

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ISMAEL OMAR

Siirtokuljetukset muuttuvassa toimintaympäristössä

TUOTANTOTEKNIIKAN JA TUOTANTOTALOUDEN
TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Omar, Ismael: Siirtokuljetukset muuttuvassa toimintaympäristössä
Opinnäytetyö, AMK
Tuotantotekniikka ja tuotantotalous
Kesäkuu 2024
Sivumäärä: 37

Opinnäytetyö toteutettiin ulkoistuslogistiikkaan erikoistuvalla yrityksellä, joka vastaa terminaalitoiminnoista asiakasyrityksen toimitiloissa. Työn tavoitteena oli kartoittaa organisaation sisäisten siirtokuljetusten tarvetta terminaalien järjestelyihin vaikuttavien muutosten jälkeisenä ajankohtana. Tavoitteena oli myös tunnistaa toiminnasta kehityskohtia.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla toimintaympäristöön liittyviin käsitteisiin, jonka jälkeen tutkittiin materiaalinkäsittelyyn, materiaalinohjaukseen sekä menekin ennakoimiseen liittyvää kirjallisuutta. Tämän jälkeen siirryttiin kuvaamaan toteutusympäristön nykytilaa ja laadittua toimintasuunnitelmaa. Kun nämä oli tehty, tutkittiin siirtokuljetuksiin vaikuttavia tekijöitä, kuten kapasiteettia, menekkiä ja palautuksia. Lopuksi tekijöitä tarkasteltiin kokonaisuutena, josta muodostettiin arvio tulevaisuuden siirtokuljetusten määrästä.

Lopputuloksena pystyttiin muodostamaan arvio siirtokuljetusten vuorokausittaisesta tarpeesta sekä tunnistamaan kehityskohtia siirtokuljetuksiin liittyvästä toiminnasta. Asiakas- ja toimeksiantajayritys voivat hyödyntää opinnäytetyön tuloksia uusien siirtokuljetusten suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Avainsanat: Siirtokuljetus, terminaalit, materiaalinkäsittely, materiaalinohjaus

ABSTRACT

Omar, Ismael: Transfer transports in a changing operational environment
Bachelor's thesis
Industrial Management and Engineering
June 2024
Number of pages: 37

This thesis was carried out for a company specializing in outsourcing logistics, which is also responsible for terminal operations at the client's premises. The aim of the thesis was to determine the need for internal transfer transports following changes that are going to be affecting terminal arrangements. The aim was also to identify areas for development in the operations relating to transfer transports.

The thesis began with an introduction to the concepts related to the operational environment, followed by an examination of literature related to materials handling, materials management, and demand forecasting. After this, the current state of the operational environment and the prepared action plan were described. Once this was done, factors affecting transfer transports, such as capacities, demand, and returns, were studied. Finally, these factors were examined together, and an estimate of the future need for transfer transports was formed.

As a result, the daily need for transfer transports was assessed and areas for development in related operations were identified. Both the client and the commissioning company can utilize the results of the thesis in planning and implementing new transfer transports.

Keywords: Transfer transport, terminal, materials handling, materials management

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta, tavoitteet ja rajaus.....	6
1.2 Opinnäytetyön rakenne	7
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KÄSITTEITÄ.....	7
2.1 Terminaali.....	7
2.2 Pakkaukset.....	8
2.3 Kuljetusyksiköt.....	9
2.3.1 Kuormalavat	9
2.3.2 Rullakot.....	10
3 MATERIAALINKÄSITTELY.....	11
3.1 Materiaalinkäsittelyn tyypit.....	12
3.2 Sisäiset siirrot	13
3.3 Materiaalinkäsittelyn kymmenen periaatetta.....	14
4 MATERIAALINOHJAUS	16
4.1 Varastolähtöinen ohjaus	16
4.2 Materiaalitarvelaskenta.....	16
4.3 Imuohjaus.....	17
4.4 Varmuusvarasto	17
4.5 Tilauspiste	18
4.5.1 Kahden laatikon menetelmä	19
4.5.2 Min- maks -menetelmä	19
5 MENEKIN ENNAKOIMINEN	20
5.1 Aikasarja-analyysi	20
5.2 Keskiarvo ja liukuva keskiarvo.....	21
6 TUTKIMUSMENETELMÄ	21
7 SIIRTOKULJETUSTEN KARTOITUS	22
7.1 Toteutusympäristö ja lähtökohdat.....	22
7.2 Toimintasuunnitelma	23
7.3 Kapasiteettien määrittäminen	24
7.3.1 Kuljetuskapasiteetti.....	24
7.3.2 Puskurivarastojen kapasiteetit	26
7.4 Kuljetusalustojen menekit.....	28
7.5 Palautukset.....	31
7.6 Haasteet	32
8 TULOKSET	33

8.1 Kehitysehdotukset ja muut huomiot.....	34
9 YHTEENVETO.....	35
LÄHTEET.....	37

1 JOHDANTO

Muutokset toimintaympäristöön luovat tarpeen muuttaa tai kehittää toimintatapoja. Tämä kuitenkin vaatii suunnittelua, jossa toimintaympäristön muutosten vaikutukset pyritään ymmärtämään perusteellisesti. Ymmärryksen luomiseksi täytyy tunnistaa tärkeimmät toimintaan vaikuttavat tekijät, joka mahdollistaa niiden tutkimisen. Jo suunnitteluvaiheessa voidaan tunnistaa ongelmakohtia, jotka voidaan huomioida ja ratkaista ennen toiminnan aloittamista.

1.1 Työn tausta, tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyö toteutettiin ulkoistuslogistiikkaan erikoistuvalla yritykselle, joka vastaa terminaalitoiminnosta asiakasyrityksen toimitiloissa. Terminaalien järjestykseen on tulossa lähitulevaisuudessa muutoksia, jotka tulevat vaikuttamaan sen päivittäiseen toimintaan. Uusien järjestelyiden myötä terminaalien toiminnot tulevat jatkossa sijaitsemaan kahdessa erillisessä rakennuksessa, joiden välillä on siirrettävä tavaraa jatkuvasti.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa uutta siirtokuljetusten tarvetta, sekä tunnistaa toiminnan ongelma- ja kehityskohtia. Työn aihe oli ajankohtainen, sillä muutosten valmistelut terminaalien järjestelyihin olivat työn aloitushetkellä jo alkaneet. Työ rajautuu tulevaisuuden siirtokuljetusten määrien arvioimiseen ja toimintaan liittyvien kehitysehdotuksien tekemiseen. Opinnäytetyössä käytettiin suurimmaksi osaksi kvantitatiivisia eli määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Näitä hyödynnettiin siirtokuljetuksiin vaikuttavien tekijöiden kuten kapasiteettien, menekkien ja palautusten tutkimisessa.

1.2 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyö jakaantuu kahteen osioon. Ensin teoriaosioon ja tämän jälkeiseen käytännönosioon. Teoria osiossa käsitellään ensin opinnäytetyön toimintaympäristöön liittyviä käsitteitä, kuten terminaalia, pakkauksia sekä kuljetusyksiköitä. Tämän jälkeen perehdytään työn toteutuksen kannalta oleellisiin käsitteisiin kuten, materiaalinkäsittelyyn, materiaalinohjaukseen sekä menekin ennakoimiseen. Luvussa 7 siirrytään käytännönosioon, jossa kuvataan opinnäytetyön toteutusprosessia sen eri vaiheineen. Luvussa 8 esitellään tulokset sekä kehitysehdotukset.

Opinnäytetyöstä on laadittu kaksi versiota, joista toinen toimitettiin raportin muodossa toimeksiantajayritykselle sekä asiakasyritykselle. Raportti sisälsi tarkempia kuvauksia sekä tuotannon lukuja. Tässä opinnäytetyössä kuvataan suunnitelmatyötä yleisellä tasolla.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KÄSITTEITÄ

Tämän luvun tarkoituksena on muodostaa lukijalle käsitys opinnäytetyön toteutusympäristöstä ja työn toteuttamiseen läheisesti liittyvistä aiheista. Luvussa käsitellään terminaalia käsitteenä, pakkauksia, niiden kierrätystä sekä eri kuljetusyksiköitä.

2.1 Terminaali

Logistiikassa terminaalilla tarkoitetaan paikkaa, jossa kaksi liikennemuotoa yhdistyy. Ensimmäisen liikennemuodon loppuessa, toinen alkaa. Esimerkkejä tällaisista paikoista ovat satama-, lento- ja rautatieterminaalit, joissa maantieliikenne vaihtuu, vesi-, ilma tai rautatieliikenteeksi. Tavaraterminaalit liittyvät jakeluketjun ja niillä tarkoitetaan rahtiliikenteen liikennemuodon vaihtumista toiseksi. On olemassa myös kuorma-autotermiinaaleja, joissa jakelu- ja keräyskuljetukset yhdistetään runkokuljetuksiin. Kaikkiin tavaraliikenteen

terminaaleihin liittyy myös tavarankäsittelyä, joten voidaan ne käsittää myös varastoiksi. (Hokkanen ym., 2010, s. 137.)

Terminaalien keskeiset toiminnot koostuvat tavarankäsittelystä, siirrosta osoitealueelle ja uudelleen kuormauksesta. Toimintojen synnyttävä lisäarvo on palvelu, jonka avulla aikaeron ja etäisyyden tuomia haittoja ehkäistään. Terminaaleihin saapuvat tavaraerät ovat usein pieniä ja näitä lähetyseriä yhdistellään suuremmiksi kokonaisuuksiksi, jotka lähetetään myöhemmin eteenpäin ennalta määrättyihin paikkoihin. On myös tyypillistä, että tavaroiden seuraava osoite on jo tiedossa ennen niiden saapumista terminaaliin. Terminaalien läpäisy aika on nopea, usein alle vuorokauden. (Hokkanen ym., 2010, s. 137–138.)

2.2 Pakkaukset

Pakkaus on oleellinen osa tuotetta ja valtaosa tuotteista on pakattu jollain tavalla. Pakkausten tärkeimmät tehtävät liittyvät tuotteen suojaamiseen, markkinointiin, käsittelyn helpottamiseen ja jakelukustannusten alentamiseen. Käytettävät pakkausmateriaalit vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmin käytetään kerta- ja kestopuoveja, metallipohjaisia materiaaleja, kuten tinapeltiä, erilaisia teräksiä ja alumiineja, lasia, puuta sekä erilaisia kuitupohjaisia materiaaleja, kuten paperia, kartonkia, pahvia ja kuitumassaa. (Hokkanen ym., 2010, s. 151.)

Pakkausmateriaalista riippumatta Suomessa noudatetaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2004/12/EY. Direktiivin mukaan kaikista käytetyistä pakkauksista ja pakkausjätteestä on käytettävä uudelleen, kierrätettävä tai muulla tavoin hyödynnettävä vähintään 82 prosenttia käytettyjen pakkausten painosta. (Hokkanen ym., 2010, s. 152.)

