tilannetta vakionimikkeiden varastoinnin mallissa. Voimme havainnollistaa tilannetta piirtämällä materiaalivirrat kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastoinnin layouttiin. Taulukossa 25 on määritetty jokaisen materiaalikategorian käyttöpaikkojen määrät ja värikoodattu materiaalikategoriat materiaalivirtojen havainnollistamiseksi kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X layoutissa.

Taulukko 25. Materiaalikategorioiden käyttöpaikat ja materiaalivirrat.

Materiaalikategoria	Käyttöpaikkojen määrä	Materiaalivirran värikoodi
Runkomateriaalit	5	Vihreä
Ulkoeristykset (paneelit ja HS-laudat)	3	Sininen
Kertopuut	3	Turkoosi
Eristeet	6	Punainen
Levyt	5	Oranssi
Muovit	6	Violetti
Huovat	1	Keltainen
Ikkunat	3	Ruskea

Kuvassa 21 havainnollistetaan kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X nykyisen varastointimallin suunniteltuja materiaalivirtoja varastoista tuotantoon. Materiaalivirrat ovat määritetty tuotannon käyttöpaikkojen mukaan ja niistä voidaan havaita logistiset toimenpiteet, jotka tapahtuvat materiaalien toimituksesta tuotantoon ja takaisin varastoon. Materiaalivirrat ovat määritetty nykyiselle varastomallille, joka perustuu

kohdeyrityksen tämänhetkiseen vakioiden materiaalinimikkeiden luetteloon. Materiaalivirtoja analysoimalla voimme havaita mahdollisia tehokkuuden parantamismahdollisuuksia ja havaita, kuinka muutokset varastoinnissa vaikuttavat logistiikan kuormitukseen.

Kuva sensuroitu.

Kuva 21. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaalivirrat (suurennos, ks. Liite 9).

Kohdeyrityksen valmistuotteiden logistiikka koostuu tuotantohalleista 1, 2 ja 3 valmistuvien tuotteiden toimituksesta varastohalleihin 3, 2, 1 ja ulkovarastopaikalle. Pääsääntöisiä valmistuotteiden varastopaikkoja ovat hallit 3, 2 ja 1, mutta ulkovarastopaikkaa käytetään kohdeyrityksen tietyille tuotemallistolle, jotka suojataan ja pakataan tuotannossa varastoitavaksi taivasalle. Valmistuotteiden siirtojen tuotannosta varastoihin lisäksi valmistuotteita liikutetaan halleista 1 ja 2 halliin 3 lastausta varten. Koska lastausalue sijaitsee vain hallissa 3, keräillään kuormat aina hallin 3 lastausalueelle ja kuormat lastataan kokonaisuudessaan siellä. Valmistuotteiden logistiikkavirrat ovat suhteellisen yksinkertaiset, mutta ne tulee huomioida varastoinnin logistiikan kokonaisuudessa ja etenkin kylkikoneen kuormituksessa, joka vaikuttaa sen käytettävyyteen materiaalien logistiikan osalta. Määritetyn varastomallin suunnitellut valmistuotteiden logistiikkavirrat on havainnollistettu kuvassa 22.

Kuva sensuroitu

Kuva 22. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X valmistuotteiden logistiikka (suurennos, ks. Liite 10).

Kolmantena kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X logistiikan osa-alueena ovat tuotantolaitokseen saapuvat ja lähtevät kuljetukset. Suurin osa saapuvasta logistiikasta ovat materiaalikuljetuksia, joilla täydennetään kohdeyrityksen varastoja. Lähtevästä logistiikasta suurin osa on valmistuotteiden kuljetuksia ja niiden lisäksi jätekonttien tyhjennyksiä. Kuljetuksien osalta tulee huomioida, että ne vaikuttavat suoraan

kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X logistiikkaan, sillä saapuvat kuljetukset tulee purkaa varastoihin ja lähtevät kuljetukset lastata. Nämä toimenpiteet lisäävät logistiikalta vaadittavia toimenpiteitä ja kuormittavat suoraan ulkologistiikan prosesseja. Kuljetuksien huomioiminen on osa logistiikan optimointia ja tehostamista ja tämän osalta voidaan löytää huomattavia hyötyjä kokonaislogistiikan kapasiteettiin. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X uuden varastointimallin mukainen rekkiliikenne on mallinnettu kuvassa 23.

Kuva sensuroitu.

Kuva 23. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rekkiliikenne (suurennos, ks. Liite 11).

Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen logistiikalla ja materiaalivirroilla on vaikutus varastointiin ja varastonhallintaan, jonka vuoksi niiden ymmärtäminen on välttämätöntä varastoinnin ja varastonhallinnan optimoimisessa ja kehittämisessä. Ilman logistiikan optimaalista toimintaa, tehokkaan varastoinnin kautta saavutetut hyödyt voidaan menettää lähes kokonaisuudessaan, sillä materiaalit tulee saada tuotannon käyttöön tietyllä tarvehetkellä. Kohdeyrityksen logistiikan optimaalinen toiminta mahdollistaa siis koko varastoinnin optimaalisen toiminnan.

4.5 Varastoinnin kehittäminen ja tulevaisuuden tarpeiden simulointi

Tutkimuksessa määritetty kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X uusi varastointisuunnitelma saavuttaa optimaalisen perustason kohdeyrityksen varastoinnissa ja varastonhallinnassa. Todellisuudessa varastoinnin ja varastonhallinnan prosessien kehittämisen tulee olla jatkuvaa, jotta optimaalinen ja tehokas toiminta saadaan ylläpidettyä. Tässä työssä on määritetty kohdeyritykselle varastoinnin ja varastonhallinnan toimintamalli, joka saavuttaa optimaalisen perustason, mutta kokonaisuudessaan toimintaa voidaan kehittää vielä tehokkaammaksi. Lean-

johtamisfilosofian mukainen jatkuva parantaminen on ollut käytössä tuottavan teollisuuden prosessien kehittämisessä vuosien ajan ja jatkuvan parantamisen hyötyjä on tutkittu laajasti. Kokonaisuudessaan jatkuva parantaminen mahdollistaa kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan prosessien nykyisen tehokkuuden ylläpidon ja mahdollistaa prosessien tehokkuuden kasvattamisen.

