



Jätteiden siirtokuljetuksien kehittäminen jäteaseman ja jätekeskuksen välillä

Case Lakeuden Etappi Oy

Juhani Virtanen

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2022

Logistiikan tutkinto-ohjelma

Insinööri, AMK

Virtanen, Juhani

Jätteiden siirtokuljetuksien kehittäminen jäteaseman ja jätekeskuksen välillä

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2022, 56 sivua

Tekniikan ala, Logistiikan tutkinto-ohjelma, Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena on jätteiden siirtokuljetuksien kehittäminen jäteaseman ja jätekeskuksen välillä. Aiheen toimeksiantajana toimi Etelä-Pohjanmaan jätehuoltoyhtiö Lakeuden Etappi Oy. Työn päätavoitteena oli selvittää, onko Seinäjoen RE-pisteeltä lähteviä jätteiden siirtokuljetuksia mahdollista kehittää kustannustehokkaammaksi. Toinen opinnäytetyölle määritetty tavoite oli selvittää suorakuljetuksien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät ja luoda niiden pohjalta taulukkolaskentasovelluksessa toimiva laskuri. Laskurin avulla voidaan laskea jätteiden suorakuljetuksen kannattavuus eri jäteasemilta.

Tutkimusasetelmana toimi vertaileva tapaustutkimus. Tutkimus rajattiin käsittelemään vain Seinäjoen jäteasemalta lähtevien siirtokuljetuksien kehittämistä. Aineistona tutkimuksessa käytettiin toimeksiantajan lähtötietoja jätteiden keräys- ja kuljetusmenetelmistä sekä kuljetusten kuormamääristä. Käytännön kokemuksen saamiseksi suoritettiin haastattelu kahdelle jäteaseman työntekijälle. Tutkimus suoritettiin vertailemalla yleisesti käytössä olevien keräys- ja kuljetusmenetelmien tehokkuutta sekä soveltuvuutta tutkittaville jätelajikkeille.

Toisen tavoitteen mukaisesti selvitettiin suorakuljetuksen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät. Tiedon pohjalta luotiin laskuri, jonka avulla voidaan laskea suorakuljetuksen kustannusperusteista kannattavuutta. Laskuria voidaan sellaisenaan käyttää muidenkin jäteasemien suorakuljetuksien laskentaan eri jätelajikkeille.

Kaikkien tutkittujen jätelajikkeiden kuljetusmenetelmissä löydettiin kehitettäviä asioita. Jätteiden kuljetuksissa todettiin yleisimpänä haasteena olevan jätteiden matala tilavuuspaino. Tähän on kuitenkin löydettävissä yleisesti käytössä olevia ratkaisuja jätteiden tiivistämiseksi. Toinen löydetty merkittävä kehittämiskohde oli jätteiden keräysmenetelmien sujuvuus, johon työssä etsitään jätelajikkeittain toimivampia menetelmiä.

Tuloksissa käydään läpi jätelajikekohtaisesti kuljetusmenetelmien epäkohdat sekä esitetään niihin ratkaisut. Ratkaisujen pohjalta työssä esitetään toimivimmat keräys- ja kuljetusmenetelmät, joiden tarkoitus on tehostaa ja sujuvoittaa jätekuljetuksia.

Avainsanat (asiasanat)

Jätteenkuljetus, tehokkuus, menetelmäkehitys, jäteasemat, logistiikka

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Virtanen, Juhani

Developing waste transportation between the waste station and the waste centre

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2022, 56 pages

Engineering and technology. Degree programme in logistics engineering. Bachelor's thesis

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The topic of the thesis was the development of waste transportation between the waste station and the waste centre. The thesis was assigned by Lakeuden Etappi Oy waste management company in South Ostrobothnia. The main goal of the work was to find out if it is possible to develop a more cost-effective way of transporting waste from the Seinäjoki waste station. The second objective for the thesis was to find out factors affecting the profitability of direct transport and create a calculator in the spreadsheet application. The calculator can be used to calculate the profitability of direct transport of waste to different waste stations.

The design of the study was a comparative case study. The research was limited to dealing only with the development of transfer transport departing from the waste station of Seinäjoki. The study used the client's data for collection and transport methods and transport volumes. To gain practical experience, an interview was conducted with two waste station employees. The study was carried out by comparing the commonly used collection and transport methods and their suitability for the waste types.

In accordance with the second objective in the study, the factors affecting the financial viability of direct transport were investigated. Based on the information, a calculator was created, which can be used to calculate the financial viability of direct transport. The calculator can be used as such to calculate the direct transports of other waste stations for different types of waste.

Areas of development were found in the transport methods of all investigated types of waste. The study found that the common transport challenge is the low volume weight of waste. However, there are commonly used solutions available for waste compaction. Another significant development target found was the streamlining of waste collection methods, and the work aimed to find more efficient methods for each waste type.

The results present disadvantages of transport methods for each type of waste and solutions to them. Based on the solutions more efficient collection and transport methods are presented, whose purpose is to make waste transport more efficient and streamlined.

Keywords/tags (subjects)

Waste transport, efficiency, method development, waste stations, logistics

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Lakeuden Etappi Oy	4
3	Tutkimusasetelma	5
3.1	Tutkimusmenetelmät.....	5
3.2	Tutkimuskysymykset	6
3.3	Aineistonkeruumenetelmät	6
3.4	Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus	8
4	Jätekuljetuksien reunaehdot	8
4.1	Jätteet ja jätelaki	8
4.2	Maantiekuljetukset	9
4.3	Kuormatilat.....	11
4.4	Jätteiden kuljetusmenetelmät	12
4.5	Kuljetuskustannusten periaate	16
5	Materiaali ja tutkimusdata	17
5.1	Tutkimuksen toteuttaminen	17
5.2	Tutkittavat jätelajikkeet	18
5.3	Nykyiset kuljetukset jäteasemalta jätekeskukseen	21
6	Siirtokuljetuksien kehittäminen	23
6.1	Tutkittavien kuljetusmenetelmien kuvaus.....	24
6.2	Menetelmien vertailu jätelajeittain	27
6.3	Yhteenveto	35
7	Jätteen suorakuljetuksen kannattavuus	36
7.1	Suorakuljetuksen periaate	36
7.2	Muuttuvat tekijät	38
7.3	Kustannusvertailu.....	39
7.4	Laskennan tulos.....	41
8	Johtopäätökset	41
8.1	Kuljetusmenetelmien vertailu	42
8.2	Suorakuljetuksen kannattavuus.....	44
9	Pohdinta	45
	Lähteet	48
	Liitteet	52
	Liite 1. Haastattelun 1 kysymykset ja vastaukset.....	52

Liite 2. Haastattelun 2 kysymykset ja vastaukset.....	53
---	----

Kuviot

Kuvio 1. Jätepuristintyytit (Jätepuristimet ja paalaimet n.d.; Rotoperss XL n.d.).....	14
Kuvio 2. Siirtokuormausasema lavanvaihtojärjestelmällä (Waste Transfer Station n.d.)	15
Kuvio 3. Vaihtolavayhdistelmä varustettuna kouranosturilla	22
Kuvio 4. Kolmen lavan vaihtolavayhdistelmä	23
Kuvio 5. Puristinsäiliö kiinnitettynä puristimeen	25
Kuvio 6. Korkea lava aukeavalla katolla	26
Kuvio 7. Puristinperävaunu kytkettynä vetoautoon	26
Kuvio 8. Puujätekasa	28
Kuvio 9. Kasalle kerättyjä risuja	30
Kuvio 10. Haravointijätekasa, jota on läjitetty.....	32
Kuvio 11. Betoni- ja tiilijätteen matala avolava 11 m ³	33
Kuvio 12. Poltettavan jätteen keräyslava	34
Kuvio 13. Suorakuljetuksen prosessikaavio	37
Kuvio 14. Siirto- ja jatkokuljetuksen prosessikaavio	38
Kuvio 15. Kuvakaappaus suorakuljetuksen kannatavuuslaskurista.....	40
Kuvio 16. Suorakuljetuksen kannattavuuslaskurin asetusarvot	41

Taulukot

Taulukko 1. Kerättävät jätelajikkeet, jotka kuljetetaan siirtolavoilla	19
Taulukko 2. Jätelajikkeiden valinta kuljetus- ja kuormamäärien pisteytyksellä.....	20
Taulukko 3. Valittujen jätelajikkeiden kuljetusmäärät ja varastointimenetelmät	21
Taulukko 4. Jätelajikkeiden kuormatilan tyyppi, koko ja jätteen tilavuuspaino.....	22
Taulukko 5. Nykyiset kuljetusmenetelmät ja niiden tehokkuus	43
Taulukko 6. Ehdotetut menetelmät, havaitut kehityskohteet sekä ratkaisut	43

1 Johdanto

Suomessa jätteet ja pakkausmateriaalit kerätään kiinteistöjen jäteastioihin, kierrätyspisteisiin sekä jäteasemille. Jätteiden kerääminen edellyttää niiden kuljettamista edelleen kierrätys-, lajittelu tai loppukäsittelypisteisiin. Jätteiden kuljetusprosesseissa hyödynnetään eri kuljetusjärjestelmiä.

Tässä työssä tarkastellaan jäteasemalta eteenpäin tapahtuvia kuljetuksia, joita kutsutaan siirtokuljetuksiksi. Siirtokuljetuksien järjestelmiin kuuluu siirtolavojen kuljettaminen maantiekuljetuksina.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vain toimeksiantajan jätekuljetuksia jäteaseman ja jätekeskuksen välillä. Työn rajauksessa tutkimuksen kohteeksi valittiin vain viisi jätelajiketta, joiden vuosittaiset kuljetusmäärät olivat suurimmat. Eniten kuljetettujen jätelajikkeiden valitsemisella pyrittiin lisäämään työn merkittävyyttä keskittymällä suurempiin kuljetuskustannuksiin.

Työn toimeksiantajana toimii Lakeuden Etappi Oy. Lakeuden Etappi Oy on Etelä-Pohjanmaalla sijaitseva kahdeksan kunnan omistama jätehuolto-yhtiö. Jäte-yhtiö vastaa 10 jäteaseman sekä vuonna 2021 valmistunut Seinäjoen RE-pisteen toiminnasta (Lakeuden Etappi Oy n.d.). RE-piste on Lakeuden Etappin uuden palvelukonseptin mukainen jätteiden kierrätysasema, jossa asiakkaat voivat asioida itsepalveluna ympäri vuorokauden. Tämä uusi konsepti nimettiin RE-pisteeksi, joka tulee sanasta Recycling eli kierrätys (RE-piste on uudenlainen jätteen vastaanottopaikka n.d.). Itsepalvelu toiminto tuo jätteiden keräys- ja kuljetustoimintaan uudenlaiset haasteet. RE-pisteelle kerättävistä jätteistä suurin osa kuljetetaan Ilmajolle jätekeskukseen. Tutkimuksen tavoite oli kehittää RE-pisteeltä kuljetettavien jätteiden kuljetusjärjestelmän tehokkuutta.

Tutkimuksessa tarkastellaan eri kuljetusmenetelmien soveltuvuutta jätekuljetuksiin. Vertailumenetelmän avulla haluttiin löytää jätelajikkeille nykyisiä kustannustehokkaammat kuljetusmenetelmät. Vertailussa käsitellään menetelmien kustannustehokkuutta, laajennettavuutta ja kokonaiskapasiteettia. Lisäksi vertailussa otetaan huomioon lastausmenetelmän sujuvuus asiakkaan ja jäteasemanhoitajan näkökulmasta.

Tutkimuksen toinen tavoite oli löytää jätteiden suorakuljetuksien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät sekä luoda sen pohjalta suorakuljetuksen kannattavuuden laskuri. Työssä tutkitaan ainoastaan poltettavan jätteen suorakuljetuksen kannattavuutta RE-pisteeltä Vaasaan Westenergyn jätteenpolttolaitokseen. Laskurin tarkoitus on toimia toimeksiantajan työkaluna suorakuljetuksien

kannattavuuslaskennassa. Laskurin toimintoihin kuuluu eri jätelajikkeiden ja kuljetusreittien valitseminen, joka mahdollistaa muidenkin, kuin vain tässä tutkimuksessa olevan suorakuljetuksen kannattavuuden tarkastelun.

2 Lakeuden Etappi Oy

Tutkimusaiheen toimeksiantaja Lakeuden Etappi on kahdeksan Etelä-Pohjanmaalaisen kunnan yhteisomistama jätehuolto-yhtiö, joka on perustettu vuonna 1997 (Yhtiön historia n.d.). Omistajakunnat ovat: Seinäjoki, Lapua, Alavus, Kuortane, Kurikka, Ilmajoki, Kihniö ja Ähtäri. Lakeuden Etappi vastaa edellä mainittujen kuntien alueella jätehuollon toteuttamisesta, kehittämisestä sekä jäte-neuvonnasta. Etapin toiminta-alueella asuu noin 130 000 asukasta ja palveluja tarjotaan myös yrityksille. Yhtiö huolehtii muun muassa kiinteistöjen jäteastioiden ja -säiliöiden tyhjennyksistä, jät-teiden kuljetuksista, käsittelystä, tiedotuksista sekä neuvonnasta. Yhtiön tehtäviin kuuluu ekopisteiden ja jäteasemien ylläpito sekä jätekuljetuksien kilpailuttaminen keskitetysti. Yhtiöllä ei kuitenkaan ole lainkaan omaa ajoneuvokalustoa tai kuljettajia, vaan alihankkijat suorittavat kaiken kuljetustoiminnan. Ainoastaan kuormatilat eli siirtolavat ovat Lakeuden Etapin omaisuutta. (Lakeuden Etappi Oy n.d.)

Lakeuden Etapin päämäärä on tarjota asiakkailleen tehokasta ja kestävän kehityksen mukaista jätehuoltoa aina lajitteluohjeistuksesta jätteen uusiokäyttöön saattamiseen asti. Yhtiö pyrkii toiminnallaan edesauttamaan jätteen oikeaoppista ja ympäristöystävällistä keräystä sekä lisäämään jätteen kierrätystä ja uusiokäyttöä. Lakeuden Etapin tavoitteena on vastuullinen ja tehokas jätteen käsittely, logistiikka, jäteneuvonta ja tiedotus sekä toiminnassaan he ovat sitoutuneita noudattamaan ympäristö- ja työturvallisuussäädäntöä sekä viranomaisten vaatimuksia. Yhtiön arvoihin kuuluu asiakaslähtöisyys, asiantuntemus, tehokkuus, yhteistyö, ympäristövastuu ja työhyvinvointi. (Arvot ja toimintapolitiikka n.d.)

Lakeuden Etappi huolehtii noin 70 ekopisteestä sekä niiden tyhjennyksistä. Ekopisteillä kerätään kotitalouksissa syntyvää paukkaus- ja paperijätettä, kuten paperia, kartonkia, lasia, metallia ja muovia. Lakeuden Etappi kerää jätettä ekopisteiden lisäksi 10 jäteasemalle, jotka sijaitsevat ympäri Etelä-Pohjanmaata sekä Seinäjoen RE-pisteelle. RE-pisteen suurin eroavaisuus muihin jäteasemiin verrattuna on sen konseptiin kuuluva itsepalvelutoiminto. Yhtiön päätoimipaikka eli toimisto

ja jätehuoltokeskus sijaitsevat Ilmajoella. Samalla alueella ovat myös Ilmajoen jäteasema sekä bio-kaasulaitos, jossa tuotetaan biokaasua sekä maanparannusraetta. (Lakeuden Etappi Oy n.d.)

3 Tutkimusasetelma

3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimustapa voidaan suunnata olevan kvantitatiivinen eli määrällinen tai kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Määrällisessä tutkimuksessa tutkimusmenetelmät pohjautuvat laskennallisiin tai tilastollisiin ratkaisutapoihin, joiden avulla tutkimuksessa pyritään selvittämään tutkimuskysymyksiin vastauksia. Määrällisessä analysoinnissa tutkimusaineistoa kuvataan ja tulkitaan numeroiden ja tilastojen avulla (Määrällinen analyysi 2021). Laadullisessa tutkimuksessa tutkimus puolestaan perustuu sanallisesti ja käytännöllisesti vertailtaviin ja analysoitaviin tuloksiin. Laadullinen tutkimus voidaan toteuttaa useasta eri näkökulmasta, mutta usein kyseisessä tutkimusmallissa pyritään todelliseen ja kokonaisvaltaiseen kohteen tutkimiseen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 135–137.)