Pakkausten koot voivat vaihdella suuresti riippuen sen käyttötarkoituksesta. Tuotteiden pakkauksista pystyy kuitenkin yleensä erottamaan selkeästi eri kerroksia. Näitä ovat: annospakkaus, kuluttajapakkaus, myymäläpakkaus, kuljetuspakkaus, käsittely-yksikkö ja suuryksikkö. (Hokkanen ym., 2010, s. 153.)

2.3 Kuljetusyksiköt

Vaikka pakkauskoot vaihtelevat, on teollisuudessa kansallisesti ja kansainvälisesti standardisoitu tietyt perusyksiköt. Kotimaan pakkauksissa on käytössä standardi SFS 3536, joka määrittää kuljetuspakkauksen suurimmaksi sallituksi ulkomitaksi 600 mm x 400 mm. Tämä perusmitta muodostaa niin kutsutun moduulimitoitujärjestelmän, johon liittyy kaksi yleisesti Euroopassa käytettyä standardoitua kuljetusyksikköä, EUR- ja FIN-kuormalavat. Nämä standardit ovat tärkeitä, sillä varastojen ja kuljetuskalustojen mitoitus perustuu näihin kuljetusyksiköihin. (Hokkanen ym., 2010, s. 153.)

Standardeja noudattavat yhtenäiset pakkauskoot auttavat alentamaan logistiikan suunnittelu- ja toteutuskustannuksia, mikä puolestaan tuo lisäarvoa loppukäyttäjille alentuneiden hankintahintojen muodossa (Hokkanen ym., 2010, s. 153). Opinnäytetyössä uudelleen käytettävistä kuljetusyksiköistä ja -pakkauksista käytetään yhteistermiä kuljetusalusta.

2.3.1 Kuormalavat

Kuormalava on teollisuudessa yleinen, tavallisesti puusta valmistettu määräkokoinen kuljetusyksikkö, jota hyödynnetään kuljetuksessa sekä varastoinnissa. Kuormalavojen käyttö aloitettiin 1930-luvulla Yhdysvalloissa, mistä se levisi nopeasti maailmalle. Yleisimmät Euroopassa käytetyt standardit kuormalavoille ovat SFS-EN 13698-1 mukainen 800 mm x 1 200 mm EUR-lava, SFS-EN 13698-2 mukainen 1 000 mm x 1 200 mm FIN-lava sekä SFS 5903 (puinen) ja SFS 5911 (muovinen) mukaiset myymälälavat. Kuvasta 1 voi standardilavat tunnistaa lavan sivussa olevasta EUR tai FIN leimasta. (Hokkanen ym., 2010, s. 153; Karhunen & Hokkanen, 2007, s. 52; Logistiikan maailma, n.d.-b.)



Kuva 1. EUR- ja FIN-lavat (Oplax, n.d.)

Lavat luokitellaan osaksi pakkausta, joten niiden veloituksesta ja käsittelystä sovitaan erikseen lähettäjän ja vastaanottajan välisessä kauppasopimuksessa. Lavat voidaan esimerkiksi veloittaa toimituksen yhteydessä tavaralaskulla erikseen tai ne voidaan sisällyttää tavarahan hintaan. Toinen tapa on lavasaldojen seuraaminen osapuolien välillä ja niiden taseus tai laskutus sovitulla tavalla. (Hokkanen ym., 2010, s. 154; Karhunen & Hokkanen, 2007, s. 52.)

EUR ja FIN-lavojen lisäksi käytetään myös vuokra- ja kertalavoja. Vuokralavat ovat standardimittaisia kuormalavoja, joiden laadusta ja korjauksesta vastaa lavat omistava yritys. Vuokralavat voi tunnistaa lavan sivussa olevasta yrityksen merkinnästä tai siitä, että ne ovat usein maalattu yrityksen väreihin. Kertalavat taas vastaavat usein kooltaan EUR- tai FIN-lavojen mittoja, mutta ovat rakeenteeltaan kevyempiä eivätkä ne yleensä kestä käyttöä standardilavojen tavoin. Kertalavojen tarkka koko ja kantavuus vaihtelevat. (Encore ympäristöpalvelut, n.d.)

2.3.2 Rullakot

Rullakot tai rullakkokärryt ovat metallisia häkkiä muistuttavia pyörillä varustettuja kuljetusyksiköitä, joissa on tavallisimmin kaksi, kolme tai neljä seinää. Tyyppillisesti rullakon pyöristä kaksi ovat kiinteitä ja kaksi kääntyviä, mikä mahdollistaa rullakon liikuttelun ahtaissakin tiloissa. Erona kuormalavoihin, rullakoiden pyörät mahdollistavat kuljetusyksikön liikuttelun ilman apuvälineitä kuten haarukkakärryä tai lavansiirtovaunua. Tyhjät rullakot voidaan usein myös

taittaa kokoon, jolloin ne vievät vähemmän tilaa, mikä tuo tehokkuutta kuljetusyksiköiden varastointiin ja kuljettamiseen. Rullakot ovat yleisiä niin vähittäiskaupassa kuin teollisuudessakin. Kuvassa 2 esimerkki kokoontaitettavasta kaksi seinäisestä rullakosta. (HML Group, n.d.)



Kuva 2. Kokoontaitettava jakelurullakko (Sareskoski, n.d.)

Toisin kuin kuormalavat, ei rullakoita tavallisesti valmisteta tiettyjen standardien mukaisesti. Rullakoiden ominaisuudet, kuten mitat, kuormauskapasiteetti ja kokoontaitettavuus vaihtelevat valmistajan ja käyttötarkoituksen mukaan.

3 MATERIAALINKÄSITTELY

Materiaalinkäsittelyllä tarkoitetaan materiaalin erillistä tai jatkuvaa siirtelyä paikkojen välillä. Laajemmin sillä tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, jotka vaikuttavat materiaalin fyysiseen olotilaan, kuten kaikkea tuotantoon liittyvä materiaalin muokkausta ja liikuttelua. Varastoinnin ei kuitenkaan katsota olevan materiaalinkäsittelyä, vaan materiaalin säilyttämistä. Tuotantolaitoksissa

materiaalin liikuttelua tapahtuu ennen prosessia, sen aikana ja sen jälkeen. Tämä on usein välttämätöntä tuotannon toteutumisen kannalta. Materiaalin liikuttelu ei itsessään tuo lisäarvoa prosessiin, vaan päinvastoin aiheuttaa kustannuksia. Siksi yritykset pyrkivät välttämään materiaalin turhaa liikuttelua ja käsittelyä, joka puolestaan vähentää työn määrää sekä lisää kustannustehokkuutta. (Heragu & Ekren, 2009, s. 1–2; Hokkanen ym., 2010, s. 139.)

3.1 Materiaalinkäsittelyn tyypit

Materiaalinkäsittely tuotantolaitoksissa voidaan tyypillisesti jakaa mekaaniseen, puoliautomaattiseen ja automaattiseen materiaalinkäsittelyyn. Mekaaninen materiaalinkäsittely tapahtuu pitkälti henkilötyövoimalla, jossa tilanteen mukaan voidaan käyttää työkoneita apuna käsittelyssä. Terminaaleissa ja varastoissa tyypillisiä työkoneita ovat erilaiset trukit ja pinoamisvaunut. Mekaanisessa materiaalinkäsittelyssä ei hyödynnetä automaatiota lainkaan tai sitä hyödynnetään vain rajallisesti. Yleisempiä esimerkkejä varastoissa ja terminaaleissa tapahtuvista mekaanisesta materiaalinkäsittelystä ovat kuorman purut ja lastaukset, sekä materiaalien siirrot ja keräily. (Hokkanen ym., 2010, s. 140.)

Mikäli mekaanista materiaalinkäsittelyä tuetaan toimintojen automatisoinnilla, määritellään se puoliautomaattiseksi materiaalinkäsittelyksi. Puoliautomaattista materiaalinkäsittelyä voidaan toteuttaa esimerkiksi automaattiohjatulla trukeilla, automaattilajittelulla tai robotiikalla. Puoliautomaattisen materiaalinkäsittelyn ero mekaaniseen materiaalinkäsittelyyn on, ettei siihen tarvita ihmistä ohjaamaan työkoneita. Työkoneet ovat sen sijaan ennalta ohjelmoitu kulkemaan tietyt reitit ja suorittamaan tietyt tehtävät itsenäisesti. (Hokkanen ym., 2010, s. 146.)

Automatisoidussa materiaalinkäsittelyssä hyödynnetään erilaisia järjestelmiä kuten automaattihyllyjä ja kuljettimia. Esimerkkinä voidaan käyttää täysin automatisoitua varastoa, joka käsittelee ja varastoi tavarat itse. Tyypillisesti järjestelmät ovat pitkälle tietokone ohjattuja, mikä vähentää tarvittavan

henkilöstön määrää, tehostaa toimintaa ja alentaa kustannuksia. (Hokkanen ym., 2010, s. 146.)

3.2 Sisäiset siirrot

Sisäisillä siirroilla tarkoitetaan materiaalinkäsittelyn määritelmän tapaan prosessiin liittyvien eri tuotantopisteiden välisiä kuljetuksia. Kaukokuljetukset eivät lähtökohtaisesti ole materiaalinkäsittelytoimenpiteitä, mutta lyhyet organisaation sisäiset kuljetukset luetaan tällaisiksi toimenpiteiksi. Ne ovat oleellinen osa tuotantolaitoksen materiaalivirtaa ja liittyvät läheisesti sen tuotantoon. Tällaisia siirtoja voivat olla esimerkiksi tuotannossa tarvittavien materiaalien siirrot tuotantotiloihin ja valmiiden tuotteiden siirto tuotantotiloista varastoon. Sisäisiin siirtoihin ei lueta prosessin sisäisiä koneen suorittamia materiaalin siirtymiä, vaan niiden katsotaan olevan osa tuotantoprosessia. (Hokkanen ym., 2010, s. 139.)

Vaikka termi ”sisäinen siirto” viittaa sisätiloissa tapahtuvaan toimintaan, ei se välttämättä rajoitu sinne. Monien yritysten tuotanto- ja varastotilat saattavat jakaantua useaan samalla tontilla olevaan rakennukseen, joiden välillä siirtoja toteutetaan. Säänpitävien tuotteiden ulkovarastointi on myös yleistä, jolloin siirrot tapahtuvat ulko- ja sisäalueiden välillä. Kuljetusten järjestely ja luonne riippuu pitkälti tuotantolaitoksen materiaalivirtojen synnyttämisestä tarpeista. Materiaalivirtojen säännöllisyys ja volyyymi määrittävät siirtoihin tarvittavan kuljetuskapasiteetin. Sisäisten siirtojen merkittävämät tehtävät ovat seuraavat:

- Saapuvan tavaran siirto purkupaikalta varastoon
- Varastopaikkojen tai varaston ja tuotannon väliset siirrot
- Lähtevän tavaran siirto varastopaikalta lähtöalueelle
- Ajoneuvojen kuormaus- ja purkutoiminnot.

