

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo – ja kuljetustekniikka

2024

Jalmari Niskanen

Vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan edut ja haitat tietyn kuljetustehtävän kannalta

– DSV Air & Sea Oy

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024 | 31 sivua

Jalmari Niskanen

Vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan edut ja haitat tietyn kuljetustehtävän kannalta

- DSV Air & Sea Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa vähäpäästöisen kuorma-auton hankinnan vaikutusta DSV Air & Sea Oy:n asiakkaalle tehtävään kuljetukseen. Kuljetustehtävästä halutaan tehdä ympäristöystävällisempi, jonka myötä tarve työlle muodostui. Tarkoituksena oli selvittää minkälaisia käyttövoimavaihtoehtoja ja kalustoa on saatavilla sekä syitä tiukentuvien päästörajoitusten taustalla.

Nykytilanne kartoitettiin suullisilla tiedoksiannoilla, joiden perusteella saatiin selville tämänhetkinen rahdin määrä sekä tarvittava kuorma-auton koko. Sähkökäyttöisen kuorma-auton nähtiin olevan potentiaalinen vaihtoehto tulevaisuudessa. Verkosta saatiin työn tekemistä varten kattavasti tietoa useista eri lähteistä.

Lopputulokseksi saatiin, että uusiutuvaa dieseliä käyttävä kuorma-auto on tällä hetkellä nopein ratkaisu päästöjen vähentämiseksi. Sähkökäyttöisen kuorma-auton hankinta olisi välttämätöntä, korkeasta hankintahinnasta huolimatta, päästöttömyyden saavuttamiseksi. Jatkotutkimuksena tulisi pyytää tarjouksia eri kuorma-autovaihtoehdoista vielä yksityiskohtaisemman vertailun aikaansaamiseksi sekä tutkia vetykuorma-autojen mukanaan tuomia mahdollisuuksia niiden saapuessa Suomen markkinoille.

Asiasanat:

logistiikka, päästöt, ympäristöystävällisyys, kuorma-auto

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

2024 | 31 pages

Jalmari Niskanen

The Benefits and Drawbacks of Acquiring a Low-emission Vehicle for a Specific Transport Task

- DSV Air & Sea Oy

The objective of the thesis was to assess the impact of a low-emission truck on the transportation provided to DSV Air & Sea Oy's customer. The aim is to make the transportation task more environmentally friendly, leading to the need for this work. The goal was to explore the available alternative fuel and truck options, as well as the reasons behind tightening emission limits.

The current situation was assessed through oral briefings, revealing the current amount of freight and the required truck size. An electric truck was seen as a potential option for the future. Comprehensive information from various sources was gathered from the internet for the completion of this thesis.

The conclusion was that a truck using renewable diesel is currently the fastest solution for reducing emissions. Despite the high acquisition cost, acquiring an electric truck would be necessary to achieve zero emissions. Further research should involve requesting quotes for different truck options to create a more detailed comparison and exploring the possibilities of hydrogen trucks when they enter the Finnish market.

Keywords:

logistics, emission, environmental friendliness, truck

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 DSV A/S	8
3 Kuljetustehtävän ja ajoneuvon ominaisuudet	10
4 Kuorma-auton käyttövoimavaihtoehdot	11
4.1 Diesel	12
4.2 Kaasu	14
4.3 Sähkö	15
4.4 Vety	16
4.5 Hankintatuki	17
4.6 Käyttövoimien vertailu	19
5 Ympäristöystävällisyys	21
5.1 Euroopan ilmastolaki	22
5.2 Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöt	23
5.3 Kuorma-auton ekologinen jalanjälki	24
6 Kuljetustehtävään soveltuvien vaihtoehtojen vertailu	27
6.1 Tankkaus- ja latausinfrastruktuuri	27
6.2 Eri käyttövoimilla toimivien kuorma-autojen vertailu	29
6.2.1 Volvo	29
6.2.2 Scania	31
6.2.3 Vertailun tulokset	32
6.3 Kuorma-autojen kumulatiivisten kustannusten vertailu	32
7 Johtopäätökset	35
Lähteet	37

Kuvat

Kuva 1. Liikennekäytössä olevat vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivat kuorma-autot tammikuusta 2018 kesäkuuhun 2023 (Traficom 2023a).	12
Kuva 2. Kuorma-auton käyttövoimien vertailu (Volvo Trucks -Moottorivalikoima 2024e).	19
Kuva 3. Hiilidioksidiekvivalentin vertailu (Volvo Trucks 2024a).	25
Kuva 4. Elinkaari resurssien vertailu (Volvo Trucks 2024a).	26
Kuva 5. Nesteytetyn kaasun tankkausasemakartta (Gasum 2024d).	28
Kuva 6. Kuorma-autojen kustannusvertailu (Traficom 2023b).	33

Taulukot

Taulukko 1. Hankintatuen määrä sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintaan (mukailtu Traficom, 2024).	18
---	----

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

CBG	Compressed biogas, paineistettu biokaasu
CNG	Compressed natural gas, paineistettu maakaasu
CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ -ekv	Hiilidioksidiekvivalentti
CO	Hiilimonoksidi
FAME	Biodiesel, fatty acid methyl ester
HC	Hiilivety
HVO	Uusiutuva diesel, hydrotreated vegetable oil
kWh	Kilowattitunti, energiayksikkö sähkönkulutuksen mittaamiseen
LNG	Liquefied natural gas, nesteytetty maakaasu
NO _x	Typen oksidi
PM	Pienhiukkanen
TEU	Merirahdissa 20 jalan merikonttia vastaava yksikkö

1 Johdanto

Liikenteen hiilineutraalisuustavoitteet vauhdittavat vaihtoehtoisten polttoaineiden hyödyntämisen tarvetta raskaassa liikenteessä. Tulevaisuudessa kuljetusalan on siirryttävä yhä ympäristöystävällisempiin kuljetuksiin asiakkaiden odotusten kasvaessa. Uudet teknologiat auttavat tässä muutoksessa, mutta tuovat myös mukanaan uudenlaisia investointitarpeita.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan etuja ja haittoja toimeksiantajayritykselle, DSV Air & Sea Oy:lle, DSV:n asiakkaalle tehtävän tietyn kuljetustehtävän kannalta. Opinnäytetyö tehdään tapaustutkimuksena, jonka tulokset helpottavat toimeksiantajaa tulevaisuuden investoinneista päätettäessä. Aihe on ajankohtainen asiakkaan ilmastostrategian takia, jonka myötä käsiteltävästä kuljetustehtävästä tulee jatkossa tehdä ympäristöystävällisempi.

Kuljetustehtävää suorittaa DSV:n eräs alihankkija, jonka käyttöön mahdollinen uusi ajoneuvo tulee ja se sijoittuu Helsinki - Vantaa välille, asiakkaan varastolta DSV:n terminaaliin. Työssä otetaan huomioon sekä yleisesti että juuri tähän kuljetustehtävään soveltuvien vaihtoehtojen ominaisuuksia ja vertaillaan niitä keskenään. Lisäksi tutustutaan liikenteen hiilineutraalisuustavoitteisiin.

Toimeksiantajalle on tärkeää saada selville vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan mukanaan tuomat vaikutukset, jotka heijastuvat esimerkiksi kuljetuksen hinnoitteluun. Huomioitavia tekijöitä ovat muun muassa ajoneuvon hankintahinta, käyttövoima, huollot, ajoneuvon soveltuvuus kuljetustehtävään, tankkaus/latausinfrastruktuuri ja polttoainekustannukset. Kuljetettavan rahdin määrää tutkimalla saadaan selville kuljetustehtävään käytettävän ajoneuvon riittävä koko.

2 DSV A/S

DSV A/S on vuonna 1976 Tanskassa perustettu, yksi maailman suurimmista, kuljetus- ja logistiikkayrityksistä. DSV:n kasvun taustalle on suuret ja onnistuneet yritysostot, muun muassa: DFDS Dan Transport Group vuonna 2000, Panalpina Welttransport vuonna 2019 ja Agility Global Integrated Logistics vuonna 2021. DSV A/S toimii nykyään yli 80 eri maassa hyödyntäen kansainvälisiä edustajia ja yhteistyökumppaneita taaten globaalin saatavuuden yrityksen palveluille. Emoyhtiö DSV A/S jaettiin vuonna 2001 kolmeen divisioonaan parhaan palvelutason takaamiseksi: DSV Air & Sea, DSV Solutions ja DSV Road. (DSV 2023a.)

DSV Road on yksi johtavista Euroopan sisäisen tavaraliikenteen harjoittajista. Tämän lisäksi DSV Road on kehittänyt laajan jakeluverkoston fokusalueenaan Pohjois-Amerikka ja Afrikka. Kuljetuskalustoa on runsaasti, yli 23 000 rekkaa, ja lähetyksiä käsitelläänkin vuosittain yli 30 miljoonaa. (DSV 2023d.)

DSV Solutions on DSV:n varastointipalveluihin erikoistunut divisioona. DSV Solutions mahdollistaa asiakkaille kustannustehokkaita ja toimintatehokkaita logistiikkaratkaisuita. Logistiikkatiloja on maailmalla satoja ja kokonaispinta-alaa tiloilla on yli 7 500 000 neliötä. (DSV 2023d.)

DSV Air & Sea on keskittynyt tarjoamaan reitityksiä niin lento- kuin merirahdille maailmanlaajuisesti. Erilaisia reititysvaihtoehtoja on runsaasti, jonka ansiosta pystytään toteuttamaan asiakkaiden haastavimmatkin logistiset tarpeet. Merirahtia käsitellään vuodessa yli 2 700 000 TEU:ta ja lentorahtia yli 1 600 000 tonnia. (DSV 2023d.)

DSV Air & Sea Oy:n toiminta keskittyy DSV:n Suomen pääkonttorille Vantaalla, jossa asiakkaita palvelee yli 60 ammattilaista eri osastoilla. Osastot on jaettu lentovientiin ja -tuontiin, merivientiin ja -tuontiin, projekteihin, Xpress -kuriiripalveluihin, myyntiin ja Short Sea:hin (EU:n sisäiset merirahdit). Taloushallinto, markkinointi ynnä muut toimintaa tukevat osastot ovat yhtiöiden yhteisessä käytössä. (DSV 2023b.)

Aiheen kannalta on tärkeää nostaa esille DSV:n keinot hiilidioksidipäästöjen hillitsemiseksi. Yhdessä muiden suurten kuljetus- ja logistiikkayritysten kanssa DSV:llä on iso vastuu alan muuttamisessa ympäristöystävällisemmäksi. DSV:n päivittäisellä toiminnalla on jo iso vaikutus hiilidioksidipäästöihin. Työkaluja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on kuljetusten yhdistely, lastausten optimointi ja kuljetusmuotojen oikea valinta. Tämän lisäksi DSV on kehittänyt Green Logistics -palvelun, joka pitää sisällään CO2-raportointia, toimitusketjujen optimointia, päästöjen kompensoimista ja biopolttoaineiden hyödyntämistä. (DSV 2023c.)