Hirsjärvi ja muut (2009, 135) toteavatkin ettei tutkimuksen tarkka luokittelu kvantitatiiviseksi tai kvalitatiiviseksi edistä tutkimuksen tarkoituksellisuutta, vaan määritelmän tarkoitus on auttaa hahmottamaan tutkimuksen yleislinjausta. Harva tutkimus edes onkaan kärjistetyksi vain jompaakumpaa, sillä usein tutkimus sisältää sekä laskennallista, että laadullista analysointia.

Laadullisen tai määrällisen lisäksi tutkimuksen asetelma voidaan määrittää paljon tarkemminkin. Tutkimusasetelma tarkoittaa tutkimuksen kokonaistoteutusta, jossa määritetään tutkimuksen laajuus, kohde, aikaväli sekä aineiston analyysimenetelmä. Tutkimusasetelmia ovat esimerkiksi pitkäaikais-, poikittais-, tapaus-, narratiivinen-, hermeneuttinen-, fenomenologinen-, kriittinen-, kokeellinen-, survey-, toiminta- tai vertaileva tutkimus. Tutkimuksessa voidaan käyttää useaa asetelmaa yhtä aikaa. (Vuori n.d. a; Tutkimusstrategiat 2014.)

Tapaustutkimuksessa tutkimuksen kohteena on vain yksi tai muutama yksittäinen kohde tai ilmiö, jota tutkitaan. Tutkimusaineisto ja -menetelmät suunnitellaan ja kohdistetaan vain tutkittavaan kohteeseen. Näin saadaan yksilöllinen ja parhaiten juuri tietyn tapauksen tutkimuskysymyksiin

vastaava ratkaisu. Tämä ei kuitenkaan sulje pois sitä, etteikö tutkimuksen ratkaisuja voisi soveltaa muihinkin vastaaviin kohteisiin. (Tapaustutkimus 2015.)

Vertailevassa tutkimuksessa tehdään rajattujen tapauksien vertailua. Vertailun tavoitteena voi olla löytää eroavaisuuksia, yhtäläisyyksiä, suurimpia tai pienimpiä tuloksia. Vertailevaa tutkimusta tehdään niin määrällisiin kuin laadullisiin aineistoihin. (Vertaileva tutkimus 2015.)

3.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksien tarkoitus on selkeyttää ja ohjata tutkimusta vastaamaan tutkimuksen tarkoitusta. Tässä tutkimuksessa käytetään kahta tutkimuskysymystä selkeyttämän tutkimuksen tarkoitusta sekä ohjaamaan tutkimuksen suuntaa haluttua lopputulosta kohti. Tutkimuskysymykset ovat:

- Onko nykyiselle kuljetusjärjestelmälle kustannustehokkaampaa suoritustapaa jätteiden siirto-
kuljetuksissa jäteaseman ja jätekeskuksen välillä?
- Milloin poltettavan jätteen suorakuljetus polttolaitokseen on kannattavampi kuin väliter-
minaalin kautta?

3.3 Aineistonkeruumenetelmät

Tutkimus aloitetaan kartoittamalla lähtötilanne sekä keräämällä aineistoa ja lähteitä. Aineistoa voidaan kerätä eri tavoilla, joka vaikuttaa kerättävän aineiston määrään ja laatuun. Aineiston keruun perusmenetelmiä ovat havainnointi, haastattelut, kyselyt sekä dokumenttien käyttö. Kerättävä aineisto voi edustaa useaa eri aineistotyyppiä, kuten kirjoitetut tekstiaineistot, kuvat, videot, tallenteet, materiaallinen ympäristö ja haastatteluvastaukset. Aineistojen valinnassa tulee kuitenkin pidättäytyä kriittisessä lähteiden tutkimisessa ja pyrkiä löytämään vain luotettavia lähteitä. Luotettavilla lähteillä on vaikutusta tutkimuksen kokonaisluotettavuuteen, josta kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa 3.4. (Hirsjärvi ym. 2009, 191–192.)

Havainnoinnissa tutkija kerää tietoa ja kokemuksia tekemällä havainnointia tutkimuskohteessa. Havainnoinnit tulee tallentaa muistiinpanoihin, ääninauhoitteisiin tai ottamalla valo- ja videokuvia.

Havainnoinnin etuja on ajantasainen, konkreettinen ja avoin tiedon saanti, jossa pystyy keskittymään tutkimuksen tärkeimpiin asioihin. Tärkeää on kuitenkin pystyä raportoimaan havainnoinnit todenmukaisesti ja systemaattisesti. Lisäksi havainnoinneista tulee kirjata tarkasti ylös havainnoinnin aika, paikka, tapahtumien kulku sekä havainnointiin vaikuttaneet tekijät. (Kinnunen & Kallinen n.d.; Hirsjärvi ym. 2009, 215.)

Aineistoa voidaan kerätä myös suoraan kohdehenkilöiltä haastatteluilla, teemahaastatteluilla tai kyselyillä, eli strukturoiduilla haastatteluilla. Haastattelun etuna on suora ja joustava tiedonsaanti itse kohdehenkilöiltä. Haastattelua ei kuitenkaan pidä tehdä harkitsemattomasti ja valmistautumatta, sillä vain hyvin kohdistetuilla kysymyksillä ja tarkalla kirjaamisella saadaan haastattelusta paras ja oikeanmukainen aineisto tutkimukseen. Haastateltavat henkilöt tulee mieltä etukäteen, sekä mahdollisuuksien mukaan haastattelu tulisi tehdä haastateltavalle tutussa paikassa, kuten kotona tai tutkimukseen muuten liittyvässä paikassa. Haastattelun yhteydessä on mahdollista tehdä myös havainnointia. (Hirsjärvi ym. 2009, 204–207.)

Teemahaastattelu eroaa avoimesta haastattelusta haastattelu suunnitelmassa. Teemahaastattelulle keskeistä on, että itse teema eli aihepiiri on tarkkaan tiedossa, mutta kysymykset ja niiden tarkka järjestys eivät. Teemahaastattelua pystytään hyödyntämään myös kvantitatiiviseen painotuvassa tutkimuksessa, sillä saatu aineisto pystytään muuttamaan tilastollisesti analysoitavaan muotoon. Kyselyssä eli strukturoidussa haastattelussa kysymykset ja väitteet ovat ennalta tarkkaan mietityt ja määritetyt. Kyselyä tehdessä tulee kuitenkin ottaa huomioon vastaajien tietotaso ja kiinnostuneisuus, jottei kyselystä muodostu liian vaikea tai pitkä. Kysely itsessään suoritetaan usein lomakkeen avulla ja tuloksia tarkastellaan tilastollisesta näkökulmasta. Tämä haastattelu muoto mahdollistaa suuremman otannan. (Hirsjärvi ym. 2009, 208.)

Tutkimuksen aineistona voidaan käyttää erityyppisiä dokumentteja, jotka ovat kirjoitettuja tekstiaineistoja, kuvia ja videoita. Kirjoitettuja tekstiaineistoja ovat artikkelit, uutiset, kirjat, kirjeet, päiväkirjat, muistelmat, tilastot ja muut viralliset dokumentit. Valmiit aineistot kuitenkin vain harvoin sopivat sellaisenaan käytettäväksi tutkimukseen. Valmiita aineistoja voi joutua muokkaamaan esimerkiksi numeeriseen muotoon, jotta niitä voidaan käyttää tutkimusintressien mukaisesti. Toisaalta valmiit aineistot saattavat tarjota suoraan vastauksen johonkin tutkimusongelman tiettyyn osaan. (Hirsjärvi ym. 2009, 186–189.)

3.4 Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus

On tärkeää huolehtia tutkimuseettisyyden ja -luotettavuuden säilymisestä koko tutkimuksen tekemisen ajan. Eettisiin periaatteisiin, tutkimusta tehdessä, kuuluu kunnioittaa tutkittavien yksityisyyttä, ihmisarvoa ja muita oikeuksia (Vuori n.d. b.). Eettisesti hyvässä tutkimuksessa käsitellään tutkimusainestoa ja -tuloksia arvokkaasti eli vääristelemättä, muokkaamatta tai jättämättä osittain kertomatta, jos sillä on vaikutusta tutkimuksen vaiheisiin tai lopputulokseen. Tutkimustuloksia ei myöskään saa esittää epäsuotuisassa kontekstissa, vaikka itse ei kaikkia tutkimuksen tuloksia hyväksyisikään. Eettisesti hyvään toimintaan kuuluu muiden kunnioittaminen sekä tutkimuskohteelle tai kanssatutkijoille riskien tai muun haitan aiheuttamisen välttäminen. (Vuori n.d. b.)

Kunnioitus tutkimuksessa näkyy huolellisina lähdemerkintöinä, tutkittavan kohteen arvostamisena sekä toimeksiantajan ohjeistuksien noudattamisena. Hyvä tutkimus edistää tieteen etenemistä ja on hyödyksi vähintään toimeksiantajalle. (Vuori n.d. b.) Tieteellisiin käytäntöihin kuuluu rehellisyys, tarkkuus sekä huolellisuus (Hyvä tieteellinen käytäntö n.d.).

Koska jokaiseen tutkimukseen vaikuttaa tutkijan osaaminen, käytetyt tutkimusmenetelmät ja tutkimustilanne, on vaarana se, että tutkimusta ei pidetä validina eli pätevänä tai reliaabelina eli toistettavana. Tutkimuksen tulisi siis olla pätevä ja tutkimustuloksien toistettavissa toisella samankaltaisella tutkimuksella. Keinoja parantaa tutkimuksen luotettavuutta on hyödyntää useampaa eri tutkimusmenetelmää sekä ottaa riittävän kattavat otokset. Lisää luotettavuutta tutkimukseen tuottaa kattava selostus tutkimuksen toteuttamisesta, vaiheista ja olosuhteista. Tutkimustulosten yhteydessä tulee myös kertoa todenmukaisesti, kuinka vastaukseen on päädytty ja mitä siinä on otettu huomioon. Laaja sekä monipuolinen lähdeaineisto ja tarkka tutkimusaineiston selvitys lisäävät myös tutkimuksen luotettavuutta. (Hirsjärvi ym. 2009, 231–233.)

4 Jätekuljetuksien reunaehdot

4.1 Jätteet ja jätelaki

Jätelain tarkoitus on ehkäistä jätteistä syntyvää vaaraa ja haittaa ihmisille, eläimille ja ympäristölle. Jätelakia sovelletaan jätehuoltoon, toimintaan ja tuotantoon, josta syntyy jätettä sekä itse jätteen, sen käsittelyyn, varastointiin ja kuljettamiseen. Lisäksi lain tarkoitus on vähentää syntyvän

jätteen määrä ja vähentää roskaantumista. Jätteiksi luokitellaan kaikki aineet ja esineet, jotka on poistettu tai tullaan poistamaan käytöstä. Jätteiksi ei siis luokitella aineita ja esineitä, joiden jatkokäytöstä on varmuus tai jotka ovat tuotantoprosessin sivutuotteita. Jätteiksi ei myöskään luokitella asioita, joita pystytään hyödyntämään alkuperäisessä muodossaan tai tavanomaisen teollisen käsittelyn jälkeen. Kun aine tai esine luokitellaan jätteeksi, siihen vaikuttaa varastoinnissa, kuljetamisessa ja käsittelyssä eri säännökset, kuin aikaisemmin. Omistaja on vastuussa jätteen asianmukaisesta ja turvallisesta hävittämisestä tai kierrättämisestä. (Jätelaki 646/2011, 1–2§, 5§.)

Jätteen raaka-aine ja valmistusmenetelmä vaikuttavat siihen mihin lajikkeeseen jäte luokitellaan ja pystytäänkö sitä uudelleenkäyttämään tai kierrättämään. Pääsääntöisesti jätteet pyritään hyödyntämään uudelleen tuotannon raaka-aineena. (Jätteiden käsittely Suomessa.)

Valtioneuvoston asetus jätteistä asettaa tiukat reunaehdot jätteiden käsittelylle ja varastoinnille, jotka vaikuttavat suoraan jätteiden mahdollisiin kuljetusratkaisuihin. Valtioneuvoston asetuksessa jätteistä kerrotaan, että käsittely tulee suorittaa niin, ettei jätettä pääse leviämään ympäristöön, eikä siitä saa aiheutua terveydellistä haittaa. Jäte tulee merkitä asianmukaisesti, jotta jätteen jatkokäsittely pystytään toteuttamaan laadun mukaisesti. Jätteen varastoinnissa tulee ottaa huomioon jätteen käsittelymahdollisuudet ja jätteen kuljetus tulee suorittaa tiiviissä pakkauksessa tai umpinaisessa kuljetusvälineessä. Jäte voidaan kuljettaa myös peitettynä, jos voidaan varmistua, ettei jätettä pääse leviämään ympäristöön kuormauksen tai kuljetuksen aikana. (A 978/2021, 7,11§)

4.2 Maantiekuljetukset

Maantiellä kuljetus tapahtuu eri kokoisilla kuorma-autoilla ja niihin kytkettävillä perävaunuilla, johon Suomen tielainsäädäntö tuokin hyvin tarkat reunaehdot. Suomessa maanteillä tapahtuvaa kuljetustoimintaa säätelee yleisesti tieliikennettä koskeva Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä sekä maanteillä tapahtuvan tavarankuljetusta säätelevä tiekuljetussopimuslaki (A 31/2019, 2§). Lait määrittävät tiellä sallittujen ajoneuvojen suurimmat mitat, massat sekä kuormaukseen ja kuorman varmistamiseen liittyvät säädökset. Laissa määritetään ajoneuvon suurimmat sallitut painot, ajoneuvon akseleiden määrän mukaisesti. Laissa sallitut kuorma-autojen kokonaismassat ovat väliltä 18–42 tonnia, kun taas yhdistelmien massat ovat 36–76 tonnia (A 31/2019,

21, 23§). Nämä kokonaismassat asettavat kuljetuksien kantavuudelle rajoitteet. Ajoneuville asetetut suurimmat sallitut mitat asettavat rajoitteet kuormatilan tilavuudelle (A 407/2013, 2§). Ajoneuvon kokonaisleveys saa olla 2,55 metriä tai 2,6 metriä jos kuormatila on varustettu lämpöeristyksellä (A 407/2013, 25§). Ajoneuvon suurin sallittu pituus on 12 metriä ja yhdestä tai useammasta perävaunusta koostuvan yhdistelmän suurin sallittu pituus on 34,5 metriä (A 31/2019, 24§). Suurinta sallittua pituutta ei kuitenkaan ole mahdollista saavuttaa kaikilla yhdistelmätyypeillä, sillä esimerkiksi pitkän täysperävaunuyhdistelmän pituus rajoittuu käytännössä noin 31 metriin kääntyvyysäännön takia (HCT-tyyppiyhdistelmät 2019, 5).

Raskaiden ajoneuvojen ajamisessa eli ammattiliikenteessä on noudatettava myös ajo- ja lepoaikasäädöksiä. Nämä säädöksen tuovat reunaehdot siihen, kuinka paljon kuljettaja saa päivän ja viikon aikana ajaa. Ajo- ja lepoaikasäädökset vaikuttavat tehtäviin reittisuunnitelmiin. Suurin sallittu yhtämittäinen ajoaika on 4,5 tuntia, sekä normaali päivässä sallittu ajoaika on 9 tuntia, joka voidaan kaksi kertaa viikossa pidentää 10 tuntiin. (Ajo- ja lepoaikasäädökset n.d.)

Ajoneuvokaluston valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat: toimintaympäristö, käyttötarkoitus, kuormankäsittelymenetelmät, kuormatilaratkaisut sekä kustannukset. Ajoneuvokaluston tulee olla sopeva kyseiseen ajotehtävään. Ajoneuvon tekniset valinnat, kuten alusta, moottori, ohjaamo, renkaat, kuormatila ja kuormankäsittelylaitteet, vaikuttavat ajoneuvon suorituskykyyn, hankintakustannukseen sekä jatkuviin kustannuksiin, kuten huolto- ja polttoainekustannuksiin. Lisäksi teknisillä valinnoilla on suuri merkitys ajoneuvon kuljetuskapasiteettiin sekä soveltuvuus erilaisiin lastaus- ja purkumenetelmiin. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 294–303.)

