

Toni Rissanen

# Selvitystyö sähkökäyttöisistä jätteenkuljetus- ajoneuvoista

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

21.5.2017

|  |  |
|--|--|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika  | Toni Rissanen<br>Selvitystyö sähkökäyttöisistä jätteenkuljetusajoneuvoista<br>28 sivua + 3 liitettä<br>21.5.2017 |
| Tutkinto   | Insinööri (AMK)  |
| Koulutusohjelma  | Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma   |
| Suuntautumisvaihtoehto   | Logistiikka  |
| Ohjaaja(t)   | Lehtori Markku Haikonen<br>Logistiikkapäällikkö Juho Nuutinen  |
| <p>Insinööriyössä selvitettiin sähkökäyttöisten jätteenkuljetusajoneuvojen mahdollisia kustannuksia ja päästöjä verrattuna dieselkäyttöiseen ajoneuvoon. Tavoitteena oli tuottaa tilaajalle taustatietoa sähkökäyttöisistä jätteenkuljetusajoneuvoista. Insinööriyön tilaaja oli Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.</p> <p>Ajoneuvojen kustannuksista tehtiin yhteensä kolme laskelmaa. Sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvosta tehtiin kaksi kustannuslaskelmaa, jotka perustuivat erilaisiin ajoneuvojen hankintahintoihin. Näitä kustannuslaskelmia verrattiin dieselkäyttöisen jätteenkeräysajoneuvon kustannuslaskelmaan. Ajoneuvojen päästöt simuloitiin kerätyn jätetonnin mukaan.</p> <p>Kustannuslaskelmista huomataan, että tällä hetkellä sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo aiheuttaa suuremmat vuosittaiset kokonaiskustannukset. Tärkein syy tähän on sähkökäyttöisen ajoneuvon korkeampi hankintahinta. Kun sen arvioitiin laskevan tulevaisuudessa, dieselin ja sähkön vuosittaiset kokonaiskustannukset olivat lähes samalla tasolla.</p> <p>Sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon kasvihuonepäästöt ja hiukkaspäästöt ovat simulaation mukaan pienemmät kuin dieselkäyttöisen ajoneuvon. Sähkökäyttöisen ajoneuvon päästöt syntyvät vain sähkön tuotannosta. Dieselkäyttöisen ajoneuvon päästöt koostuvat sekä polttoaineen tuotannosta että jätteen keräyksestä.</p> <p>Tällä hetkellä sähkökäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot eivät ole yleisesti käytössä, minkä takia työssä jouduttiin tekemään oletuksia niiden kustannusvaikutuksista. Sarjavalmisteiset sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat tulossa markkinoille 2020-luvulla, jolloin niiden kustannuksista saadaan tarkkaa tietoa. Jätteenkuljetusajoneuvojen muuttamista sähkökäyttöisiksi esitetään vasta, kun sarjavalmisteiset sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat tulleet markkinoille.</p> |  |
| Avainsanat   | sähköajoneuvo, jätehuolto, jätekuljetus, kustannuslaskenta, päästöt  |

|   |   |
|---|---|
| Author(s)<br>Title  | Toni Rissanen<br>Study of Electric Refuse Collection Vehicles                               |
| Number of Pages<br>Date   | 28 pages + 3 appendices<br>21 May 2017  |
| Degree  | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme  | Automotive Engineering  |
| Specialisation option   | Logistics   |
| Instructor(s)   | Markku Haikonen, Senior Lecturer<br>Juho Nuutinen, Head of Logistics                        |
| <p>The aim of the thesis was to provide background information on electrically driven refuse collection vehicles. This thesis was commissioned by the Helsinki Region Environmental Services Authority. In the thesis, the potential costs and emissions of electric refuse collection vehicles were compared with a diesel-powered vehicle.</p> <p>The study was carried out as follows. Three calculations were made on vehicle costs. Two cost estimates were made for the electric refuse collection vehicles based on various vehicle purchase prices. These cost calculations were compared to the cost calculation of a diesel-powered refuse collection vehicle. The emissions of the vehicles were simulated.</p> <p>From the cost calculations, it was discovered that at present the electric refuse collection vehicles cause higher annual total costs. The most important reason for this is the higher purchase price of an electric vehicle. When the purchase price of an electric vehicle was estimated to fall in the future, the annual total cost of diesel-powered and electric vehicles was the same. According to the simulation the emissions of greenhouse gases and particulate emissions from the electric refuse collection vehicle are lower than that of the diesel-powered vehicle.</p> <p>At present, electric refuse collection vehicles are not widely used, and therefore, the calculation on the costs of the vehicles are not exact. Serial produced electric trucks are coming to market in the 2020s, which will give accurate information about their costs. In conclusion, it is suggested that the conversion of refuse collection vehicles to electric vehicles is implemented when electric trucks come to market.</p> |   |
| Keywords  | electric vehicles, refuse collection vehicles, cost accounting, emissions, waste management |

## Sisällys

|       |                             |    |
|-------|-----------------------------|----|
| 1     | Johdanto                    | 1  |
| 2     | Yhdyskuntajätteen määrä     | 1  |
| 3     | Sähkökäyttöinen kuorma-auto | 4  |
| 3.1   | Mercedes-Benz Urban eTruck  | 4  |
| 3.2   | Fuso eCanter                | 5  |
| 4     | Käyttökokemukset            | 6  |
| 4.1   | Sähköajoneuvot              | 6  |
| 4.1.1 | Linkker Oy                  | 6  |
| 4.1.2 | SUEZ Environment            | 7  |
| 4.2   | Sähköhybridi                | 8  |
| 4.2.1 | CURE Waste Management       | 8  |
| 4.2.2 | Göteborg                    | 8  |
| 4.2.3 | Lassila & Tikanoja          | 8  |
| 5     | Kustannuslaskenta           | 9  |
| 5.1   | Jäteauton hankintahinta     | 9  |
| 5.1.1 | Laskennassa käytetyt arvot  | 9  |
| 5.1.2 | Tulokset                    | 10 |
| 5.2   | Työkustannukset             | 11 |
| 5.2.1 | Laskennassa käytetyt arvot  | 11 |
| 5.2.2 | Tulokset                    | 11 |
| 5.3   | Muuttuvat kustannukset      | 12 |
| 5.3.1 | Jäteauton ajosuorite        | 13 |
| 5.3.2 | Polttoaineen kulutus        | 13 |
| 5.3.3 | Laskennassa käytetyt arvot  | 14 |
| 5.3.4 | Tulokset                    | 15 |
| 5.4   | Kiinteät kustannukset       | 15 |
| 5.4.1 | Laskennassa käytetyt arvot  | 16 |
| 5.4.2 | Tulokset                    | 16 |
| 5.5   | Kokonaiskustannukset        | 17 |

|     |                             |    |
|-----|-----------------------------|----|
| 6   | Päästövertailu              | 18 |
| 6.1 | Kasvihuonepäästöt           | 18 |
| 6.2 | Hiukkaspäästöt              | 19 |
| 7   | Yhteenveto                  | 20 |
| 7.1 | Kustannuslaskenta           | 20 |
| 7.2 | Päästöt                     | 23 |
| 7.3 | Tulevaisuuden toimenpiteitä | 24 |
|     | Lähteet                     | 25 |

#### Liitteet

Liite 1. Laskelma A – Dieselkäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo

Liite 2. Laskelma B – Sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo kaksinkertainen hankintahinta

Liite 3. Laskelma C – Sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo puolitoistakertainen hankintahinta

## 1 Johdanto

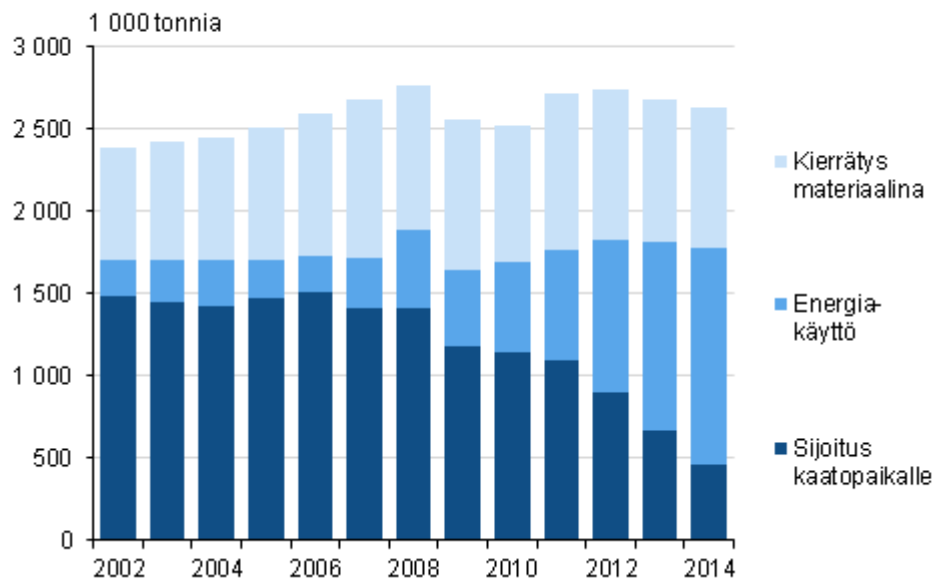
Tässä työssä pyritään selvittämään, voidaanko yhdyskuntajätteiden kuljetuksia tehdä sähkökäyttöisellä jätteenkuljetusajoneuvolla talouden ja ympäristö kannalta kannattavasti Helsingin kantakaupungin alueella. Työn tilaaja on Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, joka järjestää yhdyskuntajätteiden kuljetuksen pääkaupunkiseudulla. Työn tarkoituksena on tuottaa taustatietoa sähkökäyttöisistä jätteenkuljetusajoneuvoista tulevaisuuden päätöksentekoa varten. Tämän työn tutkimuskysymykset ovat: Mitkä ovat sähkökäyttöisten jätteenkuljetusajoneuvojen kustannukset dieselkäyttöiseen verrattuna? Mitkä ovat sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon päästöt dieselkäyttöiseen verrattuna?

## 2 Yhdyskuntajätteen määrä

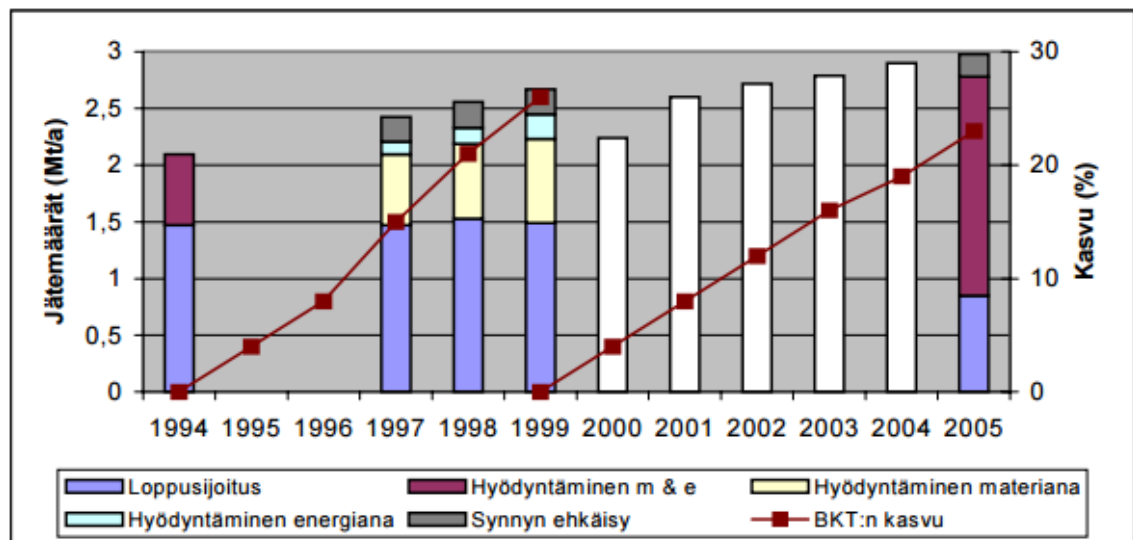
Yhdyskuntajäte on kotitalouksissa ja palvelualoilla syntynyttä jätettä. Se on lopputuotteiden kulutuksessa syntynyttä jätettä [1]. Jätelain mukaan kunnan on järjestettävä yhdyskuntajätteen jätehuolto [2, 32 §].

Vuonna 2014 Suomessa syntyi 2,6 miljoonaa tonnia yhdyskuntajätettä. Vuodesta 2002 lähtien yhdyskuntajätteen määrä ei ole merkittävästi vaihdellut. [3.] Kuviossa 1 esitetään Tilastokeskuksen ilmoittamat yhdyskuntajätteen määrät Suomessa käsittelytavoittain vuosien 2002 ja 2014 välillä. Myös vuosien 1997 ja 1999 välillä yhdyskuntajätteen määrä on pysynyt samalla tasolla kuin vuosina 2002–2014 [4, s. 16]. Kuviossa 2 esitetään vuosina 1997–1999 syntynyt yhdyskuntajätteen määrä Suomessa.