3 Kuljetustehtävän ja ajoneuvon ominaisuudet

Kuljetettavaa rahtia noudetaan pääsääntöisesti lentovientiin asiakkaan varastolta Helsingistä DSV:n lentokentän läheisyydessä sijaitsevaan terminaaliin Vantaalle. Rahtia ajaa DSV:n alihankkija, kuljetusliike, jonka kotihalli sijaitsee Kirkkonummella. Asiakasyrityksen kuljetettavia tuotteita ovat esimerkiksi erilaiset sähköistämiseen tarkoitetut tuotteet ja sähkömoottorit. Helsinki – Vantaa väliä ajetaan nykyisin perinteisellä Euro 6 päästoluokituksen omaavalla diesel käyttöisellä kuorma-autolla arkipäivisin kaksi tai kolme kertaa päivässä, tietyssä aikaikkunassa, aamulla ja iltapäivällä. Kilometrejä kuorma-autolla ajetaan päivässä noin 200. (DSV Air & Sea Oy, henkilökohtainen tiedoksianto 20.10.2023.)

Keskimäärin päivässä asiakkaan varastolta noudetaan lentovientiin noin 615 kiloa rahtia eli viikossa noin 3 tonnia. Tämän määrän odotetaan nousevan tulevaisuudessa vielä runsaasti yhteistyön kasvaessa asiakasyrityksen kanssa. Helsingin varastolle myös toimitetaan paluukuormana yksittäisiä isompia sähkökaappeja, mutta niiden kuljettaminen on epäsäännöllistä. (DSV Air & Sea Oy, henkilökohtainen tiedoksianto 11.01.2024.)

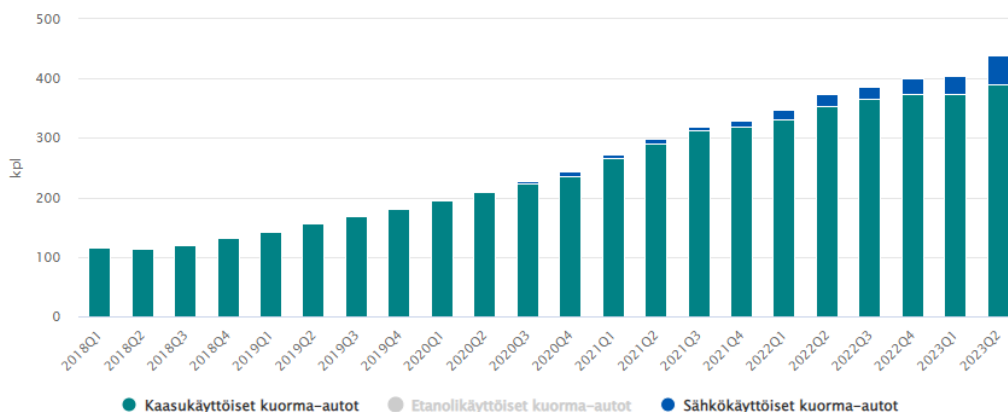
Nykyinen diesel käyttöinen umpikorillinen kuorma-auto haluttaisiin tulevaisuudessa korvata uudella kuorma-autolla. Uuden kuorma-auton tulisi vanhan tavoin olla umpikorillinen varustettuna takalaitanostimella. Vaihtoehtoina käyttövoimaksi ovat sähkö, kaasu ja uusiutuva diesel. Kuljetustehtävän luonteen takia sähkö on tällä hetkellä käyttövoimana DSV:lle ja alihankkijalle kiinnostavin vaihtoehto. (DSV Air & Sea Oy, henkilökohtainen tiedoksianto 20.10.2023.)

4 Kuorma-auton käyttövoimavaihtoehdot

Suomessa voimassa oleva ajoneuvoja koskeva laki jakaa tavarankuljetukseen tarkoitetut ajoneuvot pakettiautoihin (N1-luokka) ja kuorma-autoihin (N2- ja N3-luokka). Pakettiautojen kokonaismassa on enintään 3,5 tonnia. Kuorma-autot jaetaan N2- ja N3-luokkaan ajoneuvon kokonaismassan mukaan, niin että N2-luokan kuorma-auton kokonaismassa yli 3,5 tonnia mutta korkeintaan 12 tonnia ja N3-luokan kuorma-auton kokonaismassa on yli 12 tonnia. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2010, 93.)

Raskaan kaluston potentiaalisia käyttövoimavaihtoehtoja Suomessa ovat diesel (fossiilinen, bio ja uusiutuva), kaasu sekä sähkö. Tulevaisuudessa vaihtoehtona on myös vety, tankkausasemien yleistyessä. Kaasulla käyttövoimana on useita variaatioita: maakaasu, biokaasu, nesteytetty kaasu, paineistettu (bio)kaasu ja tulevaisuudessa synteettinen kaasu. Jokaisessa käyttövoimassa on omat hyvät ja huonot puolensa, vaihdellen päästöistä jakeluinfrastruktureihin. Hyvänä lähtökohdana eri käyttövoimien vertailussa on niiden energiatehokkuus: kuinka paljon käytetystä polttoaineen energiasta pystytään lopulta hyödyntämään ajoneuvon liike-energiaksi. (Skal 2023, 14.)

Suomessa voimassa oleva liikenteen päästöjen vähentämiseksi tarkoitettu jakeluelvoitelaki lisää omalta osaltaan käyttövoimavaihtoehtojen määrää. Laki velvoittaa polttoaineiden jakelijat toimittamaan joka vuosi myyntiin tietyn prosenttiosuuden biopolttoaineita. Vuonna 2020 jakeluelvoite oli 20 % ja vuonna 2030 se on jo 30 %. Jakeluelvoitelaki viitoittaa tietä liikenteen päästöjen vähentämiseksi ilmastotavoitteiden edellyttämälle tasolle. (Neste 2024b.) Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen määrän kasvu on ollut hidasta, mutta nousujohteista. Suomessa liikennekäytössä olevista kuorma-autoista vuoden 2023 kesäkuun loppuun mennessä kaasukäyttöisiä kuorma-autoja oli 391 kappaletta ja sähkökäyttöisiä kuorma-autoja 48 kappaletta. (Traficom 2023a.)



Kuva 1. Liikennekäytössä olevat vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivat kuorma-autot tammikuusta 2018 kesäkuuhun 2023 (Traficom 2023a).

4.1 Diesel

Traficomien selvityksen mukaan diesel on käyttövoimana ylivoimaisesti suosituin raskaan kaluston liikenteessä ja vuoden 2023 kesäkuun lopussa liikennekäytössä olleista 98 768 kuorma-autosta noin 97 % oli dieselkäyttöisiä. (Traficom 2023c.) Dieselmoottori onkin tekniikaltaan tehokkain vaihtoehto raskaan liikenteen käyttöön. Dieselmoottori ei ole käydessään itsessään ympäristölle haitallinen, vaan haitalliset päästöt syntyvät fossiilista dieseliä käytettäessä sen pakokaasuista. Kun fossiilinen diesel korvataan uusiutuvalla tai biodieselillä, pystytään diesel moottorin hyviä ominaisuuksia hyödyntämään ja päästöt vähenevät. (Scania 2024h.)

Dieselitekniikkaa kehitetään edelleen ja tekniikan kehittymistä on ohjannut Euro – päästöluokitus. (Skal 2023, 16.) EU:ssa haitallisten pakokaasupäästöjen määrää (CO, HC, NOx, PM) säännellään Euro-luokituksella, tällä hetkellä kuorma- ja linja-autoille on käytössä Euro VI -luokka, joka astui voimaan vuonna 2014. (Autoalan tiedotuskeskus 2024b.) Pakokaasujen hiilidioksidi päästöt vaikuttavat globaaliin ilmastomuutokseen ja erityisesti typen oksideista (NOx) sekä hiukkaspäästöistä (PM) muodostuvat lähipäästöt siihen ilmaan, jota me hengitämme ajoneuvojen läheisyydessä. Euro-luokiteltujen dieselmoottorien

ansiosta pakokaasupäästöjä on saatu vähennettyä runsaasti verrattuna vanhoihin dieselmootoreihin. (Scania 2024h.)

Biodiesel (FAME), englanniksi Fatty Acid Methyl Ester, on ensimmäisen sukupolven biopohjaista dieseliä eli rasvahapon metyyliesteriä, jota voidaan valmistaa esimerkiksi rypsiöljystä. Biodieselin valmistuksessa käytetyt raaka-aineet määrittelevät lopputuotteen ominaisuudet kuten kylmäominaisuudet. Biodieselin kemiallisen koostumuksen ja sen moottoriöljyä heikentävien ominaisuuksien takia, sitä saa käyttää vain 7 % pitoisuutena dieseltuotteissa. Vaikka biodieselillä on päästöjä vähentävä vaikutus fossiiliseen dieseliin verrattuna, on uusiutuva diesel paljon edistyksellisempi. (Neste 2024a.)

Uusiutuva diesel (HVO) eli englanniksi Hydrotreated Vegetable Oil on uusiutuvista raaka-aineista valmistettu vähäpäästöinen polttoaine. Se on helppo korvike fossiiliselle dieselille, sillä sitä pystyy hyödyntämään sellaisenaan olemassa olevaan diesel ajoneuvoon ja jakeluinfrastruktuuri on jo olemassa. (Skal 2023, 15–16.) Verrattaessa fossiiliseen dieseliin HVO-diesel on täysin rikitön ja hapeton, eikä se myöskään sisällä aromaattisia yhdisteitä ja näin ollen sen käyttö vähentää parhaimmillaan jopa 90 % kasvihuonekaasupäästöjä polttoaineen koko elinkaaren aikana. (ST1 2024.)

Ajoneuvon polttoaineen kulutus on hyvin samalainen HVO-dieselin ja fossiilisen dieselin välillä, johtuen HVO-dieselin alhaisesta tiheydestä ja korkeasta lämpöarvosta. Koostumus omaa lisäksi erinomaiset kylmäominaisuudet aina miinus 30 celsiusasteeseen asti. (ST1 2024.) Negatiivisena asiana uusiutuvaa dieseliä käytettäessä on sen hinta, joka kesäkuussa 2023 oli arvonlisäverottomalta hinnaltaan 18 senttiä per litra kalliimpaa kuin fossiilinen diesel. (Skal 2023, 16.)

Uusiutuvan, fossiilisen ja biodieselin lisäksi myös, vielä kehitysvaiheessa oleva, synteettinen diesel voi olla tulevaisuuden vaihtoehto. Synteettinen diesel valmistetaan muuntamalla hiilivetytypolttoaine, kuten maakaasu, sähkön avulla nestemäiseksi dieselpolttoaineeksi. (MAN Energy Solutions 2024.) Valmistusprosessi on erittäin monimutkainen, minkä takia synteettisen dieselin

kokonaishyötysuhde 10–15 prosenttia jää kuitenkin heikoksi muihin diesel vaihtoehtoihin verrattuna. (Skal 2023, 15.)