Kuljetuskustannuksien lisäksi on hyvä tarkastella myös kuljetuksien kustannustehokkuutta, jossa kuljetuskustannukset suhteutetaan kuljetettuun tavaramäärään. Kuljetuskapasiteetin lisääminen parantaa ajoneuvon kustannustehokkuutta sekä kasvattaa kuljetusmääriä, resursseja lisäämättä. Maantiekuljetuksissa tavoitteena on maksimoida käytettävissä olevien resurssien, esimerkiksi henkilökunnan ja kaluston käyttö. Paras tuottavuus saavutetaan lisäämällä tuottavan ajon määrää resurssien suorituskyky huomioiden. (Valtonen 2019, 187–188.)

Akseleiden määrästä sekä ajoneuvon omapainon mukaisesti kantavuudet vaihtelevat aina pienemmän kuorma-auton 2 tonnista aina HCT-yhdistelmän jopa 52 tonnin kantavuuteen saakka. Vuoden

2019 asetuksessa korotetut ajoneuvojen painorajat vaativat myös tieverkostolta kestävyttä. Suurimpien HCT (High Capacity Transport) -yhdistelmien käyttö onkin lisääntynyt pitkien matkojen siirtokuljetuksissa, mutta lyhyillä matkoilla ei. Korotetut painorajat ovat lisänneet ajoneuvojen kantavuutta. Ajoneuvoille asetetut suurimmat sallitut mitat tuovat rajoitteet kuormatilan koolle ja näin maksimitilavuuksille. Ajoneuvoyhdistelmien pituuksien ja korkeuksien kasvaessa, suurimpien HCT-yhdistelmien tilavuus voi olla nykyään jopa lähes 200 kuutiota. (Lahti 2019.)

4.3 Kuormatilat

Kuormatila on ajoneuvon runkoon tai apurunkoon kiinnitettävä avonainen tai umpinainen osa, johon kuorma lastataan. Kuormatilyyppejä on erilaisia, kuten avolava, lavetti, umpikuormatila, säiliö, kontti, eläinkuljetustilat tai muu erikoisvalmisteinen kuormatila. Kuormatila voidaan kiinnittää ajoneuvoon kiinteästi tai se voi olla helposti irrotettava, jolloin ajoneuvon kuormatilaa pystytään vaihtamaan helpommin. Helposti irrotettavia kuormatiloja kutsutaankin vaihtokuormatiloiksi. Usein kuljetettava tavara tai asia määrittelee sen, millainen kuormatila kyseiseen kuljetukseen soveltuu. (L 14.12.1982/940, 1–2§.)

Kuormatilan kokoon ja painoon vaikuttavat useat eri tekijät. Kuormatilan kokoa rajoittaa ajoneuvon suurimmat sallitut mitat, jotka on kerrottu edeltävässä luvussa 4.2. Lisäksi kuormatilan kokoon saattaa vaikuttaa kuormankäsittelylaitteet, jotka voivat pienentää kuormatilan mahdollista kokoa. Kevyttä tavaraa kuljetettaessa kuormatilasta pyritään tekemään mahdollisimman suuri, jotta sen hyötytilavuus saataisiin mahdollisimman suureksi. Normaali ajoneuvon päällä käytettävä umpinainen kuormatila on tilavuudeltaan 30–50 m³ ja perävaunun vastaava kuormatila tilavuudeltaan 80–100 m³. (Heiskanen 2014, 189.)

Jos kuljetettavan tavaran tai materiaalin tilavuuspaino on suuri, pyritään ajoneuvon kantavuus saamaan mahdollisimman suureksi. Kantavuuteen vaikuttaa ajoneuvon suurin sallittu massa, josta on kerrottu luvussa 4.2 sekä ajoneuvon ja kuormatilan omapainot. Kantavuutta parantaa, jos ajoneuvon ja kuormatilan omapainot ovat mahdollisimman pienet. Kuormatilan omapainoon vaikuttaa sen ominaisuudet sekä rakenteilta vaadittu kestävyys. (Heiskanen 2014, 187–188.)

Kuormantilan rakenteeseen vaikuttaa se, onko kuormatila suunniteltu kiinteäksi vai vaihtokuormatilaksi. Vaihtokuormatiloille tyypillisiä vaihtomenetelmiä ovat vaijeri- ja koukkunostimet sekä jalkalavanostimet. Kuormatila voidaan varustaa myös erilaisilla ominaisuuksilla, joita on esimerkiksi kiinteät kuormankäsittelylaitteet, väliseinät ja -verhot, pankot, puristimet, nousevat lattiat sekä sivu- ja takakippausominaisuudet. Kuormatila voidaan käyttää myös kuorman väliaikaisena säilytyspaikkana tai keräysvälineenä. (Tavaraliikenneyrittäjä 2019, 322–325.)

4.4 Jätteen kuljetusmenetelmät

Monen jätelajikkeen ominaisuuksiin kuuluu matala tilavuuspaino. Tämä ominaisuus on kuitenkin melko haastava, kun kuorman paino pyritään maksimoimaan ajoneuvon kantavuuteen, jotta ajosuoritteet olisivat mahdollisimman kustannustehokkaita (Heiskanen 2014, 191). Jotta ajoneuvon kantavuus tulisi paremmin hyödynnettyä kuormatilan tilavuutta suurentamalla, jätteen tilavuuspainoa pyritään suurentamaan. Jätettä voidaan tiivistää puristamalla tai rullaamalla esimerkiksi tela-ajoneuvolla jätekasan yli, jolloin se tiivistyy alustaa vasten. Jätettä voidaan tiivistää myös lastausvaiheessa kouranosturin avulla, mutta sen tiivistystehokkuus on huomattavasti pienempi kuin muilla tekniikoilla. (Coville, Harrington, & McFeron 1994.) Materiaalin, eli tässä tapauksessa jätteen, tilavuuspaino lasketaan kaavalla:

$$\text{Tilavuuspaino}(kg/m^3) = \frac{\text{massa}(kg)}{\text{tilavuus}(m^3)}$$

(Tilavuuspainon määrittäminen maanäyttestä n.d.)

Muutamilla jätelajikkeilla niiden tilavuuspaino on kuitenkin jo valmiiksi riittävän suuri, jotta ajoneuvon kantavuus tulee hyödynnettyä. Tällaisilla jätelajikkeilla kuormatilan tilavuus ei ole rajoittava tekijä, vaan kuorman paino, joka tulee pysyä ajoneuvon kantavuuden rajoissa. (Heiskanen 2014, 191–192.) Suuren tilavuuspainon jätelajikkeilla on tärkeämpää laskea kuorman paino, jos jätteen tilavuuspaino ja kuormatilan tilavuus ovat tiedossa. Kuorman paino saadaan laskettua kaavalla:

$$\text{Kuorman paino}(kg) = \text{tilavuuspaino}(kg/m^3) * \text{tilavuus}(m^3)$$

(Tilavuuspainon määrittäminen maanäyttestä n.d.)

Jätteen tiivistämisellä halutaan kasvattaa jätteen tilavuuspainoa, jotta ajoneuvon kantavuus tulisi paremmin hyödynnettyä. Jätettä voidaan tiivistää puristamalla tai tiivistämällä. Puristimet voivat olla rakenteeltaan kiinteitä eli erillään säiliöstä, tai kombipuristintyyppisesti osana puristinsäiliötä. Puristimen mekanismina käytetään mäntä- tai ruuvipuristinta. (Aveco Combi | jätepuristimet n.d.) Lavalla olevaa jätettä pystytään tiivistämään lavamurskaimen avulla. Lavamurskaimet on suunniteltu tiivistämään lavoilla olevaa materiaalia, ja niitä on saatavilla kiinteinä ja liikuteltavina mallina, varustettuna eri materiaaleille soveltuvilla tiivistysrullilla. (Bergmann Roll-Packer n.d.) Markkinoilla olevia erilaisia jätepuristinmalleja on kuvattu kuviossa 1 ja niitä ovat muun muassa:

- Kombipuristin
- Kiinteäpuristin ja säiliö
- kiinteäruuvipuristin
- Ruuvipuristinsäiliö
- Lavamurskain

(Aveco Combi | jätepuristimet n.d.; Jätepuristimet ja paalaimet n.d.)



Kuvio 1. Jätepuristintyyppit (Jätepuristimet ja paalaimet n.d.; Rotoperss XL n.d.)

Puristimet voivat olla varustettuna erilaisilla lisävarusteilla, kuten ohjauksiskoilla, rullilla, automaattisesti toimivalla puristustoiminolla tai räätälöidyllä syöttöaukolla (Aveco Combi | jätepuristimet n.d.). Uusimpana innovaationa puristimet pystytään varustamaan aurinkopaneeleilla niin ettei puristin tarvitse voimavirtaa lainkaan (Leponiemi 2022).

Jäte on olomuodoltaan ja käsiteltävyydeltään hyvin samankaltaista kuin massatavara, joten massatavaran lastaus- ja purkumenetelmiä voidaan hyödyntää ja soveltaa myös jätteen käsittelyssä.

Massatavara tarkoittaa tavaroita ja materiaalia, jota ei ole erikseen pakattu, esimerkiksi maa-aines ja hake. (Massatavara n.d.) Kuormatilan rakenne vaikuttaa suoraan siihen, mitä menetelmiä kuorman lastaukseen ja purkuun voidaan käyttää. Joissain tapauksissa kuormatilan rakenne ja olosuhteet eivät mahdollista, kuin tietyn käsittelymenetelmän käytön. Kasalle kerättyjä jätteitä pystytään lastaamaan avonaiseen tai kattoaukeavaan kuormatilaan kuormausnosturilla, pyöräkuormaajalla tai muulla etukuormaajalla varustetulla työkoneella. (Heiskanen 2014, 251–252, 257–258.) Kasalle kerättyä jätettä pystytään myös puristamaan umpinaiseen kuormatilaan, niin kutsuttujen siirto-kuormausasemien avulla, jotta jätteen tilavuuspaino saadaan korkeammaksi. Siirtokuormausase-

man toiminta perustuu siihen, että kasalle kerätty jäte työnnetään tai nostetaan esimerkiksi pyöräkuormaajan avulla riittävään isosta täyttöaukosta puristimeen. Jäte puristetaan joko männän tai ruuvien avulla puristinsäiliöön. Siirtokuormausasema voidaan varustaa myös lavanvaihtojärjestelmällä, jolloin järjestelmä pystyy itse, ilman ajoneuvon tai työkoneen apua, vaihtamaan uusi puristinsäiliö täytettäväksi. (Waste Transfer Station n.d.) Kuviossa 2 on kuvattu siirtokuormausasema lavanvaihtojärjestelmällä, jossa on tilaa kolmelle puristinsäiliölle.



Kuvio 2. Siirtokuormausasema lavanvaihtojärjestelmällä (Waste Transfer Station n.d.)

Jätteen, kuten muunkin massatavaran purku tapahtuu pääsääntöisesti kippaamalla. Tämä menetelmä vaatii, että kuormatilan takaseinä on avattavissa tai siinä on tyhjennysluukku sekä autoon asennettu kippisylinteri. Kippausmenetelmää voidaan hyödyntää niin erikseen lastatuille, kuin suoraan kuormatilaan kerätyille jätteille, kunhan ajoneuvon ja kuormatilan rakenne sallii sen. Jätteet voidaan purkaa myös kuormausnosturilla pois kuormatilasta, mutta se on huomattavasti hitaampaa kuin kippaaminen ja siksi vähemmän käytetty menetelmä. (Heiskanen 2014, 261–262.)

4.5 Kuljetuskustannusten periaate

Kuljetuskustannuksiin kuuluvat kaikki tavaran kuljetukseen liitettävät kustannukset. Näitä ovat esimerkiksi lastaus- ja purkukustannukset sekä itse kuljettamisesta syntyneet kustannukset. Kuljetuksen kokonaiskustannukset saadaan laskemalla edellä mainittujen osien kustannukset yhteen.

Kuljetussuorite voidaan myös osittain tai kokonaan ulkoistaa. Ulkoistamisessa kuljetussuorite kilpailutetaan ja pyritään löytämään edullisin kriteerit täyttävä kuljetuksen suorittaja. Kuljetuksen suorittajan kanssa tehty kuljetussopimus määrittää, millä perusteella kuljetuskustannukset syntyvät. Kuljetuskustannukset voivat määräytyä ajosuoritteen eli tonnikilometrien mukaisesti, tuntiperusteisesti tai urakkapalkkion mukaisesti. Tonnikilometri on laskennallinen arvo, jolla mitataan kuljetuksen tehokkuutta ja se ottaa huomioon kuljetetun matkan sekä kuorman painon. (Kolmonen & Valtonen 2019, 208.) Tonnikilometrin laskentakaava on:

$$\text{Tonnikilometri (tkm)} = \text{matka (km)} * \text{massa (t)}$$

(Valtonen 2019, 185.)

Kuljetuskustannuksia voidaan laskea eri kuljetusperiaatteiden mukaisesti. Yleiset kustannuslaskentatavat ovat:

- Kilometrikustannus (€/km)
- Tonnikustannus (€/t)
- Tonnikilometrikustannus (€/tkm)

(Valtonen 2019, 185.)

Kuljetuksien ulkoistamisessa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös muut, kuin vain itse kuljettamisesta aiheutuneet kustannukset. Näitä kustannuksia ovat esimerkiksi lastauksesta ja purusta sekä jätteen varastoinnista aiheutuneet kustannukset. Kuorman lastaus on mahdollista ulkoistaa tai suorittaa itse. Vaikka lastauksen suorittaisi yhtiön omat työntekijät, aiheuttaa sen suorittaminen silti kustannuksia. Lastauksen kustannuksiin voidaan laskea lastaajan tuntipalkka sekä lastausvälineen, esimerkiksi pyöräkuormaajan, tuntikustannus. (Heiskanen 2014, 251–252.)

Ulkoistetussa kuljetustoiminnassa kustannuseriaate muodostuu kuljetussopimuksen mukaisesti. Kustannuseruste pohjautuu joko suoritukseen tai kuluneeseen aikaan. Suoritukseen perustuva kustannus voidaan mitata kuorman painon, kuljetetun matkan tai niiden yhteen lasketun tulon mukaan. Sopimusta tehdessä on kuitenkin mahdollista vaikuttaa siihen, millä periaatteella kuljetuskustannukset muodostuvat ja kuuluuko esimerkiksi kuorman lastaus ja purku kuljetuksen hintaan, vai onko se lisähinnasta tapahtuva toiminto. Aikaan perustuvaa kustannuslaskentaa käytetään usein tilanteissa, joissa suoritus aika saattaa vaihdella paljon kuljetuksen suorittajasta riippumattomista syistä. Tuntiperusteinen maksu määräytyy sopimuksen mukaisesti, ja se voi sisältää jopa kaiken niin ajoneuvon kuin miehistön tuntikustannukset, ja sen yksikkö on €/h. (Kolmonen & Valtonen 2019, 205, 207–208.)

5 Materiaali ja tutkimusdata

5.1 Tutkimuksen toteuttaminen

Tutkimuksen asettelu, aineistonkeruu sekä tutkimuskysymykset määrittävät tämän tutkimuksen olevan kvalitatiivinen tutkimus, jossa tarkastellaan ja analysoidaan tutkimuksen osatuloksia myös määrällisten menetelmien mukaisesti. Tutkimuksen toimeksianto koskee lähtökohtaisesti vain yhtä kohdetta, johon tutkimuksen vastauksessa pyritään löytämään verrattain parempi toimintamalli. Näin ollen tutkimuksen asetelmana on vertaileva tapaustutkimus. Tutkimuskysymykset ohjaavat tutkimusta ratkaisemaan laadullisesti, mikä on kustannustehokkain jätteen siirtokuljetusjärjestelmä sekä numeerisesti, onko poltettavan jätteen kuljettaminen jätteenpolttolaitokseen kannattavampaa suorakuljetuksena. Tutkimuksen aineistonkeruumenetelminä käytetään toimeksiantajan lähtötietoja, digitaalisia verkkojulkaisuja, havainnointia sekä puolistrukturoitua haastattelua.