(Hokkanen ym., 2010, s. 140.)

Kun organisaation sisäisiä siirtoja toteutetaan maantiekuljetukseen tarkoitetulla kalustolla, voidaan siirroista käyttää termiä siirtokuljetus. (Logistiikan maailma, n.d.-c.)

3.3 Materiaalinkäsittelyn kymmenen periaatetta

Mikäli materiaalinkäsittely on suunniteltu huolellisesti, tukee se yrityksen tuotantoprosesseja. MHIA (Material Handling Institute of America) on kehittänyt kymmenen periaatetta, joiden avulla materiaalinkäsittelyn suunnittelua ja toteutusta voidaan ohjata. Näitä periaatteita ovat: suunnittelu, standardisointi, työ, ergonomia, yksikkökuorma, tilankäyttö, järjestelmä, automaatio, ympäristö ja elinkaari. (Heragu & Ekren, 2009, s. 2.)

Ensimmäinen periaate on materiaalinkäsittelysuunnitelma, jolla tarkoitetaan etukäteen laadittua toimintasuunnitelmaa, joka yksinkertaisimmillaan määrittelee materiaalin ja siirrot eli mitä, milloin ja missä. Yhdessä nämä määrittävät tähän käytettävän menetelmän, joka vastaa kysymyksiin, miten ja kuka. Onnistunut materiaalinkäsittelysuunnitelma on kehitetty yhteistyössä sen käyttäjien kanssa ja vaatii yhteistyötä useiden eri asiantuntijoiden välillä. Suunnitelman on myös määrä heijastaa organisaation tavoitteita. (Heragu & Ekren, 2009, s. 2.)

Tuotantolaitoksen materiaalinkäsittelyn menetelmien, laitteiden, ohjausten ja ohjelmistojen tulisi olla standardoituja huomioiden tuotannon tavoitteet ja uhraamatta tarvittavaa joustavuutta, modulaarisuutta ja läpäisykykyä. Tämä vähentää käytettävien menetelmien, välineiden sekä laitteiden vaihtelua ja muokkausta. (Heragu & Ekren, 2009, s. 3.)

Materiaalinkäsittelyyn liittyvän työ tulisi minimoida vaarantamatta tehokkuutta ja palvelun tai tuotteen laatua. Prosesseja voidaan optimoida yksinkertaistamalla niitä eli poistamalla, yhdistämällä tai lyhentämällä tarpeettomia siirtoja sen sisältä. Ergonomiassa taas pyritään tunnistamaan työntekijän fyysiset kyvyt ja rajoitukset ja sovittamaan nämä työolosuhteisiin tehokkaalla, mutta turvallisella tavalla. (Heragu & Ekren, 2009, s. 3–4.)

Yksikkökuorma on kuorma, joka voidaan siirtää ja varastoida yhtenä kokonaisuutena kerrallaan, riippumatta sen yksityiskohtaisesta sisällöstä. Yksikkökuormat on mitoitettava sekä konfiguroitava sopivan kokoisiksi, jotta ne täyttävät asetetut materiaalivirran ja varastonhallinnan kannalta laaditut tavoitteet toimitusketjun jokaisessa vaiheessa. (Heragu & Ekren, 2009, s. 4–5.)

Tilankäyttö tuotantolaitoksissa on kolmiulotteista ja sitä mitataan kuutiometreissä. Tehokkaalle materiaalinkäsittelylle on olennaista että, kaikki käytettävissä oleva tila hyödynnetään tehokkaasti. Tehokkaaseen tilan käyttöön päästään poistamalla sekä välttämällä epäjärjestystä tuotantoalueilla ja varastointitilan maksimoinnilla huomioiden kuitenkin materiaalin saatavuus ja valikoitavuus. Mikäli varastointia toteutetaan pidemmällä aikavälillä, on hyvä tarkastella varaston täyttöastetta. Lyhyissä varastoinneissa liian suurella varaston täyttöasteella voi olla negatiivisia vaikutuksia, sillä se vaikeuttavat varastoidun tuotteen käyttöä ja valitsemista. (Heragu & Ekren, 2009, s. 5–6.)

Järjestelmällä tarkoitetaan vuorovaikutteisia tai toisistaan riippuvaisia osia, jotka yhdessä muodostavat kokonaisuuden. Kaikki materiaalinkäsittely ja -varastointitoiminnot tulisi integroida, jotta niistä voidaan muodostaa yhtenäinen toiminnallinen järjestelmä, jolla ohjataan edellä mainitut toiminnot tuotantolaitoksessa ja sen toimitusketjussa. Materiaalinkäsittelytoimintoja tulisi automatisoida aina kun se on mahdollista, koska se on tehokkaampaa, laskee käyttökustannuksia ja poistaa toistuvan tai turvattoman työn. (Heragu & Ekren, 2009, s. 6–8.)

Ympäristövaikutukset ja energiankulutus tulevat olla kriteereinä, kun suunnitellaan tai valitaan materiaalinkäsittelyyn käytettäviä laitteita ja tai järjestelmiä. Tätä voidaan toteuttaa esimerkiksi uudelleen käytettävillä tai biohajoavilla kuljetusyksiköillä sekä vaarallisten aineiden vastuullisella käsittelyllä ja hävittämisellä. Materiaalinkäsittelyjärjestelmän tai -laitteiston elinkaari kustannuksia kartoittaessa on syytä ottaa huomioon käyttöönotosta, koulutuksesta, käytöstä, ylläpidosta ja hävittämisestä aiheutuvat kustannukset. (Heragu & Ekren, 2009, s. 8–9.)

Vaikka kaikki kymmenen periaatetta ovat oleellisia materiaalinkäsittelyn suunnittelussa ja toteutuksessa, opinnäytetyössä periaatteista korostuvat suunnittelu, työ, tilankäyttö sekä järjestelmät. Useimmat periaatteista ovat laadullisia ja edellyttävät suunnittelijan soveltavan niitä analysoidessaan eri materiaalinkäsittelyn ratkaisuja (Heragu & Ekren, 2009, s. 9).

4 MATERIAALINOHJAUS

Materiaaliohjauksen tavoitteena on varmistaa raaka-aineiden ja osien saatavuus sekä tuotteiden toimituskyky. Tavoitteena on myös toteuttaa hankinnat ja valmistus niin, että vaihto-omaisuus sekä hankinnasta aiheutuvat kustannukset ovat mahdollisimman pienet. Materiaaliohjaukselle on olennaista myös työn ja pääoman tuottavuus sekä tilankäytön tehokkuus. Näihin tavoitteisiin voidaan pyrkiä esimerkiksi varmuusvarastojen ja tilauspisteiden määrittämisellä, toimituserien optimoinnilla sekä JOT-ajattelun soveltamisella. (Sakki, 2014, s. 81.) Tässä luvussa käsitellään lyhyesti yleisimpiä materiaaliohjauksen menetelmiä ja niihin liittyviä käsitteitä kuten varmuusvarastoa ja tilauspisteitä.

4.1 Varastolähtöinen ohjaus

Perinteisintä materiaaliohjauksen tapaa kutsutaan varastolähtöiseksi ohjaukseksi ja se soveltuu parhaiten tuotteille, joiden kulutus on jatkuvaa ja enemmän tai vähemmän säännöllistä. Tässä ohjaustavassa tieto tilaustarpeesta saadaan materiaalikirjanpidon avulla seurattavan varaston kautta, eli varaston tila määrittää tilauspisteen. (Sakki, 2014, s. 82.)

Tilauksen käynnistämiseksi tarvitaan kuitenkin tietoa tarvemäärästä, hankintaajasta, logistisista kustannuksista sekä saatavuuteen liittyvistä riskitekijöistä. Varastolähtöinen ohjaus ei ole ominainen vain tietyn alan tai tyyppin yrityksille, vaan sitä esiintyy laajalti, esimerkkeinä kaupanalat, teollisuus, palvelualat sekä julkinen sektori. (Sakki, 2014, s. 82.)

4.2 Materiaalitarvelaskenta

Materiaalitarvelaskennassa hyödynnetään tietoa tuotteen kysynnästä, varastotilanteesta sekä rakenteesta, jotta voidaan suunnitella kerralla eri valmistusvaiheissa tuotettavat määrät lopputuotteen kannalta. Ideana on tasapainottaa

ja aikatauluttaa tuotanto ennustettuun kysyntään verrattuna. (Martin, 2014, s. 143–144; Sakki, 2014, s. 90–91.)

Heikkona puolena materiaalitarvelaskennassa on sen perustuminen ainakin osittain ennustettuun tietoon, mikä tekee sen alttiiksi menekin muutoksille. Menekin muutokset saattavat aiheuttaa häiriöitä prosessiin, jotka voivat näyttäytyä erilaisina pullonkauloina. Materiaalitarvelaskentaa kutsutaan myös työntöohjaukseksi. (Sakki, 2014, s. 90–91.)

4.3 Imuohjaus

Toinen valmistustoiminnassa käytettävä materiaalinohjauksen menetelmä tunnetaan nimellä imuohjaus. Imuohjaus liittyy läheisesti laajempaan japanilaisesta autoteollisuudesta syntyneeseen JOT-ajatteluun (Juuri oikeaan tarpeeseen), jossa tavoitellaan kysynnän nopeaa ja täydellistä tyydyttämistä ilman hukkaa. Tavoitteisiin liittyvät nollavarastot, nopeat läpäisyajat, virheettömyys sekä joustava tuotanto. (Logistiikan maailma, n.d.-a; Sakki, 2014, s. 91.)

Imuohjauksessa tuotannossa tarvittavia materiaaleja siirretään seuraavaan vaiheeseen vain siellä tarvittavan määrän verran ja vasta silloin kun niitä tarvitaan. Tilauksen käynnistää usein tilauskortit, jotka antavat luvan siirtää tai valmistaa tiettyä osaa tai tuotetta. Tavoitteena tässä menetelmässä on valmistaa tuotteita vain tarvittu määrä ja minimoida varastojen koko. Pienemmillä varastoilla on myös myönteinen vaikutus laadun hallintaan. (Logistiikan maailma, n.d.-a; Sakki, 2014, s. 91.)

4.4 Varmuusvarasto

Tilauspisteen määrittämiseen tarvitaan tieto tuotteen tulevasta tarvemäärästä vähintään tuotteen hankinta-ajan verran etukäteen. Tarvemäärää harvoin tiedetään tarkasti, joten varaudutaan tavallisesti pitämään puskuria eli varmuusvarastoa. Mikäli aina tiedettäisiin tavaran menekki toimitusajan aikana ja kaikki lähetykset saapuisivat juuri ennalta määritettyinä ajankohtina, ei

varmuusvarastoja tarvittaisi. Varmuusvarastoon normaalisti tukeudutaan, kun kysyntä nousee ennakoimattomasti tai kun toimitus viivästyy. (Sakki, 2014, s. 83.)