4.2 Kaasu

Kaasukäyttöisen ajoneuvon liikennepolttoaineena käytetään joko maakaasua tai biokaasua. Molemmat koostuvat pääosin metaanista, jonka polttamiseen ja palamisprosessista saatavan energian hyödyntämiseen kaasujoneuvon tekniikka perustuu. Metaania säilytetään joko paineistettuna (CNG) tai nesteytettynä (LNG), käyttötarkoituksen mukaan. (Autoalan tiedotuskeskus 2024a.) Paineistettu maakaasu soveltuu paremmin kevyempiin kuorma-autoihin sekä henkilöautoliikenteeseen. (Gasum 2024a.)

Nesteytetty maakaasu eli LNG syntyy, kun maakaasu nesteytetään -162 celsius asteiseksi. Nesteyttämisen tarkoituksena on pienentää kaasun tilavuutta, jolloin sen varastointi ja kuljetettavuus helpottuu. Nesteytetyn maakaasun käyttö ei tuota lainkaan rikkioksidipäästöjä ja mahdollistaa tiukimpienkin päästörajoitusten täyttymisen. (Gasum 2024b.) Nesteytetty maakaasu soveltuu erinomaisesti polttoaineeksi raskaaseen maantieliikenteeseen vähäisten päästöjen ja hyvän energiasisältönsä ansiosta, dieseliin verrattuna 1:1,7. (Scania 2024a.)

Maakaasu on fossiilinen polttoaine toisin kuin biokaasu, joka on uusiutuva esimerkiksi jätteestä valmistettu polttoaine. Metaanikaasua käytettäessä tieliikenteestä syntyvät hiilidioksidipäästöt määräytyvätkin polttoaineena käytetyn kaasun mukaan. Biokaasua käytettäessä hiilidioksidipäästöt voivat olla jopa 90 % pienemmät verrattuna fossiilista polttoainetta käyttävään ajoneuvoon. (Skal 2023, 18.)

Biokaasun lisäksi on mahdollista tuottaa synteettistä kaasua, joka on biokaasun tavoin vähäpäästöistä ja fossiilivapaata. Synteettisen kaasun valmistetaan yksinkertaistetusti hiilidioksidin ja päästöttömällä sähköllä tuotetun vedyn yhdistämällä. Tuloksena saatu synteettinen metaani voidaan tästä eteenpäin nesteyttää, jolloin saadaan LNG-kaasua raskaan liikenteen käyttöön. Synteettinen kaasun voi olla hyvä vaihtoehto tulevaisuudessa, toki haasteena on

päästöttömän sähkön tuottaminen laajamittaisemmin sekä synteettisen dieselin tapaan heikko kokonaishyötysuhde 10–15 prosenttia. (Skal 2023, 19.)

Kaasu käyttövoimana on helppo siirtymävaiheen ratkaisu päästöjen vähentämiseksi, tarjontaa valmistajilla on runsaasti ja vuonna 2021 Suomessa ensirekisteröidyistä kuorma-autoista kaasukäyttöisiä olikin 2,7 prosenttia eli 96 kappaletta kokonaisuudessaan. SKAL ry:n teettämän vuoden 2022 maaliskuun kuljetusbarometrin mukaan, kysyttäessä yrityksiltä seuraavan neljän kuukauden sisällä suoritettavista kuljetuskalustoinvestoinneista, yhteensä 3,2 % piti kaasua potentiaalisena käyttövoimana uudessa kuorma-autossaan. (Skal 2023, 17–19.)

Kaasun positiivisena puolena on myös sen suhteellisen kattava tankkausverkosto. Paineistetulle kaasulle on useita tankkausasemia ja nesteytetynkin kaasun tankkausasemia on tällä hetkellä käytössä 16 kappaletta. Nesteytetyn kaasun Eteläisin tankkausasema on Helsingissä ja pohjoisin Keminmaalla. (Gasum 2024d.)

4.3 Sähkö

Sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat käytön aikaisten hiilidioksidipäästöjen osalta päästöttömiä, minkä takia sillä onko sähkö tuotettu kestäväällä tavalla vai ei on merkittävä vaikutus päästöihin. Sähkö ja itse sähkömoottori ovat hyötysuhteeltaan erinomaisia: parhaimmillaan hyötysuhde on jopa 80–90 %. (Skal 2023, 19.) Sähkömoottorin suurimpana etuna polttomoottoriin verrattuna on sen hallittavuus, minkä voi havaita esimerkiksi voimalinjan nopeammassa vasteessa. (Scania 2024d.) Täyssähköisen ajoneuvon ohella on myös erilaisia hybridivaihtoehtoja. Käyttövoimana sähkön suurin haaste on sen varastointi ja siihen liittyvät toimintamatka ja latausaika. Ongelmana varsinkin Suomen talvisissa olosuhteissa on pakkaskaleissa riittävä toimintamatka raskaalle kalustolle. (Skal 2023, 19.)

Sähköajoneuvon akun ja akkupakettien kokonaiskapasiteetti määrittelee, miten pitkän ajomatkan yhdellä latauksella pääsee. Akkuja pystyy lataamaan ajonaikana jarrutusenergiaa regeneroimalla ja näin kasvattamaan

toimintasädetä. Latausaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat ajoneuvon latausliitin sekä se minkälaisella teholla akkuja pystytään lataamaan. (Scania 2024d.)

Akuista ja ympäristöystävällisyydestä puhuttaessa on hyvä ottaa huomioon myös akuissa käytetyt akkumateriaalit sekä niiden riittävyys maailmassa. Selvitysten mukaan akkumateriaaleista vain noin 50 prosenttia pystyttäisiin kierrättämään ja loppu päätyisi ongelmajätteeksi kaatopaikoille. Positiivisena asiana on, että akkuteknologia kehittyy koko ajan samoin kuin materiaalien kierrätys. (Skal 2023, 19.)

Sähkön yleistymisen hidasteena raskaan kaluston joukossa on ollut huono latausinfrastruktuuri. Tällä hetkellä Suomessa se ei sovellu raskaan kaluston tarpeisiin pienen lataustehon takia. Pieni latausteho vaikuttaa latausajan pidentymiseen, joka taas vaikuttaa kuljetuskaluston käyttöasteeseen negatiivisella tavalla. Nykyisin vaihtoehdoksi kuljetusyritykselle jääkin oman latausaseman hyödyntäminen. (Skal 2023, 28.) Useat valmistajat tarjoavatkin raskaan liikenteen latausratkaisuja yrityskäyttöön avaimet käteen periaatteella, yhtenä esimerkkinä Plugit. (Plugit 2024b.)

4.4 Vety

Polttokennoajoneuvossa on sähköajoneuvon tapaan sähkömoottori sekä joissakin lisäksi ajoakku, joka vaatii toimiakseen sähköä. Polttokennoajoneuvojen käyttämä energia tuotetaan vetykaasusta polttokennoon syötetyn vetypolttoaineen avulla sähkökemiallisessa reaktiossa. Vety reagoi polttokennossa hapen kanssa, jolloin syntyy sähkövirtaa sekä sivutuotteena lämpöä ja vesihöyryä. Itse kaasumainen tai nesteytetty vety varastoidaan ajoneuvossa oleviin tiiviisiin säiliöihin. (Motiva 2023a.)

Vety on käyttövoimana päästötön ja vedyn energiasisältö massayksikköä kohden ja tätä kautta hyötysuhde on erinomainen, lähes kolminkertainen esimerkiksi dieseliin verrattuna. Vedyn tuottamisen hiilineutraalisuus riippuu sen tuotantotavasta. Sähköön verrattuna vedyn tankkaus on nopeaa. Ongelmaksi vedyn käytössä muodostuu sen varastointi, kaasumaisessa olomuodossa se

vaatii jopa 700 bar:in käyttöpaineen ja nestemäisessä muodossa jatkuvan miinus 253 asteisen lämpötilan. (Motiva 2023b.)

Vetyteknologian läpimurtoa on odotettu Suomessa jo pitkään, viime vuosina kuitenkin polttokennoteknologia on jäänyt taka-alalle täyssähkö- ja hybridimarkkinoiden kasvaessa. Vety kuorma-autojen valmistamisen edelläkävijänä on toiminut Hyundai, jonka sarjatuotannossa olevilla kuorma-autoilla on ajettu onnistunein tuloksin esimerkiksi Sveitsissä satojatuhansia kilometrejä. (Hyundai 2024.) Vedyn jakeluun liittyvät ongelmat ovat vielä vetyauton suurena heikkoutena muihin käyttövoimiin verrattuna, jakeluverkon kehittäminen on hidasta sekä kallista. (Motiva 2023a.) Suomeen kuitenkin rakennetaan ensimmäinen vetytankkausasema vuoden 2024 aikana. Se nousee Lietoon ja aseman tarkoituksena on palvella myös raskasta kalustoa. (Toyota 2023.)

4.5 Hankintatuki

Hankintatuki on Traficomilta haettava tuki joko sähkö-, vety- tai kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintaan tai sähkökäyttöisen perävaunun hankintaan. Hankintatukea voi hakea myös kuorma-auton tai perävaunun pitkäaikaiseen vuokraukseen. Tukea myönnetään niin yksityishenkilöille kuin yrityksille. Tukea on mahdollista hakea aikavälillä 1.1.2022 – 31.12.2024. Ennen ajoneuvon hankintaa hakijan täytyy toimittaa Traficomille hakemus ajoneuvon hankinnan suunnitelmasta, jonka jälkeen hankinnalle annetaan ehdollinen päätös. Edellytyksenä on, että hankittava kuorma-auto tai perävaunu on uusi, se otetaan liikennekäyttöön Suomessa ja kuorma-auton käyttövoimana on oltava sähkö tai vety tai niiden yhdistelmä, tai pääasiallisena käyttövoimana on kaasu. (Traficom 2024.)

Hakijan on lisäksi sitouduttava pitämään hankittava ajoneuvo Suomen, myös Ahvenanmaan, rekisterissä vähintään yhden vuoden ajan ensirekisteröinnistä. Pitkäaikasivuokratun ajoneuvon kohdalla ajanjakso on vähintään kolme vuotta ensirekisteröinnistä. Hankintatuki myönnetään vain vakavaraisille yrityksille ja

tuki myönnetään samalle kuorma-autolle tai perävaunulle vain kerran. (Traficom 2024.)