4.5.1 Varastoinnin kehittäminen ja varastonhallinnan mittarit

Lean-johtamisfilosofian ja JIT-johtamisfilosofian mukaiset toimintamallit tukevat vahvasti varastoinnin ja varastonhallinnan prosesseja. Nämä prosessit ovat keskeinen osa tuotannon kokonaisuutta ja täten tuotannon kehittämisen filosofiaa tulisi kohdentaa myös varastoinnin prosesseihin. Merkittävin ominaisuus Lean-johtamisfilosofian ja JIT-johtamisfilosofian osalta on prosessien standardointi eli prosessien vakiointi. Merkittävä osa kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan uuden mallin luomisessa on ollut prosessoiden vakioinnit ja parhaiden toimintamallien löytäminen. Kuten Lean- ja JIT-ajatteluun kuuluu, vakioiden prosessien avulla voimme havaita ja kehittää epäkohtia mahdollisimman tehokkaasti. Vakiointi vähentää myös vaihtelua, joka JIT-ajattelun mukaan aiheuttaa yleisesti ongelmia yritysten tuotannon prosesseissa. Täten yritysten tulisi tukeutua toimintamallien vakiointiin kehitysprosesseissa ja luoda pohja yrityksen jatkuvalle kehittämiselle.

Kun yritys standardoi toimintamallinsa ja erinäiset prosessit, niille voidaan määrittää mittareita, joilla seurataan kyseisten toimintamallien ja prosessien suorituskykyä. Tutkielmassa määritetyt kohdeyrityksen vakiot materiaalinimikkeet ovat perusta optimaaliselle varastonhallinnalle ja tehostavat myös kohdeyrityksen hankintatoimea. Vakioiden materiaalinimikkeiden ylläpitäminen tulisi olla kohdeyrityksen merkittävä varastonhallinnan ja hankinnan kehittämisen kohde. Yleisesti materiaalinimikkeiden osalta kohdeyrityksen tulisi maksimoida vakionimikkeiden määrää ja pyrkiä vähentämään projektikohtaisten nimikkeiden määrää. Tämä lisää varastoinnin ja

varastohallinnan vakiointia, joka mahdollistaa varastoinnin paremman ennustettavuuden, tehokkuuden mittaamisen ja jatkuvan kehittämisen. Vakionimikkeille määritetyiden vakioiden varastotasojen ylläpitäminen tulisi olla myös yhtenä kehittämisen kohteena, sillä se mahdollistaa kohdeyrityksen tehokkaamman kassavirran hallinnan ja ennen kaikkea varastoinnin osalta optimoi tarvittavaa varastotilaa ja varastointikapasiteettia.

Kun lähdemme jäsentämään varastoinnin ja varastohallinnan mittareita, tulee meidän huomioida tuottavan teollisuuden eri osa-alueet mittareiden osalta. Voimme tarkastella varastoinnin ja varastohallinnan suorituskykyä useasta näkökulmasta, joista Lean-johtamisfilosofian ja JIT-ajattelun mukaan. Varastoinnin ja varastohallinnan mittareissa pelkkien taloudellisten suorituskykytekijöiden mittaaminen ei tuota kuitenkaan riittävän kattavaa tietoa prosessien toiminnoista. Fullerton ja Wempe (2009, s. 230–231) havaitsivat, että Lean-tuotantofilosofia keskittyy myös merkittävästi ei-taloudellisten suorituskykytekijöiden, kuten laadun ja toimituskyvyn, parantamiseen. Merkittävimmät varastoinnin ja varastohallinnan suorituskykytekijät ovat siis taloudellinen suorituskyky (pääoma), operatiivinen suorituskyky (tehokkuus), palvelutason ylläpidon suorituskyky (luotettavuus) ja laadullinen suorituskyky (laatu) (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85; Kaplan & Norton, 1992, s. 75–77). Voimme määrittää käytettävät mittarit näiden neljän varastoinnin ja varastohallinnan suorituskyvyn osa-alueen mukaan, joista kohdeyritys voi määrittää parhaiten soveltuvat ja toteutettavat mittarit käytäntöön varastointiin ja varastohallintaan.

Näiden tietojen perusteella voimme määrittää varastoinnissa ja varastohallinnassa mahdolliset taloudelliset, operatiiviset, palvelutason ja laadun mittarit. Taulukossa 26 on määritetty taloudellisen suorituskyvyn mittarit, taulukossa 27 operatiivisen suorituskyvyn mittarit, taulukossa 28 palvelutason suorituskyvyn mittarit ja taulukossa 29 laadullisen suorituskyvyn mittarit. Listattujen mittareiden taulukoissa on listattu mittarit, määritetty niiden kuvaus, annettu yksi mahdollinen laskentakaava ja mittarin

yksikkö. Osan mittareiden laskennassa voidaan käyttää myös vaihtoehtoisia laskentakaavoja ja yksiköitä.

Taulukko 26. Varastoinnin ja varastonhallinnan taloudellisen suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).

	Taloudellisen suorituskyvyn mittarit	Kuvaus	Laskentakaava	Yksikkö
1.	Vakio materiaaleihin sitoutunut pääoma	Vakionimikkeisiin sitoutunut pääoma	Σ (vakionimikkeen määrä \times yksikköhinta)	€
2.	Projektikohtaisiin materiaaleihin sitoutunut pääoma	Projektinimikkeisiin sitoutunut pääoma	Σ (projektinimikkeen määrä \times yksikköhinta)	€
3.	Varastoiden kokonaisarvo	Kaikkien varastoitujen materiaalien arvo	Σ (Nimikkeen määrä \times yksikköhinta)	€
4.	Hitaasti liikkuvat varastot	Osuus varastosta, joka ei kierrä tehokkaasti	(Hitaasti liikkuvien varastoiden arvo / varastoiden kokonaisarvo) \times 100	%
5.	Materiaalin varaston riittävyys tuotannossa	Varastoitujen materiaalien käytön kesto tuotannossa	Nimikkeen määrä / keskimääräinen päivittäinen kulutus	Päivä

Taulukko 27. Varastoinnin ja varastonhallinnan operatiivisen suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).

