



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

MIIKKA UOTILA

Kuorma-autojen uudet polttoaineet ja sähköistyminen

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2022

Tekijä(t) Uotila, Miikka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2022
	Sivumäärä 31	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kuorma-autojen uudet polttoaineet ja sähköistyminen		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, että millaisia ympäristöystävällisiä polttoaineita tai voimanlähteitä kuorma-autoissa voitaisiin käyttää, miten nykypäivän markkinoilla olevat vaihtoehtoiset polttoaineet eroavat toisistaan ja millaisia malleja on jo saatavilla.</p> <p>Tarkastelu tehtiin pääosin Suomen logistiikan kannalta, mutta pieniltä osin tarkasteltiin myös Euroopan tilannetta. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, joten tarkastelut perustuvat vahvasti esimerkiksi ajoneuvo- tai polttoainevalmistajien lähteisiin. Työssä haastateltiin myös kahta alalle työllistynyttä henkilöä, joilta saatiin näkemyksiä myös logistiikkayritysten puolelta.</p> <p>Tarkastelun perusteella todettiin, ettei valmista ratkaisua päästöongelmiin löydy, mutta potentiaalisia vaihtoehtoja on paljon. Osa Suomen kuljetuskalustosta pystyttäisiin korvaamaan jo markkinoilla olevilla malleilla, mutta koko päästöongelman ratkaisemiseksi tarvitaan lisää ratkaisuja.</p>		
Avainsanat Energia, ympäristö, ilmastonmuutos, kuorma-auto, sähköauto, biopolttoaine, logistiikka.		

Author(s) Uotila, Miikka	Type of Publication Bachelor's thesis /	Date April 2022
	Number of pages 31	Language of publication: Finnish
Title of publication New fuels and electrification of trucks		
Degree programme Energy and Environmental engineering		
Abstract The purpose of this thesis was to find out that what kinds of environmentally friendly fuels or power sources could be used in trucks, how alternative fuels in today's market differ, and what types of models are already available. The review was mainly carried out in terms of Finnish logistics, but in small respects also examined the situation in Europe. The work was carried out as a literature review, so the reviews rely heavily on sources such as vehicle or fuel manufacturers. The work also interviewed two people employed in the sector, to obtain their opinions about the change. Based on the review, it was concluded that there isn't a solution to the emission problems yet, but there are many potential technologies. Finland's transport equipment could already be partially replaced with new, low or zero emission vehicles, but more solutions are needed to solve the whole emission problem in the transportation field.		
Keywords Energy, environment, climate change, truck, electric car, biofuel, logistics.		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 VETY	7
2.1 Toiminta	7
2.2 Haasteet	8
2.3 Valmistetut mallit ja käyttökohteet	9
3 BIO- JA MAAKAASU	10
3.1 Toiminta	11
3.2 Haasteet	12
3.3 Tankkausasemat	13
3.4 Valmistetut mallit ja käyttökohteet	14
4 E85-BIOETANOLI, BIODIESEL JA UUSIUTUVA DIESEL	15
4.1 E85-bioetanoli	15
4.2 Biodiesel	15
4.3 Uusiutuva diesel	15
4.4 Haasteet	16
4.5 Tankkausasemat	17
5 HYBRIDI	18
5.1 Toiminta	18
5.2 Haasteet	19
5.3 Valmistetut mallit ja käyttökohteet	20
6 TÄYSSÄHKÖ	20
6.1 Toiminta	20
6.2 Johdinverkko	21
6.3 Haasteet	21
6.4 Käyttökohteet ja valmistetut mallit	22
7 HAASTATTELUT	23
7.1 Ensimmäinen haastattelu	23
7.2 Toinen haastattelu	25
8 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	
LIITTEET	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Liikenteen vuosisuorite	Osuus Suomen liikenteen kokonaiskilometreistä, tarkastellaan yleensä ajoneuvolajeittain.
CO ₂ -ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti, suure, jolla mitataan ihmisten tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutuksia.
CNG ja CBG	Compressed natural gas ja compressed bio gas, eli kaasumuodossa oleva paineistettu maa- tai biokaasu.
LNG ja LBG	Liquefied natural gas ja liquefied bio gas, eli nesteytetty maa- tai biokaasu.
Setaaniluku	Kuvaa polttoaineen syttymisherkkyyttä. Fossiilisen bensiinin setaaniluku on noin 0–20 ja dieselin noin 40–55.