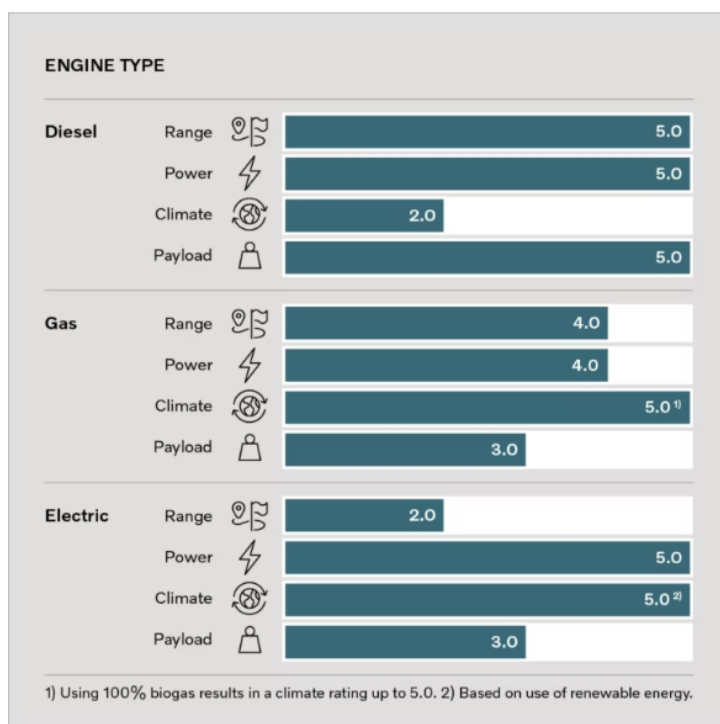
Taulukko 1. Hankintatuen määrä sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintaan (mukailtu Traficom, 2024).

Käyttövoima	Ajoneuvon suurin sallittu massa tieliikenteessä	Tuen määrä
kaasu (CNG)	vähintään 3 501 kg	enintään 2 000 euroa
kaasu (CNG)	vähintään 6 000 kg	enintään 4 000 euroa
kaasu (CNG)	vähintään 16 000 kg	enintään 6 000 euroa
kaasu (LNG)	-	enintään 14 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 3 501 kg	enintään 6 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 6 000 kg	enintään 12 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 16 000 kg	enintään 18 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 26 000 kg	enintään 25 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 18 000 kg ja yhdistelmämassa vähintään 40 000 kg TAI ajoneuvon suurin sallittu massa 38 000 kg	enintään 40 000 euroa
sähkö/vety	vähintään 26 000 kg ja yhdistelmämassa vähintään 60 000 kg	enintään 50 000 euroa

4.6 Käyttövoimien vertailu

Suuret kuorma-autojen valmistajat tarjoavat runsaasti vaihtoehtoja niin diesel-, kaasu-, kuin sähkökäyttöisiin malleihin, jotkin myös vetykäyttöisiin malleihin, jolloin kuorma-auton ostajan harkittavaksi jää käyttötarkoitukseen soveltuvimman käyttövoiman valinta. Tulevaisuudessa siis myös käyttövoimana vedyn vertailusta tulee mahdollista. Useimmat suuret valmistajat investoivat tällä hetkellä vetytekniikan kehittämiseen ja sarjatuotannon aloittamiseen. (Skal 2023, 23–24.)

Valmistajien sivuilta löytyy käyttövoimia vertailevia taulukoita, jotka helpottavat ostajaa investoinneista päätettäessä. Kuljetusten tilaajat ovat lähivuosina alkaneet yhä enemmän kiinnittämään huomiota ympäristöystävällisiin kuljetuksiin päästövaatimusten vaikuttaessa myös heihin. (Scania 2024h.) Alla olevassa kuvassa on vuoden 2024 Volvo Trucks -Moottorivalikoimasta tehty vertailtu, jossa annetaan eri käyttövoimille lukuarvot nolasta viiteen perustuen kantamaan, moottorin tehoon, ilmastovaikutukseen ja hyötykuormaan.



Kuva 2. Kuorma-auton käyttövoimien vertailu (Volvo Trucks -Moottorivalikoima 2024e).

Vertailusta nähdään, että käyttövoima diesel on paras vaihtoehto kaukokuljetuksiin saaden numeroarvon viisi kantamasta, tehosta ja hyötykuormasta. Toisaalta diesel saa vain numeroarvon kaksi ilmastovaikutuksen näkökulmasta, johtuen kaasun ja sähkön tuottamista pienemmistä päästöistä. Kaasu soveltuu myös kaukokuljetuksiin kantaman ja tehonsa puolesta, jotka saavat numeroarvon neljä mutta hyötykuorma on dieseliin verrattuna pienempi numeroarvolla kolme. Kaasun ilmastovaikutus saa sähkön tapaan numeroarvon viisi, kaasun monipuolisten tankkausvaihtoehtojen ansiosta. Sähköllä on kohtuullinen hyötykuorma (numeroarvo kolme) ja erinomainen teho sekä ympäristövaikutus. Sähkön kantama on kuitenkin rajallinen saaden numeroarvon kaksi. Sähkö onkin käyttövoimana omiaan kaupungissa liikuttaessa, jossa välimatkat ovat lyhyempiä. Lisäksi valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi investointikustannukset ja melutaso sekä voimansiirto ja ajo-ominaisuudet. (Volvo Trucks 2024e.)

5 Ympäristöystävällisyys

Kuljetuksilla sekä kuljetusvälineiden ja kuljetukseen käytettävän infrastruktuurin rakentamisella on erilaisia negatiivisia vaikutuksia niin ympäristöön kuin ihmisiin esimerkiksi: Ilmastonmuutos, pakokaasupäästöt ilmaan, meluhaitat, päästöt maaperään ja vesiin, liikeneruuhkien aiheuttamat ympäristövaikutukset ja pula teihin käytettävästä maa-alasta. Yleisesti kuljetusten suurin ympäristövaikutus on ilmastonmuutos ja erityisesti tieliikenteen aiheuttamat pakokaasupäästöt sekä pienhiukkaset. (Tapaninen, U. 2018, 93.) Raskaiden hyötyajoneuvojen päästöt Euroopassa ovat lisääntyneet joka vuosi vuodesta 2014 lähtien ja varsinkin tavaraliikenteen aiheuttamat päästöt ovat vahvassa kasvussa. Vuonna 2019 Euroopassa maanteitä pitkin tapahtuneen tavaraliikenteen päästöt olivat 44 % suuremmat kuin ilmailualan päästöt ja 37 % suuremmat kuin meriliikenteen päästöt. (Euroopan komissio 2023.)

Kasvihuonekaasut, joista merkittävimpana hiilidioksidi, aiheuttavat ilmastonmuutosta, jonka seurauksena maapallon keskilämpötila nousee. Hiilidioksidia vapautuu aina palamisen yhteydessä, kuten polttomoottorin käydessä. Liikenteen osuus Euroopan unionin koko hiilidioksidipäästöistä on jopa kolmasosa. Tehokkaimpana keinona tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on vaihtoehtoisten polttoaineiden hyödyntäminen yhdessä polttoainetehokkuuden parantamisella ja alemmilla kulkunopeuksilla. (Tapaninen, U. 2018, 94.)

Hiilidioksidin ohella muita merkittäviä haitallisia pakokaasupäästöjä on rikkidioksidi, typpidioksidi ja -triksidi sekä pienhiukkaset. Rikkidioksidi happamoittaa vesistöjä sekä huonontaa ilmanlaatua. Typen oksidit taas rehevöittävät vesistöjä ja muodostavat haitallista otsonia alailmakehään. Pienhiukkaset, joita syntyy erityisesti dieselmoottoreissa palamisprosessin sivutuotteena, ovat ihmisille varsin haitallisia, sillä ne vaikuttavat ihmisen hengityselimistöön. (Tapaninen, U. 2018, 94–96.)

5.1 Euroopan ilmastolaki

Euroopan ilmastolaki tuli voimaan vuonna 2021 ja se asetti laiksi tavoitteen, joka on säädetty Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa, jonka mukaan Euroopan talous ja yhteiskunta ovat hiilineutraaleita vuoteen 2050 mennessä. Ilmastolain välitavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä, vuoden 1990 tasoon verrattuna. Ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä tarkoittaa kasvihuonepäästöttömyyden saavuttamista koko EU alueella investoimalla vihreään teknologiaan ja suojelemalla ympäristöä. (Euroopan komissio 2024.)

Vaikka kasvihuonekaasupäästöjä on jo nyt saatu laskettua ja ne jatkavat laskuaan, Euroopan komission arvion mukaan nykyinen edistyminen EU:n ilmastoneutraaliustavoitteen saavuttamiseksi näyttää olevan riittämätön. Toimenpiteitä vaaditaan erityisesti rakentamisen ja liikenteen saralta, sillä ne vaativat edelleen merkittäviä päästövähennyksiä. Maatalouden kehitys on taas ollut liian hidasta ja hiilinielujen suhteen tilanne on heikentynyt entisestään. (Euroopan komissio 2024.)

Euroopan komissio ehdotti vuonna 2023 uusia hiilidioksidipäästötavoitteita liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Ne koskisivat uusia raskaita hyötyajoneuvoja vuodesta 2030 eteenpäin. Kuorma-autojen, kaupunkibussien ja kaukoliikenteen bussien osuus koko EU:n kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä on reilut 6 % ja tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä yli 25 %, joten näillä toimilla varmistettaisiin päästöttömyyteen siirtymisen määräajan toteutuminen. Ehdotus pitää sisällään kaikkien uusien raskaiden hyötyajoneuvojen, joiden hiilidioksidipäästöjä sertifioidaan, asteittaisen hiilidioksidipäästönormien tiukentamisen vuoden 2019 tasoon seuraavasti: 45 % päästövähennykset vuodesta 2030 alkaen, 65 % päästövähennykset vuodesta 2035 alkaen ja 90 % päästövähennykset vuodesta 2040 alkaen. Lisäksi päästöttömien kaupunkibussien käyttöönoton nopeuttamiseksi komissio ehdottaa, että kaikkien uusien kaupunkiliikenteen bussien tulisi olla päästöttömiä vuodesta 2030. (Euroopan komissio 2023.)

Suomen liikennepolitiikka on riippuvainen Euroopan unionin päätöksenteosta, vaikka Suomi eroaakin liikenteeltään muista Euroopan maista. Meillä on asutus ja teollisuus hajautunut ympäri maata ja suurin osa kaupastamme on meriliikennettä. Liikennesektorin sääntelystä hieman kuljetusmuodon mukaan vain 10–30 % on kansallisesti säänneltyä ja loput Euroopan unionin sääntelyä. Tulevaisuudessa on tärkeää ennakoida EU:n liikennepolitiikkaa liikennejärjestelmiä kehitettäessä. (Tapaninen, U. 2018, 120.)

5.2 Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöt

Kasvihuonepäästöjä voidaan ilmoittaa hiilidioksidiekvivalentti (CO₂-ekv) yhteismitalla, joka ilmaisee yhteenlaskettuna eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutusta kasvihuoneilmiön voimistumiseen. (Tilastokeskus 2024.) Tilastokeskuksen kasvihuonekaasu selvityksen mukaan kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöt olivat vuonna 2020 noin 10,4 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (Mt CO₂-ekv), joka on 14 % vähemmän päästöjä vuoden 1990 lukuun verrattuna ja koko Suomen kasvihuonepäästöistä noin 22 %. Tieliikenteen päästöistä 53 % syntyi henkilöautoista, 33 % kuorma-autoista, 8 % pakettiautoista, 4 % linja-autoista ja loput noin 1 % moottoripyöristä, mopoista sekä mopoautoista. (Traficom 2022.)