	Operatiivisen suorituskyvyn mittarit	Kuvaus	Laskentakaava	Yksikkö
1.	Varaston täyttöaste	Käytetyn varastotilan määrä kokonaiskapasiteetista	(käytetty tila / kokonaiskapasiteetti) \times 100	%
2.	Varaston kiertoaika	Aika, jossa varasto kiertää kerran	Varaston kulutus / keskimääräinen varasto	Päivä
3.	Varastoiden kierto nopeus	Varaston kiertojen määrä vuodessa	vuosikulutus / keskimääräinen varasto	Kpl
4.	Materiaalitoimitukset tuotantoon	Toimitusten määrä tuotantoon päivässä	toimitusten lukumäärä / päivä	Kpl
5.	Keräilyn tehokkuus	Toimituksille kerättävien materiaalien määrä	kerätyt rivit / päivä	Päivä
6.	Vastaanoton läpimenoaika	Aika materiaalien saapumisesta materiaalien varastointiin	vastaanottoaika – saapumisaika	h
7.	Varaston läpimenoaika	Aika materiaalien saapumisesta tuotantoon	käyttöaika – saapumisaika	Päivä

Taulukko 28. Varastoinnin ja varastohallinnan palvelutason suorituskyvyn mittarit (Gunasekaran ja muut, 2001, s. 82–85).

	Palvelutason suorituskyvyn mittarit	Kuvaus	Laskentakaava	Yksikkö
1.	Toimitusvarmuus tuotantoon	Ajallaan toimitettuiden materiaalityömituksien osuus	$(\text{ajallaan toimitetut} / \text{kaikki toimitukset}) \times 100$	%
2.	Varaston palvelutaso	Varastotasojen riittävyys kysyntään	$(\text{täytetyt tilaukset} / \text{kaikki tilaukset}) \times 100$	%
3.	Puutetilanteet	Tilanteiden määrä, joissa materiaalit eivät ole saatavilla tuotantoon tarvittavalla ajalla	puutetilanteiden lukumäärä / aikajakso	Kpl

Taulukko 29. Varastoinnin ja varastohallinnan laadullisen suorituskyvyn mittarit (Fullerton & Wempe, 2009, s. 230–231).

	Laadullisen suorituskyvyn mittarit	Kuvaus	Laskentakaava	Yksikkö
1.	Varastosaldojen täsmäys inventaariin	Varastosaldojen paikkansapitävyys	$(\text{Varastosaldot} / \text{inventaarin saldot}) \times 100$	%
2.	Keräilyvirheet	Virheellisten materiaalityömituksien keräily määrä	$(\text{virheelliset keräilyt} / \text{kaikki keräilyt}) \times 100$	Kpl
3.	Reklamaatiot varastotoiminnoista	Varastotoiminnoista ja materiaalien laadullisista virheistä johtuvat reklamaatiot	reklamaatioiden lukumäärä / aikajakso	Kpl

Listattujen mittareiden lisäksi on mahdollista käyttää myös muita mittareita ja mitata muita suorituskyvyn osa-alueita. Näiden neljän suorituskyvyn osa-alueet ja niiden mittarit ovat kuitenkin merkittävimpiä varastoinnin ja varastohallinnan suorituskyvyn mittareita. Kokonaisuudessaan jatkuvan parantamisen edellytykseksi ja Lean-johtamisfilosofian sekä JIT-ajattelun mukaan varastoinnin ja varastohallinnan prosesseja tulisi seurata ja kehittää pitkällä aikavälillä. Näin säilytetään saavutetut tehokkuuden tasot ja mahdollistetaan toiminnan tehostuminen.

4.5.2 Kohdeyrityksen varastohallinnan ja varastoinnin tulevaisuus

Materiaalien varastointimäärät ovat suoraan verrannollisia yrityksen tuotantomääriin valmistavassa teollisuudessa. Tuotantomääriä ja niiden kasvua voidaan arvioida yrityksen strategian ja kasvutavoitteiden kautta. Voimme siis olettaa materiaalien kulutuksen kasvavan suhteessa yrityksen tuotantomäärään ja täten ennustaa varastoitavien materiaalien määrä. Varastoitavien materiaalien määrän kasvaessa joudumme varautumaan varastokapasiteetin kasvattamiseen tai tehostamaan varastojen kiertoa ja hankintaa. Materiaalien kulutuksen määrän kasvaminen ei siis suoraan tarkoita varastokapasiteetin kasvattamista, mutta yrityksen kasvustrategia antaa selkeän viitekehyksen varastoinnin ja varastohallinnan toiminnan kehitykselle ja kapasiteetin kasvattamiselle.

Kohdeyrityksen osalta tulevaisuuden kasvuodotukset ja yrityksen strategia on suunniteltu tavoitteellisen liikevaihdon kasvun kautta. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X liikevaihdon kasvutavoitteena on vuodesta 2025 alkaen 29 % vuosittainen kasvu vuoteen 2030 saakka. Liikevaihdon kasvun lisäksi kohdeyrityksen tavoitteena on kasvattaa tuotantolaitoksen X tuottavuutta, jonka myötä liikevaihdon kasvu ei tarkoita suoraan tuotantomäärien kasvamista samassa suhteessa, mutta se antaa suunnan kohdeyrityksen tuotantovolyymien kasvamiselle. Tämän vuoksi kohdeyrityksen tulee ennakoita tuotantovolyymien kasvamista ja täten materiaalien kulutukseen kasvamista. Kuvassa 24 on listattu kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X liikevaihdon kasvutavoitteet vuosien 2025–2030 aikana.

Kuva sensuroitu.

Kuva 24. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X liikevaihdon kasvutavoitteet.

Varmistaakseen varastoinnin kapasiteetin riittävyyden kohdeyrityksen strategiakauden 2025–2030 aikana, voidaan simuloida käytettävien materiaalien määrää suoraan

liikevaihdon kasvutavoitteiden suhteen. Simuloimalla materiaalien tarpeen kasvua, havaitaan maksimaalisen materiaalien tarpeiden kasvun, kohdeyrityksen kasvustrategian toteutuessa. Tämän perusteella kohdeyritys voi varautua materiaalien kulutuksen kasvuun ja arvioida varastoinnin kapasiteettia ja kyvykkyyttä vastata kasvavaan materiaalien kulutukseen. Tämä luo raamit kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan kehittämiseksi, joita tukevat edellisessä osiossa esitetyt mittarit. Kuvassa 25 on määritetty materiaalitarpeen kasvuennuste liikevaihdon kasvustrategian mukaisesti. Kasvuennuste ei ole tarkka ennuste todellisesta materiaalitarpeiden kasvusta, mutta esittää materiaalitarpeen mahdollisen kasvun.