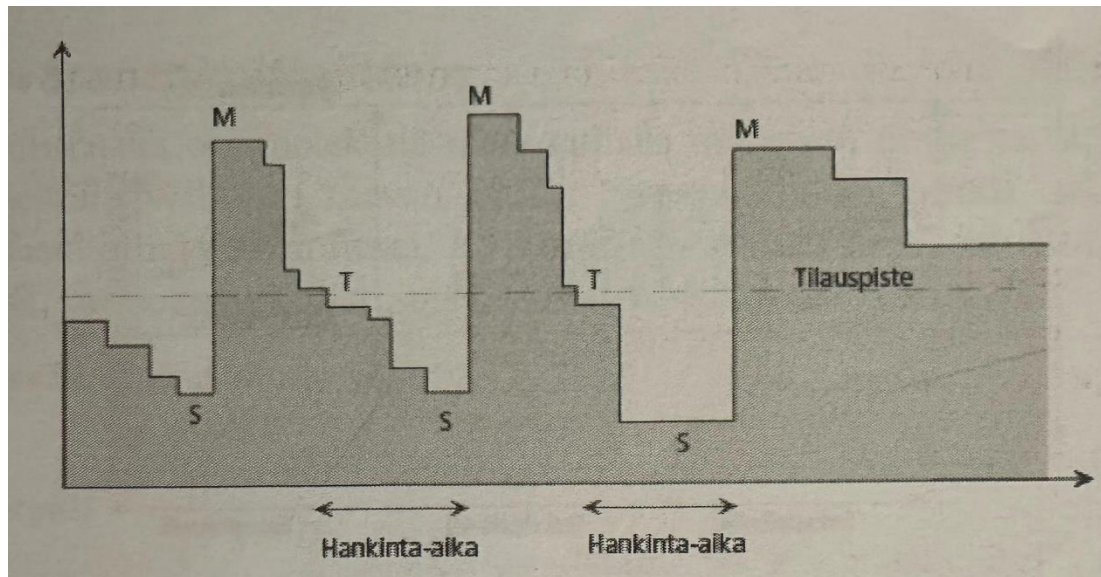
Menekin vaihteluiden aiheuttamaa varmuusvaraston tarvetta voidaan arvioida tutkimalla menekin hajontaa eli yksittäisten havaintojen poikkeamaa tuotteen menekin keskiarvosta. Hajonnan mittayksikkönä käytetään keskihajontaa, joka voidaan laskea yksittäisten jaksojen menekkitietojen perusteella. Kun menekin keskihajonta tiedetään, voidaan sen avulla ennustaa varmuusvaraston suuruus. Mikäli kysynnän keskihajontaa seurataan jatkuvasti, voidaan varastojen tasoa säätää jatkuvasti, jonka avulla tietojärjestelmä voi muuttaa tilauspisteitä menekin heilahtelujen mukaan. (Sakki, 2014, s. 83–84.)

Halutun tuotteen loppumisen riskiä voidaan pienentää kasvattamalla varmuusvaraston kokoa. Toimituskykyyn voidaan vaikuttaa myös lyhentämällä toimitusaikoja, tihentämällä saapumisrytmiä ja lisäämällä toimitusketjun toimijoiden yhteistyötä. Varmuusvarastointi on vain yksi tapa toimitusvarmuuden turvaamiseen. (Sakki, 2014, s. 84.)

4.5 Tilauspiste

Tilauspisteellä tarkoitetaan ennakoon määritelyä varastomäärää, jonka alituaessa kyseistä tuotetta ehditään normaalissa toimitusajassa hankkia lisää. Mikäli tilauspiste on määritelty oikein ja toimitukset saapuvat suunnitellusti on varastossa toimituksen saapumishetkellä tavaraa varmuusvaraston verran. Mikäli tuotteen menekki on ollut tilauksen toimituksen aikana ennakoitua suurempi, on toimituskyky turvattu varmuusvaraston avulla. (Sakki, 2014, s. 84.)

Kuvassa 3 on havainnollistettu yhden tuotteen tilauspisteen määrittämistä. T on tilauspiste, S merkitsee kohtaa, jolloin tilaus saapuu varastoon ja kohdassa M tilaus on varastossa, jolloin se on myös suurimmillaan. Kuvattua menetelmää kutsutaan myös kiinteän tilauserän menetelmäksi. (Sakki, 2014, s. 84.)



Kuva 3. Tilaukspistemenetelmä (Sakki, 2014, s. 85)

4.5.1 Kahden laatikon menetelmä

Kahden laatikon menetelmä tai viimeisen laatikon menetelmä on sovellus varastolähtöisestä ohjauksesta. Menetelmässä lasketaan tilauspiste, jota vastaava tavaramäärä sijoitetaan erilliseen paikkaan ja se otetaan käyttöön vasta, kun muut varastot ovat loppuneet. Tilaukspisteenä toimii siis kohta, jossa käytetään varastosta viimeinen yksikkö ja joudutaan siirtymään varmuusvaraston käyttöön. Kun uusi tilaus saapuu, täytetään varmuusvarasto ja loput tavarat menevät käyttövarastoon. (Sakki, 2014, s. 85.)

Menetelmä on ohjauksen kannalta yksinkertainen, mutta sen muuntaminen esimerkiksi menekin lisääntyessä tai toimitusaikojen pidentyessä saattaa osoittautua haasteelliseksi. Tästä syystä kahden laatikon menetelmä soveltuu parhaiten tuotteille, joiden kulutus on tasaista. (Sakki, 2014, s. 85.)

4.5.2 Min- maks -menetelmä

Min-maks -menetelmässä varastolle määritellään sen ylä- ja alarajat, eli minimi- ja maksimivarastot. Varaston määrän halutaan liikkuvan näiden raja-arvojen sisällä. Mikäli varaston arvo on tarkasteluhetkellä raja-arvojen välissä, ei

tilausta tehdä. Jos varaston arvo alittaa määrätyn alarajan, tilataan määrä, joka riittää täydentämään varaston ylärajaan asti. (Sakki, 2014, s. 85.)

Koska täydennysmenetelmässä tilaukset tehdään tarkastuksen yhteydessä voi tilattava määrä vaihdella kerrasta toiseen. Tiluserä saadaan selville vähentämällä maksimivaraston määrästä tilaushetken varastomäärä, sekä mahdolliset muut tilaukset, jotka eivät ole saapuneet vielä. (Sakki, 2014, s. 85.)

5 MENEKIN ENNAKOIMINEN

Mikäli kulutettavia tuotteita hankkivalla toimijalla on tieto tuotteen menneen ajan kulutushistoriasta, voidaan siitä laskea edellisen kauden keskimääräinen kulutus. Tämän ja muiden menekkiin vaikuttavien tunnettujen tekijöiden avulla voidaan arvioida tuotteen tulevaa tarvetta. Historiatietojen avulla voidaan myös laatia kulutusennusteita matemaattisten ennustemallien avulla, mikäli tuleva kulutus noudattaa jollakin tavalla tähänastista kulutusta. Menneen ajan kulutukseen perustuvat keskiarvon, liukuvan keskiarvon ja eksponenttitasoituksen menetelmät ovat yleisiä ennustamisen kvantitatiivisia menetelmiä. Historiatietoihin perustuvaa menekin ennustamista tulisi käyttää, koska sen tekniikka on yksinkertaista ja sen säännöllinen käyttö voi alentaa varastoimisen tarvetta merkittävästi. (Sakki, 2014, s. 95.)

5.1 Aikasarja-analyysi

Aikasarjalla tarkoitetaan tietyin määrävälein, kuten esimerkiksi päivittäin tai viikoittain kerättyä sarjaa menekistä. Aikasarja-analyysi alkaa graafisella tarkastelulla, jotta menekin luonteesta voidaan muodostaa kokonaiskuva. Graafia tarkastelemalla voidaan havaita, onko kyseessä satunnainen aikasarja, vai onko kyseessä nouseva tai laskeva trendi. Myös esimerkiksi kausivaihtelun esiintyminen voidaan havaita. (Sakki, 2014, s. 96.)

Mikäli aikasarjassa halutaan korostaa menekin vaihtelua, voidaan se muuntaa erotuksiksi, jolloin alkuperäisten havaintojen sijaan ennustamiseen käytetään kahden perättäisen havainnon erotusta. Tällöin aikasarjasta katoaa myös trendi. (Sakki, 2014, s. 96.)

5.2 Keskiarvo ja liukuva keskiarvo

Keskiarvo on hyvä ennuste tulevalle menekille, mikäli tuotteen menekkitiedot vaihtelevat täysin satunnaisesti keskiarvon molemmiin puolin (Sakki, 2014, s. 96). Keskiarvo lasketaan summaamalla sovittu määrä aikasarjan lukuja, jotka jaetaan lukujen määrällä.

Toinen tapa on käyttää liukuvaa keskiarvoa. Liukuva keskiarvo lasketaan sovitusta määrästä perättäisiä aikasarjan lukuja, joita käytetään seuraavan kauden ennusteena. Ajan kuluessa todellinen menekki kyseiseltä kaudelta selviää, joka otetaan uudeksi luvuksi ja samalla lukujen joukosta vanhin poistetaan. (Sakki, 2014, s. 96–97.)

6 TUTKIMUSMENETELMÄ

Kvantitatiivisissa eli määrällisissä tutkimusmenetelmissä asiat muutetaan numeroarvoiksi. Menetelmissä käytetään myös erilaisia asteikkoja, jotka määrittelevät miten asiat muunnetaan numeroarvoiksi. Luokitteluasteikossa luokkien järjestyksellä ei ole merkitystä, vaan luokittelu tehdään siten että havainto kuuluu vain yhteen luokkaan. Luokille voidaan antaa numeroarvo, mutta laskutoimituksia ei tehdä. Järjestysasteikossa havainnot taas luokitellaan luokkiin, joilla on järjestys. Välimatka ja suhdanneasteikolla mitataan yksittäisten luokkien tai havaintojen eroa, näillä havaintoarvoilla voidaan suorittaa laskutoimituksia. Suhdeasteikolla on nollapiste ja siitä voidaan laskea havaintojen välisiä suhteita. (Perkiö & Laine, 2014, s. 11.)

Kvantitatiivisen tutkimuksen tilastollinen analyysi alkaa tavoitteen, perusjoukon ja otoksen määrittelyllä. Kun nämä on tehty, poimitaan perusjoukosta otos valittua otosmenetelmää käyttäen ja lasketaan siitä olennaiset tunnusluvut kuten esimerkiksi keskiarvo ja keskihajonta, jonka avulla luodaan ymmärrys aineiston keskeisistä piirteistä. Tämän jälkeen määritellään nollahypoteesi, sekä vaihtoehtoinen hypoteesi, jotka asettavat parametrit tulosten tulkinnalle, nollahypoteesia testataan sopivan testin ja testisuureen laskemisen avulla. Lopuksi tutkija tekee johtopäätökset analyysistä ja arvioi sen luotettavuuden (Perkiö & Laine, 2014, s. 11.)