Suomen täytyy voimassa olevan EU-lainsäädännön mukaisesti vähentää kasvihuonekaasupäästöjään runsaasti taakanjakosektorilla lähitulevaisuudessa, noin 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattaessa vuoden 2005 tasoon. (Traficom 2022.) Taakanjakosektori pitää sisällään alat, jotka yhteenlaskettuna tuottavat hieman yli puolet EU:n kasvihuonekaasupäästöistä, näitä ovat liikenne, rakennukset, maatalous ja jätehuolto. (Ympäristöministeriö 2024.) Kotimaan liikenteen osuus taakanjakosektorin päästöistä on suurin eli noin 40 % ja Suomi onkin kansallisella tasolla sitoutunut vähentämään niitä vähintään 50 % vuoteen 2030 mennessä. Liikenteen osalta taakanjakopiiriin kuuluu niin tieliikenteen päästöt, Suomen talousalueen vesiliikenteen päästöt kuin raideliikenteen päästöt (pois sulkien sähköntuotannon päästöt). Kansainvälinen lento- ja meriliikenne kuuluvat taas päästökaupan piiriin. (Traficom 2022.)

5.3 Kuorma-auton ekologinen jalanjälki

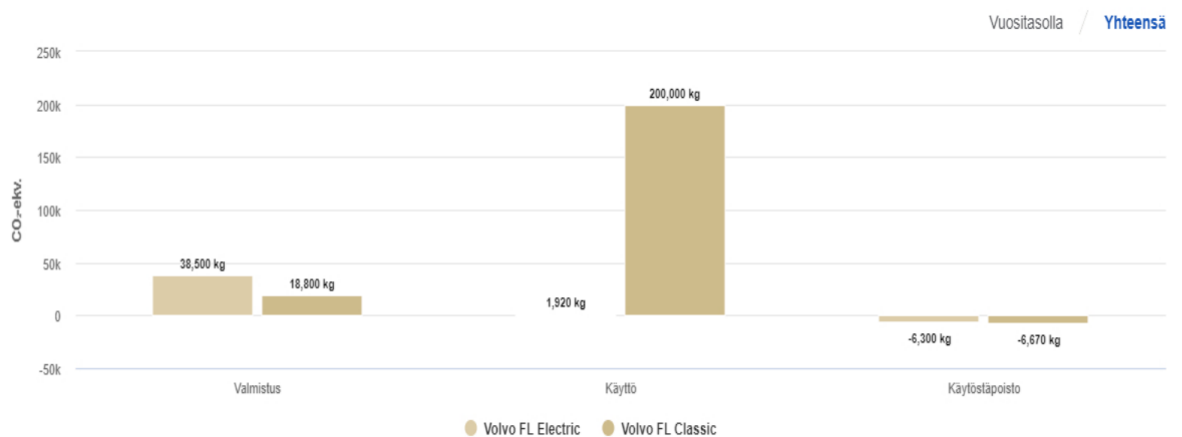
Ekologisimman kuorma-auton valinta ei ole yksinkertaista, joten sitä kannattakin miettiä ekologisen jalanjäljen näkökulmasta, tutustumalla eri vaihtoehtojen elinkaariarviointimalleihin, jossa huomioidaan ajoneuvon ympäristövaikutus koko sen elinkaaren ajalta. (Volvo Trucks 2022.) Ekologinen jalanjälki kertoo, miten suuri maa- ja vesialue tarvitaan korvaamaan kulutetut luonnonvarat tuottamisen ja jätteiden osalta. (Vattenfall 2020.) Kuorma-auton ekologinen jalanjälki ei rajoitu vain sen kuluttamaan polttoaineeseen vaan se huomioi myös valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden keräämisen sekä ajoneuvon lopullisen käytöstä poiston. (Volvo Trucks 2022.)

Kuorma-auton käyttövoimalla on suuri merkitys elinkaariarvioinnissa, sillä esimerkiksi sähkökuorma-auton tuottamiin päästöihin vaikuttaa merkittävästi se onko käytetty sähkö tuotettu kestäväällä tavalla. Lisäksi sähkö kuorma-autojen akkukennojen valmistusprosessi kuluttaa erittäin paljon energiaa ja sen valmistuksen ilmastovaikutus on paljon suurempi kuin vastaavan diesel käyttöisen kuorma-auton. Kuitenkin kuorma-auton koko elinkaaren aikaisten päästöjen osalta tämä ero on mitätön. Diesel käyttöiset kuorma-autot tuottavat paljon enemmän käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä ja kestävästi tuotetun sähkön avulla sähkö kuorma-auton ilmastovaikutus on parhaimmillaan jo vuoden kuluttua pienempi kuin diesel kuorma-auton. (Volvo Trucks 2022.)

Volvo Trucks:in tarjoamassa Ekologisen jalanjäljen laskurissa pystytään vertailemaan kahden halutun Volvon mallistossa olevan kuorma-auton ekologista jalanjälkeä. Laskuriin syötetään vuosittaiset ajokilometrit sekä kuorma-auton käyttöluokka, joka määrittyy valittujen mallien perusteella. Käyttöluokkia ovat kaupunkijakelu, aluejakelu ja kaukokuljetukset. Valittu käyttöluokka määrittää laskurin laskennassa käytettävän polttoaineenkulutuksen, joka perustuu International Council of Clean Transportin (ICCT) ja Global Fuel Economy Initiativen (GFEI) määrittämiin arvoihin. Dieselmoottorilla varustetun kuorma-auton polttoaineenkulutus arvoja ovat: Kaupunkijakelussa 21 l/100 km, aluejakelussa 23 l/100 km ja kaukokuljetuksissa 33 l/100 km. Laskuri käyttää

ennalta määritettyjä kuorma-auton koko elinkaaren aikaisia kilometrimääriä, jotka voivat vaihdella päivittäisten etäisyyksien, maaston, ajotyylin, sään ja muiden tekijöiden mukaan. (Volvo Trucks 2024a.)

Laskuriin otettiin varailtavaksi sähkö- ja dieselkäyttöiset kaupunkijakeluun soveltuvat kuorma-autot: neljä akkuinen Volvo FL Electric ja EURO 5 EEV päästöluokan omaava Volvo FL Classic. Dieselmoottorin polttoaineeksi määritettiin 100 % biopolttoaine (B0) ja sähkön valmistustavaksi EU:n keskiarvon mukainen vesivoima. Molempien vaihtoehtojen ajateltu elinkaaren kilometrimäärä on noin 300 000 kilometriä. Alla olevasta kuvasta nähdään laskurista saadut elinkaaren aikaiset päästöt valmistuksen, käytön ja käytöstä poiston mukaan hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitettuna. (Volvo Trucks 2024a.)

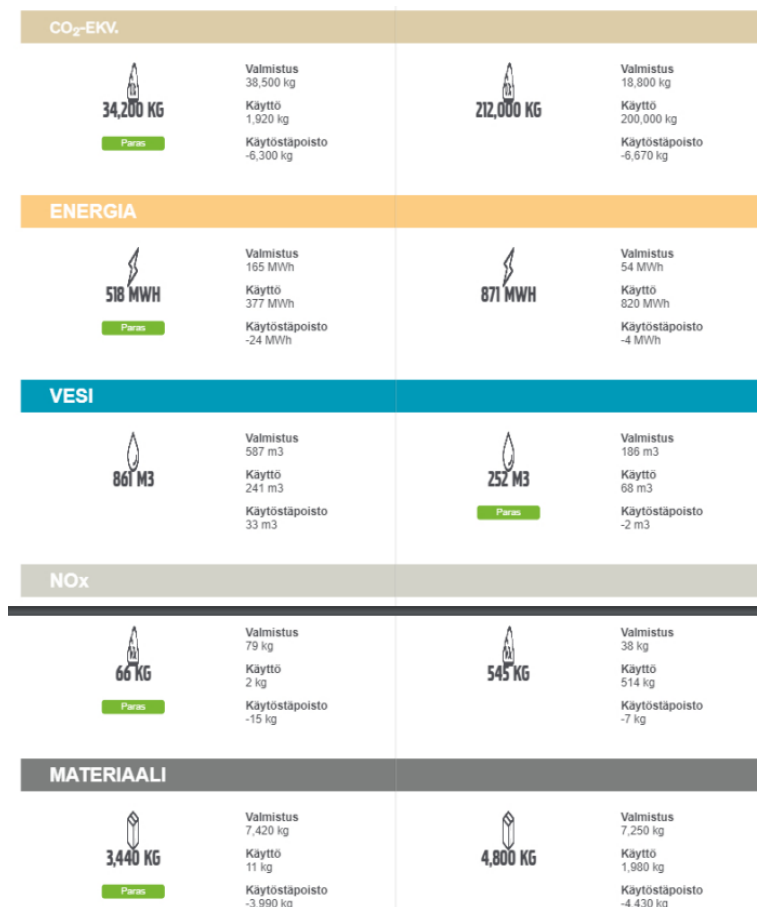


Kuva 3. Hiilidioksidiekvivalentin vertailu (Volvo Trucks 2024a).

Valmistuskohtaiset päästöt ovat sähkökäyttöisessä FL:ssä noin puolet suuremmat kuin dieselkäyttöisessä. Käytön aikaiset päästöt ovat taas yli satakertaiset dieselkäyttöisessä FL:ssä CO₂-EKV päästöjen ollessa 200 000 kg. Käytöstäpoistovaiheen aikaiset päästöt ovat lähes samat. (Volvo Trucks 2024a.)

Hiilidioksidiekvivalentin lisäksi laskurista saadaan vertailtavilla vaihtoehdoille elinkaarenaikaiset energian-, veden-, typenoksidin- sekä materiaalien kulutukset ja päästöt. Sähkökäyttöisen Volvon valmistukseen käytetään runsaasti enemmän energiaa valmistusvaiheessa dieseliin verrattuna, Energian kulutuksen ollessa

sähkössä 165 MWh ja dieselissä 54 MWh, kun taas käytön aikainen energiankulutus on dieselkäyttöisessä huomattavasti suurempi. Veden kulutus on sähkökäyttöisessä Volvossa valmistuksen sekä käytön osalta huomattavasti suurempi kuin diesel käyttöisen. Typenoksidien ja materiaalien kulutuksen kannalta diesel käyttöisen Volvon valmistuksen aikainen kulutus ja päästöt ovat pienemmät kuin sähkökäyttöisen, mutta huomattavasti suuremmat käytön kannalta.



Kuva 4. Elinkaari resurssien vertailu (Volvo Trucks 2024a).

Vertailusta nähdään, että sähkökäyttöisen Volvo FL:n käytön aikaiset päästöt on huomattavasti pienemmät dieseliin verrattuna. On kuitenkin tärkeää huomata vertailua tehdessä, ettei vertaa keskenään eri käyttöluokan kuorma-autoja, jotta vältetään virheellisiltä tuloksilta. Biopolttoaineiden käyttö ja kestävästi tuotettu sähkö vaikuttavat huomattavasti saatuihin tuloksiin. (Volvo Trucks 2024a.)