Kuva sensuroitu.

Kuva 25. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaalitarpeen kasvuennuste.

Materiaalitarpeen kasvuennusteen pohjalta, kohdeyrityksen tulee arvioida nykyisen varastointikapasiteetin riittävyttä ja varastoinnin sekä hankinnan kehittämismahdollisuuksia. Kohdeyrityksen tulee siis varautua ennusteen mukaiseen materiaalien tarpeen kasvamiseen, jotta tuotannon materiaalitarve saadaan taattua. Vaikka materiaalien tarpeen kasvu ei toteutuisi kokonaisuudessaan, on kohdeyrityksen toimittava suhteessa yleiseen kasvustrategiaan, jotta kaikki yrityksen toiminnot ja prosessit ovat tukemassa kasvutavoitteita.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen viimeisessä osiossa käsitellään tutkimusta yleisesti ja muodostetaan tutkimuksen yhteenveto ja merkittävimmät johtopäätökset. Osiossa palataan tutkimuksen tavoitteeseen ja tutkimuskysymyksiin ja havainnoidaan tutkimuksen tuloksia niiden suhteen. Yhteenveto ja johtopäätökset muodostavat kokonaiskuvan tutkimuksen tavoitteista ja niiden tuloksista, jonka lisäksi esitetään mahdolliset jatkotutkimusehdotukset.

5.1 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli perehtyä kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastointiin ja varastonhallintaa ja luoda toimintamalli sen optimoimiselle ja kehittämiselle. Kohdeyrityksen varastoiden toimintamallin tavoitteena oli tukea kohdeyrityksen tuotannon toimintaa ja materiaalien hallintaa. Tutkimuksen lisätavoitteet liittyivät kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan eri osa-alueiden toimintoihin, joiden tavoitteena oli varmistaa kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan toimintakyky kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X tuotantokapasiteetin merkittävään kasvamiseen. Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi asetettiin kaksi tutkimuskysymystä, jotka ovat seuraavat:

1. Miten optimoinnin ja kehityksen kohteet voidaan tunnistaa pk-yrityksessä?
2. Miten havaittuihin optimoinnin ja kehityksen kohteisiin löydetään relevantit ratkaisut?

Tutkimuksen sisältö keskittyy pääasiassa tavoitteiden saavuttamiseksi kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan optimointiin ja kehittämiseen. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi muodostettiin ensin kokonaiskuva varastoinnin ja varastonhallinnan

kehittämisestä perehtymällä aiheen tieteelliseen kirjallisuuteen. Kirjallisuuskatsauksessa kartoitettiin varastoinnin ja varastohallinnan kehittämisen merkittävimmät teoriat, analyysimenetelmät ja työkalut, joiden perusteella kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimointi ja kehittäminen olisivat mahdollista. Kirjallisuuskatsauksen kokonaisuus loi viitekehyksen kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan kehittämiseksi.

Ensimmäinen merkittävä toiminto kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimoimisessa oli kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden kriittisyysluokittelun muodostaminen. Kriittisyysluokittelun pohjalta havaittiin, että kohdeyrityksen nimikkeiden hallinta oli heikkoa, nimikkeiden ylläpito ja tietojen hallinta puutteellista ja määritettiin kohdeyrityksen nimikkeiden hallinnan kehittämisen olevan ehdotonta. Kriittisyysluokittelu listasi kohdeyrityksen materiaalinimikkeet niiden merkittävyyden mukaan, jonka perusteella nimikkeiden läpikäyminen ja tarpeellisuuden tarkastelu oli mahdollista.

Nimikkeiden kriittisyysluokittelu johti kohdeyrityksen vakiomateriaalinimikkeiden määrittelemiseen, joka oli toinen aihe kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan kehittämisessä. Vakiomateriaalinimikkeiden määrittämisessä kartoitettiin kohdeyrityksen tuotannon toiminnalle tarpeelliset vakionimikkeet ja loput nimikkeistä poistettiin kohdeyrityksen vakionimikkeistöstä ja varastoinnista. Tässä osiossa määriteltiin myös vakiomateriaalinimikkeiden ja projektikohtaisten materiaalinimikkeiden erottelu kohdeyrityksen toiminnassa ja jaettiin nimikkeet näihin luokkiin.

Kohdeyrityksen materiaalinimikkeiden vakionnin jälkeen siirryttiin kohdeyrityksen vakionimikkeiden optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen määrittelemiseen. Vakionimikkeiden määrittäminen mahdollisti kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimointia vakiomateriaalinimikkeiden tilausmäärien ja varastomäärien optimoimisella. Optimaalisten eräkokojen määrittäminen mahdollisti

materiaalien hankintakustannuksien optimointi ja varastonkierron tehostamisen FIFO-periaatteen mukaisesti, joka oli yksi kohdeyrityksen päätavoitteista. Optimaaliset varastotasot mahdollistivat kohdeyrityksen pääoman sitoutumisen optimoinnin varastoihin ja tehosti täten kohdeyrityksen kassavirtaa. Varastotasojen optimointi tehosti myös kohdeyrityksen varastoiden tilankäytön tehokkuutta, materiaalien sijoittelua ja täten myös logistiikan tehokkuutta.

Optimaalisten eräkokojen ja varastotasojen jälkeen siirryttiin kohdeyrityksen varastoiden layoutin ja tilankäytön optimoimiseen. Vakiot eräkoot ja varastotasot mahdollistivat kokonaisvaltaisen varastoitavien materiaalien määrän ja varastonkierron ymmärtämisen, jonka perusteella kohdeyrityksen varastoiden layoutista ja sisälogistiikasta voitiin muodostaa mahdollisimman tehokas. Osion tuloksena oli kokonaisvaltainen layout-malli kohdeyrityksen materiaalien sijoittelusta eri varastoihin ja varastointimalli sisälogistiikan optimoinnista. Tulokset sisältävät luettelon jokaisen kohdeyrityksen vakiomateriaalinimikkeen varastosta, varastotasoista ja vakioiduista varastopaikoista. Osiossa käsiteltiin myös kohdeyrityksen tuotantolaitoksen logistiikkaa ja mallinnettiin logistiikan kokonaisvaltaista toimintaa uuden varastointimallin mukaisesti.