### Yhdyskuntajätteen määrä käsittelytavoittain vuosina 2002–2014



Kuvio 1. Vuosien 2002 ja 2014 välillä syntyneen yhdyskuntajätteen määrä käsittelytavoittain jaoteltuna [3]



Kuvio 2. Vuosina 1997–1999 syntynyt yhdyskuntajätteen määrä [4, s. 16]

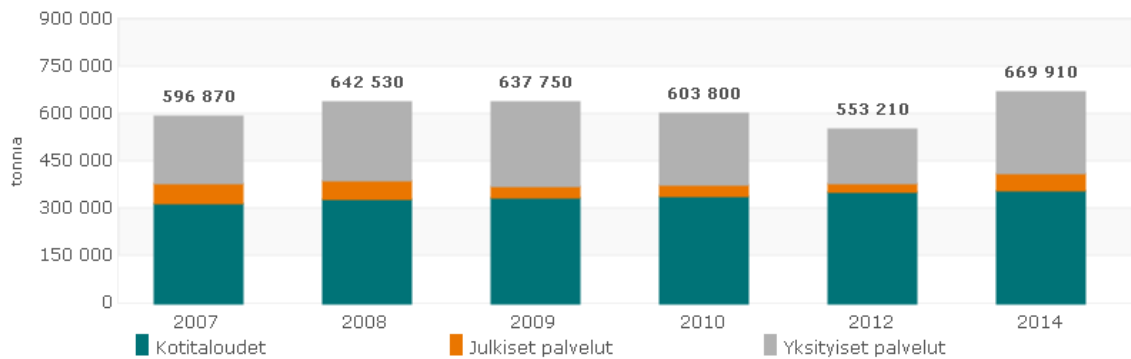
Vuosina 1994–1999 yhdyskuntajätteestä 1,5 miljoonan tonnin loppusijoituspaikka oli kaatopaikka. Loput yhdyskuntajätteestä hyödynnettiin joko kierrätettynä materiaalina tai energiana. [4, s. 16.] Vuonna 2014 kaatopaikalle vietiin 460 000 tonnia yhdyskuntajätettä [3].

Yhdyskuntajätteiden hyödyntämisaste, joka kuvaa, kuinka suuri osa jätteestä käytetään energiana tai materiaalina, on vähitellen kasvanut. Vuonna 1994 se oli 30 % ja vuonna 1999 38 %. [4, s. 16–17.] Vuonna 2014 yhdyskuntajätteiden hyödyntämisaste oli 83 prosenttia, joka oli historian suurin [3].

Pääkaupunkiseudulla on nähtävissä samanlainen ilmiö yhdyskuntajätteen määrässä kuin koko Suomen jätteen määrässä [5]. Kuviossa 3 on esitetty pääkaupunkiseudulla syntyneet yhdyskuntajätteet vuosina 2007–2014. Kuviosta huomataan, että yhdyskuntajätteen määrä ei ole näiden vuosien aikana muuttunut merkittävästi. Kotitalouksien ja julkisten palveluiden jätteen määrä on pysynyt tasaisena, mikä esitetään kuviossa 3 sinisillä ja oransseilla pylväillä. Jätteen kokonaismäärän vaihtelut johtuvat yksityisten palveluiden tuottamasta jätteen määrästä, joka esitetään kuviossa 3 harmailla pylväillä.

### ■ Yhdyskuntajätteet

#### Pääkaupunkiseudun yhdyskuntajätteet



Kuvio 3. Pääkaupunkiseudulla syntyneen yhdyskuntajätteen määrä vuosina 2007–2014 [5]

Yhdyskuntajätteen määrä ei ole Suomessa ja pääkaupunkiseudulla muuttunut merkittävästi vuosien 1997–2014 välillä. Tämän perusteella niiden kuljettamisen tarve ei ole muuttunut, joten jätteiden kuljetuskalustoa on hyvä tutkia, jotta sitä voitaisiin kehittää. Kalustoa on kehitettävä, koska yhdyskuntajätteitä on joka tapauksessa kuljetettava.



### 3 Sähkökäyttöinen kuorma-auto

Tässä luvussa esitellään tällä hetkellä käytössä olevia ja tulevia sähkökuorma-autojen alustoja.

#### 3.1 Mercedes-Benz Urban eTruck

Elokuussa 2016 Mercedes-Benz esitteli täysin sähkökäyttöisen raskaan kuorma-auton. Mercedes-Benz Urban eTruck on kolmiakselinen kuorma-auto, jossa sähkömoottorit on sijoitettu yhden taka-akselin napojen viereen. Malli on tulossa markkinoille 2020-luvulla. Tällöin kuorma-auton suurin sallittu kokonaismassa olisi 26 tonnia. Kuvassa 1 on Mercedes-Benzin vuonna esittelemä Urban eTruck. [6.] Kuvasta huomataan, kuinka auton käyttämät akut on sijoitettu sen rungon keskiosaan kuormauslaitteen alapuolelle. Tämä voi mahdollistaa sähköajoneuvojen paremman painonjakauman verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen ajoneuvoon.



Kuva 1. Mercedes-Benzin vuonna 2016 esittelemä Urban eTruck sähkökuorma-auto [6]

Tulevan Urban eTruckin on kerrottu pystyvän ajamaan yhdellä latauksella 200 kilometriä. Kuorma-autossa on kolme erillistä litiumioniakkua, joiden yhteinen kapasiteetti on 212

kWh. Vuoteen 2025 mennessä Daimler Trucks arvioi akkujen kustannusten laskevan 500 eurosta kilowattituntia kohden 200 euroon. [6.]

Kuorma-auton akut ladataan pysyvillä latauspaikoilla, joiden latausteho on enimmillään 150 kW. Tyhjen akkujen lataaminen täyteen kestää tämän hetken lataustekniikalla kahdesta kolmeen tuntiin. [6.]

Kuorma-auton sähkömoottorit toimivat jarrutustilanteessa generaattoreina, jotka muuttavat jarrutuksessa syntyneen energian sähköksi ja näin lataavat akkuja. Tämä vähentää jarrujen kulutusta, mikä johtaa pienempiin huoltokustannuksiin. [6.]

### 3.2 Fuso eCanter

Mercedes-Benzin kanssa samaan Daimler konserniin kuuluva Fuso on vuodesta 2014 lähtien testannut asiakkaidensa kanssa kevyttä sähkökuorma-autoa. Tämä malli, jota kutsuttiin Canter E-Celliksi, julkistettiin vuonna 2010. Fuso julkisti vuonna 2016 kolmannen sukupolven sähkökuorma-automallin ja nimesi sen uudestaan Fuso eCanteriksi. [7.]

Fuso kokeili vuosina 2014 ja 2015 kahdeksaa Canter E-Cell -kuorma-autoa Portugalissa. Vuoden aikana kuorma-autoilla ajettiin 50 000 kilometriä. Kokeilun jälkeen huomattiin, että Fuson sähkökuorma-autot tuottivat 37 prosenttia vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin dieselkäyttöiset kuorma-autot, kun otettiin huomioon sähkön tuottamisesta aiheutuvat päästöt. Käyttökustannusten todettiin kokeilun jälkeen olleen keskimäärin 64 prosenttia alhaisemmat. [7.] Fuso ilmoittaa saaneensa vuoden mittaisen testijakson jälkeen tulokseksi 1000 euron kustannussäästön jokaista 10 000 ajettua kilometriä kohden verrattuna dieselkäyttöiseen kuorma-autoon. Huoltokustannukset olivat tämän lisäksi noin 30 prosenttia pienemmät testijakson aikana. [8.]

Uuden Fuson eCanter -kuorma-auton akkujen kapasiteetti on 70 kWh. Tälle kuorma-autolle Fuso lupaa 100 kilometrin ajomatkaa yhdellä latauksella. Ajoneuvon akut voidaan ladata valmistajan mukaan täyteen vaihtovirralla seitsemässä tunnissa. Tasavirralla kuorma-auton akut voidaan ladata 80 prosenttiin täydestä latauksesta noin tunnissa. Fuson mukaan tulevaisuudessa kuorma-auton akut voidaan ladata 80 prosenttiin puolessa tunnissa. [8.]

## 4 Käyttökokemukset

Tässä luvussa esitellään vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien ajoneuvojen käyttökoke-  
muksia Suomessa ja ulkomailla.

### 4.1 Sähköajoneuvot

#### 4.1.1 Linkker Oy

Työn tilaaja halusi, että selvitystä tehdessä otetaan yhteyttä suomalaiseen sähkölinja-  
autojen valmistajaan Linkker Oy:öön. Yrityksen sähkölinja-autoja liikennöi Transdev Es-  
poossa [9]. Linkkeriltä päätettiin kysyä käytännön käyttökokeuksia sähkölinja-autoista,  
koska Suomesta vastaavia käyttökokeuksia ei sähkökäyttöisistä kuorma-autoista ole.

Käyttökokeuksia tiedusteltiin Linkkerin Oy:n perustajalta ja talouspäälliköltä Tom Gran-  
vikiltä. Suurin este tällä hetkellä hänen mielestään sähkölinja-autojen käytölle on niiden  
huomattavasti korkeampi hankintahinta. Dieselkäyttöiseen linja-autoon verrattuna säh-  
kölinja-auto maksaa Granvikin mukaan noin kaksi kertaa enemmän. Sähkölinja-autojen  
päästöttömyys ja huomattavasti pienempi käyttökustannus ovat niiden etu dieselkäyttöi-  
siin linja-autoihin verrattuna. Suurilla kilometrimäärillä ja pitkillä sopimuksilla sähkölinja-  
autot ovat jo tällä hetkellä kustannustehokkaampia. Tämä johtuu pienemmistä käyttö-  
kustannuksista sähkölinja-autoissa. [10.]

Tyypillinen kaupungissa liikennöivä linja-auto ajaa 10–20 kilometriä. Linja-autot ladataan  
Granvikin mukaan päätepysäkeillä ja hän ilmoitti latausajaksi 2–5 minuuttia. Akut lada-  
taan latureilla, joiden teho on 350 kW. Sähkölinja-autojen energiankulutukseksi Granvik  
mainitsee 0,8 kWh/km ja heidän akustoidensa kapasiteeteiksi joko 55 kWh tai 63,5 kWh.  
[10.]

Sähkölinja-autojen huoltokustannukset ovat Granvikin mukaan noin 30 % pienemmät  
kuin dieselkäyttöisissä linja-autoissa. Tämä johtuu hänen mukaansa siitä, että sähkö-  
linja-autot eivät tarvitse moottori- tai voimansiirtohuoltoa. Lisäksi sähkölinja-autoihin ei  
tarvitse vaihtaa moottoriöljyä. Linja-autojen akustot on vaihdettava 7–10 vuoden välein.  
Hän laskee akuston vaihdosta syntyneet kulut energiakustannuksiin. [10.]

Talviolosuhteet eivät Granvikin mukaan vaikuta sähkölinja-autoon. Sähkölinja-auton voimalinja on pakkasella luotettavampi kuin diesel käyttöisen linja-auton. Linkker on todennut tämän tehtyään kokeita kalustollaan  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. [10.]

Työn tilaaja halusi myös selvittää Linkker Oy:ltä, olisiko yrityksen linja-autoissa käyttämä sähköinen voimalinja mahdollista asentaa kuorma-auton alustaan. Tom Granvikin mukaan yrityksen LinkDrive-voimalinja pystyttäisiin sovittamaan esimerkiksi jätteiden kuljetuskalustoon. [10.]

#### 4.1.2 SUEZ Environment

Vuonna 2012 SITA France, joka kuuluu nykyään kansainväliseen SUEZ-konserniin, otti käyttöön Courbevoien kunnassa Ranskassa täysin sähköllä toimivan jäteauton. Ranskalainen Power Vehicle Innovation rakensi jäteauton alustan, minkä lisäksi SEMAT ja Lilon suunnittelivat jäteautoihin jätteenkeräyslaitteiston. [11.] Kuvassa 2 on yksi SUEZin käyttöön ottamista sähköjäteautoista.



Kuva 2. SUEZ Environment otti vuonna 2011 käyttöön sähköjäteautoja Pariisin jätteenkeräyksessä [11]

SITA Francen teollisuusjohtajan Cyril Fraissinetin mukaan jätteen keräyskustannukset sähköjäteautolla on suuremmat kuin perinteisillä tavoilla. Tästä huolimatta vuonna 2012 Île-de-Francen hallintoalueella korvattiin 25 vanhan tekniikan jäteautoja uusilla sähköjäteautoilla. [11.]

## 4.2 Sähköhybridi

Sähköhybridijäteautoissa on sähkömoottorin lisäksi jotain toista ainetta käyttövoimanaan käyttävä moottori, joka lataa sähkömoottorin akkuja tai jolla voidaan ajaa akuston virran loputtua. Tämä toinen moottori voi käyttää polttoaineenaan esimerkiksi dieselpolttoainetta tai vetyä.

### 4.2.1 CURE Waste Management

CURE Waste Management teki vuosina 2013–2014 kokeilun, jossa käytettiin sähkökäyttöistä jäteautoa. Autoon oli lisätty hydrogen range extender, joka on vetyä käyttävä moottori. Tämä moottori tekee vedystä sähköä sähkömoottorin käyttöön, jotta ajoneuvolla voidaan ajaa ilman, että akkuja tarvitsee ladata. CUREn kokeilu kesti vuoden ja sähkökäyttöistä jäteautoa käytettiin kerran viikossa. [12.]