6 Kuljetustehtävään soveltuvien vaihtoehtojen vertailu

Vertailuun valitaan kahden eri valmistajan, Volvon ja Scanian, mallistosta löytyvät kuorma-autot. Molempien valmistajien mallistosta löytyy vaihtoehtoja, jotka soveltuvat alihankkijan suorittamaan kuljetustehtävään. Tälle hetkellä potentiaalisia käyttövoimavaihtoehtoja ovat kaasu ja sähkö sekä diesel edellyttäen, että ajo suoritetaan HVO dieselillä. Huomioitavia arviointikriteereitä ovat kuorma-auton kulutus, toimintasäde, ympäristöystävällisyys ja varusteet. Lisäksi kuljetustehtävään soveltuvien vaihtoehtojen vertailussa otetaan huomioon tankkaus- ja latausinfrastruktuuri sekä käytön kustannuksia.

Yleisesti raskaan kaluston sähköistymisen hidasteena on ollut sähkökäyttöisen kuorma-auton korkea hankintahinta. Hankintahinta voi olla jopa 2–3 kertainen diesel käyttöiseen verrattuna. Toisena hidasteena on ollut latausverkoston hidas kehittyminen. (Yle 2022.)

Kuorma-auton huoltamisen näkökulmasta molemmilta valmistajilta löytyy osaamista ja kattava huoltoverkosto kaikkien käyttövoimien huoltamiseen, sekä kattavat huoltosopimukset ennakoivilla huolloilla. Ennakoivat huollot luovat edullisen tavan ylläpitää kuorma-autoa. Volvon tarjoama sähkökuorma-autojen Gold-huoltosopimus pitää sisällään lisäksi akkujen vaihdot varmistaen akkujen sovitun vähimmäiskapasiteetin. (Volvo Trucks 2024f.)

Uuden kuorma-auton hankinnan etuna on se, että pystytään hyödyntämään viimeaikaisinta tekniikkaa, siinä on kattava takuu sekä pystytään vaikuttamaan hankittavan ajoneuvon varusteisiin. Uutta tekniikkaa hyödyntämällä pystytään vastaamaan tiukentuviin ilmastotavoitteisiin. Kuljetustehtävän tuottaminen vähäpäästöisenä on edellytys sen jatkumisen kannalta tulevaisuudessa.

6.1 Tankkaus- ja latausinfrastruktuuri

Kuljetustehtävä sijoittuu pääkaupunkiseudulle Helsingin ja Vantaan välille, joten lähtökotaisesti tankkausasemia on runsaammin kuin esimerkiksi pohjoisessa.

Vaihtoehtoisia käyttövoimia ja niihin perustuvaa kalustoa harkittaessa keskeisessä asemassa onkin energian jakeluinfrastruktuuri. Hankinta ei ole järkevää, jos kalustoa ei pysty tankkaamaan. (Skal 2023, 26.)

Dieselin jakeluasemia on ylivoimaisesti eniten muihin käyttövoimiin verrattuna. Sama olemassa oleva jakeluinfrastruktuuri mahdollistaa myös uusiutuvan HVO dieselin jakelun. Päästöjä jopa 90 % vähentävää HVO dieseliä löytyykin lähes kaikilta pääkaupunkiseudun tankkausasemilta. (Skal 2023, 26.)

Kaasun kohdalla paineistetulla kaasulla on kattavampi tankkausverkosto kuin nesteytetyllä kaasulla. Nesteytetty kaasu soveltuu paremmin raskaan liikenteen käyttöön sekä se on vähäpäästöisempää ja se soveltuisi näin käytettäväksi kuljetustehtävissä. (Skal 2023, 26.) Alla olevasta kuvasta nähdään Gasumin tämänhetkinen nesteytetyn maakaasun tankkausasemakartta pääkaupunkiseudulla.



Kuva 5. Nesteytetyn kaasun tankkausasemakartta (Gasum 2024d).

Tankkausasemia on Vantaalla Tuupakassa ja Kivistössä sekä Sipoossa. Punaisella näkyvä asema Vuosaarissa on tällä hetkellä suljettu. Tuupakassa sijaitseva tankkausasema on lähes kulkureitin varrella, joten myös siltä osin

nesteytetyn maakaasun hyödyntäminen kuorma-auton käyttövoimana olisi mahdollista. Lisäksi Tuupakan aseman mahdollisessa vikatilanteessa Kivistön asema olisi lähellä taaten kaasun saatavuuden. (Gasum 2024d.)

Kuljetustehtävän ollessa kohtalaisen kevyttä ja päiväkohtaisen kilometrimäärän ollessa noin 200 kilometriä, on sähkö erinomainen vaihtoehto vähäpäästöisen kuljetuksen kannalta. Sähkökäyttöisessä kuorma-autossa ongelmaksi muodostuu sen lataaminen. Suomessa ei ole tällä hetkellä vielä kunnolla toimivaa laatusinfrastruktuuria raskaan liikenteen tarpeisiin. Henkilöautoja varten rakennettu nykyinen latausinfrastruktuuri on liian pienitehoinen ja liian ahtaasti mitoitettu. (Skal 2023, 28.) Poikkeuksena on Plugit yrityksen ylläpitämä raskaan kaluston suurteholatauskenttä 360kW teholla Tampereen Viinikassa. Suurteholatauskenttien ollessa harvinaisia usein ainoaksi vaihtoehdoksi jääkin oman latausaseman hankinta, joka tämän kuljetustehtävänkin tapauksessa olisi viisainta asentaa alihankkijan varikolle. Plugitilta löytyy ratkaisut raskaan kaluston latausasemiin ja niiden huoltoon avaimet käteen periaatteella. (Plugit 2024a.)

6.2 Eri käyttövoimilla toimivien kuorma-autojen vertailu

Kuljetustehtävän kannalta on oleellista, että tulevaisuudessa valittava kuorma-auto on ympäristöystävällinen ja että se soveltuu alihankkijan suorittamaan melko kevyeen aluekuljetukseen. Volvon ja Scanian valikoimasta löytyy kuljetustehtävään soveltuvat vaihtoehdot. Volvon valikoimasta vertailen Volvo FL:ää ja FM:ää sekä Scanian valikoimasta L-sarjaa ja P-sarjaa.

6.2.1 Volvo

Volvo FL on kompakti kaupunkijakeluun räätälöitävissä oleva kuorma-auto. Käyttövoimavaihtoehtoja on diesel ja sähkö. FL:n varusteiksi on valittavissa runsaasti kuljettajaa avustavia järjestelmiä ja se on helposti muokattavissa käyttötarkoituksen mukaisesti, saatavilla on: erilaisia ohjaamovaihtoehtoja,

ilmajousitus, matala ajoasento näkyvyyden takaamiseksi, erilaisia voimanottoja työssä tarvittaville laitteille, etu- ja takakamera sekä tutkat. (Volvo Trucks 2024b.)

Diesel käyttöisen FL:n yhdistelmäpainoversioita on saatavilla 10 tonnista 19 tonniin. Valittavana on viisi eri moottorivaihtoehtoa, joissa tehot vaihtelevat 210–320 hevosvoiman, sekä 4x2- tai 4x4-vetotapa. FL:ssä pystytään hyödyntämään normaalisti HVO dieseliä. (Volvo Trucks 2024b.)

Sähköisen FL:n yhdistelmäpaino on 16,7 tonnia, teho 130 kW ja toimintasäde parhaimmillaan 450 km. (Volvo Trucks 2024b.) Volvon tarjoamaa kuorma autojen räätälöintiohjelmalla (Volvo Truck Builder) hyödyntämällä nähdään, että FL:ään on saatavilla yksi sähkömoottori ja kolmesta kuuteen akkupakettia. Akkupakettien määrä vaikuttaa toimintasäteeseen, joka kannattaa tämän kuljetustehtävän kannalta mitoittaa maksimiin, sillä se vähentää lataustarvetta myös talvisin. (Volvo Trucks 2024d.)

Volvo FM on hieman enemmän raskaaseen käyttöön soveltuva vaihtoehto. Se soveltuu niin alueellisiin kuljetustehtäviin kuin kaupunkijakeluun. Käyttövoimavaihtoehtoja on diesel, kaasu tai sähkö. FL:n tapaan FM:ään on saatavilla runsaasti turvallisuusvarusteita ja se on helposti räätälöitävissä. Hyvinä lisinä FM:ään on saatavilla ohjausta helpottava Dynamic Steering, kuolleen kulman kamera, monipuoliset alustan räätälöintimahdollisuudet sekä päällirakentamiseen tarjottavat apukeinot. (Volvo Trucks 2024c.)

Dieselin ohella kaasukäyttöisellä FM:llä on hyvä toimintasäde, parhaimmillaan jopa 1000 km LNG:tä käytettäessä. CNG:tä käytettäessä toimintasäde on vastaavasti lyhyempi ja sitä käytetäänkin yleisemmin paikallisissa kuljetuksissa, vaikka se ei ole niin ympäristöystävällistä kuin LNG. Kaasukäyttöinen vaihtoehto on diesel käyttöistä kalliimpi, mutta kokonaiskustannukset voivat olla pienemmät, johtuen kaasun alhaisesta hinnasta, hankintatuesta ja veroista. (Volvo Trucks 2023.)

Sähkökäyttöisen FM:n yhdistelmäpaino on 44 tonnia ja teho on jopa 490 kW. Toimintasäde on raskaammassa FM:ssä enimmillään 300 km. (Volvo Trucks

2024c.) Volvo truck builderia hyödyntämällä nähdään, että FM:ään on valittavissa yksi sähkömoottori viidellä tai kuudella akkupaketilla. (Volvo Trucks 2024d.)

6.2.2 Scania

Scanian L-sarjan kuorma-autot ovat kaupunkitoimintaan räätälöityjä helposti aukeavien City-oviensa, matalan ohjaamonsa ja erinomaisen näkyvyytensä ansioista. L-sarjaan on saatavilla useita erilaisia moottori-, vaihteisto- ja akselistorakennevaihtoehtoa. 7- ja 9-litraiset diesel moottorit toimivat normaalisti HVO dieselillä tarjoten teho lukemat 220 hevosvoimasta 360 hevosvoimaan. 9-litraisen diesel moottorin ohella valittavana on myös 9-litrainen CNG/CBG-käyttöinen kaasumoottori. Moottorit sisältävät SCR-päästöjenhallintatekniikalla ympäristöhaittojen ja polttoaineenkulutuksen vähentämiseksi. (Scania 2024c.)

Scanian P-sarjan kuorma-autot ovat hieman L-sarjaa suurempia jakelutarkoitukseen soveltuvia kuorma-autoja. P-sarjaan on valittavissa runsaasti erilaisia turvallisuusvarusteita, kuten matkustajan oven alaosan City Safe-ikkuna, joka helpottaa kevyen liikenteen seuraamista (Scania 2024e.) P-sarjaan on valittavana 7-,9- (myös kaasua), ja 13-litraiset moottorit teholumien vaihdella 7-litraisen moottorin 220 hevosvoimasta 13-litraisen 500 hevosvoimaan. Moottorit pystyvät L-sarjan tavoin hyödyntämään HVO dieseliä ja sisältävät SCR tekniikan. (Scania 2024f.)