Tutkimuksen lähtöaineisto koostuu toimeksiantajan antamasta taulukkotiedostosta, jossa on kirjattuna kerättävien jätelajikkeiden varastointitavat, vuosittaiset kuljetus- ja kuormamäärät sekä muut huomioita jätelajikkeista. Lisäksi toimeksiantaja antoi tutkimusta varten otteet kuljetussopimuksista, joissa on kerrottu kuljetuksien kustannuserusteista sekä suoritusvaatimuksista. Muuta teoria-aineistoa kerättiin laajasti eri verkkojulkaisuista. Verkkosivustoissa hyödynnettiin myös kansainvälistä tietoa, muun muassa jätteen tiivistämisessä käytettävistä teknologioista.

Tutkimuskohteessa, eli Seinäjoen RE-pisteellä, on käyty tekemässä havainnointia. Havainnoinnin tarkoitus oli löytää asiakkaiden näkökulmasta kuljetusjärjestelmän epäkohtia. Havainnoituja tuloksia on tuotu työssä esille kuvien avulla. Havainnoinnin yhteydessä tutkimuskohteessa suoritettiin puolistrukturoitu haastattelu kahdelle jäteaseman työntekijälle.

Haastattelun tarkoitus oli selvittää varastointi- ja kuljetusmenetelmien epäkohtia jäteaseman työntekijän näkökulmasta. Haastattelut suoritettiin anonymisti, joten haastateltavien nimiä ei esitetä tutkimuksessa. Molemmat haastatteluun osallistuvat työntekijät vastasivat haastatteluun RE-pisteellä tiistaina 18.10.2022. klo 13.00–14.00. Vaikka haastattelujen määrä on pieni, on otos kuitenkin suuri, suhteessa jäteasemalla työskentelevien henkilöiden määrään verrattuna. Useampi haastattelu ei olisi lisännyt vastauksien näkökulmaa, sillä kaikki jäteaseman työntekijät työskentelevät samankaltaisissa työtehtävissä. Haastattelumenetelmäksi valittiin avoimen haastattelun sijaan puolistrukturoitu haastattelu. Puolistrukturoitu haastattelumenetelmä valittiin, koska oli oleellisempaa saada haastateltavilta näkemystä tutkimusaiheeseen liittyviin kysymyksiin. Puolistrukturoitu haastattelu mahdollisti laajemmat vastaukset haastateltavilta, kuin mitä kyselyhaastattelussa olisi ollut mahdollista. Haastattelujen kysymykset ja vastaukset ovat tutkimuksen liitteinä 1 ja 2.

Tutkimuksen tekemisessä on noudatettu hyvän laadullisen tutkimuksen periaatteita. Kaikki tutkimuksessa käytetyt lähteet on kirjattu työn lähdeluetteloon. Lähteistä referoitu tieto on merkattu raportointiohjeen mukaisesti tekstiviitteinä. Tutkimuksen kaikissa vaiheissa on noudatettu huolellisuutta, rehellisyyttä ja tarkkuutta. Tutkimuksen tulokset on esitetty kattavasti jättämättä mitään kertomatta sekä totuudenmukaisesti.

5.2 Tutkittavat jätelajikkeet

Tutkimuskohteessa eli Seinäjoki-Nurmon RE-pisteellä kerätään yhteensä 24 eri jätelajia. Tutkimuksen tavoitteen takia muut, kuin siirtolavoilla kuljetettavat jätteet jouduttiin rajaamaan tutkimuksen ulkopuolelle. Taulukossa 1 on listattu kaikki kerättävät jätelajikkeet, sekä kerrottu, minkä jätelajikkeiden kuljetus tapahtuu siirtolavoille. Jätelajikkeita, joiden kuljetus tapahtuu siirtolavoilla, on taulukkoon merkattu yhteensä 16 jätelajiketta. Metall- ja elektroniikkajäte kerätään siirtolavoille, joilla ne myös kuljetetaan. Kyseiset jätelajikkeet eivät kuitenkaan sovellu tutkimukseen, koska niitä

ei kuljeteta Ilmajoen jätekeskukseen vaan suoraan omiin käsittelykeskuksiinsa. Tutkimuksessa on tarkoitus käsitellä vain jäteasemalta jätekeskukseen kuljetettavien jätteiden kuljetuksia.

Taulukko 1. Kerättävät jätelajikkeet, jotka kuljetetaan siirtolavoilla

Jätelaji	Kuljetus siirtolavalla Kyllä/Ei
Asbesti	Ei
Autonrenkaat	Ei
Betoni ja tiili	Kyllä
Biojäte	Ei
Elektroniikka	Kyllä, mutta ei sovellu tutkimukseen
Esikäsiteltävä jäte	Kyllä
Haravointijäte	Kyllä
Kattohuopa	Kyllä
Kipsilevyt	Kyllä
Kyllästetty puu	Kyllä
Lasipakkaukset	Ei
Loppusijoitettava jäte	Kyllä
Metalli	Kyllä, mutta ei sovellu tutkimukseen
Metallipakkaukset	Ei
Muovipakkaukset	Kyllä
Pahvi	Kyllä
Paperi	Ei
Poltettava jäte	Kyllä
Puujäte	Kyllä
PVC-muovi	Kyllä
Risut	Kyllä
Tasolasi	Kyllä
Tietoturvapaperi	Ei
Vaarallinen jäte	Ei

Vertailevasta tutkimuksesta saadaan suurin hyöty silloin, kun verrataan suurten kuljetusmäärien tai kuljetuskertojen lajikkeita. Eniten kuljetettavien jätteiden kuljetuksien kokonaiskustannukset ovat korkeimmat, joten niiden säästömahdollisuudet ovat suurimmat. Tutkimukseen soveltuvia jätelajikkeita on jäljellä 14 eri jätelajiketta. Jätelajikkeiden, joiden kuljetusmäärät ovat vuodessa pieniä, ei niiden tutkimisella olisi saavutettu halutun suuruista hyötyä. Lisäksi tutkimuksen luonteen takia jätelajikkeiden määrää haluttiin pienentää, koska 14 eri jätelajikkeen kuljetusmenetelmien vertaileminen olisi ollut liian suuritöinen opinnäytetyön aiheeksi. Jätelajikkeiden vuosittaiset kuljetus- ja kuormamäärät pisteytettiin laskevasti niin että suurin arvo sai 14 pistettä ja pienin yhden pisteen. Molempien pisteytyksien pisteet laskettiin yhteen, joiden perusteella valittiin viisi

kuljetus- ja kuormamäärällisesti merkittävintä jätelajiketta. Määrien pisteytys on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Jätelajikkeiden valinta kuljetus- ja kuormamäärien pisteytyksellä

Jätelaji	Kuljetusmäärä vuodessa (tn)	Kuljetusmäärien pisteytys	Kuormien määrä vuodessa (kpl)	Kuormamäärien pisteytys	Pisteet yhteensä
Puujäte	1782,0	14	105	13	27
Poltettava jäte	747,7	11	178	14	25
Risut	1172,2	13	90	12	25
Betoni ja tiili	640,6	10	80	11	21
Haravointijäte	841,5	12	27	7	19
Kyllästetty puu	101,5	8	43	10	18
Loppusijoitettava jäte	156,2	9	31	9	18
Kipsilevyt	56,1	6	28	8	14
Pahvi	64,0	7	22	5	12
Esikäsiteltävä jäte	54,4	5	24	6	11
Tasolasi	36,6	4	7	4	8
PVC-muovi	13,7	3	7	3	6
Muovipakkaukset	7,8	2	5	2	4
Kattohuopa	0,9	1	1	1	2

Pisteytyksessä painotettiin kuormien ja kuljetuksien määriä yhtä paljon. Molemmilla määrillä on vaikutusta jätteen siirtokuljetuksen kustannuksiin, joita tutkimuksessa pyritään vähentämään. Tutkimukseen valitut jätelajikkeet ovat puujäte, risut, haravointijäte, betoni- ja tiilijäte sekä poltettava jäte.

Jäte voidaan kerätä ja varastoida suoraan kuormatilaan tai kasalle, josta ne lastataan kuormatilaan kuljetusta varten. Osa jätteistä kerätään suoraan kuormatilaan, joko lavalle, puristinsäiliöön tai molempiin. Jätteen keräysmäärällä on vaikutusta siihen, kuinka jätettä kerätään. Keräysmenetelmät vaikuttavat puolestaan käytettäviin lastaus- ja kuljetusmenetelmiin. Taulukossa 3 on esitetty valittujen jätelajikkeiden kuljetus- ja kuormamäärät sekä varastointimenetelmät. Tiedot pohjautuvat toimeksiantajan tilastointiin.

Taulukko 3. Valittujen jätelajikkeiden kuljetusmäärät ja varastointimenetelmät

Jätelaji	Kuljetusmäärä vuodessa (tn)	Kuormien määrä vuodessa (kpl)	Varastointi
Puujäte	1782,0	105	Kasalla
Risut	1172,2	90	Kasalla
Haravointijäte	841,5	27	Kasalla
Betoni ja tiili	640,6	80	Avolava
Poltettava jäte	747,7	178	Puristinsäiliö, lava ja kasa

Jätelajikkeiden rajauksella on suuri merkitys työn laajuuteen. Tässä tutkimuksessa käsitellään ainoastaan valittuja viittä jätelajiketta ja niiden ominaisuuksia. Jätelajikkeiden rajauksella haluttiin löytää tutkimukseen kustannuksissa merkittävimmät jätelajikkeet. Samalla tutkimuksen laajuus haluttiin pitää sopivana, jotta jokaista jätelajiketta pystytään käsittelemään riittävän tarkasti. Työssä tutkitaan jätelajikkeiden varastointi-, käsittely- ja kuljetusmenetelmiä.

5.3 Nykyiset kuljetukset jäteasemalta jätekeskukseen

Lakeuden Etapissa jätteiden siirtokuljetukset ovat jo pitkään suoritettu erityyppisten siirtolavojen avulla. Tällä hetkellä lähes kaikki Seinäjoen RE-pisteeltä Ilmajoen jätekeskukseen kuljetettavat jätteet kuljetetaan siirtolavoilla. Alihankkijat kuljettavat työssä tutkittavat jätteet kahdella vaihtolavayhdistelmällä, joista toisessa on kouranosturi ja toisessa ei. Vaihtolavayhdistelmään menee ve-toauton päälle yksi lava ja perävaunuun 2 lavaa. Kuljetusetäisyys Seinäjoen jäteasemalta Ilmajoen jätekeskukseen on noin 22 kilometriä. Kuljetuksen toteuttamiseen vaikuttaa se, kuinka jätteitä kerätään ja varastoidaan. Kasalle kerättävät jätteet lastataan vaihtolavayhdistelmään ajoneuvon omalla kouralla varustetulla kuormausnosturilla, joka on kuvattu kuviossa 3. Jätteet puretaan la-voilta koukkulaitteen kippausominaisuuden avulla. Kuljetusyritys suorittaa myös jätteen lastaami-sen ja purkamisen. Nosturilla lastattavia jätelajikkeita ovat puujäte, risut ja haravointijäte.



Kuvio 3. Vaihtolavayhdistelmä varustettuna kouranosturilla

Muut, kuin kasalle kerättävät jätteet kerätään suoraan erityyppisille siirtolavoille, joita on käytössä avolavoja, katollisia lavoja sekä puristinsäiliöitä. Suoraan kuormatilaan kerättyjä jätteitä ei tarvitse enää lastata, vaan täysi lava otetaan koukkulaitteen avulla auton rungon päälle kuljetettavaksi. Täydet lavat tyhjätyään Ilmajoen jätekeskuksessa koukkulaitteen kippausominaisuuden avulla. Taulukossa 4 on esitetty jätelajikkeiden keräysmenetelmät sekä kuormatilojen tilavuudet. Osaa jätelajikkeista kerätään kahdelle erityyppiselle siirtolavalle.

Taulukko 4. Jätelajikkeiden kuormatilan tyyppi, koko ja jätteen tilavuuspaino

Jätelaji	Kuormatilan tyyppi	Kuormatilan koko (m ³)	Tilavuuspaino (kg/m ³)
Puujäte	Avolava	Alihankkijan lava	100
Risut	Avolava	Alihankkijan lava	200
Haravointijäte	Avolava	Alihankkijan lava	430
Betoni ja tiili	Matala avolava	11	550
Poltettava jäte (puristettu)	Puristinsäiliö	27	300
Poltettava jäte (puristamaton)	Korkea avolava	30	180

Kuljetustilaus saa alkunsa, kun jäteasemanhoitaja havaitsee silmämääräisesti lavan olevan täynnä, puristin ilmoittaa puristuspuheen olevan riittävä eli säiliön olevan täynnä tai jäteasemanhoitaja arvioi kasaan kerättävää jätettä olevan riittävästi kolmeen vaihtolavaan eli yhteen vaihtolavayhdistelmään. Jäteasemanhoitaja tekee siitä tyhjäsyyntöä, joka välitetään kuljetusyritykselle kuljetustilauksena. Kuljetustilaus tehdään kuitenkin pääsääntöisesti aina kolmelle lavalle kerrallaan.

Valmiiksi lavoille kerättävien jätteiden kuljetuksissa kuljettaja ottaa Ilmajoen jätekeskukselta mukaansa ennakkotiedon mukaisesti täysiä lavoja vastaavat tyhjät lavat, jotka hän vie menomatalla jäteasemalle. Kuviossa 4 kuvatussa yhdistelmässä on kyydissä kolme puristinsäiliötä, jotka kytetään kiinni jäteasemalla kiinteästi oleviin puristimiin.



Kuvio 4. Kolmen lavan vaihtolavayhdistelmä

Kaikki valitut jätelajikkeet kuljetetaan Ilmajolle käsiteltäväksi tai jatkokuljetuksia varten. Muut jätelajikkeet käsitellään Ilmajoen jätekeskuksessa, paitsi poltettava jäte, joka jatkokuljetetaan Ilmajolta Vaasaan Westenergy Oy:n laitokseen poltettavaksi.

6 Siirtokuljetuksien kehittäminen

Kuljetusmenetelmien vertailussa pyritään löytämään tutkittaville jätelajikkeille parhaat mahdolliset kuljetusmenetelmät. Tutkimusvertailu tehdään ainoastaan tähän työhön valituille jätelajikkeille. Tutkittavien jätelajikkeiden rajauksesta on kerrottu tarkemmin luvussa 5.2. Menetelmien vertailussa otetaan huomioon niiden kustannustehokkuus, lastaus- ja purkutavan helppous, laajennettavuus seosonkiaikana sekä kokonaiskapasiteetti. Kriteereitä menetelmille ovat kuormatilojen tieliikennelaillisuus, kuljetuksien ulkoistettavuus sekä menetelmien liitettävyyden nykyiseen RE-pisteen toimintaan. Menetelmien vertailussa ei kuitenkaan oteta huomioon investointi- ja huoltokustannuksia eikä menetelmän vaatimia kiinteitä rakenteita, kuten rakenteellisia vahvistuksia, kiinnityspisteitä tai sähkösyöttöjä. Tutkittavat kuljetusmenetelmät ovat markkinoilla yleisesti käytössä olevia menetelmiä, joten tutkimuksen tuloksia on mahdollista soveltaa myös muihin vastaaviin jättekuljetuksiin.