Vuoden kokeilun jälkeen sähköjäteauton päästöt olivat pienemmät verrattuna dieselkäyttöiseen. Vetyä energianlähteenä käytettäessä tuotettiin 109,37 kilogrammaa vähemmän hiilidioksidipäästöjä toimintapäivää kohden. Vuodessa tuotettiin 4,83 tonnia vähemmän hiilidioksidipäästöjä. [12.]

### 4.2.2 Göteborg

Vuonna 2008 Göteborgissa otettiin käyttöön sähköä ja dieseliä voimalähteenään käyttävä hybridijäteauto. Kiihdytyksissä ja lyhyillä välimatkoilla auto käyttää voimalähteenään sähkömoottoria. Lastaaminen ja jätteen puristaminen jäteautossa tapahtuu aina sähköllä. Jätepakkaaja toimii erillisillä akuilla, jotka ladataan öisin. Vuonna 2011 Göteborgissa oli käytössä 15 tällaista jäteautoa. Polttoaineen kulutus hybridiajoneuvoilla oli laskenut tavallisiin dieselkäyttöisiin jäteautoihin verrattuna 30 prosenttia. [13.]

### 4.2.3 Lassila & Tikanoja

Suomessa ensimmäinen hybridijäteauto otettiin käyttöön vuonna 2012. Lassila & Tikanoja otti Volvon FE Hybrid alustalle rakennetun jäteauton käyttöön Turussa. [14.] Autossa on GeesinkNorban täysin sähköllä toimiva jätepakkaaja [15].

Lassila & Tikanojan lehdistötiedotteen mukaan hybridijäteautosta aiheutuu 30 % vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Se kuluttaa yrityksen mukaan polttoainetta 30 % vähemmän kuin dieselillä toimiva jäteauto. Lisäksi Lassila & Tikanoja mainitsee tiedotteessaan hybridikuorma-auton pienemmän melutason. Hybridikuorma-auto tuottaa puolet vähemmän melua kiihdytyksessä ja joutokäynnillä. [14.]

## 5 Kustannuslaskenta

Työssä tehtiin kustannuslaskelmia dieselkäyttöisen ja täysin sähkökäyttöisen jäteautojen kustannusten vertailemiseksi. Työtä varten tehtiin kolme laskelmaa. Laskelma A tehtiin dieselkäyttöisestä jäteautosta, ja se vastaa nykytilannetta. Laskelmat B ja C tehtiin täysin sähkökäyttöisestä jäteautosta perustuen kahteen arvioituun ajoneuvon hankintahintaan.

Kaikki kustannuslaskelmat tehtiin Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry:n Ajoneuvojen kustannuslaskennan perusteet –monisteen pohjalta [16]. Laskelmissa kustannukset eivät sisällä arvoisänveroa. Tarkat laskennassa käytetyt arvot ovat työn liitteissä 1,2 ja 3.

### 5.1 Jäteauton hankintahinta

#### 5.1.1 Laskennassa käytetyt arvot

Jäteauton hankintahinta koostuu sekä kuorma-autoalustan että jätepakkaajan hinnasta.

Laskelmassa A dieselkäyttöisen jäteauton alustana käytettiin laskelmassa Mercedes-Benz Antos 2536 L 6x2 V 11 -kuorma-autoa. Kuorma-auton hankintahinta ilman arvonlisäveroa on Veho Hyötyajoneuvojen tarjouksen mukaan 125650 € [18]. Dieselkäyttöisessä jäteautossa käytetään Geesinknorban yksilokeroista jätepakkaajaa. Suomeen Geesinknorban jätepakkaajia toimittava Flaaming Oy arvioi tällaisen jätepakkaajan hankintahinnaksi 75 000 € [19].

Täysin sähkökäyttöisen jäteauton alustana käytettiin laskelmissa Mercedes-Benzin eTruckia. Tämä kuorma-auto ei ole vielä markkinoilla, joten sen hankintahinnasta jouduttiin tekemään olettamuksia. Vehon hyötyajoneuvojen myyntipäällikkö Tapani Lamberg arvioi, että eTruckin hankintahinta on kaksi kertaa enemmän kuin edellä esitellyn dieselkäyttöisen Mercedes-Benz Antosin, minkä pohjalta tehtiin laskelma B [17]. Laskelma C

tehtiin olettamuksella, että eTruckin hankintahinta laskee tulevaisuudessa. Siinä eTruckin hankintahinta arvioitiin 1,5-kertaiseksi dieselkäyttöiseen Antosiin verrattuna.

Täysin sähkökäyttöisessä jäteautossa käytetään myös Geesinknorban yksilokeroista jätepakkaajaa. Jotta se saadaan sähköllä toimivaksi, joudutaan siihen kuitenkin hankki-  
maan sähköyksikkö. Tämän hankintahinnaksi Flaaming Oy arvioi 50 000 €. Kuvassa 3 on Geesinknorban sähköyksikkö jätepakkaajalle. Sähköyksikkö on kuvassa 3 oleva vihreä laatikko, joka on sähköyksiköistä erikseen ladattava malli. Geesinknorba tarjoaa myös sähköyksikköä, jota ei tarvitse ladata erikseen, vaan se ottaa virtansa kuorma-  
auton alustasta. [18].



Kuva 3. Vihreä laatikko jätepakkaajan ja ohjaamon välissä on sähköyksikkö, jolla jätepakkaaja saadaan sähkökäyttöiseksi [18]

Jäteauton hankintahinnasta vähennettiin ajoneuvossa käytettävien renkaiden hinta, koska niiden hinta otetaan huomioon rengaskustannuksissa, kuten Ajoneuvon kustannuslaskennan perusteet -monisteessa todetaan [16, s. 2].

### 5.1.2 Tulokset

Laskelmassa A jäteauton alustan ja jätepakkaajan hankintahinta ilman renkaita on työssä tehdyn laskelman mukaan noin 195 000 €. Laskelmassa B jäteauton hankintahinta on noin 370 000 € ja laskelmassa C noin 305 000 €.

## 5.2 Työkustannukset

### 5.2.1 Laskennassa käytetyt arvot

Laskelmissa käytetään Auto- ja Kuljetusalan Työntekijäliiton 1.10.2016 jälkeen voimaantullutta palkkataulukkoa. Palkka on kuorma-autonkuljettajan, jolla on työkokemusta 4–8 vuotta. Kuljettajan taulukkopalkka on työehtosopimuksen mukaan 13,24 €/h. [19.] Kuorma-autoalan työehtosopimuksen kymmenennen pykälän mukaan jäteauton kuljettajille tulee maksaa erikoislisää, joka on 5 prosenttia taulukkopalkasta [16]. Tästä johtuen kuljettajan palkkana käytetään kello 6–18 välisenä aikana 13,90 €/a/h. Kello 18–22 ajetuista tunneista on maksettava työehtosopimuksen mukaan iltatyölisää 15 % taulukkopalkasta ja kello 23–6 välisistä yötyölisää 20 % taulukkopalkasta [20]. Tämän takia kello 18–22 välisiltä tunneilta kuljettajalle on maksettava 15,99 €/h ja kello 23–6 välisiltä tunneilta kuljettajalle on maksettava 16,55 €/h.

Nykytilanteessa dieseljäteautolla ajetaan kahdessa vuorossa, joita ajetaan välillä 6–14 ja 14–22. Laskelmissa B ja C sähköjäteautoa ladattiin työvuorojen välissä tunnin ajan, joten näissä laskelmissa työvuorot olivat 6–14 ja 15–23 välisinä aikoina.

Kuljettajan palkan lisäksi työkustannuksiin lasketaan välilliset palkkakustannukset. Näihin kuuluvat työeläke- ja sairausvakuutusmaksut, kuljettajan lomakorvaus, sairausajan palkka ja palkalliset vapaapäivät. Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry:n julkaiseman ajoneuvojen kustannuslaskennan monisteen mukaan välilliset palkkakustannukset ovat noin 65–70 % kuljettajan palkasta. [16, s. 5]. Tämän työn laskelmissa käytetään arvoa 65 %.

Ajoneuvon työkustannukset saadaan laskemalla yhteen kuljettajan palkka ja välilliset palkkakustannukset.

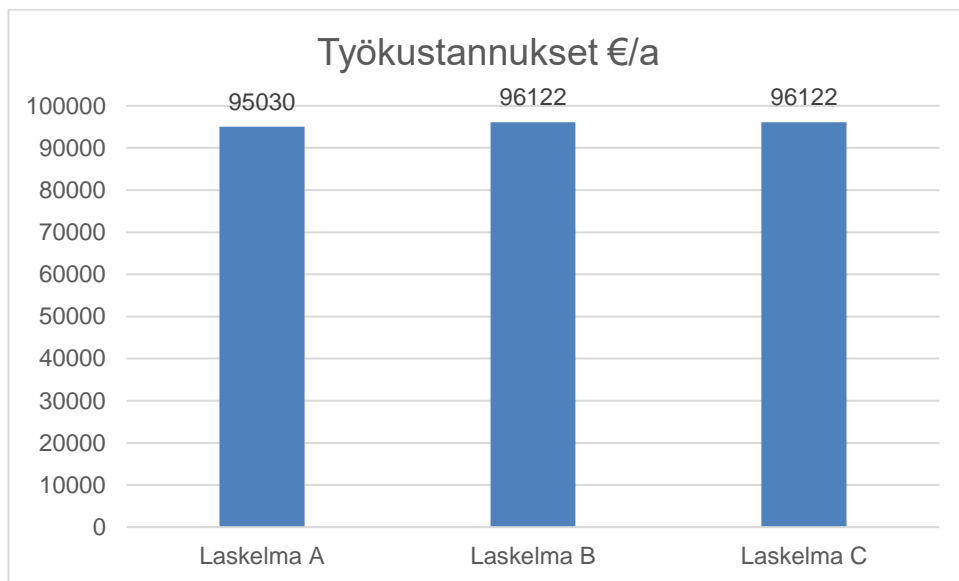
### 5.2.2 Tulokset

Ajoneuvon vuotuisina palkkatunteina laskelmissa käytettiin 4000:ta tuntia. Tähän tulokseen päädyttiin, kun oletettiin, että vuodessa on 250 työpäivää ja jokaisena työpäivänä ajetaan kaksi kahdeksan tunnin työvuoroa. Laskelmat tehtiin olettamuksella, että jätteen kuljetukseen käytetään yhtä kuljettajaa.



Laskelmissa A dieselajoneuvon työkustannukset vuodessa ovat noin 95 000 €. Laskelmissa B ja C sähköajoneuvon työkustannukset vuodessa ovat noin 96 000 €. Sähköajoneuvojen työkustannukset ovat noin yhden prosentin korkeammat, koska autoja pitää ladata työvuorojen välissä ja tämän takia kuljettajalle joudutaan maksamaan yhdeltä työtunnilta yötyölisää.

Laskelmien A, B ja C työkustannukset vuodessa on esitetty pylväsdiagrammina kuviossa 4.



Kuvio 4. Dieselajoneuvon (laskelma A) ja sähköajoneuvojen (laskelmat B ja C) vuosittaiset työkustannukset

### 5.3 Muuttuvat kustannukset

Ajoneuvon kustannuslaskelmissa muuttuviksi kustannuksiksi kutsutaan niitä kustannuksia, joita syntyy, kun ajoneuvolla ajetaan [16, s. 5]. Muuttuviin kustannuksiin kuuluvat ajoneuvossa käytettävän polttoaineen kustannukset, huolto- ja korjauskustannukset ja rengaskustannukset.

Jotta jäteauton muuttuvia kustannuksia voidaan laskea, on arvioitava auton polttoaineen kulutus ja sen vuosittainen ajosuorite. Seuraavaksi arvioidaan laskelmissa käytetyn jäteauton polttoaineen kulutus ja vuosittainen ajosuorite.

### 5.3.1 Jäteauton ajosuorite

Jäteauton arvioitiin ajavan vuosittain noin 43 000 kilometriä. Yhden päivän ajosuoritteen keskiarvoksi arvioitiin noin 140 kilometriä. Keskimäärin yhden keräilyreitien pituus arvioitiin olevan noin 75 kilometriä. Keräilyreitien pituuteen otettiin huomioon myös siirtoajot varikon, jätteen keräilyreitien ja jäteauton tyhjennykseen käytetyn jätteenpolttolaitoksen välillä.

Ajosuorite arvioitiin Helsingin keskustassa tehtävälle jätteen keräysreitille urakoitsijan keräystiedon pohjalta yhden viikon otannalla. Urakoitsijan keräystiedosta selvisi jätteenkeräyspisteen osoite ja keräysajankohta. Ajosuoritteen oletettiin pysyvän samana joka viikko.

### 5.3.2 Polttoaineen kulutus

Diesikäyttöisen jäteauton polttoaineen kulutukseksi arvioitiin 56 l / 100 km [21]. Polttoaineen kulutus on mitattu Helsingin seudun ympäristöpalvelujen toteutuneista jätekuljetuksista.