Opinnäytetyössä käytettiin kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä tutkittaessa siirtokuljetuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Suhdeasteikolla voitiin kuvata tarkasteltujen havaintojen eroja esimerkiksi työvuorojen välisistä menekeistä tai nykykyisten siirtokuljetusten jaosta. Tilastollista analyysia käytettiin tunnistamaan menekkien ja palautusten vaihtelua ja vaihteluiden säännöllisyyttä.

7 SIIRTOKULJETUSTEN KARTOITUS

Tässä luvussa kuvataan opinnäytetyön toteutusvaihetta. Aluksi kuvataan tehtävänannon kontekstia, toimintaympäristöä, sen lähtökohtia ja työn toteutussuunnitelmaa. Lopuksi tarkastellaan siirtokuljetuksiin vaikuttavia tekijöitä.

7.1 Toteutusympäristö ja lähtökohdat

Opinnäytetyölle keskeinen terminaali toimii osana logistiikkakeskusta, joka jakautuu useisiin eri rakennuksiin. Terminaalin toiminta perustuu päivittäis- ja käyttötavarakaupassa käytettävien tyhjien kuljetusalustojen käsittelyyn. Kuljetusalustoja lajitellaan niiden tyyppin, kunnon tai käyttötarkoituksen mukaisiksi valmiiksi yksiköiksi. Kuljetusalustoilla tarkoitetaan tässä tapauksessa kaikkia uudelleenkäytettäviä kuljetusyksiköitä ja apuvälineitä, joita hyödynnetään tuotteiden pakkaamiseen ja siirtämiseen. Nämä voidaan karkeasti jakaa erilaisiin

puiisiin kuormalavoihin, metallisiin rullakkovaunuihin ja muovisiin laatikkoihin. Terminaalissa käsiteltävät kuljetusalustat jakautuvat käyttötarkoituksiltaan noin kymmeneen eri tyyppiin.

Osa kuljetusalustoista siirretään lähtöalueelle odottamaan toimitusta logistiikkakeskuksen ulkopuolelle, kun taas osa siirretään sen tuotannon tarpeisiin eri osastoille ja toimipisteisiin. Tuotannon siirroissa hyödynnetään automaattisia materiaalinkäsittelyjärjestelmiä sekä mekaanista materiaalinkäsittelyä, joista jälkimmäistä esiintyy myös siirtokuljetusten muodossa.

Nykyisin terminaalin toiminnot ovat keskittyneet yhteen terminaaliin, jonka läpi kuljetusalustat virtaavat seuraaviin kohteisiinsa. Lähitulevaisuudessa terminaalin järjestelyihin on kuitenkin tulossa muutoksia. Pääosa terminaalin toiminnoista tulee siirtymään eri rakennukseen logistiikkakeskuksen sisällä, jossa suurin osa kuljetusalustojen käsittelystä ja varastoinnista tullaan toteuttamaan. Osa toiminnoista tulee kuitenkin jäämään nykyisen terminaalin tiloihin, jonka kautta suurin osa kuljetusalustoista tullaan edelleen toimittamaan tuotannon tarpeisiin, vaikkakin sille osoitettuihin tiloihin tulee muutoksia.

Muutokset toimintaan luovat tarpeen operoida kahdessa eri kohteessa, joiden välillä tulee siirtää tavaraa jatkuvasti. Siirrot terminaalien välillä tulevat koostumaan lähinnä, mutta eivät rajoitu käsittelemättömien kuljetusalustojen siirtoihin käsiteltäväksi sekä käsiteltyjen kuljetusalustojen siirtoihin tuotannon tarpeisiin. Eri kuljetusalustojen käyttötarkoitusten, käsittelyprosessien sekä volyymin takia tulee niiden lajittelua tapahtumaan yhä molemmissa terminaaleissa. Tämä on myös tehokkaampaa ja vähentää tulevien kuljetusten tarvetta. Lähtökohdana kuitenkin on, että terminaalin toimintaan ja järjestelyihin vaikuttavat muutokset tulevat lisäämään siirtokuljetusten tarvetta tulevaisuudessa.

7.2 Toimintasuunnitelma

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli tehdä selvitys tulevaisuudessa tarvittavien siirtokuljetusten määrästä. Tutkimuskysymys ei ole kuitenkaan näin yksinkertainen, sillä terminaalin toiminnan kannalta välttämättömien siirtojen tarvetta määrittävät useat eri tekijät, kuten siirtokuljetusten ja uusien

puskurivarastojen kapasiteetit, kuljetusalustojen palautusten jako terminaalien välillä sekä kuljetusalustojen menekkien volyymit. Tärkeää oli tunnistaa nämä tekijät ja niiden vaikutukset, sekä tarkastella siirtoja kokonaisvaltaisesti ja löytää kehityskohtia, jotta siirtoihin käytettävät resurssit voitaisiin käyttää tehokkaasti.

Ensin kartoitettiin kuljetuskapasiteetit tarkistelemalla nykyisiä siirtoja, jotta saadaan käsitys, kuinka paljon siirtoja voidaan tehdä ennalta määrättyssä ajassa ja missä määrissä kapasiteettia pitää lisätä. Samalla tutkittiin nykyisten siirtojen jakoa ja tulevaisuudessa mahdollisesti poistuvien siirtojen vapauttamaa kuljetuskapasiteettia. Seuraavaksi laskettiin uusien suunniteltujen puskurivarastojen koot ja arvioitiin niiden kapasiteetit sekä verrattiin niitä vanhojen puskurivarastojen kokoihin. Tämän jälkeen kerättiin dataa kuljetusalustojen menekkien ja palautusten määrästä, niiden vaihteluiden sekä suhteiden tulkitsemiseksi. Kun kaikkia edellä mainittuja tekijöitä oli tarkasteltu, voitiin muodostaa kokonaiskuva siirtokuljetuksiin vaikuttavista tekijöistä. Lopuksi laskettiin arvio tarvittavien siirtojen määrästä vuorokausitasolla.

7.3 Kapasiteettien määrittäminen

Tärkeät määriteltävät kapasiteetit olivat puskurivarastojen ja kuljetusten kapasiteetit. Kuljetuskapasiteetin mittana käytettiin vuorottain siirrettyjen kuormien määrää. Puskurivarastoissa mittana taas käytettiin sitä, kuinka paljon alueelle voidaan määrällisesti varastoida tavaraa.

7.3.1 Kuljetuskapasiteetti

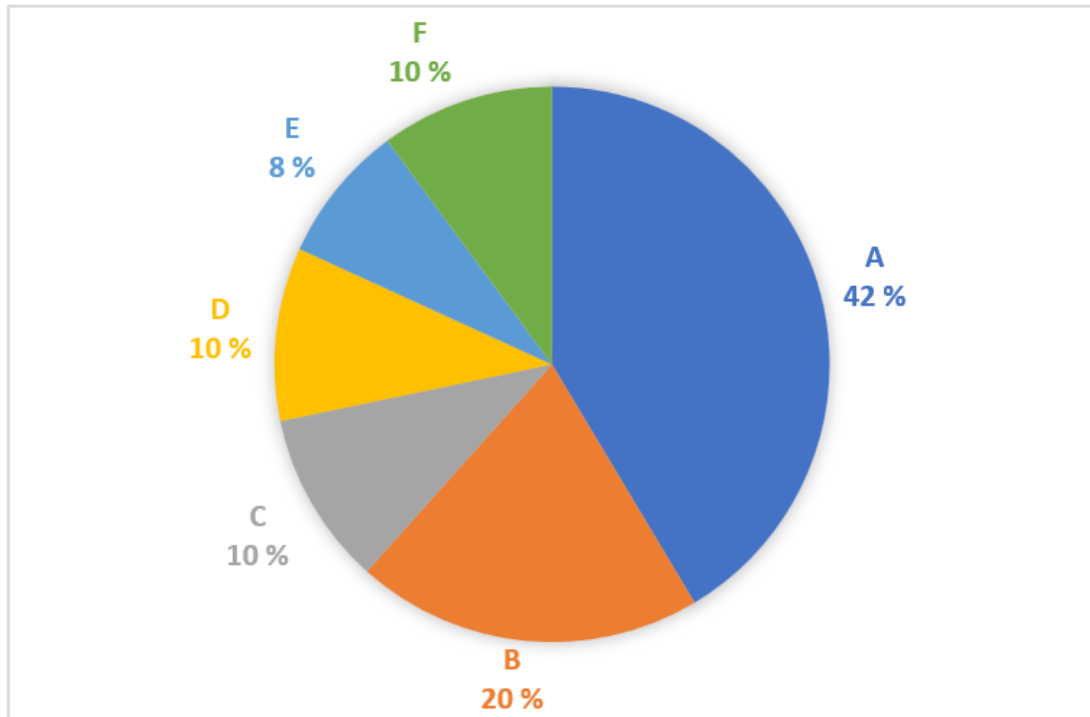
Kapasiteettien määrittäminen aloitettiin tutkimalla nykyisiä siirtokuljetuksia, joita ajetaan yhdellä autolla aamu- ja iltavuoroissa. Tällä tarkoitetaan, että yksi kuljettaja ja puoliperävaunuyhdistelmä on käytettävissä koko vuoron ajan, molemmissa vuoroissa. Siirrot koostuvat lähinnä kuljetusalustojen siirroista logistiikkakeskuksen eri lohkojen tai rakennusten välillä. Joskus siirtokuljetuksia ajavaa ”piha-autoa” hyödynnetään muihin logistiikkakeskuksessa tarvittaviin ajoihin. Siirrot tulevat usein lyhyellä varoitusaajalla ja ovat satunnaisia. Ajoista

pidetään kirjaa ajolistojen avulla, joihin eritellään vuorossa siirrettyjen kuormien sisällöt, lastaus- ja purkupaikat sekä kellonajat.

Ajolistojen avulla kerättiin dataa nykyisistä siirtokuljetuksista. Tarkoituksena oli laskea vuoron aikana tehtävien siirtojen keskiarvo ja samalla eritellä eri kohteiden siirrot prosentuaalisesti ajojen kokonaismäärästä. Näin voitiin havainnollistaa siirtokuljetusten nykyistä jakoa ja selvittää kuinka paljon kuljetuskapasiteettia yhdellä autolla on vuorossa.

Dataa kerättiin kolmen viikon ajalta ja tarkasteluja siirtoja oli yhteensä lähes kaksi sataa kappaletta. Tästä saatiin vuorottainen keskiarvo, jota voitiin käyttää yhden auton vuorottaisena kuljetuskapasiteettina. Siirtojen keskiarvoa laskettaessa jätettiin huomioimatta ajolistat, joissa siirtoja ei tarvinnut tehdä koko vuoron keston ajan, jotta ne eivät vääristäisi saatua keskiarvoa. Huomioitavaa oli myös, että vaihteluväli vuorottaisia siirtoja vertailtaessa oli suuri. Joissakin tapauksissa jopa sata prosenttia. Vaikuttavia tekijöitä tähän olivat kuormien sisällöt, työvälit sekä vuorossa olevan kuljettajan tehokkuus. Suurin osa tarkastelluista ajolistoista kuitenkin tippui keskiarvoa vastaavaan määrään tai hyvin lähelle sitä, joten saatua lukua voidaan pitää luotettavana.