Viimeisenä keskityttiin kohdeyrityksen varastoinnin kehittämiseen ja tulevaisuuden tarpeiden simulointiin. Varastoinnin kehittämisen osalta luotiin toimintamalli varastoinnin ja varastonhallinnan kehitystarpeiden arvioinnista ja miten näiden jatkuvaa kehittämistä tulisi ylläpitää. Tulevaisuuden tarpeiden simuloinnin osalta perehdyttiin kohdeyrityksen strategiaan ja tavoitteisiin ja peilattiin niitä varastoinnin ja varastonhallinnan suhteen. Tulevaisuuden tarpeiden simulointi auttaa yhtenäistämään varastoinnin ja varastonhallinnan kehittämisen strategiaa kohdeyrityksen liiketoimintastrategiaan ja täten tukee kohdeyrityksen koko toimintaa.

Näiden tutkimuksen tulosten perusteella voimme vastata tutkimuksessa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Ensimmäinen tutkimuskysymys liittyy optimoinnin ja kehittämisen kohteiden tunnistamiseen pk-yrityksissä, joka havaittiin olevan hyvin vahvasti liitoksissa

nykytilanteen arviointiin. Tutkimuksessa havaittiin tarve kohdeyrityksen kokonaisvaltaisen toiminnan arviointiin ja varastoinnin ja varastohallinnan sidoksiin muihin kohdeyrityksen toimintoihin. Varastointi ja varastohallinta havaittiin olevan tukitoimi kohdeyrityksen päätoiminnalle, joka on tuotannon toiminta. Täten varastoinnin ja varastohallinnan kehittämistarpeet perustettiin varmistamaan tuotannon toiminnan tukeminen. Toinen kehittämiskohteiden tunnistamisen keino havaittiin olevan toiminnan kokonaisvaltaisen tehokkuuden arvioiminen. Kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan toiminnoissa havaittiin useita kokonaisuuden tehokkuuteen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä, jotka havaittiin vaativan optimointia. Siispä suurimmat pk-yritysten varastoinnin ja varastohallinnan kehityskohteiden tunnistamisen tekijät havaittiin olevan kokonaisvaltainen nykytilan kuvaaminen ja tehokkuuden puutteiden havainnointi varastoinnissa ja varastohallinnassa.

Toinen tutkimuskysymys keskittyy tapaan, jolla löydetään ratkaisut havaittuihin kehityskohteisiin varastoinnissa ja varastohallinnassa. Tutkimuksen tuloksien perusteella voidaan todeta, että ratkaisujen löytäminen liittyy vahvasti tutkimuksessa luotuun varastoinnin ja varastohallinnan teoreettiseen viitekehykseen. Varastoinnin ja varastohallinnan teorialat, analyysimenetelmät ja työkalut mahdollistivat kohdeyrityksen varastoinnin ja varastohallinnan optimoinnin ja kehittämisen. Toinen kehityskohteiden ratkaisujen löytämisen keino havaittiin olevan varastoinnin ja varastohallinnan kehittämisen osa-alueiden yhteisvaikutusten analysointi. Tutkimuksessa havaittiin kehittämisen tarpeen kohdistuvan kohdeyrityksen materiaalinimikkeisiin ja niiden vakiointiin. Vakiomateriaalinimikkeiden määrittäminen mahdollisti vakioiden eräkokojen ja varastotasojen määrittämisen vakiomateriaalinimikkeille. Vakiot eräkoot ja varastotasot puolestaan mahdollistivat kohdeyrityksen varastoiden layoutin ja varastointimallin optimoimisen vakiomateriaalinimikkeiden ja näiden vakioiden varastotasojen mukaan. Materiaalinimikkeiden ongelmat ja vakiomateriaalinimikkeiden puute havaittiin näiden kokonaisvaltaisen analysoinnin kautta ABC-analyysiä hyödyntäen, joka korostaa yhä enemmän varastoinnin ja varastohallinnan teorian ja työkalujen ymmärtämistä.

Kokonaisuudessaan tutkimuksen tulokset ja yhteenveto muodostaa kuvan yleisen varastoinnin ja varastonhallinnan kehitysprosessista pk-yrityksessä. Kehitystyö vaatii yhteistyötä yrityksen eri toiminnan osa-alueiden kanssa ja vaatii yrityksen henkilöstöosaamisen hyödyntämistä. Tutkimuksen tuloksien muodostaminen ei olisi ollut mahdollista ilman kohdeyrityksen henkilöstön sitoutumista varastoinnin ja varastonhallinnan kehitysprosessiin ja oman osaamisensa tarjoamista kehitystyöhön. Tämä korostaa siis vähäisempien resurssien käytön merkitystä pk-yritysten kontekstissa ja nostaa yhteistyön merkityksen arvokkuutta pk-yrityksien kehitystyössä.

Tutkimuksen tuloksien osalta vakiomateriaalinimikkeet ovat otettu käyttöön kohdeyrityksen toiminnassa. Vakiomateriaalinimikkeet ovat mahdollistaneet muiden kohdeyrityksen toimintojen vakionnin ja prosessien tehostamisen. Materiaalien hankintaa on aloitettu toteuttamaan vakiomateriaalinimikkeillä ja niiden vakiot eräkoot ja varastotasot ovat vielä käyttöönottovaiheessa. Varastoiden layoutmuutokset ovat käytössä osittain ja vakioiden varastotasojen käyttöönoton viimeistely tulee mahdollistamaan kokonaisvaltaisen varastointimallin käyttöönoton. Layoutin muutokset ovat mahdollistaneet varastoinnin tehokkuuden kasvamisen kohdeyrityksen toiminnassa ja uuden tuotantolaitoksen ylös ajon lisäämiin vaatimuksiin on pystytty vastaamaan varastoinnin ja logistiikan osalta. Kokonaisuudessaan tutkimuksen tuloksien käyttöönotto on vielä vaiheessaan ja kokonaisvaltaisten hyötyjen realisointi on vielä näkemättä kohdeyrityksen varastoinnin ja varastonhallinnan optimoinnin jäljiltä. Varastoinnin ja varastonhallinnan kehitystyö tulee jatkumaan kohdeyrityksen toiminnassa tutkimuksessa kuvaillun jatkuvan parantamisen mallin mukaisesti.