Dieselajoneuvoissa polttoaineen lisäksi ajon aikana kulutetaan AdBlue-lisäainetta, jota tarvitaan pakokaasuja jälkikäsittelevässä SCR-teknologiassa. SCR eli Selective Catalytic Reduction käsittelee AdBluen avulla pakokaasut siten, että ajoneuvo täyttää sekä Euro 5- ja Euro 6 -pakokaasupäästönormit. Öljy- ja energiatuotteita myyvä Teboil arvioi AdBluen kulutuksen olevan 5 % polttoaineen kulutuksesta, ja tätä arvoa käytetään laskennassa. [22.]

Sähkökäyttöisen jäteauton polttoaineen eli akkuihin säilötyn sähkön kulutuksen arvioitiin olevan 2 kWh/km. Sähkön kulutus on arvioitu SUEZ Environmentin käyttämästä PVI:n rakentamasta sähköjäteautosta. [23.] Akkujen lataushäviöt on otettu kustannuslaskennassa huomioon olettamalla, että vuodessa käytetty sähkön määrä on 16 % enemmän kuin auto ajamisesta aiheutunut kulutus. Yhdysvaltojen energiaviraston ylläpitämä fueleconomy.gov -sivusto arvioi lataushäviöksi 16 % henkilöautoissa [24] ja laskennassa tämän arvon oletetaan pätevän myös raskaassa kalustossa.

### 5.3.3 Laskennassa käytetyt arvot

Dieselpolttoaineen hintana laskennassa käytettiin dieselpolttoaineen keskihintaa pääkaupunkiseudun jakeluasemilla 28.12.2016. Dieselin arvonlisäveroton hinta tuolloin oli 1,06 €/l. [25]. AdBlue-lisäaineen hintana käytettiin Isojoen Konehalli Oy:n tarjoaman 1000 litran tankin hintaa [26]. AdBluen arvonlisäveroton hinta laskennassa on 0,48 €/l. Voiteluainekustannusten arvioitiin olevan 5 % polttoainekustannuksista. Veho Hyötyajoneuvot esitti tarjouksessaan dieselajoneuvolle huolto- ja korjauskustannuksiksi 0,128 €/km [17]. Rengaskustannus dieselajoneuvolla laskelmassa on 0,13 €/km, joka on saatu Michelinin, Continentalin, Nokian, Goodyearin, Kumhon ja Bridgestonen tarjoamien renkaiden hintojen keskiarvosta [27; 28; 29; 30; 31; 32]. Ajoneuvossa oletetaan olevan kahdeksan 315/70-kokoista rengasta ja renkaat vaihdettavan vuosittain.

Sähköajoneuvon polttoaineen hinta koostuu sähkön hinnasta, perusmaksusta sähkön tuottajalle, siirtomaksusta, perusmaksusta sähkönsiirtoyritykselle sulakepohjan mukaan sekä sähköverosta. Laskelmissa B ja C käytettiin sähkön hintana Helen Oy:n yrityksille tarjoaman perussähkön hintaa, joka oli 0,0467 €/kWh ja jonka perusmaksu oli 3,10 €/kk [33]. Siirtomaksuna laskelmissa käytettiin Caruna Oy:n ilmoittamaa yleissiirron hintaa, joka on noin 0,03 €/kWh ilman arvonlisäveroa. Tämän lisäksi sulakepohjan mukaan määräytyvänä perusmaksuna laskelmissa B ja C käytettiin 63 ampeerin sulakkeen maksua, joka on noin 61,60 €/kk ilman arvonlisäveroa. [34].

Laskelmissa B ja C sähköajoneuvon huolto- ja korjauskustannusten arvioitiin olevan noin 30 % dieselajoneuvon arvosta. Arvio perustuu Niinivirta European Cargo Oy:llä Tampereella käytössä olevasta sähkökuorma-autosta. [35; 36].

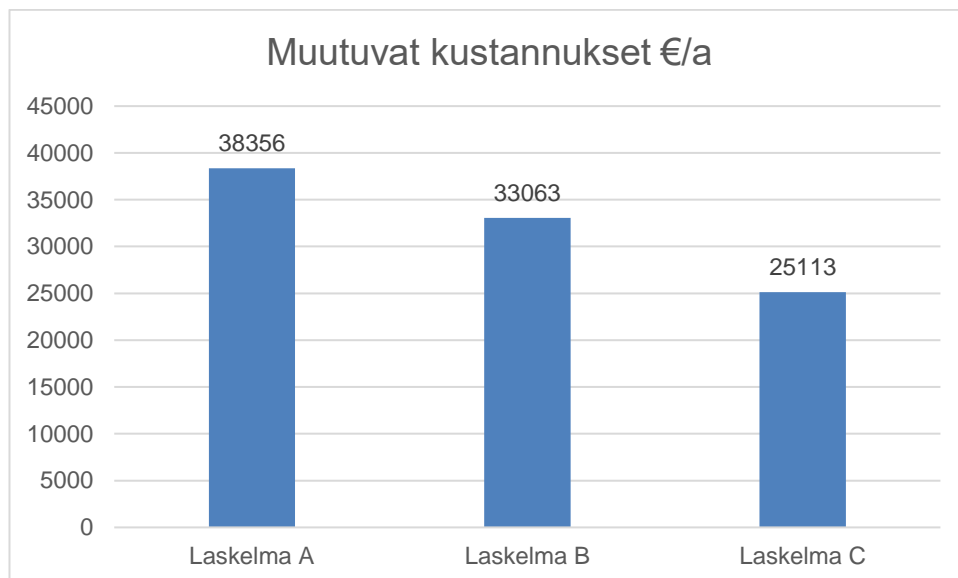
Rengaskustannukset sähköajoneuvoille laskelmissa B ja C olivat 0,18 €/km. Renkaiden hinnat on laskettu samojen tarjoajien hinnoista kuin laskelmassa A [27; 28; 29; 30; 31; 32]. Ajoneuvossa oletetaan olevan kuusi 385/55-kokoista rengasta ja kaksi 495/45-kokoista rengasta ja renkaat vaihdettavan vuosittain.

Laskelmissa B ja C muuttuviin kustannuksiin on lisätty sähköajoneuvojen akkukustannus. Laskelmissa oletettiin, että sähköajoneuvoihin vaihdetaan akusto kerran niiden kahdeksan käyttövuoden aikana, kuten Linkker Oy:n Granvik arvioi. Laskelmassa B akkukustannuksen arvioitiin olevan 13 250 €/a, joka perustuu Walther Wuttken [6] arvioon akuston hinnasta tällä hetkellä. Laskelmassa C akkukustannus arvioitiin olevan 5 300 €/a, joka perustuu Wuttken arvioon akuston hinnasta vuonna 2025.

### 5.3.4 Tulokset

Dieselajoneuvon muuttuvat kustannukset vuodessa laskelmassa A ovat noin 38 000 €. Sähköajoneuvon muuttuvat kustannukset vuodessa laskelmassa B ovat noin 33 000 €, joka on noin 13 % vähemmän kuin dieselajoneuvossa. Laskelmassa C sähköajoneuvolla on pienimmät vuotuiset muuttuvat kustannukset, jotka ovat noin 25 000 €. Laskelman C muuttuvat vuotuiset kustannukset ovat noin 34 % pienemmät kuin laskelmassa A. Tämä johtuu siitä, että sähkö on halvempi polttoaine kuin dieselpolttoaine ja sähköajoneuvossa ei tarvita voiteluaineita. Lisäksi sähköajoneuvon huolto- ja korjauskustannukset arvioitiin pienemmiksi.

Laskelmien A,B ja C muuttuvat kustannukset vuodessa on esitetty pylväsdiaagrammina kuviossa 5.



Kuvio 5. Dieselajoneuvon (laskelma A) ja sähköajoneuvojen (laskelmat B ja C) vuosittaiset muuttuvat kustannukset

### 5.4 Kiinteät kustannukset

Ajoneuvon kiinteät kustannukset koostuvat keskimääräisestä vuosipoistosta, pääoman korkokustannuksesta, käyttöpääoman korkokustannuksesta, vakuutusmaksusta, ajoneuvoveroista, katsastusmaksusta, hallinnointi- ja ylläpitokustannuksista.

#### 5.4.1 Laskennassa käytetyt arvot

Keskimääräinen vuosipoisto ja pääoman korkokustannus laskettiin käyttämällä Jyväskylän Ammattikorkeakoulun julkaiseman Tavaraliikenneyrittäjä-kirjan taulukkoja. Kaikissa laskelmissa poistoajaksi määriteltiin kahdeksan vuotta, arvonalenemisprosentiksi 25 % ja laskentakorkokannaksi 9 %. Näillä tiedoilla saatiin kirjan taulukoista kertoimet, joilla laskettiin keskimääräinen vuosipoisto ja pääoman korkokustannus.

Ajoneuvovero laskelmiin saatiin Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín ajoneuvoverolaskurista [37]. Sähköajoneuvojen ajoneuvovero arvioitiin henkilöautojen dieselin ja sähkön käyttövoimaverojen suhteesta, jonka mukaan sähkön käyttövoimaveron on noin 27 % dieselpolttoaineen verosta [38]. Suhteen on oletettu olevan sama kuorma-autoissa.

Katsastusmaksu laskelmissa oletettiin olevan 200 € vuodessa, josta päästömittauksen osuus on 30 €. Dieselajoneuvoissa on katsastuksessa tehtävä päästömittaus, mutta sähköajoneuvoissa mittauksia ei tehdä, koska sähköajoneuvot eivät tuota lähipäästöjä. Tämän takia laskelmissa sähköajoneuvon katsastusmaksu on 30 € pienempi vuodessa.

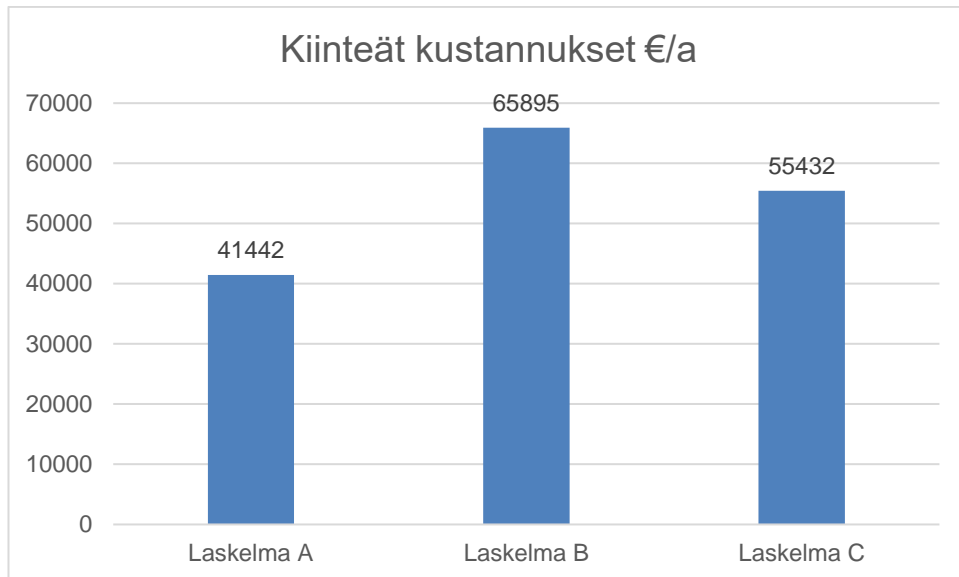
Hallintokustannusten oletettiin olevan 2 % kokonaiskustannuksissa kaikissa laskelmissa. Ylläpitokustannusten laskelmissa oletettiin olevan 1,5 % kokonaiskustannuksista.

Sähköajoneuvon vakuutusmaksun arvioitiin olevan 30 % dieselajoneuvon maksusta [35]. A-Vakuutus arvioi dieselajoneuvon vakuutusmaksun olevan 4 000 € vuodessa.

#### 5.4.2 Tulokset

Dieselajoneuvon kiinteät kustannukset vuodessa ovat noin 41 000 €. Laskelmassa B kiinteät kustannukset vuodessa ovat noin 65 000 €, jotka ovat noin 56 % suuremmat kuin dieselajoneuvon. Laskelmassa C kiinteät kustannukset vuodessa ovat noin 55 000 €, jotka ovat noin 34 % suuremmat kuin dieselajoneuvossa. Sähköajoneuvojen suuremmat kiinteät kustannukset johtuvat suuremmasta hankintahinnasta, mikä johtaa suurempiin vuosipoistoihin ja korkokustannuksiin.

Laskelmien A, B ja C kiinteät kustannukset vuodessa on esitetty pylväsdiagrammina kuviossa 6.