Siirtokuljetukset jaoteltiin kuuteen osaan. Kuviossa 1 kuvataan osien suhteita. Kirjaimet A – E edustavat eri kohteita, jonne tai josta tavaraa siirrettiin, kirjain F edustaa muita luonteeltaan satunnaisempia siirtoja.



Kuvio 1. Siirtokuljetusten jako kohteittain

Tulevien muutosten myötä terminaalin yhteispinta-ala tulee kasvamaan, mikä mahdollistaa tiettyjen kuljetusalustojen käsittelyn lisäämistä ja varastointia pidemmän aikaa. Käsiteltyjen yksiköiden siirtäminen on myös tehokkaampaa, koska ne vievät vähemmän tilaa. Tämä tarkoittaa, että siirrot kohteeseen A tulevat todennäköisesti vähenemään. Oli kuitenkin vaikea arvioida tarkasti kuinka paljon siirrot tulevat vähenemään, koska tällä hetkellä siirtoja tehdään yli kohteen tarpeiden, johtuen usein nykyisen terminaalin korkeasta täyttöasteesta. Kohteen B tarpeet siirroille tulevat poistumaan käytännössä kokonaan, sillä uuden terminaalin tilat tulevat sijaitsemaan samassa rakennuksessa. Muihin siirtoihin ei ole tiedettävästi tulossa muutoksia, joten voidaan olettaa, että arviolta noin 60–70 prosenttia nykyisistä ajoista tulee säilymään.

7.3.2 Puskurivarastojen kapasiteetit

Nykyisen terminaalin muutokset vaikuttavat myös sinne jäävien puskurivarastojen kokoihin. Terminaalin puskurivarastot ovat varmuusvarastoja, joissa tullaan säilyttämään tuotantoon toimitettavia kuljetusalustoja. Näillä alueilla on myös määrä säilyttää lähteviä kuljetusalustoja, jotka ovat lähinnä tuotantoon

kelpaamattomia tai tuotannosta palautuvia käsittelyä tarvitsevia kuljetusalustoja. Puskurivarastot tulevat jakaantumaan kahteen erilliseen tilaan.

Tieto tulevien puskurivarastojen kapasiteetista on tärkeä, sillä se määrittää pitkälle siirtokuljetusten tiheyden. Mitä vähemmän kapasiteettia on, sitä suurempi rooli on siirtojen toteutuksella. Kapasiteettien tutkiminen aloitettiin tarkastelemalla nykyisiä puskurivarastoja ja kapasiteetin laskemiseksi täytyi selvittää varastointitilan pinta-ala, tilassa säilytettävän kuljetusalustan pinta-ala ja yksikömäärä sekä arvio hukkatilasta ja tuotantoon kelpaamattomista kuljetusalustoista. Kun pinta-alat oli mitattu ja arvio tehty saatiin näistä numeroarvot, joista voitiin muodostaa laskukaava kapasiteetin selvittämiseksi.

Kaavassa puskurivaraston pinta-ala jaettiin kuljetusalustan pinta-alalla, jonka jälkeen kerrottiin yhdessä yksikössä olevien kuljetusalustojen määrällä ja lopuksi kerrottiin hukasta arvioidulla kertoimella. Tuloksena saatiin alueen puskurivaraston varastointi kapasiteetti halutun kuljetusalustan lukumääränä.

Uusien puskurivarastojen määrittämiseksi käytettiin pohjapiirrosta, johon oli merkitty nykyiselle terminaalille jäävät tilat ja suunnitellut puskurivarastot. Ongelmaksi muodostui, että aluetta, jossa toinen puskurivarastoista tulee sijaitsemaan ei ollut rajattu tarkasti, koska alue oli vielä altis muutoksille. Kapasiteetin kartoituksessa päädyttiin käyttämään nykyistä aluetta, jonka piirroksen mukaan tiedettiin varmasti jäämään terminaalin käyttöön. Tässä vaiheessa suoritettiin samat toimenpiteet kuin nykyisten alueiden kanssa ja laskettiin kapasiteetti käyttäen samaa kaavaa.

Kun tulevia ja nykyisiä puskurialueita vertailtiin, voitiin todeta, että tulevaisuudessa ensimmäisen alueen kapasiteetti tulee laskemaan noin kolmasosan verran. Lisäksi oli huomioitava, että alueen muoto tulee muuttumaan ja alkuperäisestä kahdesta kuljetuskäytävästä, vain toinen tulee jäämään. Nämä muutokset tulevat hyvin todennäköisesti lisäämään manuaalisiin siirtoihin käytettäviä resursseja, jotta puskurivarasto pysyy terminaalin tuotannon edellyttämässä järjestyksessä. Toisen alueen kapasiteetti tulee pysymään samana. Siirryttäessä toimimaan kahdessa eri terminaalissa, alueen toimintaa tukevia

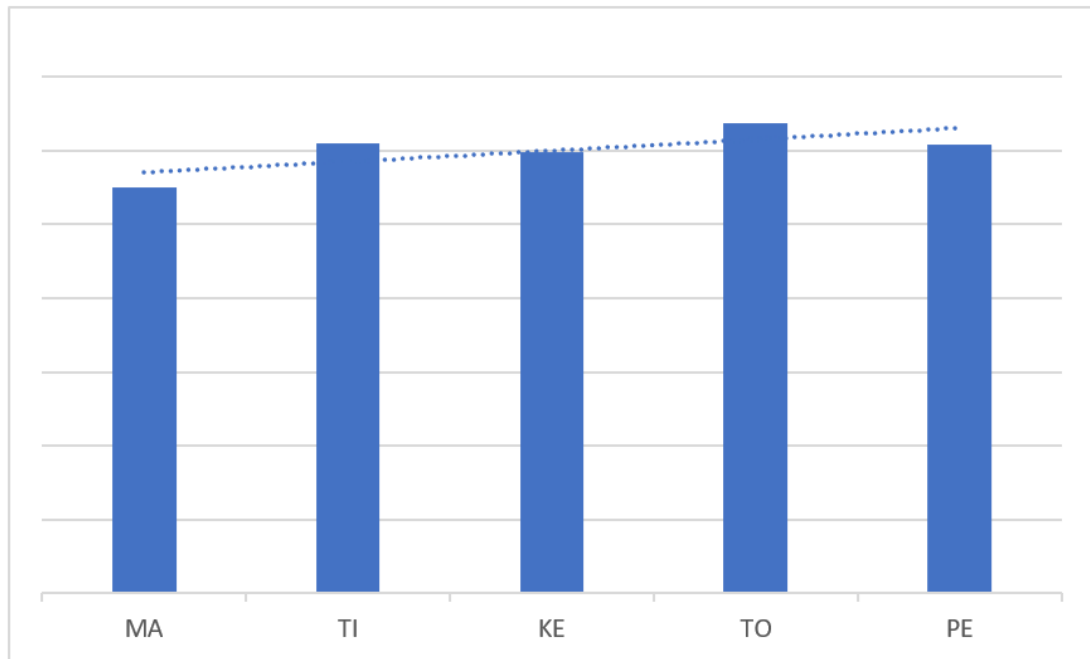
prosesseja poistuu sen välittömästä läheisyydestä ja siksi alueella joudutaan tekemään aikaisempaa enemmän materiaalinkäsittelyä.

7.4 Kuljetusalustojen menekit

Menekillä tarkoitetaan tässä tapauksessa terminaalista tuotannon tarpeisiin toimitettavien käsiteltyjen kuljetusalustojen määriä. Tulevaisuuden määriä voitiin ennustaa tarkastelemalla menneen ajan menekkiä toiminnanohjausjärjestelmän avulla, josta noudettiin tiedot halutulta ajalta. Tavoitteena oli muodostaa käsitys terminaalien eri kuljetusalustojen menekeistä, sillä nämä yhdessä kapasiteettien ja palautusten kanssa määrittelevät tarvetta tulevaisuuden siirtokuljetuksille.

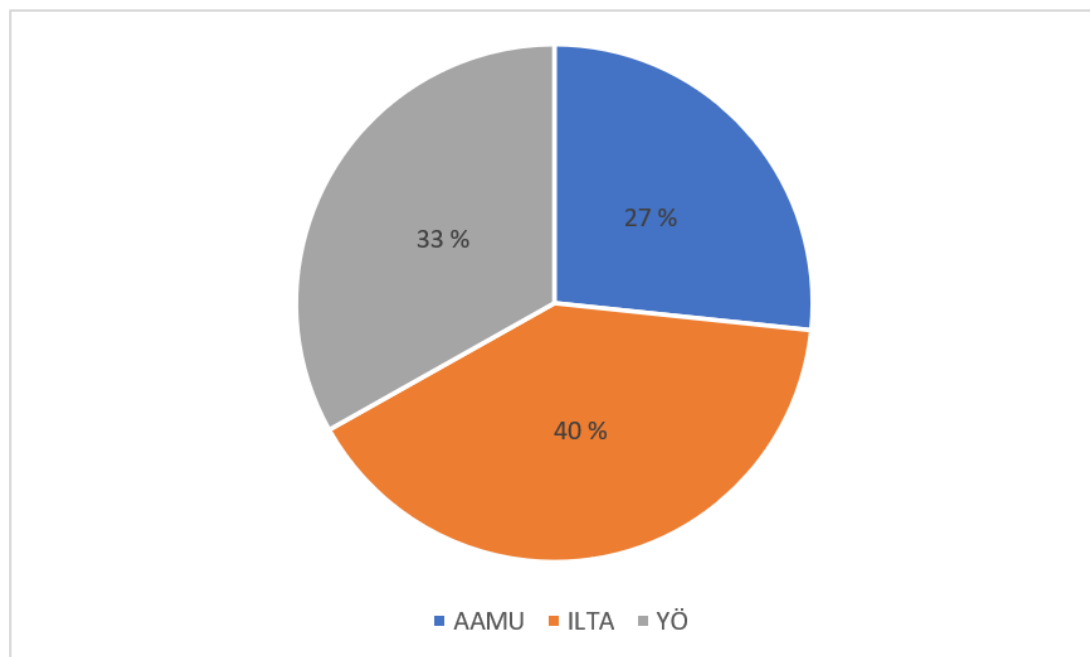
Terminaalien tuotanto toimii kolmessa vuorossa viikon jokaisena päivänä, pois lukien lauantain ja sunnuntain välisen yövuoron. Tuotannon volyyymi ei kuitenkaan ole aina tasaista, mikä johtaa vaihteluihin kuljetusalustojen menekissä. Myös kuljetusalustojen menekkiä välillä on vaihtelua, osaa kuluu jatkuvasti enemmän. Kokonaiskuvan luomiseksi tarkasteltiin menekkejä ensin vuorokausitasolla. Menekeistä eriteltiin arkipäivät viikonlopuista, jotta ne eivät vääristäisi saatuja keskiarvoja. Mikäli kuljetusalusta tyyppin menekki oli suurta, eriteltiin myös aamu-, ilta-, ja yövuoron menekit erikseen, jotta saatiin tarkempi kuva menekin jaosta vuorokauden sisällä. Tarkasteltuja menekkejä oli kolmea eri tyyppiä ja dataa näistä kerättiin neljän viikon ajalta.