5.2 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksen tulokset ja kohdeyrityksen toiminnan kuvaus mahdollistavat jatkotutkimusehdotuksien analysoinnin ja muodostamisen. Tutkimuksen tulokset keskittyvät täysin varastoinnin ja varastonhallinnan kehitystyöhön, mutta toiminta liittyy

vahvasti hankintatoimen toimintoihin. Pekkarinen (2025) kuvaa kohdeyrityksen hankintatoimen nykytilaa ja havaintojen perusteella kohdeyrityksen hankintatoimessa on myös kehittämistä. Tässä tutkimuksessa määritettyjen vakioiden eräkokojen käyttö ja vakioiden varastotasojen ylläpito hankintatoimen näkökulmasta ovat mahdollinen jatkotutkimusaihe kohdeyrityksen toiminnassa. Yleisesti myös hankintatoimen kehittäminen varastoinnin ja varastohallinnan kehitysstrategian mukaisesti on mielenkiintoinen tutkimusmahdollisuus kohdeyrityksen toiminnassa ja yleisesti pk-yrityksien osalta.

Tutkimuksen tuloksien tutkiminen laajemmin pk-yrityksien osalta luo perspektiiviä tutkimuksessa havaittujen varastoinnin ja varastohallinnan menetelmien käytöstä. Tämä loisi mahdollisuuden tutkia varastoinnin ja varastohallinnan kehityksen sekä kehitystoimien eroavaisuutta yleisesti eri toimialojen pk-yrityksien välillä. Varastoinnin ja varastohallinnan kehityksen tutkiminen myös suurien valmistavan teollisuuden yritysten olisi mahdollinen jatkotutkimuksen suunta. Tutkimuksen rajoitteita arvioimalla voimme muodostaa useita jatkotutkimusehdotuksia, jotka laajentaisivat varastoinnin ja varastohallinnan kehittämisen ymmärrystä pk-yrityksien osalta ja koko valmistavana teollisuuden saralla. Siispä mahdollisuuksia varastoinnin ja varastohallinnan kehittämiseen tutkimiseen on useita ja menetelmien ymmärtämistä voidaan vielä laajentaa merkittävästi.

Lähteet

- Alqahtani, A. Y. (2023). Improving order-picking response time at retail warehouse: a case of sugar company. *SN applied sciences* 2023, Volume 5(1), 1–19, Article 8. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05230-6>
- Aswathappa, K. & Shridharabhat, K. (2008). *Production and Operations Management*. Global Media. ProQuest Ebook Central. Noudettu 2.10.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=3011145>
- Ayoun, N. (2024). *Materials and Inventory Management*. Toronto Academic Press. ProQuest Ebook Central. Noudettu 15.10.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=31545518>
- Baruffaldi, G., Accorsi, R. & Manzini, R. (2019). Warehouse management system customization and information availability in 3pl companies: A decision-support tool. *Industrial management + data systems* 2019, Volume 119(2), 251–273. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2018-0033>
- Benton, W. C. (2020). *Purchasing and Supply Chain Management*. SAGE Publications, Incorporated. ProQuest Ebook Central. Noudettu 1.12.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=7105875>.
- Bhat, K. S. (2008). *Materials Management*. Global Media. ProQuest Ebook Central. Noudettu 30.10.2024 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=3011314>.
- Chaudhary, V., Kulshrestha, R. & Routroy, S. (2018). State-of-the-art literature review on inventory models for perishable products. *Journal of advances in management research* 2018, Volume 15(3), 306–346. <https://doi.org/10.1108/JAMR-09-2017-0091>
- Choi, T-M. (2013). *Handbook of EOQ Inventory Problems: Stochastic and Deterministic Models and Applications*. Springer, 2013. ProQuest Ebook Central. Noudettu 28.11.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=1398453>

- Duque-Jaramillo, J. C., Cogollo- Flórez, J. M., Gómez-Marín, C. G. & Correa-Espinal, A. A. (2024). Warehouse management optimization using a sorting-based slotting approach. *Journal of industrial engineering and management* 2024, Volume 17(1), 133–150. <https://doi.org/10.3926/jiem.5661>
- Franco, C. E. & Rubha, S. (2017). AN OVERVIEW ABOUT JIT (JUST-IN-TIME) - INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM. *International journal of research – granthaalayah* 2017, Volume 5(4(SE)), 14–18. [https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v5.i4\(SE\).2017.1944](https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v5.i4(SE).2017.1944)
- Gunasekaran, A., Patel, C. & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International journal of operations & production management* 2001, Volume 21(1/2), 71–87. <https://doi.org/10.1108/01443570110358468>
- Gurtu, A. (2021). Optimization of inventory holding cost due to price, weight, and volume of items. *Journal of risk and financial management* 2021, Volume 14(2), 1–11. <https://doi.org/10.3390/jrfm14020065>
- Heizer, J., Render, B. & Munson, C. (2016). *Operations management: sustainability and supply chain management*, Twelfth Edition. Pearson Education inc. Noudettu 5.3.2026 osoitteesta <https://sophora.id/wp-content/uploads/2023/08/operations-management-12ed-jay-heizer-pdfdrive-.pdf>
- Juliao, B. J. B., Reis, M. S. & Duarte, B. P. M. (2025). A Systematic Lean-Driven Framework for Warehouse Optimization. *Systems (Basel)* 2025, Volume 13(9), 813. <https://doi.org/10.3390/systems13090813>
- Kampen, T. J. van, Akkerman, R., & van Donk, D. P. (2012). SKU classification: a literature review and conceptual framework. *International journal of operations & production management* 2012, Volume 32(7), 850–876. <https://doi.org/10.1108/01443571211250112>
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard - Measures That Drive Performance. *Harvard business review* 1992, Volume 70(1), 71–79. Noudettu 25.4.2026 osoitteesta <https://research-ebsco->