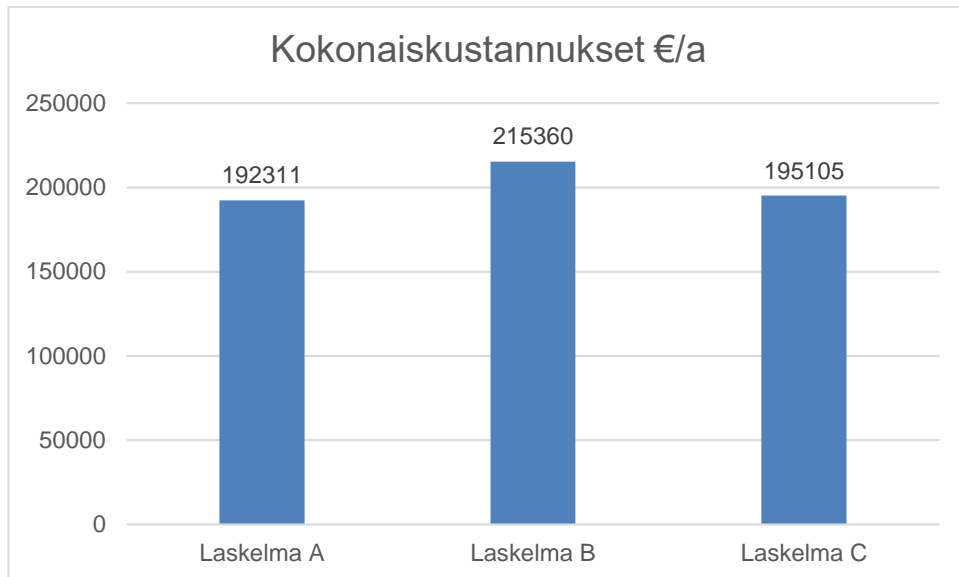


Kuvio 6. Dieselajoneuvon (laskelma A) ja sähköajoneuvojen (laskelmat B ja C) vuosittaiset kiinteät kustannukset

### 5.5 Kokonaiskustannukset

Ajoneuvon kokonaiskustannukset koostuvat työ-, muuttuvista- ja kiinteistä kustannuksista. Näiden lisäksi kokonaiskustannuksiin lasketaan lisäksi yrittäjäriski, jonka työn laskelmissa on arvioitu olevan 10 % edellisten kustannusten summasta.

Dieselajoneuvon kokonaiskustannukset ovat noin 192 000 € vuodessa. Laskelmassa B sähköajoneuvon kokonaiskustannukset ovat noin 215 000 € vuodessa. Laskelmassa C sähköajoneuvon kokonaiskustannukset ovat noin 195 000 € vuodessa. Kuviossa 7 on esitetty laskelmien A, B ja C kokonaiskustannukset vuodessa.



Kuvio 7. Dieselajoneuvon (laskelma A) ja sähköajoneuvojen (laskelmat B ja C) vuosittaiset kokonaiskustannukset

## 6 Päästövertailu

Selvitystyötä varten Helsingin seudun ympäristöpalvelut tilasi LCA Consulting Oy:ltä sähkö-, diesel- ja kaasujäteautojen päästölaskelman. Päästövertailuun otettiin sähkön ja dieselpolttoaineen lisäksi kaasu, jotta mahdollisen sähköjäteauton päästöjä voidaan verrata tällä hetkellä käytössä oleviin käyttövoimiin. Päästölaskelmissa on otettu huomioon jäteauton ajamisesta, jätteen keräämisestä ja polttoaineen valmistuksesta aiheutuneet päästöt. Erilliset laskelmat tehtiin jäteautojen kasvihuone- ja hiukkaspäästöille.

### 6.1 Kasvihuonepäästöt

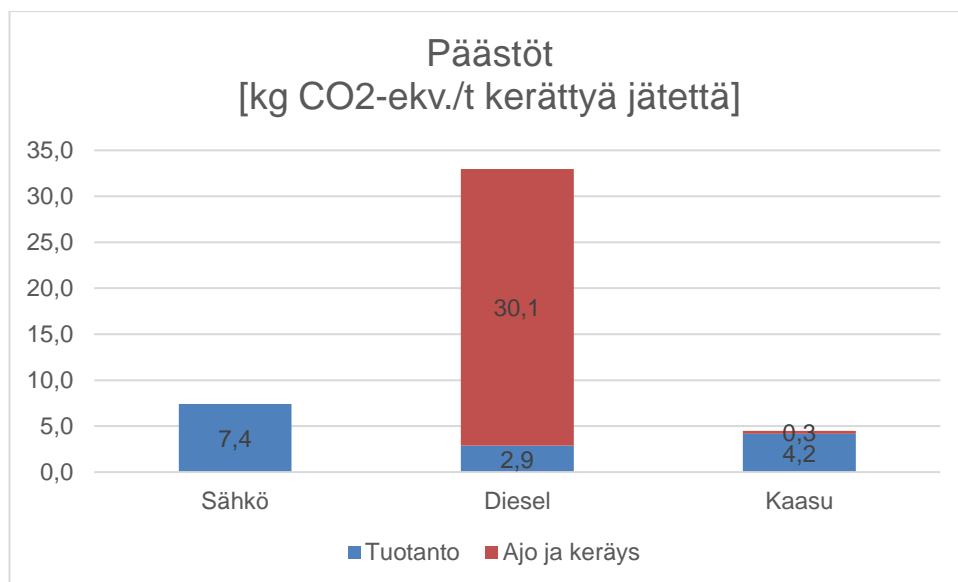
Ilmastonmuutospäästöt ilmoitetaan kilogrammoina hiilidioksidiekvivalenttia (CO<sub>2</sub>-ekv.) kerättyä jätetonnia kohden. Hiilidioksidiekvivalentti on suure, jolla lasketaan päästöjen eri kasvihuonekaasujen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen eli ilmaston lämpenemiseen [39].

Jäteautojen polttoaineen tuotannossa eniten kasvihuonepäästöjä syntyy sähkön tuotannossa noin 7,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv kerättyä jätetonnia kohden. Kaasujäteauton käyttämästä

maakaasun tuotannosta syntyy noin 4,2 kg CO<sub>2</sub>-ekv. kerättyä jätetonna kohden. Diesel-jäteauton polttoaineen tuotannossa syntyy noin 2,9 kg CO<sub>2</sub>-ekv. kerättyä jätetonna kohden.

Sähkøjäteauto ei tuota ajaessaan ja jätettä kerätessään ollenkaan lähipäästöjä. Diesel-jäteauton ajosta ja jätteen keräämisestä syntyy noin 30,1 kg CO<sub>2</sub>-ekv. päästöjä kerättyä jätetonna kohden. Kaasujäteauton ajamisesta ja jätteen keräämisestä syntyy noin 0,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv. päästöjä kerättyä jätetonna kohden.

Jätteenkuljetusajoneuvojen polttoaineen tuotannosta syntyneet kasvihuonepäästöt esitetään pylväsdiaGrammissa sinisillä pylväillä ja jätekuljetusajoneuvojen ajamisesta ja jätteen keräyksestä syntyneet kasvihuonepäästöt esitetään kuviossa 8.



Kuvio 8. Eri käyttövoimia käyttävien jätteenkuljetusajoneuvojen tuottamat kasvihuonepäästöt

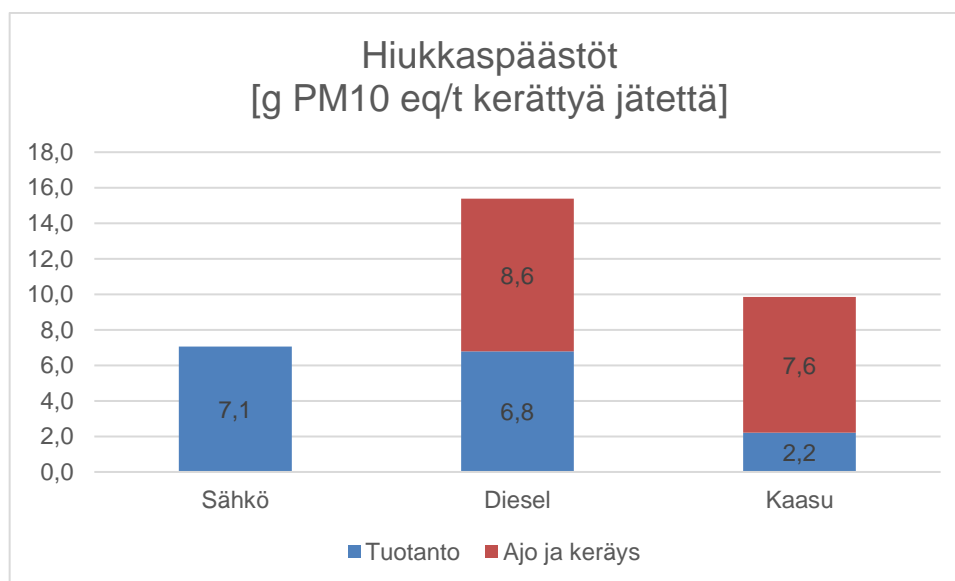
## 6.2 Hiukkaspäästöt

Hiukkaspäästöt ilmoitetaan grammoina PM10 eq kerättyä jätetonna kohden. Yksiköllä tarkoitetaan jätteenkuljetusajoneuvojen päästöissä olevia hengitettäviä hiukkasia, jotka ovat 10 mikrometrin tai sitä pienempiä hiukkasia. Hiukkaset kulkeutuvat hengitysilman kautta ihmisen keuhkoputkiin ja voivat aiheuttaa haitallisia terveysvaikutuksia. Tämän lisäksi hiukkaset voivat vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen [40].



Sähköntuotannosta syntyy vertailussa eniten hiukkaspäästöjä, noin 7,1 g PM10 eq kerättyä jätetonna kohden. Dieselin tuotannossa syntyy noin 6,8 g PM10 eq ja kaasun tuotannossa noin 2,2 g PM10 eq kerättyä jätetonna kohden.

Jätteenkuljetusajoneuvojen polttoaineen tuotannosta syntyneet hiukkaspäästöt esitetään pylväsdiagrammissa sinisillä pylväillä ja jäteautojen ajamisesta ja jätteen keräyksestä syntyvät hiukkaspäästöt esitetään punaisilla pylväillä kuviossa 9.



Kuvio 9. Eri käyttövoimia käyttävien jäteautojen tuottamat hiukkaspäästöt

## 7 Yhteenveto

### 7.1 Kustannuslaskenta

Sähkökäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot ovat vielä tällä hetkellä dieselkäyttöisiä jätteenkuljetusajoneuvoja kalliimpia. Sähkökäyttöisten jätteenkuljetusajoneuvojen kalliimmat kustannukset johtuvat suuremmasta ajoneuvon hankintahinnasta, joka aiheuttavat suuremmat kiinteät kustannukset ajoneuvolle. Laskelmassa B kaksinkertaisella hankintahinnalla sähköajoneuvon vuosikustannus on 20 000 € suurempi kuin laskelmassa A olevan dieselajoneuvon. Laskelmassa C sähköajoneuvon hankintahinnan oletetaan laskevan puolitoistakertaiseksi dieselajoneuvon verrattuna, ja tällöin sähköajoneuvon vuosikustannukset ovat vain noin 3 000 € vuodessa suuremmat. Tähän tulokseen johtaa se, että

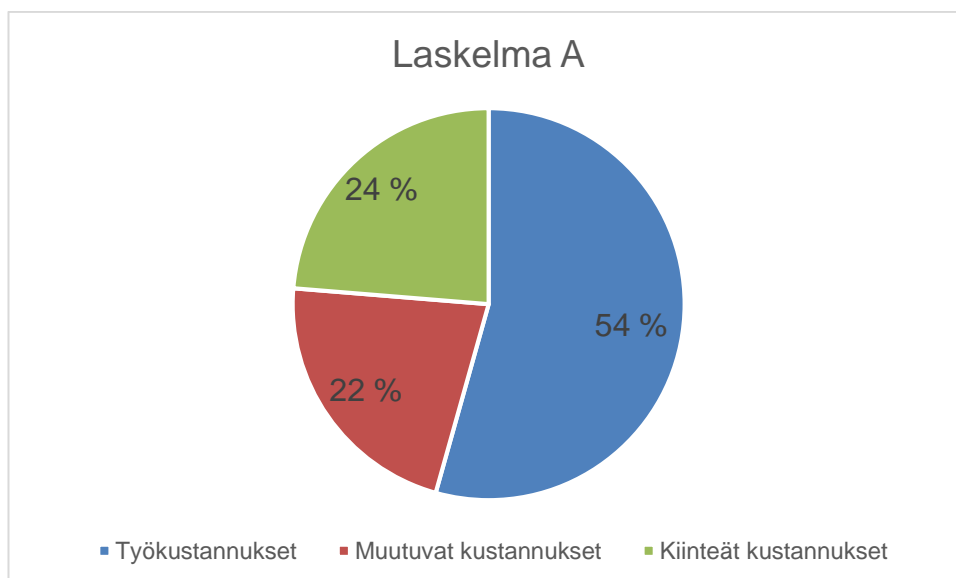
sähköajoneuvoissa oletettiin olevan pienemmät muuttuvat kustannukset kuin dieselajoneuvoissa.

Kuvioissa 10,11 ja 12 esitetään laskelmien A,B ja C kokonaiskustannukset piirakkadiagrammeina. Diagrammeista selviää työ-, muuttuvien- ja kiinteiden kustannusten osuudet ajoneuvojen vuosikustannuksista.