1 JOHDANTO

Nykypäivän ilmastokriisi ajaa meitä kohti vihreämpää tulevaisuutta, joka pitää sisälleen ympäristöystävällisempiä ratkaisuja myös liikenteen osalta. Keskustelu liikenteen päästöistä keskittyy yleensä henkilöautoihin, vaikka kuorma-autojen osuus tieliikenteen hiilidioksidipäästöistä oli 33,4 % vuonna 2020.

(Paketti- Ja Kuorma-Autojen Päästöt Ja Kulutus | Liikennefakta, 2021)

Kuorma-autojen osalta parannuksen varaa löytyy. Vuoden 2020 lopussa liikennekäytössä olevista kuorma-autoista 97,5 % käytti polttoaineena dieseliä ja 2 % bensiiniä. *(Paketti- Ja Kuorma-Autojen Käyttövoimat | Liikennefakta, 2022).*

Ympäristöystävällisempien vaihtoehtojen osuus jää siis hyvin pieneksi nykyisellä kuljetuskalustolla. EU-direktiivissä 2019/1161 on määritelty valtiokohtaiset tavoitteet uusien ajoneuvojen hankinnalle. Tavoitteena on, että 2021–2025 välisenä aikana Suomen ostetuista kuorma-autoista 9 % on niin sanotusti puhtaita, eli kulkee täysin biopolttoaineella, kaasulla, vedyllä tai sähköllä. Aikavälillä 2026–2030 tavoite nousee 15 prosenttiin.

(Biokaasuohjelmaa Valmisteleavan Työryhmän Loppuraportti, 2020)

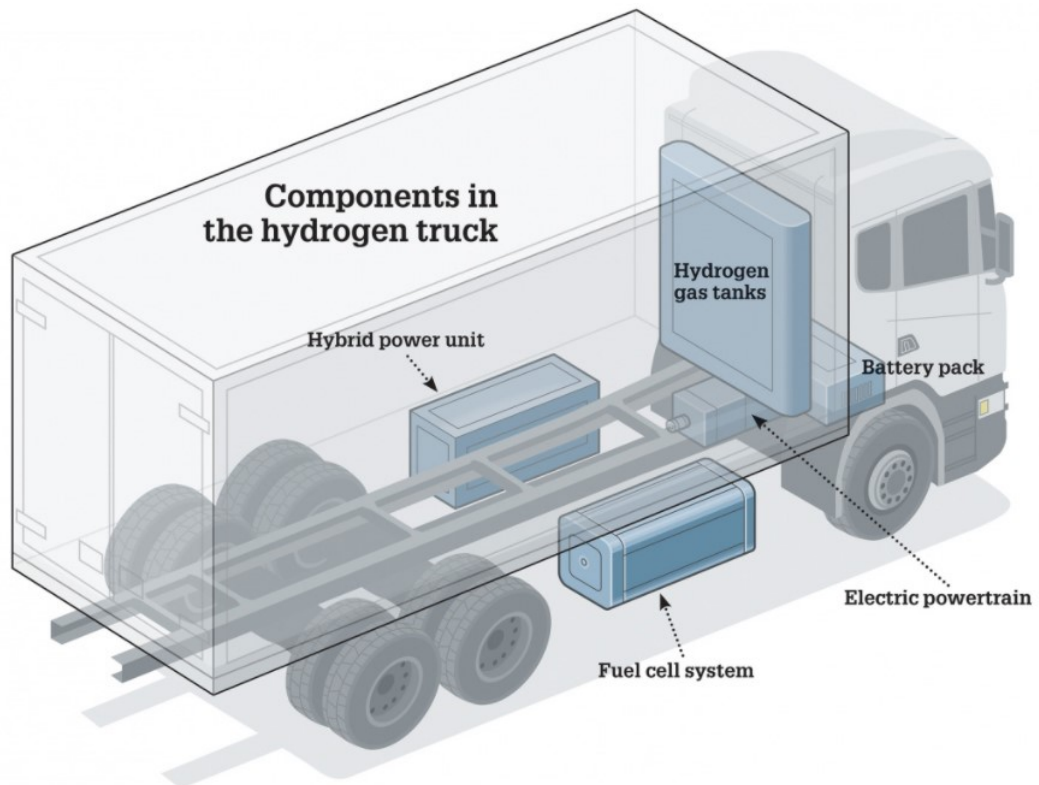
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitä vaihtoehtoisia polttoaineita kuorma-autojen osalta voitaisiin käyttää, miten sähköä voitaisiin käyttää voimalähteenä, miten vaikutuksia muutoksilla on päästöihin ja mitä haasteita nämä muutokset aiheuttavat.