com.proxy.uwasa.fi/linkprocessor/plink?id=64877277-6062-3f4d-aff6-203292adba98

- Le, X., Xueliang, W. & Zhiheng H. (2021). Research on optimization of warehouse layout based on SLP theory-- Take Deppon Express Warehouse for example. E3S web of conferences 2021, Volume 292, 2050. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129202050>
- Maheshwari, P., Kamble, S., Kumar, S., Belhadi, A. & Gupta, S. (2024). Digital twin-based warehouse management system: a theoretical toolbox for future research and applications. The international journal of logistics management 2024, Volume 35(4), 1073–1106. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2023-0030>
- Milstein, M. A., Yang, L. & Li, H. (2014). Optimizing ABC inventory grouping decisions. International journal of production economics 2014, Volume 148, 71–80. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.007>
- Minashkina, D. (2024). A review and research agenda for recent socially and environmentally sustainable practices for warehouse management systems. The international journal of logistics management 2024, Volume 35(7), 60–98. <https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2023-0265>
- Muller, M. (2011). Essentials of Inventory Management. AMACOM. ProQuest Ebook Central. Noudettu 14.10.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=678727>
- Munsberg, T. M., Hvam, L., Lundsteen, M., Stojfer-Honberg, M., Csik, M. & Tsintzou, L. (2022). Four Initiatives to Standardize Warehouses to Increase Digitalization and Automation. 2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Kuala Lumpur, Malaysia, 2022, 1164–1168. <https://doi.org/10.1109/IEEM55944.2022.9989662>
- Muting, M., Musiyarira, H., Mbohwa, C. & Dube P. (2017). Optimizing Inventory Grouping Decisions: A Grouping Particle Swarm Optimization Approach. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2017, Volume I, WCECS 2017, October 25–27, 2017, San Francisco, USA, 468–471. Noudettu 1.11.2025

osoitteesta

https://www.iaeng.org/publication/WCECS2017/WCECS2017_pp468-471.pdf

Paulraj, A. & Chen, I. J. (2007). Strategic Buyer–Supplier Relationships, Information Technology and External Logistics Integration. *The journal of supply chain management* 2007, Volume 43(2), 2–14. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2007.00027.x>

Pekkarinen, M. (2025). Hankintatoimi ja varastonhallinta pk-yrityksessä. Osuva. Noudettu 28.4.2026 osoitteesta <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025021311871>

Plenert, G. J. (2006). *Reinventing Lean: Introducing Lean Management Into the Supply Chain*. Elsevier Science & Technology. ProQuest eBook Central. Noudettu 1.12.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=274707>.

Suhardini, D., Septiani, W. & Fauziah, S. (2017). Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 277. 10th International Seminar on Industrial Engineering and Management, "Sustainable Development In Industry and Management", 7–9 November 2017, Tanjung Pandan - Belitung, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/277/1/012051>

Tiwari, S., Jaggi, C. K., Bhunia, A. K., Shaikh, A. A. & Goh, M. (2017). Two-warehouse inventory model for non-instantaneous deteriorating items with stock-dependent demand and inflation using particle swarm optimization. *Annals of operations research* 2017, Volume 254(1–2), 401–423. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2492-5>

Viale, J. D. & Carrigan, C. (1966). *Basics of Inventory Management: From Warehouse to Distribution Center*. Course Technology Crisp. ProQuest Ebook Central. Noudettu 16.10.2025 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=3116996>

Wang, J. X. (2010). *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. Taylor & Francis Group. ProQuest Ebook Central. Noudettu 18.10.2025 osoitteesta

<https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=589949>

Zhang, Z., Wang, X., Wang, X., Cui, F. & Cheng, H. (2019). A simulation-based approach for plant layout design and production planning. *Journal of ambient intelligence and humanized computing* 2019, Volume 10(3), 1217–1230.
<https://doi.org/10.1007/s12652-018-0687-5>

Liitteet

Liite 1. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X varastorakennuksien layout.

Liite sensuroitu.

Liite 2. Kohdeyrityksen varastot ja materiaalien sijoittelu layoutiin.

Liite sensuroitu.

Liite 3. Runkomateriaalien nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
500279	8,0	7 761,6	16,0	15 523,2	10,0	9 702,0
500280	8,0	8 467,2	12,0	12 700,8	6,0	6 350,4
500281	8,0	14 112,0	16,0	28 224,0	10,0	17 640,0
500312	1,0	1 584,0	2,0	3 168,0	1,0	1 584,0
500315	2,0	1 908,0	4,0	3 816,0	3,0	2 862,0
500318	2,0	2 385,0	4,0	4 770,0	3,0	3 577,5
500321	3,0	4 293,0	6,0	8 586,0	4,0	5 724,0
500323	3,0	4 770,0	6,0	9 540,0	4,0	6 360,0
500326	1,0	810,0	3,0	2 430,0	2,0	1 620,0
500329	1,0	1 012,5	2,0	2 025,0	1,0	1 012,5
500332	1,0	1 147,5	2,0	2 295,0	1,0	1 147,5
500337	1,0	1 350,0	3,0	4 050,0	2,0	2 700,0
500340	2,0	1 209,6	5,0	3 024,0	4,0	2 419,2
500344	2,0	1 512,0	4,0	3 024,0	3,0	2 268,0
500347	2,0	1 713,6	4,0	3 427,2	3,0	2 570,4
500349	2,0	2 016,0	4,0	4 032,0	3,0	3 024,0
500352	2,0	990,0	5,0	2 475,0	4,0	1 980,0
500353	2,0	1 080,0	5,0	2 700,0	4,0	2 160,0
500356	1,0	675,0	3,0	2 025,0	2,0	1 350,0
500359	1,0	810,0	3,0	2 430,0	2,0	1 620,0
500361	2,0	1 800,0	5,0	4 500,0	4,0	3 600,0
500364	6,0	2 376,0	12,0	4 752,0	10,0	3 960,0
500365	4,0	1 728,0	8,0	3 456,0	6,0	2 592,0
500368	4,0	2 160,0	8,0	4 320,0	6,0	3 240,0
500371	5,0	3 240,0	10,0	6 480,0	8,0	5 184,0
500373	6,0	4 320,0	12,0	8 640,0	10,0	7 200,0
500376	4,0	6 384,0	9,0	14 364,0	8,0	12 768,0
500380	4,0	8 160,0	9,0	18 360,0	8,0	16 320,0
500389	1,0	1 346,4	2,0	2 692,8	1,0	1 346,4
500287	1,0	1 346,4	3,0	4 039,2	2,0	2 692,8
500297	1,0	648,0	2,0	1 296,0	1,0	648,0
500335	1,0	1 363,5	2,0	2 727,0	1,0	1 363,5
301037	4,0	7 920,0	7,0	13 860,0	5,0	9 900,0
301100	1,0	1 584,0	3,0	4 752,0	2,0	3 168,0
301040	2,0	2 534,4	4,0	5 068,8	3,0	3 801,6
500387	0,5	264,0	1,0	528,0	1,0	528,0