Scanian kaasumoottorimallisto on 100 % vertailukelpoinen dieselmoottorimalliston kanssa. Valikoimaa on runsaasti ja vaihtoehtoja löytyy kaikkiin käyttötarpeisiin. Scanian kaasumoottorit perustuvat luotettavaan ottomoottoritekniikkaan, jonka myötä kaasukäyttöisiin kuorma-autoihin tarvitsee tankata vain kaasua eikä muita polttoaineita tai lisäaineita tarvita. Scania lupaa nesteytetyllä kaasulla toimiville kuorma-autoilleen jopa 1800 km toimintasäteen, riippuen polttoainesäiliön koosta, joka on valittavissa 400–1100 litran väliltä. Paineistettua kaasua käytettäessä toimintasäde on parhaimmillaan 820 km. (Scania 2024b.)

Scanian ratkaisu sähköistymiseen on uusi Urban BEV rakenne, joka on saatavilla L, P ja G ohjaamovaihtoehtoihin. Moottorivaihtoehtona on kestromagneettimoottori, jossa on öljysuihkujäähdytys ja jonka jatkuva teho on noin 230 kW. Akkuvaihtoehdot ovat akselivälin mukaan 312 kWh tai 468 kWh. Kokonaisuudessa on enintään 29 tonnia ja toimintasäde on noin 250–290 km. (Scania 2024g.)

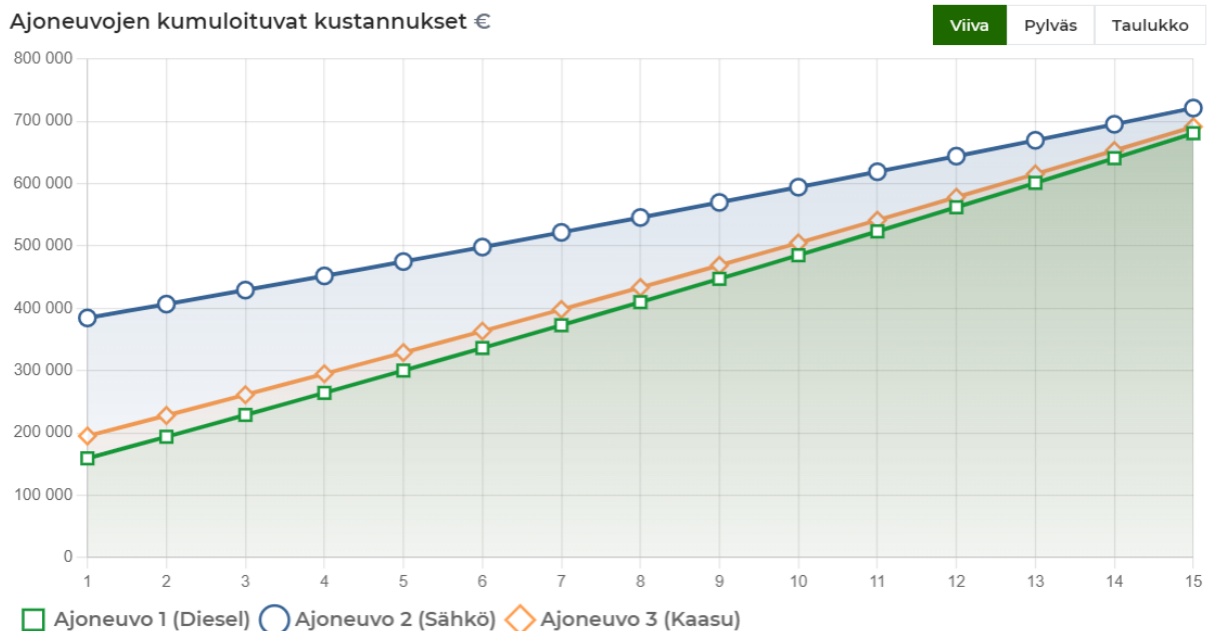
6.2.3 Vertailun tulokset

Molemmilta valmistajilta löytyy hyviä ratkaisuja niin diesel-, sähkö- kuin kaasuvaihtoehtoihin sekä runsaasti varusteita ja päällirakenneratkaisuja kuljetustehtävän mukaiseen kaupunkiliikkumiseen. Scaniaalta löytyy runsaasti vaihtoehtoja kaasua käyttövoimana harkitsevalle, kun taas Volvolla on tällä hetkellä sähkökäyttöisissä ajoneuvoissaan pidemmät toimintasäteet. Dieselmootoreiden tekniikka on molemmilla valmistajilla pitkälle kehitettyä ja HVO dieseliä hyödyntämällä saadaan positiivisia ilmastovaikutuksia. Kuljetustehtävän kannalta sekä Volvon että Scanian sähkökäyttöisissä vaihtoehdoissa on riittävä kantavuus ja toimintasäde.

6.3 Kuorma-autojen kumulatiivisten kustannusten vertailu

Traficomien tarjoaman paketti- ja kuorma-autojen päästö- ja kustannuslaskurin avulla pystytään vertailemaan eri käyttövoimilla toimivien paketti- ja kuorma-autojen elinkaarisia CO₂-päästöjä sekä kustannuksia. Laskurista on apua varsinkin uuden kuorma-auton hankintaa harkitsevalle yrityksille. Laskuri koostuu seuraavista osa-alueista: Pitoaika vuosissa, ajoneuvokohtaiset tiedot, lähtötiedot, lisätiedot sekä lopputulos graafisesti esitettynä. Vertailun perusteena on eri ajoneuvovaihtoehtoihin annetut lähtötiedot, joita voi laskurissa muokata vapaasti. Laskurissa on kuitenkin valmiiksi oletustietoja, tarkistetuista lähteistä, valitun ajoneuvotyypin perusteella, jotka mahdollistavat tuloksen saamisen vaikkei kaikkia laskennassa käytettäviä tarkkoja tietoja olisi saatavilla. (Traficom 2023b.)

Laskurista on erityisesti hyötyä, kun mietitään vaihtoehtoisilla käyttövoimalla toimivien kuorma-autojen kustannuksia. Syötetään laskuriin kaasu, sähkö- sekä dieselkäyttöinen kuorma-auto seuraavin tiedoin: pitoaika 15 vuotta, ajomäärä vuodessa 50 000 km ja massa lastattuna 16 000 kg. Nämä arvot valittiin sillä, kuljetustehtävässä ajoa tulee työpäivän aikana noin 200 km, joka on vuodessa noin 50 000 km ja jakelukuorma-auton tyypillinen massa lastattuna on noin 16 000 kg. Laskuri olettaa diesel käyttövoiman valittaessa, että käytössä hyödynnetään ympäristöystävällistä biodieseliä. Muut tiedot eli ajoneuvon hankintahinta, verot, huollon kustannukset, jäännösarvo (0 €), kulutustiedot, polttoainekustannukset (sekä sen kehittyminen) ja osuus ajosta lastattuna annetaan olla oletusarvoissa. Laskuri olettaa dieselkäyttöisin kuorma-auton hinnaksi 125 000 €, kaasu kuorma-auton hankintahinnaksi 162 500 € ja sähkökäyttöisen kuorma-auton hankintahinnaksi 312 500 €. Polttoainekustannusten osalta maakaasun hinnaksi on oletusarvona asetettu 2,28 € / kg, biokaasun 1,79 € / kg, sähkön hinnaksi 0,18 € / kWh, fossiilisen dieselin 1,77 € / l ja biodieselin 1,96 € / l. (Traficom 2023b.) Alla olevassa kuvassa on saatu tulos annetuilla tiedoilla:



Kuva 6. Kuorma-autojen kustannusvertailu (Traficom 2023b).

Tuloksesta nähdään, että annetuilla tiedoilla kuorma-autojen kumuloituvat kustannukset eivät 15 vuoden ajanjaksolle leikkaa, eli sähkökäyttöinen kuorma-auto on kallein vaihtoehto kokonaiskustannuksiltaan, johtuen pääsääntöisesti sen suuresta hankintahinnasta. Kaasukäyttöinen ja dieselkäyttöinen kuorma-auto sijoittuvat hyvin lähelle toisiaan, mutta dieselkäyttöinen kuorma-auto on pääte pisteessä kuitenkin edullisempi vaihtoehto. Pääte pisteessä eli vuonna 2038 sähkö kuorma-auton kumuloituvat kustannukset ovat 721 134 €, kaasu kuorma-auton 691 194 € ja diesel kuorma-auton 680 766 €. (Traficom 2023b.) Jos kaasun hinta päivitetäisiin vastaamaan tämän hetken, helmikuu 2024, pääkaupunkiseudun hintatasoa: maakaasu 2,05 € / kg ja Biokaasu 1,72 € / kg, dieselin hinta pidettäisiin oletusarvossa sekä sähkön hinnaksi kuviteltaisiin 0,11 € / kWh, kumuloituvien kustannusten leikkaus tapahtuisi vuonna 2037 sähkön ollessa lopulta edullisempi vaihtoehto. (Gasum 2024c.) Tästä vertailusta nähdään, että hankintahinnalla ja polttoainekustannuksilla on suuri vaikutus vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivan kuorma-auton hankinnan kannattavuuteen nyt ja tulevaisuudessa.

Polttoaineiden ja sähkön hinnan määrittämien sekä niiden hinnan kehittymisen ennustaminen on erittäin vaikeaa sillä niihin vaikuttaa niin moni eri tekijä. Polttoaineiden hintojen ohella toinen merkittävä vertailuun vaikuttava tekijä on kuorma-auton jäännösarvo. Tällä hetkellä jäännösarvon määrittäminen sähkö- tai kaasukäyttöiselle kuorma-autolle on haastavaa, sillä käytettynä niitä on Suomen markkinoilla erittäin vähän, jos ollenkaan.

7 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan etuja ja haittoja tietyn toimeksiantajayrityksen asiakkaalle tehtävän kuljetustehtävän kannalta. Kuljetustehtävästä on tulevaisuudessa saatava ympäristöystävällisempi, joten työssä tutkittiin käyttövoimia, vähäpäästöisiä kuorma-auto vaihtoehtoja ja EU:n ilmastolakia. Työssä lähteinä käytettiin tuoretta verkkoaineistoa ja suullisia tiedoksiantoja.

Tutkimuksen tuloksista voidaan todeta, että tällä hetkellä tekniikaltaan varmin ja nopein ratkaisu päästöjen vähentämiseksi on uusiutuvaa dieseliä käyttävä dieselkäyttöinen kuorma-auto. Toisaalta tulevaisuudessa päästörajoitusten ja asiakkaan ilmastostrategian myötä tulisi pyrkiä nollapäästöihin, joiden saavuttamiseksi sähkökäyttöisen kuorma-auton hankinta olisi välttämätöntä. Kaasukäyttöinen kuorma-auto voisi toimia välivaiheen ratkaisuna päästöjen pienentämisessä.