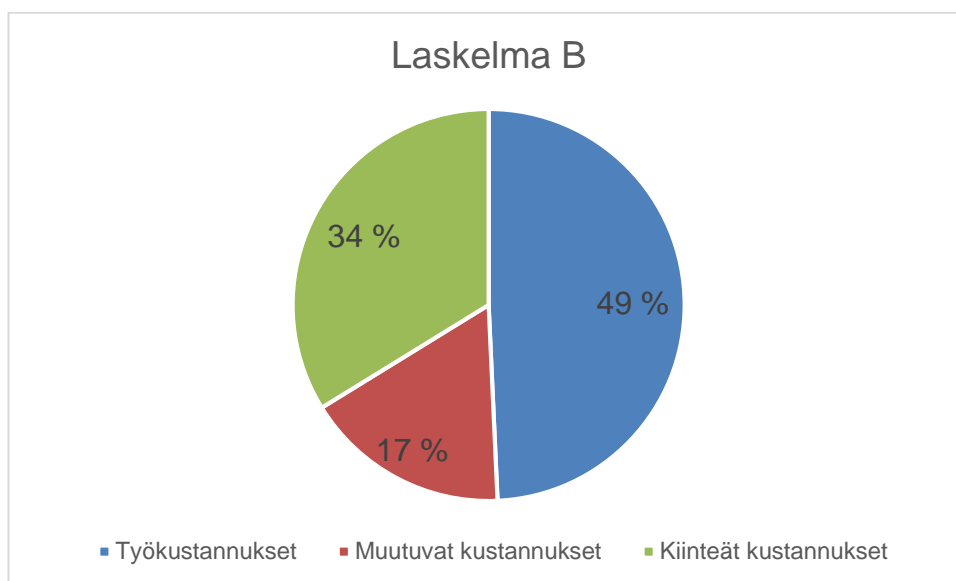
Laskelmissa A ja C huomataan, että työkustannusten osuus vuosikustannuksista on lähes sama. Laskelmassa A työkustannusten osuus on 54 % ja laskelmassa C niiden osuus on 55 % kokonaiskustannuksista. Ero laskelmien A ja C välillä tulee kiinteiden ja muuttuvien kustannusten osuuksissa. Laskelmassa A kiinteät kustannukset ovat 24 % ja muuttuvat kustannukset 22 % kokonaiskustannuksista. Laskelmassa C kiinteät kustannukset ovat 31 % ja muuttuvat kustannukset 14 % kokonaiskustannuksista. Laskelmassa kiinteiden kustannusten osuutta kasvattaa sähköajoneuvon suurempi hankintahinta.

Laskelmassa B työkustannusten osuus kokonaiskustannuksista on 49 %, joka on pienin vertailussa olevista laskelmista. Kiinteiden kustannusten osuus kokonaiskustannuksista laskelmassa B on 34 %, joka on laskelmista suurin. Muuttuvat kustannusten osuus kokonaiskustannuksista on laskelmassa B 17 %.

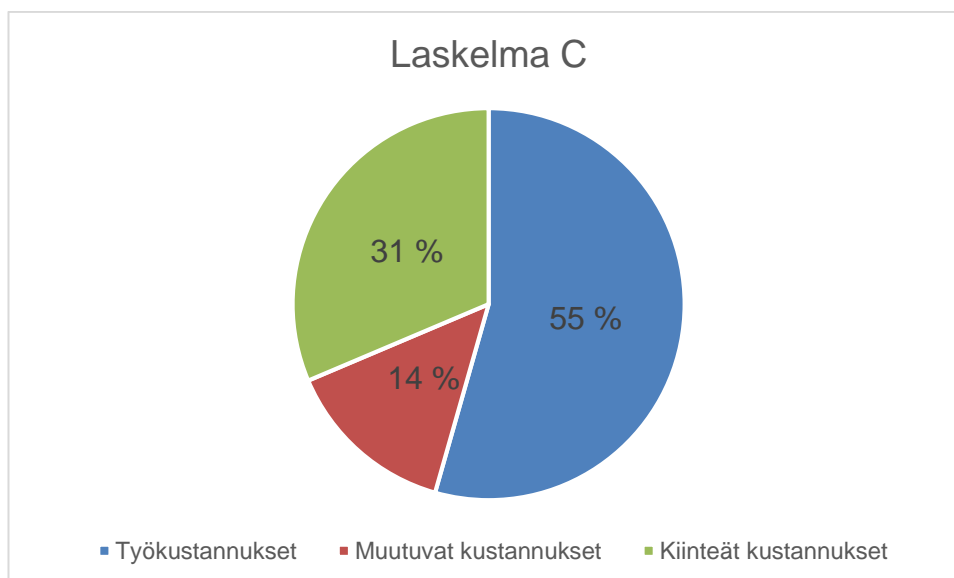
Kustannusten osuuksista huomataan, että sähköajoneuvoissa kustannukset siirtyvät muuttuvista kustannuksista kiinteisiin kustannuksiin verrattaessa dieselajoneuvoihin. Työkustannusten osuus pysyy samalla tasolla, kun sähköajoneuvon vuosikustannukset saadaan samalle tasolle dieselajoneuvon kanssa.



Kuvio 10. Dieselajoneuvon kokonaiskustannukset jaettuna työ-, muuttuvien ja kiinteiden kustannusten osuuksiin



Kuvio 11. Kaksinkertaisen hankintahinnan sähköajoneuvon kokonaiskustannukset jaettuna työ-, muuttuvien ja kiinteiden kustannusten osuuksiin



Kuvio 12. Puolitoistakertaisen hankintahinnan sähköajoneuvon kokonaiskustannukset jaettuna työ-, muuttuvien ja kiinteiden kustannusten osuuksiin

Työssä tehdyt laskelmat ovat vain suuntaa antavia, koska sähkökäyttöisiä jätteautoja ei ole vielä käytössä Suomessa. Niinpä todelliset kustannukset voivat vaihdella tässä työssä esitetystä. Näiden laskelmien tuloksia voidaan kuitenkin käyttää vertailuarvoina tuleviin tarkempiin laskelmiin, joita kannattaa tehdä tulevaisuudessa. Näistä laskelmista voidaan päätellä, että sähköajoneuvo, jolla on sama hankintahinta kuin dieselajoneuvolla, olisi vuosikustannuksiltaan halvempi kuin dieselajoneuvo.

## 7.2 Päästöt

Tässä työssä esitettyjen päästövertailujen mukaan sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo tuottaa vähemmän kasvihuonepäästöjä kerättyä jätetonna kohden kuin dieselkäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo. Sähköjäteauto tuottaa noin 22 % dieselkäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon kasvihuonepäästöistä. Hiukkaspäästöjen osalta sähköjäteauto tuottaa myös vähemmän päästöjä kuin dieselkäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo. Jos sähköajoneuvojen käyttö yleisty tulevaisuudessa, tulee kiinnittää huomio sähkötuotannon tapoihin, jotta päästöt eivät nousisi dieselajoneuvojen tasolle.

Kaasukäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot tuottavat päästövertailun mukaan vähemmän kasvihuonepäästöjä kuin sähkökäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot. Kaasukäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot tuottavat noin 60 % sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon

kasvihuonepäästöistä kerättyä jätetonnia kohden. Toisaalta kaasukäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot tuottavat enemmän hiukkaspäästöjä. Sähkökäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot tuottavat noin 72 % kaasukäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon tuottamista hiukkaspäästöistä kerättyä jätetonnia kohden. Tällä hetkellä käytössä olevat kaasukäyttöiset jätteenkuljetusajoneuvot ovat tämän päästövertailun perusteella sähkökäyttöisiä jätteenkuljetusajoneuvoja hieman ympäristöystävällisempiä.

### 7.3 Tulevaisuuden toimenpiteitä

Sähkökuorma-autojen käytöstä jätteiden kuljetuksessa kannattaa tehdä lisää tutkimustyötä, koska sähköajoneuvot sopivat luoteensa takia jätteen kuljettamiseen kaupunkien keskustoissa, joissa on paljon pysähdyksiä. Näin saadaan hyöty sähkömoottorin vääntömomentista lähtötilanteessa, jolloin dieselmoottori ei toimi parhaalla hyötysuhteella.

Helsingin keskustan yhdyskuntajätteen keräykseen olisi hyvä saada koekäyttöön sähkökäyttöinen jäteauto, jotta saataisiin tietoa niiden toiminnasta Suomen oloissa. Tällä hetkellä sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvot ovat käytössä Suomea lämpimämmissä ilmastoissa, joten ei tiedetä miten Suomen kylmemmät olot vaikuttavat jätteenkuljetusajoneuvon toimivuuteen.

Sähkökäyttöisen jätteenkuljetusajoneuvon hankintaa koekäyttöön tulisi harkita, kun suuret autonvalmistajat, kuten Mercedes-Benz, tuovat markkinoille omat sarjavalmistetut sähkökuorma-autot. Prototyypiauton valmistaminen voi nostaa sen kustannukset moninkertaisiksi tässä työssä esitettyihin lukuihin. Sarjavalmistetun ajoneuvon hankinta voi pitää kustannukset alhaisempina. Tämän lisäksi sarjavalmistetuissa ajoneuvoissa huolto voidaan toteuttaa tehokkaammin ja toivottavasti näistä ajoneuvoista on korjattu suurimmat tyyppiviat.

Lisätutkimuksia sähköjäteautoista kannattaa tehdä ennen kuin sarjavalmistetut sähkökuorma-autot tulevat markkinoilla. Tämän hetken arvioiden mukaan sähkökuorma-autot ovat tulossa markkinoille 2020-luvun aikana.

## Lähteet

- 1 Käsitteet ja määritelmät. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <<http://www.stat.fi/til/jate/kas.html>>. Luettu 25.10.2016.
- 2 Jätelaki. 646/17.6.2011.
- 3 Jo puolet yhdyskuntajätteistä polttoon. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <[http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate\\_2014\\_2015-12-01\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate_2014_2015-12-01_tie_001_fi.html)>. 1.12.2015. Luettu 25.10.2016.
- 4 Granqvist, Jani, Berg, Inna & Uusitalo, Outi. 2001. Jätelogistiikan kehittäminen. Verkkodokumentti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. <[http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2001/JATKA\\_raportti1.3.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2001/JATKA_raportti1.3.pdf)>. 31.10.2001. Luettu 25.10.2016.
- 5 Jätetilastot. 2014. Verkkodokumentti. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<http://www.pksjatevirrat.fi/?mo=wastestats>>. Luettu 9.5.2017.
- 6 Wuttke, Walther. 2016. Electric truck for the city. Verkkodokumentti. Daimler AG. <<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/next/e-mobility/electric-truck-for-the-city/#>>. 5.8.2016. Luettu 21.10.2016.
- 7 Fuso Canter E-Cell: latest fleet trial in Stuttgart of first all-electric light-duty truck. Verkkodokumentti. Daimler AG. <<http://media.daimler.com/marsMedia-Site/ko/en/13033943>>. Luettu 21.10.2016.
- 8 The new Fuso eCanter. Verkkodokumentti. Daimler AG. <<https://www.daimler.com/products/trucks/fuso/ecanter.html>>. Luettu 21.10.2016.
- 9 Järvinen, Jari. 2016. Historian ensimmäinen suomalainen sähköbussi pian uunista ulos. Verkkodokumentti. <<http://yle.fi/uutiset/3-8847978>>. 2.5.2016. Luettu 20.10.2016.
- 10 Granvik, Tom. 2016. Perustaja ja talouspäällikkö. Linkker Oy. Helsinki. Sähköpostikeskustelu. 8.10.2016.
- 11 Fully electric trucks in Courbevoie. 2012. Verkkodokumentti. SUEZ eMag. <<http://www.emag.suez-environnement.com/en/fully-electric-trucks-courbevoie-2921>>. Päivitetty 20.11.2012. Luettu 28.10.2016.
- 12 Trial E-Truck on hydrogen successful. 2014. Verkkodokumentti. E-Trucks Europe. <<http://e-truckseurope.com/en/news/3>>. 29.11.2014. Luettu 20.10.2016.
- 13 World's 1st hybrid electric refuse collection truck in Göteborg/Sweden. 2014. Verkkodokumentti. Eltis. <<http://www.eltis.org/discover/case-studies/worlds-1st>>.