6.1 Tutkittavien kuljetusmenetelmien kuvaus

Kuljetusmenetelmien kehittämisessä verrataan nykyisiä kuljetusmenetelmiä vaihtoehtoisiin menetelmiin. Tutkimuksessa verrataan viiden eri kuljetusmenetelmän toimivuutta tutkittavien jätelajikkeiden kuljettamiseen. Kuljetusmenetelmissä käytetään kolmea erityyppistä kuormatilaa. Kuormatilat ovat malliltaan sellaisia, että niiden kuljettaminen voidaan ulkoistaa paikallisilla kuljetusyrityksillä. Tämä tarkoittaa sitä, että kuormatilat ovat yleisesti käytössä olevia ja niiden kiinnitys- tai kytkentämenetelmät ovat alan standardien mukaisia. Tällaisia kuormatiloja ovat esimerkiksi koukkulaitteella vaihdettavat siirtolavat sekä puoli- ja täysperävaunut. Tutkimuksessa mukana olevat kuormatilat ovat korkea lava, puristinsäiliö sekä puristinperävaunu. Tutkimuksessa käytettävien kuormatilojen kuljettaminen on kilpailutettavissa nykyisillä paikallisilla kuljetusyrityksillä. Korkean lavan käytössä pohditaan myös lavamurskaimen tuomaa mahdollista lisähyötyä jätteen puristamiseksi. Tutkimuksessa verrattavat viisi kuljetusmenetelmää ovat:

1. Jätteen keräys ja kuljetus puristinsäiliössä
2. Jätteen keräys ja kuljetus korkealla lavalla
3. Jätteen keräys ja kuljetus ruuvipuristinperävaunussa
4. Jätteen keräys kasalla ja kuljetus korkealla lavalla
5. Jätteen keräys kasalla ja kuljetus puristinperävaunussa tai -säiliössä

Jätteen keräys ja kuljetus puristinsäiliössä

Puristinsäiliö on jo nyt yksi käytössä olevista kuormatilaratkaisuista. Menetelmässä asiakas pudottaa jätteen puristimen täyttöaukkoon, josta jäte puristetaan männän avulla puristinsäiliöön. Puristimen käytön haasteena on sen melko pieni täyttöaukko. Asiakasturvallisuuden takia puristimen saa käynnistää ainoastaan jäteaseman hoitaja, joka tarkoittaa sitä, ettei puristinta voida käyttää itsepalveluaikana. Kuviossa 5 on kuvattuna puristinsäiliö, joka on kiinnitetty jäteaseman kiinteään puristimeen.



Kuvio 5. Puristinsäiliö kiinnitettynä puristimeen

Jätteen keräys ja kuljetus korkealla lavalla

Jätelava on yleisin jätteen keräys- ja kuljetusväline. RE-pisteellä kerätään yhteensä yhdeksää eri jätelajiketta korkeille lavoille. Korkean lavan etu on se suuri tilavuus sekä käytettävyys lähes jokaiselle jätelajikkeille. Lava rakenne mahdollistaa suurien ja pitkien kappaleiden kuljettamisen. Lavoissa on usein avattavat takaovet, jolloin kuorma voidaan purkaa kippaamalla. Lisäksi jos lava on varustettuna katolla estää se jätteen leviämisen tielle ajoviiman vaikutuksesta ilman että kuormaa joudutaan peittämään verkolla. Asiakkaiden on helppo pudottaa tuomansa jätteet suoraan lavalle, sillä jätteiden tuontitasanne on lähes yhtä korkealla kuin lavan reuna. Jätteet kuljetetaan lavalla jätekeskukseen, jossa ne puretaan kippaamalla. Lavan ainoa huono puoli on, ettei jätettä saada puristettua lainkaan. Kuormanpaino jää erittäin pieneksi jätelajikkeilla, joiden tilavuuspaino on matala.



Kuvio 6. Korkea lava aukeavalla katolla

Jätteen keräys ja kuljetus puristinperävaunussa

Puristinperävaunu ei ole Etapilla nykyinen käytössä oleva menetelmä. Menetelmä täyttää kuitenkin asetetut kriteerit ja on ominaisuuksiltaan käyttökelpoinen vaihtoehto. Tässä menetelmässä asiakas pudottaisi tuomansa jätteen puristinvaunun täyttöaukkoon. Vaunun runko pyörii ympäri, joka saa jätteen tiivistymään vaunun etuosasta alkaen. Jäte kuljetetaan vaunussa jätekeskukseen, jossa se puretaan vaunun peräosasta pyörittämällä vaunun runkoa vastakkaiseen suuntaan kuin tiivistettäessä. Perävaunua vedetään puoliperävaunuveturilla, joka on kuvattu kuviossa 7.



Kuvio 7. Puristinperävaunu kytkettynä vetoautoon

Jätteen keräys kasalle ja kuljetus korkealla lavalla

RE-pisteellä kerätään muutamia jätelajikkeita kasalle. Asiakas tuo jätteet kasan juurelle, josta ne työnnetään korkeammaksi kasaksi pyöräkuormaajan avulla. Kasat sijaitsevat RE-pisteen ulkoalueella asfaltoidulla kentällä. Kasalla olevat jäte lastataan korkealle lavalle, jossa kuljetetaan jätekeskukseen. Lastaus voidaan suorittaa pyöräkuormaajalla tai nyt käytössä olevalla menetelmällä, jossa kuljettaja lastaa jätteet ajoneuvon kuormausnosturilla. Jätteet puretaan jätekeskuksessa kippaamalla.

Jätteen keräys kasalle ja kuljetus puristinperävaunussa tai -säiliössä

Vertailun viidennessä menetelmässä jätteiden keräys tapahtuu kasalle, johon asiakkaat ne tuovat. Kasalta jätteet lastataan esimerkiksi pyöräkuormaajalla puristinperävaunuun tai -säiliöön. Puristinperävaunu voidaan lastata nostamalla jätteen suoraan perävaunun täyttöaukkoon. Puristinsäiliön täyttäminen vaatii siirtokuormausaseman, joka puristaa jätteet säiliön sisälle. Puristinsäiliö kuljetetaan vaihtolavayhdistelmällä, kun taas perävaunu kuljetetaan puoliperävaunuvetoautolla. Kuormatilat kuljetetaan ja tyhjennetään jätekeskukseen. Puristinperävaunu tyhjennetään sen omalla tyhjennysmekanismilla ja puristinsäiliö tyhjänsä kippaamalla.

6.2 Menetelmien vertailu jätelajeittain

Menetelmien vertailu tehdään jokaiselle jätelajikkeelle erikseen, koska jokaisella tutkittavalla jätelajikkeella on omat ominaisuudet ja keräysmäärät. Vertailussa pyritään tunnistamaan jätelajikkeen nykyisen kuljetusmenetelmän epäkohdat ja löytämään niihin ratkaisut, jonkun tutkimuksessa mukana olevan menetelmän avulla. Tarkoitus ei ole löytää kaikille jätelajikkeille yhteistä kuljetusmenetelmää vaan käsitellä jokainen valittu jätelajike erikseen. Vertailussa pohditaan jätteen keräystavan sujuvuutta asiakkaan ja jäteaseman näkökulmasta, menetelmän kustannustehokkuutta tilavuuspainoon suhteutettuna sekä kuljetuksen suurinta mahdollista kuljetuskapasiteettia.

Puujäte

Puujätteen nykyiseen kuljetusmenetelmään kuuluu jätteen kerääminen kasalle, josta kuljetusyritys lastaa sen kouranosturilla ajoneuvoyhdistelmän kolmelle korkealle lavalle. Asiakkaiden näkökulmasta jätettä on helppo tuoda, sillä jätteen koko vaihtelee pienistä puuesineistä pitkiin lautoihin ja esimerkiksi trukkilavoihin. Jäteasemanhoitajan näkökulmasta keräystapa lisää hiukan työtä, koska

jätekasaa joudutaan läjittämään pyöräkuormaajalla. Läjittäminen tarkoittaa materiaalin kasaa-
mista eli työntämistä ja nostamista korkeammaksi kasaksi, jottei kasa leviä liian suurelle alueelle.
Puujätekasaa on kuvattu kuviossa 8, joka on vielä melko pieni, eikä sitä ole sen takia läjitetty.



Kuvio 8. Puujätekasaa

Verrattavista kuljetusmenetelmistä 1, 3 ja 5 eivät sovellu puujätteelle jätteen koon takia. Kyseisissä menetelmissä käytetään puristinsäiliötä ja puristinperävaunua, joiden täyttöaukosta on vaikea saada syötettyä esimerkiksi pitkiä lautoja. Menetelmät 2 ja 4 soveltuvat puujätteelle. Nykyinen puujätteen kuljettamismenetelmä on vaihtoehto 4. Kyseisessä menetelmässä esiin tullut haaste on, että asiakkaat jättävät satunnaisesti puujätekasaa väärää jätelajiketta, kuten poltettavaa jätettä.

Nykyisessä kuljetusmenetelmässä puujätettä kuljetetaan alihankkijan korkeilla lavoilla, joiden tilavuus on 30 m^3 . Yhdistelmässä on kolme lavaa, joten kokonaistilavuus on 90 m^3 . Puujätteen tilavuuspaino on 100 kg/m^3 , jota lastausvaiheessa saadaan tiivistettyä vähän lisää tamppaamalla kuormaa. Arvioidulla tampatulla tilavuuspainolla 200 kg/m^3 yhdistelmän kuorman paino on $18\,000 \text{ kg}$.

Menetelmä 2 soveltuisi puujätteen kuljetukseen hyvin, sekä vähentäisi jätteen käsittelyyn kuluva työaika. Kuljetusmenetelmässä 2 puujäte kerätään suoraan korkeille lavoille, jossa jätettä tiivistettäisiin korkeamman tilavuuspainon saamiseksi. Lavoilla olevan puujätteen tiivistämiseen voisi

käyttää lavamurskainta, jonka avulla eräs valmistaja lupaa kuormalle jopa kahdeksankertaisen tilavuuspainon (Bergmann Roll-Packer n.d.). Kahdeksanakselisen yhdistelmän suurin sallittu kokonaispaino on 68 000 kg, jos vähintään 65 % perävaunun massasta kohdistuu paripyörillä varustetuille akselleille (A 31/2019, 23§). Kokonaispainosta vähennetään ajoneuvon omapaino, arviolta 15 000 kg, perävaunun omapaino, arviolta 10 000 kg ja kolmen lavan omapainot yhteensä 6 000 kg. Tällaisen yhdistelmän kantavuus on 37 000 kg. Jotta tilavuudeltaan täyden yhdistelmän kantavuus tulisi hyödynnettyä lähes täysin, tulisi lavamurskaimen pystyä nostamaan puujätteen tilavuuspainoa 400 kiloon /m³. Tämä tarkoittaa sitä, että lavamurskaimen tulisi tiivistää puujäte neljäsosaan alkuperäisestä tilavuudesta. Turvallisuussyistä lavamurskainta saisi käyttää ainoastaan jäteaseman henkilökunta, joten murskain ei olisi käytössä itsepalveluaikana. Lavalle olisi kuitenkin mahdollista kerätä jätettä itsepalveluaikana.

Menetelmän 2 haaste on kuitenkin keräyskapasiteetissa. Nykyisellä, eli kuljetusmenetelmällä 4, puujätettä kuljetetaan vuodessa noin 315 lavallista RE-pisteeltä jätekeskukseen. Koska jätteiden tuominen jäteasemalle on hyvin sesonkipainotteista, voi puujätettä keräytyä vuorokaudessa jopa 3 korkean lavan verran. Menetelmässä 2 puujätteen keräyslavoja tulisi sesonkiaikana olla vähintään muutaman päivän tuontikapasiteetin verran, jotta keräyskapasiteetti riittäisi itsepalveluaikoina esimerkiksi viikonlopun yli.

Puujätteen kuljetusmenetelmäksi soveltuisi parhaiten menetelmä 2, jossa jäte kerätään suoraan lavoille. Puujätettä tiivistettäisiin lavalla lavamurskaimen avulla, jolloin sen tilavuuspaino saadaan suureksi ja kuljetukset kustannustehokkaiksi. Jätteen kerääminen lavoille vähentää jäteaseman hoitajien työtä. Lisäksi lavojen tyhjennys on nopeaa ja tehokasta kippaamalla. Jätelavoja tulisi olla riittävästi itsepalveluaikana tulevan tuontimäärään verran. Pahimpana sesonkiaikana jätteen keräyslavoja olisi mahdollista lisätä.

Risut

Risujen nykyisenä kuljetusmenetelmänä toimii vertailumenetelmistä menetelmä 4. Risut kerätään kasalle ja kuljetetaan korkealla lavalla. Risujen lastaus tapahtuu kuljetusyriyksen kouranosturilla ja puretaan kippaamalla. Asiakkaan näkökulmasta risut on helppo tuoda ja jättää kasalle, mutta se-

sonkiaikana risukasan läjittäminen vie melko paljon työaika. Yhteensä kasalle kerättävien jätteiden läjittämiseen kuluu noin 1–2 tuntia päivässä. Kuviossa 9 on risukasa, jota on jo läjitetty, mutta jonka juurella on jo uusien asiakkaiden tuomia risuja läjitettäväksi.



Kuvio 9. Kasalle kerättyjä risuja

Risujen koon ja muodon takia niitä on vaikea puristaa, vaikka niiden tilavuuspaino ilman tiivistämistä onkin melko matalta. Tämän takia risuille soveltuvia menetelmiä ovat 2 ja 4, kuten puujätteenkin. Risujen tilavuuspaino on 200 kg/m^3 , joten kolmen 30 m^3 lavan kuorman kokonaispaino on $18\,000 \text{ kg}$. Yhdistelmän kantavuuden ollessa sama kuin puujätteen kuljetuksessa eli $37\,000 \text{ kg}$, jää yhdistelmän kantavuutta reilusti käyttämättä, vaikka tilavuus olisi täynnä. Risujen kerääminen suoraan kuormalavoille olisi kustannustehokas toimintatapa, mutta asiakkaiden olisi työlästä saada jätettyä risut lavoille.

Risuille toimivin kuljetusmenetelmä on vertailumenetelmistä nro 4, koska siinä asiakkaiden on helppo tuoda risut kasalle. Kuljetusmenetelmässä olisi kuitenkin mahdollista parantaa sen kustannustehokkuutta tehostamalla risujen tiivistämistä. Tiivistämisvaihtoehtoja ovat esimerkiksi lavamurskaimen käyttö tai risujen jyrääminen jo niiden kasalla ollessa.

Haravointijäte

Haravointijätteen nykyisessä kuljetusmenetelmässä jäte kerätään kasalle ja kuljetetaan korkeilla lavoilla jätekeskukseen menetelmän 4 mukaisesti. Jätteen tilavuuspaino on jo niin suuri, ettei jä-

tettä ole syytä tiivistää enempää. Tilavuuspainon takia menetelmät 1, 3 ja 5 eivät sovellu haravointijätteelle. Moni asiakas jättää haravointijätteen kippaamalla peräkärystä, joten menetelmä 2 ei myöskään sovellu tälle jätelajikkeelle.

Tilavuuspainon suuruuteen vaikuttaa erittäin voimakkaasti jätteen kosteuspitoisuus, sillä märkä haravointijäte painaa huomattavasti enemmän kuin kuiva jäte. Jätteen keskimääräinen tilavuuspaino on 430 kg/m^3 . Nykyisellä kuljetusmenetelmällä kolmen korkean lavan kuorman yhteispainoksi tulee $38\,700 \text{ kg}$. Kuten puujätteellä ja risuilla, myös haravointijätteen ajoneuvon laskennallisena kantavuutena käytetään $37\,000 \text{ kg}$. Tämän perusteella ajoneuvo on mahdollista lastata yli kantavuuden. Ajoneuvon kuormatilojen kokonaistilavuudeksi riittäisi 86 m^3 , joka tarkoittaisi yhden lavan tilavuudeksi noin $28,7 \text{ m}^3$.

Haravointijätteen lastaus tapahtuu nykyisessä menetelmässä kuljetusliikkeen ajoneuvon kuormausnosturilla. Kustannussäästöjä tavoiteltaessa olisi hyvä kuormausnosturin tuntihintaa verrata pyöräkuormaajan hintaan, jolloin jätteen lastaus saataisiin mahdollisimman edulliseksi. Muilta osin jätteen kuljetusmenetelmä katsotaan olevan jo nyt kustannustehokasta sekä jätteen keräys- ja kuljetusmenetelmät sujuvia. Kuviossa 10 on kuvattu haravointijätekasa.