Kaasu- ja sähkökäyttöisen kuorma-auton käyttöön liittyy kuitenkin selkeitä kehityskohtia. Tankkaus – ja latausinfrastruktuurin tulisi kehittyä entisestään ja se tulisi mitoittaa paremmin raskaan liikenteen käyttötarpeisiin. Sähkökuorma-auton korkea hankintahinta ja rajallinen toimintasäde hidastavat sen suosion kehittymistä, vaikka hankintaa tuettaisiinkin hankintatuilla. Lisäksi sähkökuorma-auton hankinta vaatisi investoinnin omaan latausasemaan. Traficomien kuorma-auton kustannuslaskurilla saavutettiin hyvä yleiskäsitys vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen kumulatiivisista kustannuksista ja nähtiin että polttoaineen hinnalla on suuri vaikutus kustannuksiin.

Työssä käytetyt lähteet ovat luotettavia, minkä myötä niiden pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä voidaan myös pitää luotettavina. Työtä voidaan pitää onnistuneena, sillä saavutettuja tuloksia voidaan hyödyntää kuorma-autoa hankittaessa, hankinnan ollessa ajankohtaista. Työn aikana opin paljon lisää vaihtoehtoisista polttoaineista ja saadusta tiedosta voi olla hyötyä työelämässä tulevaisuudessa.

Jatkotutkimuksena tulisi pyytää tarjouksia eri kuorma-autovaihtoehtoista vielä yksityiskohtaisemman vertailun aikaansaamiseksi. Tarjousten pohjalta saadaan tarkemmin selville, mikä vaihtoehto on toimeksiantajalle paras. Käyttövoimavaihtoehtoja ajatellen näkisin vetykäyttöisten kuorma-autojen olevan todella potentiaalinen vaihtoehto tulevaisuudessa. Suomen markkinoille tullessaan ja tankkausinfrastruktuurin kehittyessä vetykäyttöinen kuorma-auto voi ratkaista raskaan kaluston päästöongelmat.

Lähteet

Autoalan tiedotuskeskus 2024a. Bio – ja maakaasu. Viitattu 08.01.2024.
https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bio- ja_maakaasu

Autoalan tiedotuskeskus 2024b. Päästömittausten terminologiaa. Viitattu 07.01.2024.
https://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/paastojen_termi_nologiaa

DSV 2023a. DSV:n historia. Viitattu 02.12.2023 <https://www.dsv.com/fi-fi/tietoa-dsvsta/historia>.

DSV 2023b. Kuljetusmuodot. Viitattu 11.12.2023 <https://www.dsv.com/fi-fi/palvelumme/kuljetusmuodot>.

DSV 2023c. Logistiikkaa luonnon ehdoilla. Viitattu 11.12.2023 <https://www.dsv.com/fi-fi/palvelumme/green-logistics>.

DSV 2023d. Yrityksen rakenne. Viitattu 11.12.2023 <https://www.dsv.com/fi-fi/tietoa-dsvsta/yrityksen-rakenne>.

Euroopan komissio 2024. Eurooppalainen ilmastolaki. Viitattu 16.01.2024 https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_fi

Euroopan komissio 2023. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma: Nollapäästötavoite uusille kaupunkibusseille vuodesta 2030 ja 90 % päästövähennys uusille kuorma-autoille vuoteen 2040 mennessä. Lehdistötiedote. Viitattu 17.01.2023 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_23_762?gsid=6f18f84c-6458-4d9d-aeca-1a7943c5c309

Gasum 2024a. Liikennekaasu CNG ja CBG. Viitattu 09.01.2024 <https://www.gasum.com/kaasusta/liikennekaasu-cng/>

Gasum 2024b. LNG Pohjoismaissa. Viitattu 09.01.2024 <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/>

Gasum 2024c. Maa- ja biokaasun hinnat tankkausasemilla. Viitattu 02.02.2024 <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkaushinnat/>

- Gasum 2024d. Tankkausasemakartta. Viitattu 28.01.2024
<https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/?stationTypes=LNG>
- Hokkanen, S.; Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2010. Johdatus Logistiseen Ajatteluun. Jyväskylä: Sho Business Development Oy. Viitattu 11.01.2024.
- Hyundai 2024. Vetyauto on osa tulevaisuuden liikkumista. Viitattu 11.01.2024
<https://www.hyundai.fi/hyundai-tietoa/vety/>
- Man Energy Solutions 2024. Synthetic diesel. Viitattu 08.01.2024.
<https://www.man-es.com/marine/strategic-expertise/future-fuels/synthetic-diesel>
- Motiva 2023a. Polttokennoauto. Viitattu 10.01.2024.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viis_aasti/autotyypit/polttokennoauto
- Motiva 2023b. Vety. Viitattu 10.01.2024.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viis_aasti/energialahteet/vety
- Neste 2024a. Biodiesel ja uusiutuva diesel - Mitä eroa? Viitattu 10.01.2024.
<https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>
- Neste 2024b. Miksi Neste MY Uusiutuva Diesel™? Viitattu 08.01.2024
https://nestemy.fi/tietoja?gad_source=1&qclid=EAAlQobChMI8smf0aDOgwMVu1eRBR16EwH5EAAYASACEqKss_D_BwE
- Plugit 2024a. Pro DC Helsinki-Vantaa avattu. Viitattu 29.01.2024
<https://plugit.fi/pro-dc/>
- Plugit 2024b. Raskaan liikenteen latausratkaisut. Viitattu 09.01.2024.
<https://plugit.fi/artikkelit/raskaan-liikenteen-latausratkaisut/>
- Scania 2024a. Biokaasu ja maakaasu. Viitattu 09.01.2024.
[https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehdot-polttoaineet/biokaasu-maakaasu.html](https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehdot/polttoaineet/biokaasu-maakaasu.html)
- Scania 2024b. Kaasukuorma-auton tekniset tiedot. Viitattu 01.02.2024
<https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/gas-truck/gas-truck-specifications.html>

- Scania 2024c. L-sarja. Viitattu 01.02.2024
<https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/l-series/l-series-specifications.html>
- Scania 2024d. Mikä on täyssähkö (BEV)? Viitattu 09.01.2024.
<https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehtoiset-polttoaineet/bev.html>
- Scania 2024e. P-sarja. Viitattu 01.02.2024
<https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/p-series.html>
- Scania 2024f. P-sarjan tekniset tiedot. Viitattu 01.02.2024.
<https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/p-series/p-series-specifications.html>
- Scania 2024g. Sähkökuorma-auto. Viitattu 01.02.2024
<https://www.scania.com/fi/fi/BEV.html>
- Scania 2024h. Vaihtoehtoiset polttoaineet. Viitattu 06.01.2024
<https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehtoiset-polttoaineet.html>
- Skal 2023. Millä energialla kuljetamme -raportti käyttövoimasiirtymästä. Viitattu 06.01.2024
<https://skal.fi/tiedotteet/akkuteknologia-ratkaisee-miten-raskas-liikenne-kuljettaa-jatkossa-myos-biokaasu-ja-vety-ovat-tulevaisuutta/>
- ST1 2024. HVO – Uusiutuva Diesel. Viitattu 08.01.2024
https://www.st1.fi/yrityksille/tuotteet-ja-palvelut/polttoneesteet/dieselit-ja-adblue/hvodiesel?gad_source=1&qclid=EAlaIQobChMInMbz_r_LgwMVOQqiAx1xIQyoEAAYASAAEgLJX_D_BwE
- Tapaninen, U. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Helsinki: Otatieto. E-kirja. Viitattu 16.01.2024
https://turkuamk.finna.fi/Record/turkuamk_electronic.995130127205970?sid=3733673180
- Tilastokeskus 2024. Hiilidioksidiekvivalentti. Viitattu 17.01.2024
<https://www.stat.fi/meta/kas/hiilidioksidiek.html>
- Toyota 2023. Suomen vihreä siirtymä kirittää vetyautoilua. Blogi. Viitattu 28.01.2024
<https://www.toyota.fi/toyota-way/ymparisto-ja-vastuullisuus/suomen-vihrea-siirtyma-kirittaa-vetyautoilua>

Traficom 2024. Hae hankintatukea sähkö-, vety- ja kaasukäyttöiselle kuorma-autolle. Viitattu 13.01.2024. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-vety-ja-kaasukayttoiselle-kuorma-autolle>

Traficom 2022. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. Viitattu 17.01.2024 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot-ja-energiankulutus>

Traficom 2023a. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot - käyttövoimat, päästöt ja keski-ikä. Viitattu 11.01.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-kuorma-autot-kayttovoimat-paastot-ja-keski-ika>

Traficom 2023b. Paketti ja kuorma-autojen päästö- ja kustannuslaskuri. Viitattu 02.02.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/paketti-ja-kuorma-autojen-paasto-ja-kustannuslaskuri>

Traficom 2023c. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus tieliikenteen ajoneuvoista. Viitattu 06.01.2024 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/vaihtoehtoisten-kayttovoimien-osuus-tieliikenteen-ajoneuvoista>

Vattenfall 2020. Mitä tarkoittavat hiilijalanjälki, ilmastojalanjälki ja ekologinen jalanjälki? Blogi. Viitattu 19.01.2024. <https://energyplaza.vattenfall.fi/blogi/mita-tarkoittavat-hiilijalanjalki-ilmastojalanjalki-ja-ekologinen-jalanjalki>

Volvo Trucks 2024a. Ekologisen jalanjäljen laskuri. Viitattu 22.01.2024 https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator/footprint-calculator.html?lang=fi&market=gb&view=compare&trucks=fl_electric,fl_classic&ucategories=urban

Volvo Trucks 2024b. Volvo FL. Viitattu 01.02.2024 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/models/volvo-fl.html>

Volvo Trucks 2024c. Volvo FM. Viitattu 01.02.2024 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/models/volvo-fm.html>

Volvo Trucks 2022. Kuorma-auton todellisen ilmastovaikutuksen laskeminen. Artikkel. Viitattu 19.01.2024 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/insights/articles/2022/apr/calculating-life-cycle-climate-impact.html>

Volvo Trucks 2024d. Volvo truck builder. Viitattu 01.02.2024 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/tools/truck-builder.html#/fi-fi>

Volvo Trucks 2024e. Volvo Trucks -moottorivalikoima. Viitattu 14.01.2024
<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/features/volvo-trucks-engine-range.html>

Volvo Trucks 2024f. Sähkökuorma-autojen gold-huoltosopimus. Viitattu 01.02.2024
<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/services/vehicle-service/service-contracts/gold-electric.html>

Volvo Trucks 2023. 8 yleistä kysymystä biokaasusta ja kaasukäyttöisistä kuorma-autoista. Artikkel. Viitattu 01.02.2024
<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/insights/articles/2023/jan/question-about-biogas-and-gas-powered-trucks.html>

Yle 2022. Raskaan liikenteen sähköistyminen on alkanut – sähkökuorma-auton ohjaamossa voi lähes kuulla linnun laulun. Uutinen. Viitattu 01.02.2024.
<https://yle.fi/a/3-12480266>

Ympäristöministeriö 2024. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Viitattu 19.01.2024
<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>