- hybrid-electric-refuse-collection-truck-goteborgsweden>. 29.8.2014. Luettu 20.10.2016.
- 14 L&T ottaa Turussa käyttöön Suomen ensimmäisen hybridijäteauton. 2012. Verkkodokumentti. Lassila & Tikanoja Oyj. <[http://www.lassila-ti-kano-ja.fi/tiedotteet/Sivut/LT\\_ottaa\\_Turussa\\_kayttoon\\_Suomen\\_ensimmaisen\\_hybridijateauton.aspx](http://www.lassila-ti-kano-ja.fi/tiedotteet/Sivut/LT_ottaa_Turussa_kayttoon_Suomen_ensimmaisen_hybridijateauton.aspx)>. 18.6.2012. Luettu 20.10.2016.
  - 15 L&T otti Turussa käyttöön Suomen ensimmäisen hybridijäteauton. Verkkodokumentti. Flaaming Oy. <<http://www.flaaming.fi/cms/suomeksi/ajankohtaista/53-latottaa-turussa-kaeyttoeoen-suomen-ensimmaeisen-hybridijaeteauton>>. Luettu 20.10.2016.
  - 16 Ajoneuvojen kustannuslaskennan perusteet. 2009. Verkkodokumentti. Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry. <[http://www.skal.fi/files/4554/Kustannuslaskennan\\_perusteet\\_2009.pdf](http://www.skal.fi/files/4554/Kustannuslaskennan_perusteet_2009.pdf)>. 19.2.2009. Luettu 21.12.2016.
  - 17 Lamberg, Tapani. 2016. Myyntipäällikkö. Veho Oy Ab. Helsinki. Sähköpostikeskustelu. 11.11.2016.
  - 18 It's all about the hybrid. Verkkodokumentti. Geesink Group B.V. <<http://www.geesinknorba.com/wp-content/uploads/2014/12/GeesinkNorba-Hybrid-Systems-UK.pdf>>. Luettu 9.5.2017.
  - 19 Palkkataulukot 1.10.2016 tai lähinnä sen jälkeen. Verkkodokumentti. Auto- ja Kuljetusalan Työntekijäliitto AKT ry. <[http://www.akt.fi/site/assets/files/1713/k-a\\_palkkat\\_1\\_10\\_2016.pdf](http://www.akt.fi/site/assets/files/1713/k-a_palkkat_1_10_2016.pdf)>. Luettu 10.11.2016.
  - 20 Autoliikenteen Työnantajaliitto ry:n ja Auto ja Kuljetusalan Työntekijäliitto ry:n välinen kuorma-auto alan työehtosopimus 1.2.2014 – 31.1.2017. 10 §. <<http://www.akt.fi/edunvalvonta/tyoehtosopimukset/kuorma-autoala/tyoehtosopimus/>>. Luettu 10.11.2016.
  - 21 Nuutinen, Juho. 2016. Logistiikkapäällikkö. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Helsinki. Keskustelu. 4.11.2016.
  - 22 ADBLUE®. 2013. Verkkodokumentti. Oy Teboil Ab. <<http://www.teboil.fi/tuotteet/adblue/>>. Luettu 28.12.2016.
  - 23 Grangé, Hubert. 2016. Director of Operations. SUEZ Environnement. Sähköpostikeskustelu. 17.10.2016.
  - 24 Where the Energy Goes: Electric Cars. 2016. Verkkodokumentti. U.S. Department of Energy. <<https://www.fueleconomy.gov/feg/atv-ev.shtml>>. Luettu 28.12.2016.

- 25 PK-Seutu. 2016. Verkkodokumentti. Webmoon Oy. <<http://www.polttoaine.net/index.php?t=PK-Seutu>>. Luettu 28.12.2016.
- 26 AIR1 ADBLUE-LISÄÄINE 1000L IBC. 2016. Verkkodokumentti. Isojoen Konehalli Oy. <<http://www.ikh.fi/fi/air1-adblue-lisaaine-1000l-ibc-adb1000>>. Luettu 28.12.2016.
- 27 Kuorma- ja linja-auton renkaat. 2016. Verkkodokumentti. Nokian Renkaat Oyj. <[http://www.euromaster.fi/storage/ma/2a86a3d406aa4675865949703d643799/ac8c24e8fe3249d9b0ed81f5a6a0a781/pdf/382B14214462AF065EDB6793DC0321E3F3A50015/NokianRenkaat\\_ka\\_la\\_1\\_3\\_2016\\_web.pdf](http://www.euromaster.fi/storage/ma/2a86a3d406aa4675865949703d643799/ac8c24e8fe3249d9b0ed81f5a6a0a781/pdf/382B14214462AF065EDB6793DC0321E3F3A50015/NokianRenkaat_ka_la_1_3_2016_web.pdf)>. 1.3.2016. Luettu 15.5.2017.
- 28 Michelin Suomi hinnasto 1. tammikuuta 2016. 2016. Verkkodokumentti. Oy Suomen Michelin Ab. <<http://www.euromaster.fi/storage/ma/ebfb125ac6ee4381bba4b2e5fba40230/b0a63ccddfa34152993fabd8cc04f845/pdf/ACEA473EA274EB6665A1B5F44C273F987200C364/FI-MICHELIN-REMIX-Pricelist-JAN-2016.pdf>>. 1.1.2016. Luettu 15.5.2017.
- 29 Kuorma-auton renkaat, svh-hinnasto 1.1.2015. 2015. Verkkodokumentti. Continental Rengas Oy. <[http://www.euromaster.fi/storage/ma/9cef33d41e8740b59e496eb9814e82d7/f464e4ee9fbb4e26981ad85a56b135f9/pdf/71ABABCA8F76B457A3D841E813170575225EE0B2/Continental%20KA-LA%20renkaat\\_hinnasto%201.1.2015.pdf](http://www.euromaster.fi/storage/ma/9cef33d41e8740b59e496eb9814e82d7/f464e4ee9fbb4e26981ad85a56b135f9/pdf/71ABABCA8F76B457A3D841E813170575225EE0B2/Continental%20KA-LA%20renkaat_hinnasto%201.1.2015.pdf)>. 1.1.2015. Luettu 15.5.2017.
- 30 Hinnasto kuorma- ja linja-autot. 2016. Verkkodokumentti. Goodyear Dunlop Tires Finland Oy. <[http://www.euromaster.fi/storage/ma/104eb9c8478d467e8835011f7fe6ac61/154ac5e5118a492fb85518b1673a39aa/pdf/D674F7319E5718F5853F4C154FF16F564323FAD9/Goodyear\\_ka\\_la\\_1.1.2016\\_web.pdf](http://www.euromaster.fi/storage/ma/104eb9c8478d467e8835011f7fe6ac61/154ac5e5118a492fb85518b1673a39aa/pdf/D674F7319E5718F5853F4C154FF16F564323FAD9/Goodyear_ka_la_1.1.2016_web.pdf)>. 1.1.2016. Luettu 15.5.2017.
- 31 Ovh hinnasto 2015. 2015. Verkkodokumentti. Kumho Tire Co., Inc. <[http://www.euromaster.fi/storage/ma/57525875c72e4c32bbdbf7443a31f75f/cc631ea59fdf45c7abbf940b7171c0a3/pdf/D72DE7364A9A86FE6B54BB1CCEFFB21B8B4EF1FB/Kumho\\_ka\\_la\\_1.1.2015.pdf](http://www.euromaster.fi/storage/ma/57525875c72e4c32bbdbf7443a31f75f/cc631ea59fdf45c7abbf940b7171c0a3/pdf/D72DE7364A9A86FE6B54BB1CCEFFB21B8B4EF1FB/Kumho_ka_la_1.1.2015.pdf)>. Luettu 15.5.2017.
- 32 Kuorma-auton renkaat 2016. 2016. Verkkodokumentti. Bridgestone Finland Oy. <[http://www.euromaster.fi/storage/ma/a43aa7ace2ef4d1487ef6f713a20a990/73bfb617048a4233acf17487bd9b4553/pdf/5D1929B12CE01B340C15CDA51BDA89991A7DA1A9/Bridgestone\\_ka-la\\_hinnasto\\_1.1.2016\\_low.pdf](http://www.euromaster.fi/storage/ma/a43aa7ace2ef4d1487ef6f713a20a990/73bfb617048a4233acf17487bd9b4553/pdf/5D1929B12CE01B340C15CDA51BDA89991A7DA1A9/Bridgestone_ka-la_hinnasto_1.1.2016_low.pdf)>. 1.1.2016. Luettu 15.5.2017.
- 33 Sähkömyyntihinnasto yrityksille ja yhteisöille. 2016. Verkkodokumentti. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/yrityssahko/sahkon-myyntihinnasto-yrityksille.pdf>>. 1.4.2016. Luettu 15.5.2017.



- 34 Caruna Oy:n alennetut verkkopalveluhinnat 1.3.2016. 2016. Verkkodokumentti. Caruna Oy. <[https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/caruna\\_oy\\_verkkopalveluhinnat\\_alennetuilla\\_perusmaksuilla\\_1.3.2016.pdf?GijSlvCo75xsFeXf4H53vcQQ1Gjahr3e](https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/caruna_oy_verkkopalveluhinnat_alennetuilla_perusmaksuilla_1.3.2016.pdf?GijSlvCo75xsFeXf4H53vcQQ1Gjahr3e)>. 1.3.2016. Luettu 15.5.2017.
- 35 Kuokkanen, Airi. 2016. Managing Director. Niinivirta European Cargo Oy. Keskustelu. 15.11.2016.
- 36 Pellinen, Jukka. 2016. Projektipäällikkö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Keskustelu. 15.11.2016.
- 37 Ajoneuvoverolaskurit. 2015. Verkkodokumentti. Liikenteen turvallisuusvirasto. <[https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron\\_maksaminen/ajoneuvoverolaskurit](https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_maksaminen/ajoneuvoverolaskurit)>. Päivitetty 20.1.2015. Luettu 15.5.2017.
- 38 Veron rakenne ja määrä. 2017. Verkkodokumentti. Liikenteen turvallisuusvirasto. <[https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron\\_rakenne\\_ja\\_maara](https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara)>. Päivitetty 2.5.2017. Luettu 15.5.2017.
- 39 Ilmakehä-ABC. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <[http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc?p\\_p\\_id=abc\\_WAR\\_fmiiwwportlets&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_abc\\_WAR\\_fmiiwwportlets\\_selectedInitial=H](http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc?p_p_id=abc_WAR_fmiiwwportlets&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_abc_WAR_fmiiwwportlets_selectedInitial=H)>. Luettu 15.5.2017.
- 40 Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. 2015. Verkkodokumentti. Ympäristöhallinto. <[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ilman\\_epapuhtauksien\\_paastot/Ilman\\_epapuhtauksien\\_paastot\\_Suomessa%289416%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot_Suomessa%289416%29)>. Päivitetty 8.2.2017. Luettu 15.5.2017.

## Laskelma A – Dieselkäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo

|  |                                     |                 |                   |              |                              | Kustannuslaskelma         |               |
|--|-------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------|------------------------------|---------------------------|---------------|
|  |                                     |                 |                   |              |                              | Laatija                   | Toni Rissanen |
| ALV  |                                     |                 | 0 %               |              |                              |                           |               |
| <b>Kustannuslaji</b>                                       |                                     |                 |                   |              |                              | <b>Uushankintahinnat</b>  | <b>auto</b>   |
| Ajoneuvo   | Mercedes-Benz Antos 2536 L 6x2 V 11 |                 |                   |              |                              | Alusta (€)                | 125650        |
| Kokonaismassa  | 27000 kg                            |                 |                   |              |                              | Pakkaaja (€)              | 75000         |
|  |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
|  |                                     |                 |                   |              |                              | Auton renkaat 315/70 22.5 | 8             |
|  |                                     |                 |                   |              |                              | Rengasetin hinta (€)      | 5473          |
|  |                                     |                 |                   |              |                              | Hinta renkaita (€)        | 195177        |
| <b>Ajosuorite</b>  |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Ajosuorite vuodessa (ajokm-määrä)                          |                                     |                 |                   | 43000 km/a   |                              |                           |               |
| Käyttöikä (käyttömätka)                                    |                                     |                 |                   | 344000 km    |                              |                           |               |
| Pitoaika vuosina   |                                     |                 |                   | 8 a          |                              |                           |               |
| <b>Polttoaineen kulutus</b>                                |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Polttoaineen kulutus                                       |                                     |                 |                   | 56 l/100 km  |                              |                           | 24080 l/a     |
| Lisäaineen kulutus AdBlue kulutus                          | 4-6% polttoaineen kulutuksesta      |                 |                   | 2,8 l/100 km |                              |                           | 1204 l/a      |
| Renkaiden kestomatka                                       |                                     |                 |                   | 60000 km     |                              |                           |               |
| Palkkatunnit   |                                     |                 |                   | 4000 h/a     |                              |                           |               |
| <b>Työkustannukset</b>                                     |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Kuljettajan palkka klo 6-18                                | 13,90 €/h                           | klo 6-14        | 27804 €/a         | klo 14-22    |                              | 29790 €/a                 |               |
| Kuljettajan palkka klo 18-22                               | 15,89 €/h                           |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Kaksi vuoroa 6-14 ja 14-22                                 |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Väilliset palkat   | 65 %                                |                 | 37436 €/a         |              |                              |                           |               |
| Päivärahat, majoitus, yms.                                 |                                     |                 | €/a               |              |                              |                           |               |
| Työkustannukset yhteensä                                   |                                     |                 | 95030 €/a         |              |                              |                           |               |
| <b>Muuttuvat kustannukset</b>                              |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Polttoainekust. €/l  | 1,06 €/l                            |                 | 0,59 €/km         |              |                              | 25525 €/a                 |               |
| Lisäainekust. €/l  | 0,48 €/l                            |                 | 0,01 €/km         |              |                              | 578 €/a                   |               |
| Voiteluainekust.   | 5 % polttoa.kust                    |                 | 0,0297 €/km       |              |                              | 1276 €/a                  |               |
| Huolto- ja korjauk.  |                                     |                 | 0,128 €/km        |              |                              | 5504 €/a                  |               |
| Rengaskust.  |                                     |                 | 0,13 €/km         |              |                              | 5473 €/a                  |               |
| Muuttuvat kustannukset yhteensä                            |                                     |                 | 0,89 €/km         |              |                              |                           |               |
|  |                                     |                 | 38356 €/a         |              |                              |                           |               |
| <b>Kiinteät kustannukset</b>                               |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| Keskimääräinen vuosipolisto, arvonalenemisprosentti 25 %   |                                     | 0,11249 kerroin |                   |              |                              | 21956 €/a                 |               |
| Pääoman korkokustannus                                     | 9 %                                 | 0,36 kerroin    |                   |              |                              | 7904 €/a                  |               |
| Käyttöpääoman korkok.                                      | 9 %                                 |                 |                   |              |                              | 711 €/a                   |               |
| Vakuutusmaksu  |                                     |                 |                   |              | Pääomakustannukset yht.      | 30571 €/a                 |               |
| auto   |                                     |                 | 4000 €/a          |              |                              |                           |               |
| muut   |                                     |                 | €/a               |              |                              |                           |               |
| Liikennöimismaksut   |                                     |                 |                   |              |                              |                           |               |
| ajoneuvoverot  |                                     |                 | 759,2 €/a         |              |                              |                           |               |
| katsastus  |                                     |                 | 200 €/a           |              |                              |                           |               |
| Hallintokust. (kirjanpito, puh., toimisto, yms.)           |                                     |                 | 3378,3 €/a        |              | 2 % kokonaiskustannuksista   |                           |               |
| Ylläpitokustannukset (säilytys, pesu, pienvarusteet, yms.) |                                     |                 | 2533,7 €/a        |              | 1,5 % kokonaiskustannuksista |                           |               |
| Kiinteät kustannukset yhteensä                             |                                     |                 | 41442 €/a         |              |                              |                           |               |
| <b>Työ + muuttuvat + kiinteät kustannukset yhteensä</b>    |                                     |                 | <b>174828 €/a</b> |              |                              |                           |               |
| <b>Yrittäjäriski</b>                                       | 10 %                                |                 | 17483 €/a         |              |                              |                           |               |
| <b>Kokonaiskustannukset yhteensä</b>                       |                                     |                 | <b>192311 €/a</b> |              |                              |                           |               |
| Tuntikustannukset  |                                     |                 | 48,078 €/h        |              |                              |                           |               |
| Kilometrikustannus   |                                     |                 | 4,4723 €/km       |              |                              |                           |               |