Kuvio 10. Haravointijättekasa, jota on läjitetty

Betoni ja tiili

Tutkittavia kuljetusmenetelmiä ei pystytä hyödyntämään betoni- ja tiilijätteelle. Kyseiset kuormatilat eivät kestä jätteen kovaa koostumusta, eikä betoni- ja tiilijätteen puristamisella saavuteta korkeampaa tilavuuspainoa. Betoni- ja tiilijätteen tilavuuspaino on lähes tarpeeksi suuri, jotta ajoneuvon kantavuus tulisi kokonaan hyödynnettyä. Nykyisin käytössä olevan matalan avolavan tilavuus on 11 m^3 , joka on kuvattu kuviossa 11. Betoni- ja tiilijätteen tilavuuspaino on noin 550 kg/m^3 , joten täyden lavan kuorman painoksi saadaan 6050 kg . Kuorman painoa verrataan kuitenkin ajoneuvon kantavuuteen. Kolmeakselisen ajoneuvon suurin sallittu kokonaispaino on $28\,000 \text{ kg}$ (A 31/2019, 21§). Kokonaispainosta vähennetään ajoneuvon omapaino, arviolta $15\,000 \text{ kg}$ sekä lavan paino arviolta $1\,500 \text{ kg}$. Ajoneuvon kantavuus olisi näin ollen $11\,500 \text{ kg}$, joka riittää hyvin kyseisen kuorman kuljettamiseen. Asiakkaat lastaavat kuorman tuodessaan jätettä ja kuorman purkaa kuljetusyritys kippaamalla. Tästä voimme päätellä, että betoni- ja tiilijätteen kuljetus on nyt hyvin kustannustehokasta. Tehokkuutta olisi mahdollista parantaa suurentamalla vähän lavan kokoa, kuitenkin niin, ettei ajoneuvon kantavuus ole vaarassa ylittyä, vaikka lava olisikin hiukan ylilastattu.



Kuvio 11. Betoni- ja tiilijätteen matala avolava 11 m³

Poltettava jäte

Poltettavalle jätteelle soveltuisivat kaikki vertailussa olevat kuljetusmenetelmät. Poltettavaa jätettä kerätään ja kuljetetaan tällä hetkellä kolmella eri menetelmällä, jotka ovat vertailtavat menetelmät 1, 2 ja 4. Kaikista kerättävistä jätelajikkeista poltettavaa jätettä kuljetaan kuormamäärällisesti kaikkein eniten RE-pisteeltä jätekeskukseen. Jätteen huonon tilavuuspainon takia poltettavaa jätettä kuljetetaan kuormanpainollisesti kuitenkin vain neljänneksi eniten kaikista jätelajikkeista.

Kuten lähtötiedoissa kerrotaan, jätettä kerätään puristinsäiliöön, lavalle sekä kasalle. Useamman menetelmän käyttö johtuu jätejakeen koosta sekä ominaisuuksista. Suuret esineet, kuten huonekalut, kerätään kasalle, josta ne lastataan kuormausnosturilla korkeille lavoille. Pienempi jäte pyritään keräämään puristinsäiliöön paremman tilavuuspainon takia. Jätteet, jotka eivät koon puolesta mahdu puristimen täyttöaukosta, kerätään lavalle. Pienikokoista jätettä ei kerätä kasalle, jottei se pääse leviämään ympäristöön esimerkiksi tuulen mukana. Itsepalveluaikana kaikki pienikokoinen poltettava jäte kerätään lavalle, sillä puristimet eivät ole silloin käytössä. Poltettavan jätteen kerääminen lavalle, ei kuitenkaan ole yhtä kustannustehokasta kuin puristimeen. Poltettavan jätteen keräyslavat tulevat nopeasti täyteen, koska niitä ei tiivistetä lainkaan. Lavojen ripeä täytyminen työllistää jäteasemanhoitajaa kuljetustilauksien tekemisessä. Kuviossa 12 on kuvattu poltettavan

jätteen keräyslavan sisältöä, joka on kevyttä ja monimuotoista. Lavojen täyttymistä vähentäisi, jos jätettä saataisiin kerättyä enemmän puristinsäiliöihin.



Kuvio 12. Poltettavan jätteen keräyslava

Poltettavan jätteen tilavuuspaino ilman tiivistämistä on vain 180 kg/m^3 . Kolmen lavan yhdistelmän kuorma paino on tuolloin $16\,200 \text{ kg}$. Laskennallisesti yhdistelmän kantavuuden ollessa $37\,000 \text{ kg}$, jää kantavuudesta hyödyntämättä noin 56% . Puristinsäiliöön kerättävän jätteen tilavuuspaino on 300 kg/m^3 . Yhden puristinsäiliön omapaino on arviolta $1\,000 \text{ kg}$ enemmän kuin korkean lavan paino. Kolmen puristimen kuljetuksessa yhdistelmän kantavuus olisi $34\,000 \text{ kg}$. Yhden puristimen tilavuus on 27 m^3 , joten kolmen puristimen yhteistilavuus on 81 m^3 . Puristettuna poltettavan jätteen kuorman paino on $24\,300 \text{ kg}$. Tällaisessa kuljetuksessa ajoneuvoyhdistelmän kantavuus tulee jo suhteellisen hyvin hyödynnettyä, vaikka koko kantavuus ei tule käytettyä.

Poltettavan jätteen kehitettäväksi asiaksi nousi esille lavalle ja kasalle kerättävän jätteen kustannustehokkuus sekä puristimien käyttöasteen parantaminen. Lavalle ja kasalle kerättyä jätettä tulisi pystyä tiivistämään enemmän, jotta kuljetukset olisivat kustannustehokkaampia. Suurikokoisten kappaleiden kuljetusmenetelmää tarkasteltaessa soveltuisivat sen kuljetusmenetelmiksi ainoastaan vaihtoehdot 4 ja 5, joista menetelmä 4, on nykyinen toimintamalli. Tuotavien esineiden koon

takia asiakkainen olisi vaikea saada nostettua painavia esineitä lavalle, eivätkä ne mahtuisi puristimen täyttöaukosta. Lavalla kuljettamisen sijaan, jäte tulisi esimerkiksi siirtokuormausaseman avulla lastata kasalta puristinsäiliöihin tai puristavaan perävaunuun. Siirtokuormauksessa käytettävät puristimien täyttöaukot ovat käsin täytettäviä puristimia suuremmat. Puristinsäiliöiden hyvä puoli on, että niitä on käytössä entuudestaan, jolloin toimintamalli ja kuormatilat olisivat jo valmiina. Puristinperävaunun käyttämisen suunnittelussa tulee ensin selvittää tarjouskyselyillä perävaunun tyhjennyskustannukset.

Lavalle kerättävää pienikokoista jätettä ei turvallisuussyistä pystytä keräämään itsepalveluaikana puristinsäiliöön eikä puristinperävaunuun. Koska poltettavaa jätettä tuodaan paljon itsepalveluaikana, täytyy keräyslavoja olla useita. Vaihtoehtoina ovat joko puristimien käyttöasteen parantaminen tai lavoille kerättävän jätteen tiivistäminen. Puristimien käyttöasteen parantamiseksi voisi pienikokoista poltettavaa jätettä kerätä ensin välivarastoon, josta se syötettäisiin puristimeen. Asiakkaat jättäisivät jätteet välivarastoon, josta ne siirrettäisiin mekaanisesti esimerkiksi männän tai kuljettimen avulla puristimeen. Siirto- sekä puristintoiminnon käynnistäisi jäteaseman hoitaja aina työvuoronsa alussa, jolloin itsepalveluaikana tuodut jätteet saataisiin kerättyä puristimeen.

Toinen vaihtoehto on jätelavoille kerättävän jätteen tiivistäminen. Tiivistämiseen soveltuisi lavamurskain, joka parantaisi huomattavasti poltettavan jätteen tilavuuspainoa lavalla. Asiakasturvallisuuden takia lavamurskain ei olisi käytössä itsepalveluaikana. Jätettä kuitenkin kerättäisiin lavalle myös itsepalveluaikana. Jäteaseman hoitaja käynnistäisi murskaimen aina vuoronsa alussa, jolloin itsepalveluaikana tuodut jätteen saataisiin tiivistettyä.

6.3 Yhteenveto

Tutkittavien jätelajikkeiden kuljetusmenetelmistä löytyi kehitettäviä kohteita, joissa voitaisiin parantaa kuljetuksien kustannustehokkuutta. Tutkittavista jätelajikkeista betoni ja tiili sekä haravointijätteen kuljetusmenetelmät todettiin olevan kustannustehokkaat sekä toimivat niin asiakkaiden, kuin jäteaseman hoitajien näkökulmasta. Haravointijätteen kuljetuskustannuksien säästömahdollisuus olisi verrata kouranosturin tuntihintaa pyöräkuormaajan tuntihintaan. Risujen kuljetusmenetelmiä tarkasteltaessa todettiin nykyinen menetelmä parhaimmaksi, jota olisi kuitenkin mahdollista tehostaa esimerkiksi lavamurskaimen avulla. Puujätteelle soveltuvien kuljetusmene-

telmä oli vertailtavista vaihtoehtoista menetelmä 2, joka edellyttäisi jätteen keräämisen siirtämisen kuormalavoille. Puujättekuljetuksissa havaittiin kehittämistarvetta jätteen tiivistämisen tehokkuudessa. Poltettavan jätteen kuljetuksien kehittäminen vaatii useita toimia jätteen matalan tilavuuspainon sekä jätteen monimuotoisuuden takia. Poltettavan jätteen kuljetuksen kehittämistä vaikeutti kuitenkin huomioitava asiakasturvallisuus. Mahdollisina parannusehdotuksina esiteltiin lavalle kerättävän jätteen tiivistämistä lavamurskaimella sekä kasalle kerättävän jätteen lastaamista siirtoaseman avulla puristinsäiliöön tai puristinperävaunuun. Nykyisessä menetelmässä poltettavan jätteen keräämisessä puristinsäiliöön ehdotettiin käyttöasteen parantamiseksi välivarastointia.

7 Jätteen suorakuljetuksen kannattavuus

Suorakuljetuksen kannattavuudessa verrataan nykyisen välilastauksella tapahtuvan kuljetusmenetelmän kustannuksia vaihtoehtoiseen, ilman välilastauksia olevaan suorakuljetusmenetelmään. Laskennan tarkoitus on pystyä pienentämään poltettavan jätteen kuljetuskustannuksia tai todentamaan nykyisen kuljetusmenetelmän olevan kustannustehokkain toimintatapa. Luodussa suorakuljetuksen kannattavuuslaskurissa on käytetty ainoastaan esimerkkiarvoja, eikä voimassa olevien kuljetussopimuksien hintoja. Todelliset kuljetuksien hinnat on jätetty pois tutkimuksesta, sillä ne on luokiteltu toimeksiantajan puolesta salassa pidettäviksi. Vaikka laskuri esimerkkihinnoilla ei näytäkään todellista tulosta, täyttää suorakuljetuksen kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden löytäminen sekä toimivan laskurin luominen, tutkimukselle asetetun tavoitteen.

7.1 Suorakuljetuksen periaate

Suorakuljetuksen periaate on, että tavara tai materiaali kuljetetaan lähtöpaikasta määräpaikkaan samassa kuljetusyksikössä ilman välilastauksia. Jätteen lähtöpaikka on Seinäjoen RE-piste ja määräpaikka Vaasaan Westenergyn jätteenpolttolaitos. Ainoa laitoksella hyödynnettävä jätelajike on poltettava jäte, joka poltetaan ja muutetaan näin energiaksi. Muita jätelajikkeita ei hyödynnetä jätteenpolttolaitoksessa, joten niille ei tässä tutkimuksessa lasketa suorakuljetuksen kannattavuutta.

Tutkittavan suorakuljetuksen toimintamallissa poltettavan jätteen siirtolavat kuljetetaan kolmen lavan vaihtolavayhdistelmällä RE-pisteeltä suoraan Westenergyn laitokselle. Laskennassa yhdistelmätyyppinä käytetään kolmen lavan vaihtolavayhdistelmää, vaikka markkinoilla on olemassa myös neljän lavan vaihtolavayhdistelmiä. Syy kolmen lavan yhdistelmän käyttöön laskelmassa on, että nykyiset siirtolavojen kuljetukset tapahtuvat kyseisen mallisella yhdistelmällä. Suorakuljetustilauksessa ajoneuvon lähtöpaikka on Ilmajoen jätekeskus, josta se ottaa kyytiin tyhjät lavat tai puristinsäiliöt tarpeen mukaan. Tyhjät siirtolavat vaihdetaan RE-pisteellä täysiin, jotka kuljetaan Vaasaan Westenergylle tyhjättäväksi. Siirreltäviä lavoja on yhteensä 6kpl, joten kuljetuskustannuksiin lasetaan kuuden lavan operointikustannus. Polttolaitokselle tyhjätyt lavat kuljetaan lopuksi takaisin Ilmajoen jätekeskukseen. Kuljetusreitti on Ilmajoki-Seinäjoki-Vaasa-ilmajoki ja pituutta kuljetusreitillä on yhteensä noin 200 kilometriä.

Suorakuljetuksen vaiheet on kuvattu kuvioissa 4 prosessikaavion avulla. Prosessikaaviossa on havainnollistettu siirtolavojen käsittelyvaiheiden määrää kuvakkeiden avulla. Suorakuljetusmenetelmässä siirtolavojen käsittelyjä tulee yhteensä neljässä eri vaiheessa.



Kuvio 13. Suorakuljetuksen prosessikaavio

Välilastauksella oleva kuljetusmenetelmä koostuu kahdesta eri osiosta, jotka ovat siirtokuljetus ja jatkokuljetus. Siirtokuljetuksessa jäte kuljetetaan jäteasemalta jätekeskukseen ja se on kuvattu tarkemmin luvussa 5.3. Jatkokuljetuksessa jätteet lastataan kuljetusliikkeen omalla pyöräkuormajalla kaatoaukeavan ajoneuvoyhdistelmän kuormatilaan, josta se puretaan Westenergylle yhdistelmän purkumenetelmällä peräpurkuna tai kippaamalla sivulle. Kuviossa 14 esitetty prosessikaavio kuvaa välilastauksella tapahtuvan poltettavan jätteen kuljetuksen vaiheet.



Kuvio 14. Siirto- ja jatkokuljetuksen prosessikaavio

7.2 Muuttuvat tekijät

Suorakuljetuksen kustannuksiin vaikuttavat kuljetuskustannukset, jotka määräytyvät kuljetetun matkan pituuden mukaan sekä siirtolavojen operoinneista syntyneet kustannukset. Siirtolavojen määrä sekä koko vaikuttavat puolestaan siihen, miten paljon jätettä saadaan kuljetettua kerralla. Seinäjoen RE-pisteellä kerätään poltettavaa jätettä kahteen puristinsäiliöön sekä kolmelle korkealle lavalle. Asiakkaat lastaavat jätteet tuodessaan suoraan kuormatilaan, joten erilisiä lastauskustannuksia ei tule. Lavojen tyhjennyskustannus sisältyy lavojen operointikustannukseen. Siirtolavojen kuljetuksen, vaihtamisen ja tyhjentämisen suorittaa kuljetusyritys, joten kuljetuksen kokonaiskustannukset muodostuvat kuljetussopimukseen kirjattujen kustannuseriaatteiden mukaisesti. Suorakuljetuksen kustannuserusteet ovat samat kuin siirtokuljetuksissa. Siirto- ja suorakuljetussopimuksien kustannuserusteet ovat:

- kuljetuskustannus €/km
- lavojen operointikustannus €/kpl

Jatkokuljetuksien kustannukseen vaikuttaa ainoastaan kuljetussopimuksessa määritetty hinta kuljetettua jätetonnia kohti. Kuljetussopimuksen hinta pitää sisällään kuorman lastaamisen, purkamisen sekä itse kuljettamisen. Jatkokuljetuksen kustannuseruste on:

- kuljetuskustannus €/t

7.3 Kustannusvertailu

Kuljetuskustannuksia vertailtaessa tulee ottaa huomioon kaikki kuljetuksesta ja tavaran käsitte-lystä aiheutuneet kustannukset. Välilastauksella olevan kuljetusmenetelmän kustannukset saadaan laskemalla yhteen siirto- ja jatkokuljetuksen kustannukset. Siirtokuljetuksen kustannuksia ovat siirtolavojen operointikustannukset €/kpl ja kuljetuskustannukset €/km. Jatkokuljetuksen kustannusperuste on ainoastaan tonnikohtainen €/t, joka sisältää myös jätteen lastaamisen ja purkamisen. Suorakuljetuksen kustannusperuste on sama, kuin siirtokuljetuksella, eli edellä mainitut operointi- ja kuljetuskustannukset.