Liite 4. Paneelien ja lautojen nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
401237	1,0	900,0	2,0	1 800,0	1,0	900,0
301036	2,0	3 600,0	4,0	7 200,0	3,0	5 400,0
301262	1,0	1 440,0	2,0	2 880,0	1,0	1 440,0
301034	0,5	675,0	1,0	1 350,0	1,0	1 350,0
401797	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
301260	1,0	1 260,0	2,0	2 520,0	1,0	1 260,0
301161	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0
500395	1,0	1 800,0	2,0	3 600,0	1,0	1 800,0
500396	1,0	1 800,0	2,0	3 600,0	1,0	1 800,0
500397	0,5	720,0	1,0	1 440,0	1,0	1 440,0
500398	0,5	720,0	1,0	1 440,0	1,0	1 440,0
500401	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
500402	0,5	630,0	1,0	1 260,0	1,0	1 260,0
500403	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0
500404	0,5	540,0	1,0	1 080,0	1,0	1 080,0

Liite 5. Kertopuiden nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (nippu)	Min (kyks)	Max (nippu)	Max (kyks)	Tilauserä (nippu)	Tilauserä (kyks)
500405	1,0	3 192,0	2,0	6 384,0	1,0	3 192,0
500406	4,0	1 276,8	10,0	3 192,0	6,0	1 915,2
500407	Määritetään	#ARVO!		0,0	Myöhemmin	#ARVO!
500409	2,0	718,2	6,0	2 154,6	4,0	1 436,4
500410	2,0	504,0	6,0	1 512,0	4,0	1 008,0
500411	2,0	638,4	6,0	1 915,2	4,0	1 276,8

Liite 6. Eristeiden nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät						
Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500162	1,0	126,9	2,0	253,8	1,0	126,9
301099	5,0	423,1	10,0	846,1	5,0	423,1
301008	10,0	793,3	20,0	1 586,5	10,0	793,3
401021	3,0	158,7	6,0	317,3	3,0	158,7
301009	7,0	370,2	15,0	793,3	8,0	423,1
301123	10,0	423,1	20,0	846,1	10,0	423,1
500140	42,0	1 723,7	85,0	3 488,4	34,0	1 395,4
500198	1,0	47,2	2,0	94,4	1,0	47,2
401832	7,0	128,3	15,0	275,0	8,0	146,6
500146	1,0	63,0	2,0	126,0	1,0	63,0
401725	2,0	457,5	6,0	1 372,5	4,0	915,0
500391	1,0	2 310,0	4,0	9 240,0	4,0	9 240,0
500121	1,0	1 125,0	5,0	5 625,0	5,0	5 625,0
500392	1,0	2 100,0	3,0	6 300,0	2,0	4 200,0
500390	1,0	1 312,5	3,0	3 937,5	2,0	2 625,0
500147	1,0	1 125,0	3,0	3 375,0	2,0	2 250,0
500218	5,0	1 080,0	15,0	3 240,0	10,0	2 160,0
500208	2,0	504,0	4,0	1 008,0	2,0	504,0

Liite 7. Levyjen nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät

Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500271	3,0	583,2	8,0	1 555,2	5,0	972,0
500272	4,0	864,0	12,0	2 592,0	8,0	1 728,0
500273	4,0	950,4	12,0	2 851,2	8,0	1 900,8
500274	3,0	777,6	12,0	3 110,4	5,0	1 296,0
500268	2,0	259,2	5,0	648,0	3,0	388,8
500267	2,0	288,0	5,0	720,0	3,0	432,0
500270	2,0	316,8	5,0	792,0	3,0	475,2
500264	2,0	374,4	5,0	936,0	3,0	561,6
500263	2,0	432,0	5,0	1 080,0	3,0	648,0
500262	2,0	475,2	5,0	1 188,0	3,0	712,8
500259	2,0	259,2	6,0	777,6	4,0	518,4
500258	2,0	288,0	6,0	864,0	4,0	576,0
500261	2,0	316,8	6,0	950,4	4,0	633,6
500256	1,0	108,0	2,0	216,0	1,0	108,0
401801	1,0	151,2	2,0	302,4	1,0	151,2
301091	Eryitystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
301277	Eryitystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
500220	Eryitystilaus	#ARVO!	Ei varastotasoja	#ARVO!	Ei tilauseriä	#ARVO!
500303	2,0	324,0	10,0	1 620,0	8,0	1 296,0
500304	2,0	366,1	10,0	1 830,6	8,0	1 464,5
500008	0,5	253,9	1,0	507,8	1,0	507,8
500127	0,5	158,4	1,0	316,8	1,0	316,8

Liite 8. Muovien ja huoppien nimiketiedot, eräkoot ja varastotasot

Materiaalinimikkeiden tiedot ja kulutusmäärät sensuroitu.

Varastotasot ja tilauserät

Nim.Tunnus	Min (lava)	Min (kyks)	Max (lava)	Max (kyks)	Tilauserä (lava)	Tilauserä (kyks)
500003	1,0	5 920,0	4,0	23 680,0	3,0	17 760,0
301176	0,5	705,0	1,0	1 410,0	1,0	1 410,0
500023	0,5	1 875,0	1,0	3 750,0	1,0	3 750,0
500241	0,5	2 250,0	1,0	4 500,0	1,0	4 500,0
500016	0,5	3 200,0	1,0	6 400,0	1,0	6 400,0
301180	0,5	10,0	1,0	20,0	1,0	20,0
301179	1,0	33,0	2,0	66,0	1,0	33,0
401820	1,0	7 200,0	2,0	14 400,0	1,0	7 200,0
500124	1,0	5 320,0	2,0	10 640,0	1,0	5 320,0
500420	1,0	180,0	4,0	720,0	4,0	720,0
500418	4,0	1 440,0	30,0	10 800,0	30,0	10 800,0
401649	1,0	600,0	2,0	1 200,0	1,0	600,0

Liite 9. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X materiaaliwirrat.Liite sensuroitu.**Liite 10. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X valmistuotteiden logistiikka.**Liite sensuroitu.**Liite 11. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen X rekkaliikenne.**Liite sensuroitu.