## Laskelma B – Sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo kaksinkertainen hankintahinta

| Ajoneuvojen kustannuslaskenta   |                      |                 |                       | Kustannuslaskelma            |               |
|---|----------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|---------------|
|   |                      |                 |                       | Laatija                      | Toni Rissanen |
| ALV   |                      | 0 %             |                       |                              |               |
|   |                      |                 |                       | VE 1                         | VE 2          |
| Kustannuslaji   |                      |                 | Uushankintahinnat     |                              |               |
| Ajoneuvo  | Mercedes-Benz eTruck |                 | Alusta (€)            | 251300                       |               |
| Kokonaismassa   | 27000 kg             |                 | Pakkaaja (€)          | 125000                       |               |
|   |                      |                 | Auton renkaat (kpl)   | 8                            |               |
| Lisätietoja   |                      |                 | Rengassetin hinta (€) | 7688                         |               |
| Auton renkaat Etuakseli 385/55, Taka-akseli 495/45 ja teliakseli 385/55 |                      |                 | Hinta renkaita (€)    | 368612                       |               |
| Ajosuorite vuodessa (ajokm-määrä)                                       |                      |                 | 43000 km/a            |                              |               |
| Käyttöikä (käyttömätka)   |                      |                 | 344000 km             |                              |               |
| Pitoaika vuosina  |                      |                 | 8 a                   |                              |               |
| Energian kulutus  |                      |                 | 2,0133 kWh/km         | 100425,1 kWh/a               |               |
| Renkaiden kestomatka  |                      |                 | 60000 km              |                              |               |
| Palkkatunnit  |                      |                 | 4000 h/a              |                              |               |
| <b>Työkustannukset</b>  |                      |                 |                       |                              |               |
| Kuljettajan palkka klo 6-18   | 13,90 €/h            | klo 6-14        | 27804 €/a             | klo 15-23                    | 30452 €/a     |
| Kuljettajan palkka klo 18-22  | 15,89 €/h            |                 |                       |                              |               |
| Kuljettajan palkka klo 22-6   | 16,55 €/h            |                 |                       |                              |               |
| Kaksi vuoroa 6-14 ja 15-23  |                      |                 |                       |                              |               |
| Väilliset palkat  | 65 %                 |                 | 37866 €/a             |                              |               |
| Päivärahat, majoitus, yms.  |                      |                 | €/a                   |                              |               |
| Työkustannukset yhteensä  |                      |                 | 96122 €/a             |                              |               |
| <b>Muuttuvat kustannukset</b>   |                      |                 |                       |                              |               |
| Energiakustannus €/kWh  |                      |                 | 0,2504 €/km           |                              | 10766 €/a     |
| sähkön hinta  | 0,0467 €/kWh         |                 | €/km                  |                              |               |
| perusmaksu sähkölle   | 3,1 €/kk             |                 |                       |                              |               |
| siirtomaksu   | 0,030 €/kWh          |                 | €/km                  |                              |               |
| Perusmaksu 63 A sulake  | 61,6 €/kk            |                 |                       |                              |               |
| sähkövero   | 0,02253 €/kWh        |                 |                       |                              |               |
| Huolto- ja korjausk.  |                      |                 | 0,04 €/km             |                              | 1651,2 €/a    |
| akkukustannus   |                      |                 |                       |                              | 13250 €/a     |
| Rengaskust.   |                      |                 | 0,18 €/km             |                              | 7688 €/a      |
| Muuttuvat kustannukset yhteensä   |                      |                 |                       |                              |               |
|   |                      |                 | 0,47 €/km             |                              |               |
|   |                      |                 | 33355 €/a             |                              |               |
| <b>Kiinteät kustannukset</b>  |                      |                 |                       |                              |               |
| Poisto, arvonaleneminen   | 25 %                 | 0,11249 kerroin |                       |                              | 41465 €/a     |
| Pääoman korkokustannus  | 9 %                  | 0,36 kerroin    |                       |                              | 14927 €/a     |
| Käyttöpääoman korkok.   | 9 % edell.           |                 |                       |                              | 1343 €/a      |
| Vakuutusmaksu   |                      |                 |                       | Pääomakustannukset yht.      | 57736 €/a     |
| auto  |                      |                 | 1200 €/a              |                              |               |
| muut  |                      |                 | €/a                   |                              |               |
| Liikennöimismaksut  |                      |                 |                       |                              |               |
| ajoneuvoverot   |                      |                 | 208,78 €/a            |                              |               |
| katsastus   |                      |                 | 170 €/a               |                              |               |
| Hallintokust. (kirjanpito, puh., toimisto, yms.)                        |                      |                 | 3752 €/a              | 2 % kokonaiskustannuksista   |               |
| Ylläpitokustannukset (säilytys, pesu, pienvarusteet, yms.)              |                      |                 | 2813,9 €/a            | 1,5 % kokonaiskustannuksista |               |
| Muu ajo   | km                   |                 | €/a                   |                              |               |
| Kiinteät kustannukset yhteensä  |                      |                 | 65881 €/a             |                              |               |
| <b>Työ + muuttuvat + kiinteät kustannukset yhteensä</b>                 |                      |                 | 195358 €/a            |                              |               |
| Yrittäjäriski   | 10 %                 |                 | 19536 €/a             |                              |               |
| <b>Kokonaiskustannukset yhteensä</b>                                    |                      |                 | 214894 €/a            |                              |               |
| Tuntikustannukset   |                      |                 | 53,723 €/h            |                              |               |
| Kilometrikustannus  |                      |                 | 4,9975 €/km           |                              |               |

### Laskelma C – Sähkökäyttöinen jätteenkuljetusajoneuvo puolitoistakertainen hankintahinta

| Ajoneuvojen kustannuslaskenta   |                      |       |          | Kustannuslaskelma       |                              |
|---|----------------------|-------|----------|-------------------------|------------------------------|
|   |                      |       |          | Laatija                 | Toni Rissanen                |
| ALV   |                      | 0 %   |          |                         |                              |
|   |                      |       |          | VE 1                    | VE 2                         |
| Kustannuslaji   |                      |       |          | Uushankintahinnat       | ka                           |
| Ajoneuvo  | Mercedes-Benz eTruck |       |          | Alusta (€)              | 188475                       |
| Kokonaismassa   | 27000                | kg    |          | Pakkaaja (€)            | 125000                       |
|   |                      |       |          | Auton renkaat (kpl)     | 8                            |
| Lisätietoja   |                      |       |          | Rengassetin hinta (€)   | 7688                         |
| Auton renkaat Etuakseli 385/55, Taka-akseli 495/45 ja teliakseli 385/55 |                      |       |          | Hinta renkaita (€)      | 305787                       |
| Kuljetusetäisyys  |                      |       |          |                         |                              |
|   |                      |       |          | km                      |                              |
| Ajosuorite vuodessa (ajokm-määrä)                                       |                      |       |          | 43000                   | km/a                         |
| Käyttöikä (käyttömatka)   |                      |       |          | 344000                  | km                           |
| Pitoaika vuosina  |                      |       |          | 8                       | a                            |
| Energian kulutus  |                      |       |          | 2,0133                  | kWh/km                       |
| Renkaiden kestoamatka   |                      |       |          | 60000                   | km                           |
| Palkkatunnit  |                      |       |          | 4000                    | h/a                          |
| 100425,1  |                      |       |          | kWh/a                   |                              |
| <b>Työkustannukset</b>  |                      |       |          |                         |                              |
| Kuljettajan palkka klo 6-18   | 13,90                | €/h   | klo 6-14 | 27804                   | €/a                          |
| Kuljettajan palkka klo 18-22  | 15,89                | €/h   |          |                         |                              |
| Kuljettajan palkka klo 22-6   | 16,55                | €/h   |          |                         |                              |
| Kaksi vuoroa 6-14 ja 15-23  |                      |       |          |                         |                              |
| Väilliset palkat  | 65 %                 |       |          | 37866                   | €/a                          |
| Päivärahat, majoitus, yms.  |                      |       |          |                         | €/a                          |
| Työkustannukset yhteensä  |                      |       |          | 96122                   | €/a                          |
| <b>Muuttuvat kustannukset</b>   |                      |       |          |                         |                              |
| Energiakustannus €/kWh  |                      |       | 0,2504   | €/km                    | 10766                        |
| sähkönhinta   | 0,0467               | €/kWh |          | €/km                    |                              |
| perusmaksu sähkölle   | 3,1                  | €/kk  |          |                         |                              |
| siirtomaksu   | 0,030                | €/kWh |          | €/km                    |                              |
| Perusmaksu 63 A sulake  | 61,6                 | €/kk  |          |                         |                              |
| sähkövero   | 0,02253              | €/kWh |          |                         |                              |
| Huolto- ja korjausk.  |                      |       | 0,04     | €/km                    | 1651,2                       |
| Rengaskust.   |                      |       | 0,18     | €/km                    | 7688                         |
| akkukustannus   |                      |       |          |                         | 5300                         |
| Muuttuvat kustannukset yhteensä   |                      |       |          |                         |                              |
|   |                      |       | 0,47     | €/km                    |                              |
|   |                      |       | 25405    | €/a                     |                              |
| <b>Kiinteät kustannukset</b>  |                      |       |          |                         |                              |
| Poisto, arvonaleneminen   | 25 %                 |       | 0,11249  | kerroin                 | 34398                        |
| Pääoman korkokustannus  | 9 %                  |       | 0,36     | kerroin                 | 12383                        |
| Käyttöpääoman korkok.   | 9 % edell.           |       |          |                         | 1114                         |
| Vakuutusmaksu   |                      |       |          | Pääomakustannukset yht. | 47896                        |
| auto  |                      |       | 1200     | €/a                     |                              |
| muut  |                      |       |          | €/a                     |                              |
| Liikennöimismaksut  |                      |       |          |                         |                              |
| ajoneuvoverot   |                      |       | 208,78   | €/a                     |                              |
| katsastus   |                      |       | 170      | €/a                     |                              |
| Hallintokust. (kirjanpito, puh., toimisto, yms.)                        |                      |       | 3396     | €/a                     | 2 % kokonaiskustannuksista   |
| Ylläpitokustannukset (säilytys, pesu, pienvarusteet, yms.)              |                      |       | 2547     | €/a                     | 1,5 % kokonaiskustannuksista |
| Muu ajo   |                      | km    |          | €/a                     |                              |
| Kiinteät kustannukset yhteensä  |                      |       | 55418    | €/a                     |                              |
| <b>Työ + muuttuvat + kiinteät kustannukset yhteensä</b>                 |                      |       |          | 176945                  | €/a                          |
| <b>Yrittäjärisiki</b>   |                      |       |          | 10 %                    | 17694                        |
| <b>Kokonaiskustannukset yhteensä</b>                                    |                      |       |          | 194639                  | €/a                          |
| Tuntikustannukset   |                      |       |          | 48,66                   | €/h                          |
| Kilometrikustannus  |                      |       |          | 4,5265                  | €/km                         |