Koska kuljetusmenetelmät eroavat toisistaan, ei niiden kokonaiskustannuksia pystytä vertaamaan suoraan. Kokonaiskustannukset muutetaan vertailtavaan muotoon jakamalla ne kuorman painolla, josta saadaan yhden jätetonnin kuljetuskustannukset yksikössä €/t. Tonnikustannuksia pystytään vertaamaan toisiinsa.

Välilastauksen kustannusten laskukaava on:

$$\text{Kuljetuskustannus}(\text{€/t}) = \frac{\text{Kuljetuskustannus}(\text{€}) + \text{Operointikustannus}(\text{€})}{\text{Kuorman paino (t)}} + \text{Jatkokuljeuskustannus}(\text{€/t})$$

Ilman välilastausta kustannusten laskukaava on:

$$\text{Kuljetuskustannus}(\text{€/t}) = \frac{\text{Kuljetuskustannus}(\text{€}) + \text{Operointikustannus}(\text{€})}{\text{Kuorman paino (t)}}$$

Laskurin lisäominaisuutena on valintojen nollauspainike, joka poistaa valinnat jätelajikkeesta, kuormatiloista sekä asetetut kuljetusmatkat. Laskurin visuaalinen toteutus ja ohje on kuvattu kuviossa 15.

Suorakuljetuksen kannattavuuslaskuri

Jätelajike	Poltettava jäte		
	Malli	Koko	Tilavuuspaino
Kuormatila 1	Puristinkontti (27m ³)	27 m ³	300 kg/m ³
Kuormatila 2	Puristinkontti (27m ³)	27 m ³	300 kg/m ³
Kuormatila 3	Korkea lava (27m ³)	27 m ³	180 kg/m ³

Kustannukset yhteensä	
Välilastauksella	17,75 €/t
Ilman välilastausta	18,04 €/t

Siirtokuljetus	
Siirtokuljetuksen kokonaismatka	20 Km
Kuljetuksen kustannus yhteensä	40,00 €
Lavaoperointien määrä	6 kpl
Operointien kustannukset yhteensä	60,00 €
Kuljetettavan jätteen kokonaispaino	21,1 t
Siirtokuljetuksen kustannus	4,75 €/t

Jatkokuljetus	
Jatkokuljetuksen kustannus	13,00 €/t

Suorakuljetus	
Suorakuljetuksen kokonaismatka	160 Km
Kuljetuksen kustannus yhteensä	320,00 €
Lavaoperointien määrä	6 kpl
Operointien kustannukset yhteensä	60,00 €
Kuljetettavan jätteen kokonaispaino	21,1 t
Suorakuljetuksen kustannus	18,04 €/t

Tulos

Kuljetus on edullisempi välilastattuna

Laskurin nollaus

Ohje:

1. Valitse jätelajike ja kuormatila pudotusvalikosta
2. Aseta siirtokuljetuksen ja suorakuljetuksen kokonaismatkat (yhteensä meno-paluu)
3. Katso laskurin tulos keltaisista soluista
4. Tyhjennä valinnat painikkeella

Kuvio 15. Kuvakaappaus suorakuljetuksen kannattavuuslaskurista

Kuljetuslaskuriin määritetään asetusarvot, jotka vaikuttavat kustannuslaskentaan. Asetusarvoihin kuuluu kuljetussopimuksissa määritetyt hinnat, jätelajikkeiden tilavuuspainot sekä käytettävissä olevien siirtolavojen tilavuudet. Laskuri hyödyntää asetusarvoja laskiessa kuljetuskustannuksia sekä kuljetettavan jätteen kokonaispainoa. Huomioitavaa on kuitenkin se, että kuorman paino lasketaan siirtolavojen täyden kapasiteetin mukaan, joten jos lava on vajaa, laskennan tulos ei ole luotettava. Asetusarvot on kuvattu kuviossa 16, mutta kuviossa näkyvät kuljetuskustannuksien hinnat ovat esimerkkilukuja todellisten hintojen peittämiseksi.

Kuljetuskustannukset	Hinta	Jätelajike	Puristettu	Puristamaton	Kuormatila	Tilavuus
Siirtokuljetuksen kustannus	2,00 €/km	Poltettava jäte	300 kg/m ³	180 kg/m ³	Puristinkontti (27m ³)	27 m ³
Suorakuljetuksen kustannus	2,00 €/km	Sekajäte	350 kg/m ³	150 kg/m ³	Kombipuristin (20m ³)	20 m ³
Lavan opertointikustannus	10,00 €/kpl	Muovi	300 kg/m ³	25 kg/m ³	Korkea lava (27m ³)	27 m ³
Jatkokuljetuksen kustannus	13,00 €/t	Pahvi	150 kg/m ³	25 kg/m ³	Korkea lava (30m ³)	30 m ³
		Joku muu	1 kg/m ³	1 kg/m ³	Ei kuormatilaa	0 m ³

Kuvio 16. Suorakuljetuksen kannattavuuslaskurin asetusarvot

7.4 Laskennan tulos

Suorakuljetuksen kannattavuutta arvioidaan tässä työssä ainoastaan laskurin asetusarvoihin kirjatujen kustannusten näkökulmasta, jotka on esitetty edeltävässä luvussa 7.3. Laskuri ei myöskään ota huomioon muita suorakuljetuksen kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Laskurissa on käytetty hintoina esimerkkilukuja, joten laskurin tulos ei ole realistinen. Laskurista voidaan kuitenkin nähdä, että esimerkkihintoja käytettäessä laskurin tulokseksi saatiin kuljetuksen olevan edullisempi välilastattuna.

Laskurin tuloksesta voimme päätellä, että suorakuljetuksen kustannustehokkuus esimerkkihinnoilla ei ole tarpeeksi hyvä, vaikka ilman välilastausta olevassa kuljetusmenetelmässä onkin vähemmän kuormankäsittelyä. Jatkokuljetuksen kustannustehokkuus on niin korkea, että se korvaa välilastauksesta aiheutuneen ylimääräisen lastin purkamisesta ja lastaamisesta aiheutuneet kustannukset pitäen jätteen tonnikustannukset suorakuljetusta edullisempänä. Suorakuljetuksen kannattavuuden parantamiseksi poltettavan jätteen siirtolavakuljetuksien kustannustehokkuutta tulisi parantaa.

8 Johtopäätökset

Tutkimukseen kuului kaksi osa-aluetta, jotka olivat kuljetusmenetelmien vertailu sekä suorakuljetuksen kannattavuuden laskenta. Osa-alueita käsiteltiin tutkimuksessa erillään, joten molempien tutkimusvaiheiden tulokset ja johtopäätökset esitetään erikseen. Tutkimuksen osa-alueiden tulokset eivät ole riippuvaisia toisistaan, vaan toimivat erillisinä tutkimustuloksina.

8.1 Kuljetusmenetelmien vertailu

Kuljetusmenetelmien vertailussa tutkittiin eri kuljetusmenetelmien toimivuutta sekä kustannustehokkuutta tutkimukseen valituille jätelajikkeille. Tutkimus suoritettiin valituille jätelajikkeille yksilöllisesti, koska jätelajikkeilla on omat ominaisuutensa, jotka vaikuttavat niiden keräys- ja kuljetusmenetelmiin. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaten tutkimuksessa todettiin, että lähes kaikkien tarkasteltavien jätelajikkeiden kuljetusmenetelmiä olisi mahdollista kehittää kustannustehokkaammaksi. Jätteiden kuljetustehokkuuden suurin haaste oli jätteiden matala tilavuuspaino. Maantiekuljetuksissa matalan tilavuuspainon takia, kuormatilan tilavuus rajoittaa kuorman kokoa. Tilavuutta puolestaan rajoittaa ajoneuvolle asetetut suurimmat sallitut mitat. Haravointijäte on ainoa tutkittava jätelajike, jonka tilavuuspaino riitti lähtötilanteessa hyödyntämään koko ajoneuvon kantavuuden. Tällaisessa tilanteessa ajoneuvon kantavuus rajoittaa kuorman kokoa. Ajoneuvon kantavuus määräytyy ajoneuvolle suurimman sallitun massan mukaan.

Tutkimuksessa tarkasteltiin jokaisen tutkittavan jätelajikkeen kuljetuksia erikseen. Tämä mahdollisti löytämään kuljetusmenetelmistä merkittävimmät asiat, jotka heikentävät kuljetuksien kustannustehokkuutta. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään ratkaisuksi käytännölliset toimet, jotka vastasivat parhaiten kehitettäviin asioihin. Päätargetoitu oli pystyä parantamaan kuljetuksien tehokkuutta. Ratkaisuvaihtoehtoina käytettiin ainoastaan tutkimuksessa mukana olevia jätteiden tiivistys- ja kuljetusmenetelmiä. Tutkimuksessa haluttiin hyödyntää ainoastaan yleisesti käytössä olevia menetelmiä, joiden hankkiminen on mahdollista nykyisiltä markkinoilta. Kehitettävien asioiden ja ratkaisujen tarkastelu on kerrottu tarkemmin luvussa 6.2.

Tutkimuksessa havaittiin kasalle kerättävien jätteiden läjittämiseen kuluvan melko paljon työaikaa. Työajan kulumisen lisää työkustannuksia, jotka voidaan yhdistää jätteen käsittelykustannuksiin. Taulukossa 5 on esitetty jätelajikkeiden nykyiset kuljetusmenetelmät, sekä tutkimuksessa todetut lähtömenetelmien tehokkuudet ajoneuvon kantavuuden hyödyntämisessä. Taulukossa 5 listatut menetelmät, sekä jätteiden kuormanpainot, on selitetty tarkemmin tutkimuksen vertailuosiossa, josta on kerrottu luvussa 6.2.

Taulukko 5. Nykyiset kuljetusmenetelmät ja niiden tehokkuus

Jätelaji	Nykyinen keräysmenetelmä	Nykyinen kuljetusmenetelmä	Kuorman paino siirtolavalla	Ajoneuvon kantavuus	Kantavuuden hyödyntämistä
Puutavara	Kasalla	Korkealla lavalla	3 000 kg	11 000 kg	27,3 %
Risut	Kasalla	Korkealla lavalla	6 000 kg	11 000 kg	54,5 %
Haravointijäte	Kasalla	Korkealla lavalla	12 900 kg	11 000 kg	117,3 %
Betoni ja tiili	Lavalla	Matalalla lavalla	6 050 kg	11 500 kg	52,6 %
Poltettava jäte	Lavalla, kasalla ja puristinsäiliössä	Korkealla lavalla	5 400 kg	11 000 kg	49,1 %
		Puristinsäiliössä	8 100 kg	10 000 kg	81,0 %

Nykyisissä kuljetusmenetelmissä todettiin, että usean jätelajikkeen tilavuuspaino on liian pieni, jotta ajoneuvon kantavuus tulisi hyödynnettyä. Nykyisillä menetelmillä jätteitä kuljetetaan paljon korkeilla lavoilla, joka on kuitenkin matalan tilavuuspainon jätekuljetuksissa epäkustannustehokas kuljetusmenetelmä. Kuljetustehokkuuden parantamiseksi kuljetusmenetelmiltä vaaditaan jätteen tehokasta tiivistämistä. Tähän vaikuttaa kuitenkin jätteen keräysmenetelmä, jota rajoittavat jätteen ominaisuudet sekä puristimien käytössä asiakasturvallisuussäädökset.

Tutkimuksen tulos on esitetty taulukossa 6. Taulukkoon on kirjattu ehdotetut keräys-, lastaus ja kuljetusmenetelmät. Menetelmien lisäksi taulukkoon on kirjattu tutkimuksen jätelajikkeiden kuljetuksissa kehitettävät asiat sekä niihin tutkimuksessa käytettyjen menetelmien pohjalta löydetty ratkaisut.

Taulukko 6. Ehdotetut menetelmät, havaitut kehityskohteet sekä ratkaisut

Jätelaji	Keräysmenetelmä	Lastausmenetelmä	Kuljetusmenetelmä	Kehitettävä osa-alue	Ratkaisu
Puutavara	Lavalla	Keräys suoraan lavalle	Korkealla lavalla	Tilavuuspaino	Tiivistäminen lavamurskaimella
Risut	Kasalla	Kouranosturilla	Korkealla lavalla	Tilavuuspaino	Tiivistäminen jyrällä
Haravointijäte	Kasalla	Pyöräkuormaaja tai kouranosturi	Korkealla lavalla	Lastausmenetelmä	Pyöräkuormaajan ja kouranosturin tuntihinnan vertaaminen
Betoni ja tiili	Lavalla	Keräys suoraan lavalle	Matalalla lavalla	Kuormatilan koko	Kuormatilan suurentaminen
Poltettava jäte	Kasalla	Siirtokuormaasema	Puristinsäiliössä tai -perävaunussa	Tilavuuspaino	Siirtokuormaaminen puristinsäiliöön
	Lavalla	Keräys suoraan lavalle	Korkealla lavalla	Tilavuuspaino	Tiivistäminen lavamurskaimella
	Välivarasto	Keräys suoraan säiliöön	Puristinsäiliössä	Käyttöaste	Jätteen välivarastointi

Kustannustehokkuutta parantavat ratkaisut pohjautuvat tutkimuksessa mukana oleviin menetelmiin. Yleisin kehitettävä asia oli jätteen tilavuuspaino, joka todettiin yleisesti haasteeksi jätteiden ominaisuuksien takia. Jätteen keräysmenetelmä ja rakenne vaikutti siihen, millaista tiivistysmenetelmää siihen voidaan käyttää.

Tutkimuksessa todettiin, että lavalle kerättävää jätettä voidaan tiivistää helposti lavamurskaimen avulla. Lavamurskaimen käyttö on myös helpompaa, sillä jätettä ei tarvitse siirtää puristimeen, joka lisäisi turhaa jätteen käsittelyä. Jätteen käsittelyvaiheiden todettiin lisäävän jäteaseman hoitajan työtä. Jäte pyritään keräämään suoraan kuormatilaan, jolloin jätettä ei tarvitse lastata erikseen ja säästetään työkustannuksissa. Jokaisella tutkittavalla jätelajikkeella se ei kuitenkaan ole mahdollista.

Risut, joita koon puolesta on järkevin kerätä kasalle, on mahdollista puristaa ennen lastausta jyräämällä kasaa. Kasalle kerättävä poltettava jäte olisi tehokkainta siirtää puristimeen, sillä jätettä on vaikea jyrätä kasalla, eikä sen tiivistäminen lavamurskaimella onnistu enää lastauksen jälkeen. Osalla jätelajikkeista tilavuuspaino oli jo valmiiksi korkea, kuten betoni ja tiili, haravointijäte sekä poltettava jäte, kun se kerätään puristinsäiliöön. Kyseisten jätelajikkeiden kohdalta löydettiin muita kehitettäviä asioita, kuin tilavuuspaino. Betoni- ja tiilijätteen ratkaisuksi riittäisi ainoastaan lavan koon suurentaminen. Haravointijätteen kuljetus on tutkittavista jätelajikkeista kustannustehokkainta. Mahdollista kustannussäästöä olisi mahdollista löytää vertailemalla lastausmenetelmien hintoja. Poltettavan jätteen kerääminen puristimeen aiheuttaa todettua ongelmaa käyttöturvallisuuden takia, jolloin puristimen käyttöaste jää hyvin pieneksi. Ratkaisuksi tutkimuksessa ehdotettiin poltettavan jätteen keräystä välisäiliöön ennen puristinta, jolloin myös itsepalveluainana kerätty jäte saataisiin puristettua.

8.2 Suorakuljetuksen kannattavuus

Suorakuljetuksen laskennassa todettiin kustannuskannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä olevan kuormatilan koko, jätteen tilavuuspaino sekä kuljetuskustannukset. Poltettavan jätteen suorakuljetus on mahdollinen keino säästää jätteen kuljetuskustannuksissa, jos jätteen kuljetusmenetelmä on riittävän kustannustehokas. Poltettavan jätteen matalan tilavuuspainon todettiin vaikuttavan merkittävästi suorakuljetuksen kannattavuuteen. Siirtolavakuljetusten tehokkuutta parantamalla olisi suorakuljetuksen kannattavuutta mahdollista parantaa. Lavakuljetusten tehokkuutta voidaan

parantaa tehostamalla jätteen tiivistämistä esimerkiksi tehokkaamman puristimen avulla, jolloin jätteen tilavuuspaino suurenee. Myös kuljetuskapasiteetin, eli tilavuuden lisääminen, parantaisi kustannustehokkuutta. Suomen tielainsäädäntö mahdollistaa yhdistelmän pidentämisen HCT-yhdistelmäksi, jolloin ajoneuvoon mahtuisi suuremmat siirtolavat tai kolmen siirtolavan sijasta neljä siirtolavaa. HCT-yhdistelmän käyttö suorakuljetuksessa parantaisi huomattavasti kuljetuksen kustannustehokkuutta, joka vaikuttaisi mahdollisesti tutkimuksen tulokseen. Koska suorakuljetus tapahtuu samalla menetelmällä kuin siirtokuljetus, olisi kuljetustehokkuuden parantamisesta hyötyä, vaikka kuljetukset jatkuisivat välilastauksilla.