Ensimmäisenä tarkasteltiin kuljetusalusta tyyppiä, jonka menekki oli tiedettävästi suurin. Menekeistä laskettiin vuorokausikohtaiset keskiarvot ja kun tätä dataa tarkasteltiin, huomattiin ettei arkipäivien välillä ollut merkittävää vaihtelua, jota olisi pitänyt huomioida päivittäisien siirtojen kannalta. Kuviosta 2 voidaan menekissä kuitenkin havaita lievä nouseva trendi loppuviikkoa kohden.



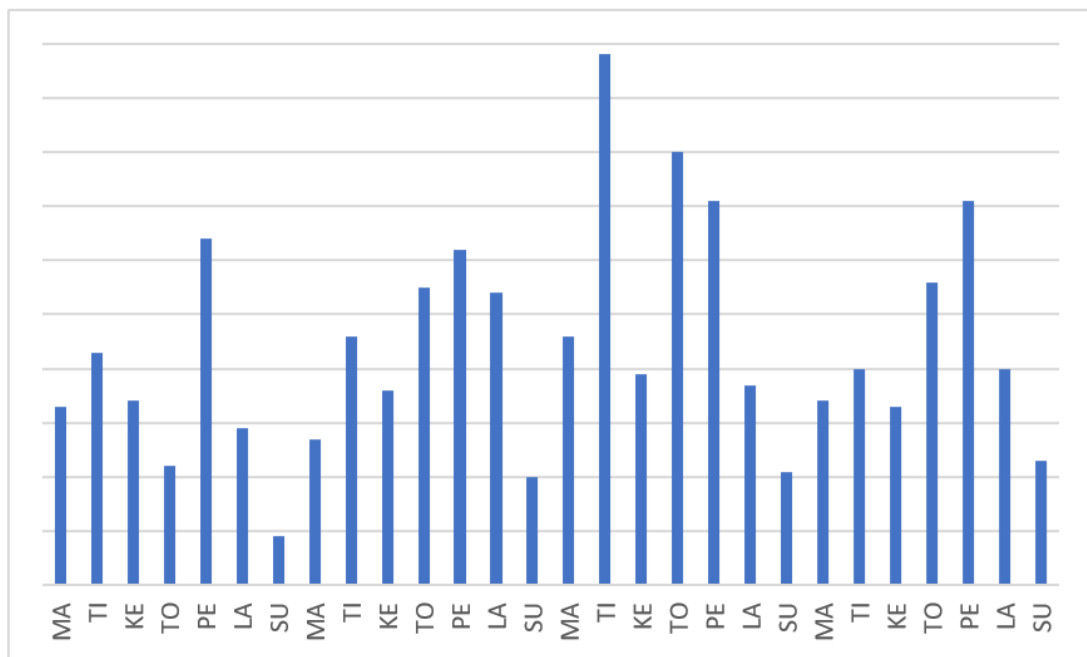
Kuvio 2. Vuorokausittaisten menekki keskiarvot

Kun menekki jaoteltiin eri vuorojen mukaan, voitiin kuitenkin huomata, että vuorojen välillä oli selvää vaihtelua. Vuorokohtainen vaihtelu ei ollut satunnaista vaan toistuvaa, mikä viesti tuotannon volyymin eri tasoista vuorojen välillä. Tämä tieto oli siirtokuljetusten kannalta tärkeää, koska voitiin panna merkille, mihin vuorokauden aikaan tarve täydennyksille olisi suurin. Kuviossa 3 on havainnollistettu menekki vuorokohtaista jakoa.



Kuvio 3. Menekin jako vuoroittain

Toisen tarkastellun kuljetusalusta tyyppin menekki oli muihin verrattuna hyvin vaihtelevaa ja satunnaisen tuntuista, tätä havainnollistaa kuvio 4. Menekkiä tarkasteltaessa vuorokausitasolla pystyttiin kuitenkin tunnistamaan loppuvii-kosta päiviä, jolloin menekki oli keskivertoa suurempaa. Vaihtelun uskottiin kuitenkin johtuvan muutamista eri tekijöistä. Näitä olivat kyseisen kuljetusalusta-tyypin kysynnän vaihtelu ja terminaalin ulkopuolisessa tuotannossa sijaitsevan käyttövaraston suuri koko. Myös nykyisen terminaalin täyttöasteen uskottiin vaikuttavan menekin satunnaisuuteen, koska kiireisimmissä vuoroissa voitiin vapauttaa terminaalista tilaa toimittamalla käyttövarastoon kuljetusalustatyyp-piä yli tuotannon tarpeiden. Joissain vuoroissa taas tähän ei ollut tarvetta tai priorisoitiin terminaalin muita prosesseja. Edelliset seikat huomioiden päätet-tiin menekkiä mitata koko tarkasteluajanjaksolta saadun päivittäisen keskiar-von mukaan.



Kuvio 4. Vuorokausittainen menekki neljältä viikolta

Viimeisen tarkastellun kuljetusalustatyypin menekki oli määrällisesti pienin. Sen menekki oli myös vaihtelevaa, mutta siitäkin pystyttiin tunnistamaan päi-viä, jolloin menekki oli suurempaa kuin muina päivinä. Tarkastellun kuljetus-alusta tyyppin terminaalin ulkopuolinen käyttövarasto oli kuitenkin huomatta-vasti pienempi ja sille oli määritelty ala- ja yläarvot, joita täytyi noudattaa, eli tilauspiste oli määritelty min-maks -menetelmän mukaisesti. Saadun

vuorokausittaisen menekin uskottiin kuvaavan hyvin todellista tarvetta. Vaihtelun vuoksi kuitenkin päätettiin edellisen tavoin tätäkin menekkiä mitata vuorokausittaisella keskiarvolla.

7.5 Palautukset

Palautuksilla tarkoitetaan kaikkia terminaaliin palautuvia käsittelyä vaativia kuljetusalustoja. Osa näistä palautuu logistiikkakeskuksen muusta tuotannosta ja loput sen ulkopuolelta kuljetuksina. Tulevaisuudessa osa näistä voidaan käsitellä nykyisessä terminaalissa ja toimittaa tuotannon tarpeisiin, kun taas osa täytyy toimittaa uuteen terminaaliin käsiteltäväksi. Tässä alaluvussa keskitytään nykyiseen terminaaliin palautuviin palautuksiin ja niiden kartoittamiseen käytössä olevan datan ja ennusteiden avulla.

Logistiikkakeskuksen ulkopuolelta saapuvista palautuksista tarkasteltiin vain sitä osaa ja kuljetusalustatyyppejä, jonka on määrä palautua edelleen nykyisen terminaalin tiloihin. Viikko- ja vuorokausitasolla palautuvien kuljetusalustojen arvioitu kokonaismäärä tiedettiin jo entuudestaan, varmuuden vuoksi näitä kuitenkin vertailtiin logistiikkakeskuksesta lähetettyihin vastaavan tyypin määriin. Kuljetusalustojen kierto on syklistä, jonka takia vertailun tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, ja arvioita palautuksien kokonaismäärästä voitiin pitää luotettavina.

Tarkastellun kuljetusalusta tyypin palautusten jako oli myös selvillä, joten voitiin laskea nykyiseen terminaaliin tulevaisuudessa palautuvien palautusten määrä ja vertailla sitä menekin kanssa yksinkertaisen erotuslaskun avulla. Näin saatiin selville arvio vuorokausittaisesta määrästä, joka täytyy tulevaisuudessa siirtää terminaalien välillä.

Tuotannosta palautuvista kuljetusalustoista oli myös kerätty dataa, jota tarkasteltiin kolmen viikon aikajaksolta. Datana toimi seurantataulukko, johon oli eritelty tunneittain tuotannosta palautuvien eri kuljetusalustojen määrät. Data oli tosin kerätty usean työntekijän toimesta ja perustui heidän havainnointiinsa työtehtävän ohessa, joten ei tätä voitu pitää täysin luotettavana vaan enemmänkin suuntaa antavana arviona.

Tuotannon palautuksia tarkasteltiin ensin vuorokausitasolla. Huomattiin että arkipäivien ja viikonlopun vaihtelut olivat pieniä ja satunnaisia, joten palautuvien kuljetusalustojen vuorokausittaiset keskiarvot voitiin laskea hyödyntäen kaikkia päiviä. Myös näitä määriä vertailtiin menekkien kanssa ja huomattiin, että osaa tuotannosta palautuvista kuljetusalustoista voitaisiin käsitellä nykyisessä terminaalissa ja toimittaa takaisin tuotantoon, välttämällä edestakaisen siirtelyn.

7.6 Haasteet

Tulevien siirtokuljetusten tarpeiden selvittämisessä tuli vastaan useita haasteita. Koska siirtokuljetukset ovat vahvasti kytköksissä terminaalien tuotantoon osana sen laajempaa materiaalinkäsittelyä on näillä molemmilla luontaisesti vaikutus toisiinsa. Kuljetuksiin vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen tuntui aluksi hankalalta niiden määrän vuoksi. Toimintaympäristö oli myös kompleksi kokonaisuus ja muutokset terminaalien sisäiseen toimintaan oli otettava huomioon. Haasteena havaittiin myös uusien puskurivarastojen ja työskentelyalueiden pienenevät koot, jotka vaikuttivat siirtokuljetusten tiheyden määrittämiseen. Pienemmät varmuusvarastot aiheuttavat myös huonompaa sietokykyä volyyminvaihteluille, joita menekkiä tutkittaessa havaittiin.

Vaikka kuljetusalustojen kierto on lähes kokonaan syklistä, ulottuu volyyminvaihtelu myös palautuksiin. Tämä ja suurimmaksi osaksi puuttuva tai puutteellinen data logistiikkakeskuksen ulkopuolelta saapuvista palautuksista johti siihen, että datan sijaan piti luottaa asiantuntijan arvioihin sekä opinnäytetyön tekijän havaintoihin, jotka perustuivat kokemukseen terminaalissa työskentelystä.