Tutkimuksessa luotiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla laskuri suorakuljetuksen kannattavuuden laskentaan. Laskuri ottaa huomioon kustannuksiin vaikuttavat tekijät, mitkä ovat kuormatilan tilavuus, jätteen tilavuuspaino sekä kuljetuskustannukset. Tutkimuksessa laskurin kuljetushintoina käytettiin esimerkkihintoja, joten laskurin tulos ei kerro todellista kannattavuutta. Laskurissa laskentamenetelmät ovat yleisiä laskukaavoja, jotka mahdollistavat laskurin käytön muissakin kohteissa. Kuljetusmatkojen pituuksia muuttamalla sekä kuormatilojen valinnalla, voi toimeksiantaja hyödyntää laskuria muissakin suorakuljetuksien kannattavuuslaskennoissa.

9 Pohdinta

Päädyin kysymään opinnäytetyöaihetta Lakeuden Etapilta alkuvuodesta 2022, sillä yhtiö oli minulle entuudestaan tuttu. Tavoite oli löytää opinnäytetyön aihe, joka keskittyy maantiekuljetukseen. Lakeuden Etapilla oli tarjota sopiva aihe. Yhtiö oli tullut tutuksi, ollessani muutama vuosi aikaisemmin heidän alihankkijansa työntekijänä. Alihankkijan tehtäviin kuului jätteiden siirtokuljetukset, joten minulla oli vahva käytännön tietämys kyseisistä kuljetuksista. Tämä kokemus auttoi minua huomattavasti tutkimuksen alkuvaiheessa kuvailemaan nykyisiä kuljetusmenetelmiä.

Tutkimusasetelmassa kuvattiin tutkimuksen olevan laadullinen tapaustutkimus. Tutkimuksen päämenetelmäksi valittiin vertaileva tutkimustapa, joka vastasi tutkimusentavoitteisiin hyvin. Tutkimuksen tavoite oli todentaa ovatko nykyiset Lakeuden Etapilla käytössä olevat jätteiden siirtokuljetusmenetelmät kustannustehokkaimpia. Vertaileva tutkimusasetelma mahdollisti useiden kuljetusmenetelmien tarkastelun.

Tutkimuksen suorittamista selkeytti yhden kohteen eli tietyn jäteaseman ja jätekeskuksen välisten jätteiden siirtokuljetuksien valitseminen sekä tutkittavien jätelajikkeiden määrällinen raja. Tutkimusta laajensi kuitenkin jätelajikkeiden yksilölliset ominaisuudet, jolloin jokainen tutkittavista jätelajikkeista tarkasteltiin erikseen. Toinen tutkimukselle mielenkiintoinen lähtökohta olisi ollut tutkia vain yhden jätelajikkeen käsittelyä ja kuljetusta. Tällöin vertailuun olisi ollut helpompi ottaa mukaan myös jätteen käsittelyvaihtoehdot, esimerkiksi puujätteen tai risujen käsittelyvaihtoehtona hakettaminen.

Tutkimus toteutettiin vertailemalla nykyisten kuljetusmenetelmien kustannustehokkuutta ja sujuvuutta vaihtoehtoisin menetelmiin. Tutkimuksessa ei ollut tarkoitus löytää kaikille yhteisesti soveltuvaa kuljetusmenetelmää. Kuljetusmenetelmien vertailussa ennako-oletuksena oli, että nykyiset kuljetusmenetelmät olivat jo kustannustehokkaita, sillä menetelmät olivat jo pitkään olleet käytössä Etapissa. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin selkeitä kehityskohteita jokaisen tutkimuksessa mukana olevan jätelajikkeen kuljetusmenetelmässä. Tutkimuksessa havaittuja epäkohtia on löydettävissä myös muiden jäteasemien siirtokuljetuksista.

Tutkittavina kuljetusmenetelminä hyödynnettiin myös muita kuin Suomessa käytettyjä teknologioita, vaikka varsinaisesti uusia innovaatioita jätekuljetuksiin ei ole viime vuosina tullut. Suomessa ajoneuvoille sallitut muuta Eurooppaa suuremmat mitat ja massat vaativat kuljetusmenetelmiltä muokattavuutta suuremmiksi kuljetusyksiköiksi. Yhdistämällä eri keräys- ja kuljetusmenetelmiä, löydettiin tutkimuksessa jätelajikkeille soveltuvimmat kuljetusmenetelmät. Tässä tutkimuksessa löydetyt ratkaisumenetelmät ovat sovellettavissa myös muilta jäteasemilta lähteviin siirtokuljetuksiin.

Suorakuljetuksen kannattavuuslaskenta lisättiin toiseksi osa-alueeksi tutkimuksen alkupuolella toimeksiantajan pyynnöstä. Kannattavuuslaskennan tarkoitus oli tuoda toinen tarkastelumahdollisuus kuljetuksien kustannussäästöjen löytämiseksi. Ennako-olettamus oli, että suorakuljetuksella olisi kustannuksellisia säästöjä. Teoriatiedossa esitetyt kuljetuskustannuksien laskukaavat toimivat laskurin perustana. Laskuri todettiin toimivaksi ja luotiin toimeksiantajalle työkaluksi, jonka lähtötietoja muuttamalla voi hyödyntää sitä myös muille jätelajikkeille tai jäteasemille.

Tutkimuksessa ei ollut käytettävissä todellisia kuljetussopimuksissa määritettyjä hintoja, vaan laskennassa käytettiin suuntaa antavia esimerkkihintoja. Todellisten hintatietojen puuttumisen takia ei laskuri näytä todellista tulosta. Tutkimuksen tarkoitus oli osoittaa, mitkä tekijät vaikuttavat suorakuljetuksen kannattavuuteen. Laskuri luotiin ainoastaan toimeksiantajan työkaluksi, jonka toiminta perustuu kannattavuuteen vaikuttaviin tekijöihin.

Lähteet

A 31/2019. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta. Viitattu 26.4.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190031#Pidm45237816097904>.

A 407/2013. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta. Viitattu 21.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407#Lidm45949346108192>.

A 978/2021. Valtioneuvoston asetus jätteistä. Viitattu 5.9.2022. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>.

Ajo- ja lepoaikasäädökset. N.d. SKAL:n verkkosivustolla. Viitattu 27.4.2022. <https://www.skal.fi/fi/jasennetti/tietopankki/kuljettaminen/ajo-ja-lepoaikasaadokset>.

Arvot ja toimintapolitiikka. N.d. Lakeuden Etappi Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 23.5.2022. <https://www.etappi.com/yhtio/lakeuden-etappi-oy/arvot-ja-toimintapolitiikka/>.

Aveco Combi | jätepuristimet. N.d. Avecon verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022. <https://aveko.fi/jatepuristimet/aveko-combi/>.

Bergmann Roll-Packer. N.d. Tuote-esite Kapacityn verkkosivulla. Viitattu 20.10.2022. https://www.kapacity.fi/assets/Kapacity_Esite_Rollpacker_2020_draft_1.pdf.

Coville, E., Harrington, J. & McFeron, N. 1994. The Basics of equipping Transfer Stations. Waste 360 verkkosivulla. Viitattu 19.10.2022. https://www.waste360.com/mag/waste_basics_equipping_transfer.

Haastattelu. 2022. Jäteaseman henkilökunnan haastattelu 18.10.2022. Lakeuden Etapin RE-pisteellä.

HCT-tyyppiyhdistelmät. 2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Viitattu 20.9.2022.

<https://vayla.fi/documents/25230764/35412213/HCT+tyyppiyhdistelm%C3%A4t+erikumiu.pdf/e69bc7cc-0e4f-4b04-a649-f475701a5b4f/HCT+tyyppiyhdistelm%C3%A4t+erikumiu.pdf?t=1558717732748>.

Heiskanen, E. 2014. 3. p. Kuorma-autonkuljettajan ammattipätevyyskirja. Suomen kuljetusturva Ky.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. 15. p. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Hyvä tieteellinen käytäntö. N.d. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan verkkosivustolla. Viitattu 5.4.2022. <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>.

Jätelainsäädäntö. N.d. Ympäristöministeriön verkkosivustolla. Viitattu 5.9.2022. https://ym.fi/jatelainsaadanto_

Jätepuristimet ja paalaimet. N.d. L&T:n verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022. <https://www.lt.fi/fi/yri-tysasiakkaat/tuotteet/jatepuristimet-ja-paalaimet>.

Jätteiden käsittely Suomessa. 2.2.2021. Materiaalit kiertoon verkkosivustolla. Viitattu 5.9.2022. https://www.materiaalikiertoon.fi/fi-FI/Materiaalit_ja_kiertotalous/Jatteiden_kasittely_Suomessa.

Kinnunen, T. & Kallinen, T. N.d. Etnografinen havainnointiaineisto. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tietoarkiston verkkosivulla. Viitattu 16.9.2022. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetaelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/etnografinen-havainnointiaineisto/>.

Kolmonen, J & Valtonen, T. 2019. Kuljetussopimukset ja niiden neuvottelut. Julkaisussa Tavaraliikenneyrittäjä. 52. p. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu logistiikka, 196–214.

L 14.12.1982/940. Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä. Viitattu 20.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1982/19820940>.

Lahti, O. 2019. Traficom: HCT-aikakauden standardimitat. Artikkelelehti Metsäalan ammattilehti verkkosivustolla. Viitattu 27.4.2022. https://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?162264_

Lakeuden Etappi Oy. N.d. Lakeuden Etappi verkkosivustolla. Viitattu 22.5.2022. <https://www.etappi.com/yhtio/lakeuden-etappi-oy/>

Leponiemi, T. 2022. Suomen ensimmäinen aurinkovoimalla toimiva jätepuristin runttaa kasaan kotitalouksien muoviroskat Riihimäellä. Uutinen Ylen verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12512045>.

Massatavara. N.d. Kuljettaja.net verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022. <https://www.kuljettaja.net/hakemisto/massatavara/>.

Määrällinen analyysi. 2021. Jyväskylän yliopiston verkkosivulla. Viitattu 14.9.2022. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmat/maarallinen-analyysi>.

RE-piste on uudenlainen jätteen vastaanottoaika. N.d. Internet-julkaisu Lakeuden Etappi verkkosivustolla. Viitattu 21.10.2022. <https://www.etappi.com/palvelut/jatteiden-vastaanottoaikat/re-piste/>.

Rotopress XL. N.d. Faun-Zoellerin verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022. <https://faun-zoeller.co.uk/rotopress-xl/>.

Seinäjoki. N.d. Internet-julkaisu Lakeuden Etappi verkkosivustolla. Viitattu 5.9.2022. <https://www.etappi.com/station/re-piste/>

Tapaustutkimus. 2015. Jyväskylän yliopiston verkkosivulla. Viitattu 14.9.2022.

https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/tapaustutkimus_

Tavaraliikenneyrittäjä. 2019. 52. p. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu logistiikka.

Tilavuuspainon määrittäminen maanäytteestä. N.d. Opetushallituksen verkkosivulla. Viitattu 21.9.2022.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_tilavuuspaino.html.

Tutkimusstrategiat. 2014. Jyväskylän yliopiston verkkosivulla. Viitattu 14.9.2022.

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat>.

Valtonen, T. 2019. Kuljetusyrityksen kustannuslaskenta. Julkaisussa Tavaraliikenneyrittäjä. 52. p. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu logistiikka, 178–195.

Vertaileva tutkimus. 2015. Jyväskylän yliopiston verkkosivulla. Viitattu 14.9.2022.

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/vertaileva-tutkimus>.

Vuori, J. N.d. a Johdanto: Tutkimusasetelman rakentaminen. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tietoarkiston verkkosivulla. Viitattu 14.9.2022. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tutkimusasetelman-rakentaminen/>.

Vuori, J. N.d. b Tutkimusetiikka ihmistieteissä. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tietoarkiston verkkosivustolla. Viitattu 5.4.2022. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusetiikka/tutkimusetiikka-ihmistieteissa/>.

Waste Transfer Station. N.d. Werner Weber verkkosivustolla. Viitattu 19.10.2022.

<https://www.werner-weber.com/en/waste-transfer-stations/>.

Yhtiön historia. N.d. Lakeuden Etappi verkkosivustolla. Viitattu 22.5.2022.

<https://www.etappi.com/yhtio/lakeuden-etappi-oy/yhtion-historia/>.

Liitteet

Liite 1. Haastattelun 1 kysymykset ja vastaukset

Haastattelu 1.

- **Työtehtävä**
Jäteasemanhoitaja
- **Kuinka paljon pyöräkuormaajaa käytetään jätteiden käsittelyyn?**
Pyöräkuormaajaa käytetään 4–10 tuntia viikossa.
- **Mitä jätettä joudutaan käsitellä eniten?**
Puujätettä, koska sitä saapuu eniten.
Sen jälkeen eniten käsitellään risuja ja haravointijätettä niiden sesonkiaikana.
- **Kuinka usein kuljetustilaus tehdään?**
Kahmarikuljetuksissa kuljetusyritys toimii omatoimisesti päivittäin.
Lavakuljetuksia tilataan 2–4 kertaa viikossa.
- **Onko jätteen kasalle keräämisessä jotain huonoja puolia?**
Itsepalveluaikana asiakkaat saattavat jättää jätettä väärään kasaan.
Kasa työllistää myös, kun sitä joudutaan työntämään pyöräkuormaajalla korkeammalle kasalle, jottei kasan ala kasva liian suureksi.
- **Onko jätelavoissa tai puristimissa jotain huonoja puolia?**
Puristimien huono puoli on, ettei niitä voida käyttää itsepalveluaikana, sillä vain henkilökunnalla on lupa käynnistää puristimet.
Lavojen huono puoli on, että varsinkin poltettavan jätteen tilavuuspaino jää erittäin pieneksi.
- **Ovatko kuljetettavat kuormatilat aina täysiä?**
Tilavuuskapasiteetin mukaan kyllä.
Kasalle kerättyä jätettä on aina niin paljon, että kahmarikuljetukset tulevat aina täyteen.

Liite 2. Haastattelun 2 kysymykset ja vastaukset

Haastattelu 2.

- **Työtehtävä**
Jäteasemanhoitaja
- **Kuinka paljon pyöräkuormaajaa käytetään jätteiden käsittelyyn?**
Pyöräkuormaajaa käytetään noin 5 tuntia viikossa.
- **Mitä jätettä joudutaan käsitellä eniten?**
Poltettavaa jätettä, sillä sitä tuodaan eniten yksittäisinä asiakaskäynteinä.
Puujätettä joudutaan myös käsitellä paljon, koska sitä tuodaan määrällisesti paljon.
- **Kuinka usein kuljetustilaus tehdään?**
Koura- sekä lavakuljetustilauksia tehdään päivittäin.
- **Onko jätteen kasalle keräämisessä jotain huonoja puolia?**
Kasojen läjittäminen eli työntäminen pyöräkuormaajalla pienemmälle pinta-alalle vie paljon työaika.
Etenkin puujätekasaan asiakkaat jättävät usein väärää jätelajiketta, kuten poltettavaa jätettä.
- **Onko jätelavoissa tai puristimissa jotain huonoja puolia?**
Lavalle kerättävillä jätteillä on todella huono tilavuuspaino.
Puristimen huono puoli on sen melko pieni syöttöaukko.
- **Ovatko kuljetettavat kuormatilat aina täysiä?**
Pääsääntöisesti ovat, mutta joitakin satunnaisia kertoja saatetaan joutua ajamaan vajaa lava ajoneuvoyhdistelmän kolmantena lavana.