Muuttuva toimintaympäristö vaikeutti myös tilannetta. Mahdollisia vielä tuntemattomia muutosten aiheuttamia tekijöitä siirtokuljetuksiin oli vaikea ennustaa, vaikka muutosten tuomia tekijöitä pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman laajalti. Huomioitavaa kuitenkin oli, että ajojen luonne tulee muuttumaan. Nykyisin siirtoja tehdään suureksi osaksi tilanpuutteen helpottamiseksi, joten ne eivät ole aina olleet tuotannolle välttämättömiä. Jatkossa kuljetukset tulevat

painottumaan enemmän tuotannolle tarpeellisiin siirtoihin, mikä puolestaan voi vaikuttaa myös nykyisiin ajettaviin säilyviin siirtoihin.

8 TULOKSET

Siirtokuljetusten kokonaismäärä selvitettiin tarkistelemalla kaikkia edellä käsiteltyjä tekijöitä yhdessä. Selvityksen yksinkertaistamiseksi tulevat siirtokuljetus tarpeet jaoteltiin ensin kolmeen luokkaan. Ensimmäiset kaksi eriteltiin niiden päämäärien mukaan ja ne koostuivat nykyiseen terminaaliin tehtävistä siirroista sekä vastaavasti uuteen terminaaliin tehtävistä siirroista. Kolmantena oli tällä hetkellä ajettavista siirtokuljetuksista jäävät siirrot.

Nykyiseen ja uuteen terminaaliin siirrettävien kuormien määrän selvittäminen alkoi ensin määrittelemällä puskurivarastojen koot, joista saatiin selville kuinka paljon tavaraa alueella, voitiin säilöä, ennen kuin täyttöaste ylittyi. Tässä kohdassa myös laskettiin arvio, kuinka pitkäksi aikaa kuljetusalustat riittäisivät, mikäli täydennyksiä ei tulisi. Menekkejä tarkastelemalla saatiin selville arviot kuljetusalustojen vuorokausittaisista (osassa myös vuorottaisista) tarvemääristä. Tarvemäärästä vähennettiin niiden palautuksien arvioitu määrä, jotka voitiin käsitellä ja toimittaa tuotantoon. Määrät jaettiin puoliperävaunun tilavuudella, josta saatiin kuljetusalusta kohtainen arvio vuorokausittaisten siirtojen määrästä. Laskutoimitusten jälkeen tiedettiin, kuinka paljon siirtoja täytyy tehdä nykyiseen terminaaliin tulevaisuudessa. Sama jakolasku suoritettiin myös palautuille tuotantoon kelpaamattomille kuljetusalustoille, josta saatiin vastikään arvio, kuinka paljon siirtoja täytyy tehdä uuteen terminaaliin vuorokausitasolla.

Kun kaikki erikseen luokitellut ajot summattiin, saatiin vuorokausittainen arvio siirtokuljetusten tarpeesta. Kun arviota verrataan tällä hetkellä ajettaviin siirtokuljetuksiin, tulisi jatkossa vuorokausittaista kuljetuskapasiteettia lisätä 140 prosenttia. Kustannussyistä siirrot olisivat tehokkainta toteuttaa aamu-, ja ilta-vuoroissa, mutta rajallisten puskurivarastojen ja ympäri vuorokautisen tuotannon takia tämä ei ole kuitenkaan mahdollista, vaan siirtoja täytyy tehdä

tulevaisuudessa kaikissa kolmessa vuorossa. Palautusten ja menekin vaihtelun takia ilmeni myös ajankohtia, joissa kuljetusalustojen riittävyyteen on jatkossa kiinnitettävä erityistä huomiota. Ajankohtia esiintyi tiettyinä vuorokauden aikoina ja viikonpäivinä. Tuloksissa ei huomioitu sesonkiaikojen vaihteluita, jolloin siirtokuljetusten tarve tulee nousemaan entisestään kuljetusalustojen suurempien menekkien takia.

8.1 Kehitysehdotukset ja muut huomiot

Siirtokuljetuksia ja sitä ympäröiviä prosesseja tarkastellessa huomattiin kehityskohteita, joihin ehdotettiin erilaisia ratkaisuja. Kehitysehdotukset liittyivät tilankäyttöön, työnjohdon väliseen kommunikaatioon ja työvälineisiin.

Tilankäytön suhteen huomattiin, että pienenevät puskurivarastot ja työskentelyalueet voivat jatkossa luoda haasteita. Lisätilan luomiseksi, ehdotettiin tiettyjen kuljetusalustojen tuotannossa sijaitsevien käyttövarastojen nostoa. Tämä vähentäisi tai voisi jopa poistaa puskurivarastoinnin tarvetta ja toisi myös joustoa siirtokuljetusten päivittäiseen suunnitteluun. Tätä imuohjauksen tapaa voidaan kuitenkin soveltaa vain pienemmän menekin omaavien kuljetusalustojen varastonohjauksessa. Toinen tilankäyttöön liittyvä ehdotus oli lisätä lastauslaitureihin ajettujen puoliperävaunujen määrää, joita on käytetty lisävarastoina kuljetusalustoille. Ajatus oli tässäkin ehdotuksessa sama, luoda lisätilaa ja joustoa siirtoihin.

Terminaalissa kuljettajat käyttävät lastauksiin ja purkuihin pääsääntöisesti sähkötoimisia lavansiirtovaunuja, joita on kahta mallia, lyhyitä ja pitkiä. Lyhyellä lavansiirtovaunulla voi siirtää yhden lavapohjan kerrallaan, pitkällä kaksi. Kuljettajat suosivat pitkiä lavansiirtovaunuja, koska lastaukset ja purut pystytään tekemään tällä tehokkaammin. Näitä on kuitenkin käytössä terminaalissa rajoitetusti, joten selvityksessä ehdotettiin, että yksi kappale varattaisiin vain siirtokuljetuksia tekevän kuljettajan käyttöön. Tämä toimenpide tehostaisi siirrettävien kuormien purkua ja lastausta.

Tulevien muutosten myötä myös terminaalien työnjohdon välisen kommunikaation tärkeys korostuu, kun työskennellään kahdessa paikassa. Työnjohdon

täytyy olla ajan tasalla tarvittavista siirroista sekä niiden tärkeysjärjestyksestä. Siirtokuljetuksia koskevassa palaverissa tuli esille idea kamerasta, joka kuvaisi toista nykyisen terminaalin puskurialueesta. Kamera selkeyttäisi tilannekuvaa sekä selkeyttäisi työnjohdon toimintaa.

Muina huomioina tuotiin esille, että vaikka selvitys siirtokuljetuksista ja sitä ympäröivistä asioista pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkasti, kyseessä on arvio, jonka pohjalta kuljetuksia voidaan tulevaisuudessa optimoida tarpeisiin soveltuvaksi. Arvio perustuu eri tekijöihin ja ennusteisiin, joten sitä ei voitu simuloida tai testata käytännössä. Siirtokuljetukset tulevat kuitenkin olemaan tärkeä osa logistiikkakeskuksen tuotantoa, joten muutosvaiheessa olisi tärkeää toteuttaa siirrot joustavasti. Joustolla tarkoitetaan riittävää kuljetuskapasiteetin varaamista tuotannon turvaamiseksi.

9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä selvitys terminaalin uusista päivittäisistä siirtokuljetustarpeista sen järjestelyiden muuttuessa. Tavoitteena oli myös tuoda ilmi kehityskohtia ja esittää näille kehitysehdotuksia. Opinnäytetyö koostui teoriaosuudesta, jossa käsiteltiin työlle oleellisia käsitteitä ja menetelmiä sekä käytännönosioon, jossa avattiin itse työn toteutusta.

Terminaaliin vaikuttavien muutosten myötä pienevät puskurivarastot ohjaavat tuotantoa imuohjauksen mallin suuntaan, mikä korostaa toimivan toimitusketjun tärkeyttä. Siirtoihin vaikuttavien tekijöiden, kuten palautusten ja menekin hajonta voi kuitenkin ajoittain altistaa kuljetus- tai varastointikapasiteetin ylikuormittumiselle. Eri vaihteluiden ja siirtojen monimutkaisen luonteen takia tarkkaa aikataulun tapaista suunnitelmaa siirroille ei laadittu, vaan siirtojen tarvetta arvioitiin kokonaisuudessaan vuorokausitasolla.

Siirtokuljetukset ovat osa terminaalin laajempaa materiaalinkäsittely prosessia, joten vaikuttaa niihin myös terminaalin muiden prosessien haasteet. Tästä syystä esitetyt kehitysehdotukset käsittelivät lähinnä terminaalin tilankäyttöä,

työvälineitä sekä terminaalien työnjohdon kommunikaation helpottamista. Kehitysehdotuksien tavoitteena oli nostaa tehokkuutta sekä tuoda joustoa siirtojen suunnitteluun.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen, vaikka se olikin osin haastava. Kokemus terminaalissa työskentelystä ja ymmärrys sen eri prosesseista auttoi kuitenkin ratkaisevasti opinnäytetyön onnistumisessa. Opinnäytetyön tekeminen myös syvensi työhön liittyvää osaamista sekä antoi arvokasta kokemusta suunnittelu- ja selvitystyöstä.

LÄHTEET

Encore ympäristöpalvelut. (n.d.). Kuormalavat. Haettu 17.2.2024 osoitteesta <https://encorepalvelut.fi/palvelut/kuormalavat-3/>

Heragu, S. & Ekren, B. (2009). Materials Handling System Design. ResearchGate. 1–9. <https://doi.org/10.1002/9780470432730.ch1>

HML Group. (n.d.). Everything You Need to Know About Warehouse Roll Cages. Haettu 17.2.2024 osoitteesta <https://net-railing.cn/everything-you-need-to-know-about-warehouse-roll-cages/>

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. (2010). Johdatus logistiseen ajatteluun (5. painos). Sho Business Development.

Karhunen, J. & Hokkanen, S. (2007). Kansainväliset tavarakuljetukset. Sho Business Development.

Logistiikan maailma. (n.d.-a). JIT (Just-In-Time) ja imuohjaus. Haettu 27.4.2024 osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Logistiikan maailma. (n.d.-b). Kuormalava. Haettu 16.2.2024 osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotyyppit-ja-tekniikka/kuormalava/>

Logistiikan maailma. (n.d.-c). Maantiekuljetuksiin liittyviä termejä. Haettu 3.2.2024 osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/termit/>

Martin, J. (2014). Lean Six Sigma for Supply Chain Management (2. painos). McGraw-Hill Education.

Oplax. (n.d.). Varastolavat [kuva]. Haettu 17.2.2024 osoitteesta <https://www.oplax.fi/varastolavat/>

Perkiö, T. & Laine, K. (2014). Tutkimusviestintä: Tutkimusmenetelmät, Osa I. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Sakki, J. (2014). Tilaus- toimitusketjun hallinta: digitalisoitumisen haasteet (8. painos). Jouni Sakki Oy.

Sareskoski. (n.d.). Kokoon taittuva jakelurullakko [kuva]. Haettu 17.2.2024 osoitteesta <https://www.sareskoski.com/kokoontaittuva-jakelurullakko/P3693>