2 VETY

2.1 Toiminta

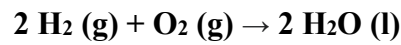
Vetykuorma-autossa on sähkömoottori kuten sähköautossa, mutta itse sähkö tuotetaan polttokennossa sen sijaan, että se etukäteen ladattaisiin akkuihin. Vety tankataan polttoainesäiliöön joko nestemäisenä tai kaasumaisena, ja säiliöstä se siirretään polttokennoille. Vetykuorma-autossa on akku, johon voidaan ylimääräistä ja jarrutuksissa syntyvää sähköä varastoida ja ottaa käyttöön tarpeen vaatiessa. Kuvassa 1 näkyy esimerkki komponenttien asettelusta ja koosta.

Kuva 1. Vetykuorma-auton komponentit. (Kuinka Vetypolttokennolla Varustettu Sähkökuorma-Auto Toimii, n.d.)



Polttokenno koostuu katodista, anodista ja elektrolyytistä. Sähkökemian perusteiden mukaisesti pelkistin luovuttaa elektronin, jonka hapetin vastaanottaa. Tätä elektronien liikettä kutsutaan sähkövirraksi ja se ohjataan auton sähkömoottoriin, joka liikuttaa

autoa. Tässä tapauksessa vety toimii pelkistimenä ja happi hapettimena, joiden reaktiosta syntyy lopputuotteena vettä seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



(Turpeenoja, 2016)

2.2 Haasteet

Itse vetyauton käyttö on siis todella ympäristöystävällistä verrattuna fossiilisia polttoaineita käyttävään autoon, kun hiilidioksidipäästöt vaihtuvat puhtaaseen veteen. Tilanne ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen. Koska vetyä ei esiinny vapaana luonnossa, sitä täytyy valmistaa. Vedyn yleisin ja halvin valmistustapa nykypäivänä on maakaasun höyryreformointi, jossa lopputuotteena vedyn lisäksi syntyy hiilidioksidia. Tällöin vetyautoilua ei voida laskea täysin hiilidioksidipäästöttömäksi. Vetyä voidaan tuottaa myös elektrolyysin avulla ilman hiilidioksidipäästöjä, mutta sähkön hinta nostaa tuotetun vedyn hintaa. Polttoaineen hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa on otettava huomioon myös valmistusprosessissa käytetyn sähkön tuotantotavat.

(*Vety - Motiva*, n.d.)

Vedyn käytössä haasteita aiheuttaa myös se, että vety muuttuu kaasusta nestemäiseksi vasta $-253 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Tällaisen lämpötilan saavuttaminen vaatii jatkuvasti paljon energiaa, joten yleensä vetyä varastoidaan ja kuljetetaan kaasumaisessa muodossa, jolloin sen tilavuuteen suhteutettu energiatiheys on todella huono verrattuna perinteisiin polttoaineisiin. (*Vety - Motiva*, n.d.)

Keski-Euroopan osalta vedyn tankkausinfra on hyvällä mallilla, varsinkin Saksassa, Sveitsissä, Belgiassa ja Alankomaissa on useita tankkauspisteitä. Suomessa vedyn tankkauspisteitä ei ole vielä yhtäkään. Lähimmät tankkauspisteet löytyvät Tukholmasta, Uumajasta ja Pärnusta. (*H2.LIVE: Wasserstofftankstellen in Deutschland & Europa*, 2022)

Jos vetyä halutaan käyttää kaasumaisessa muodossa polttoaineena, täytyy sitä tankata valtava määrä auton polttoainesäiliöön, jolloin paine kasvaa todella suureksi.

Vetykäyttöisten henkilöautojen polttoainesäiliön paine voi olla jopa 700 baria. Tässä paineessa vedyn tiheys muuttuu normaalitilan 0,089 kilogrammasta 42 kilogrammaan per kuutiometri. (*Hydrogen as Fuel for Fuel Cell Electric Vehicles*, n.d.)

Esimerkiksi kuorma-auton 600 litraiseen polttoainesäiliöön saataisiin siis noin 25 kilogrammaa vetyä 700 barin paineessa. Tällaisessa paineessa pienikin vuoto polttoainejärjestelmässä voi olla hengenvaarallinen esimerkiksi liikenneonnettomuustilanteissa, sillä vety syttyy todella helposti ja palaa erittäin kuumana. Paineenalaisen vedyn vuoto voi muodostaa niin paljon staattista varausta, että se voi syttyä jopa itsestään. (*Onnettomuuden Vaaraa Aiheuttavat Aineet: Vety*, 2021)

Vetyauton polttoainesäiliö täyttää painelaitteen kriteerit, jolloin painelaitelaki vaikuttaa niiden käyttöön. Säiliön tilavuudesta riippuen laki voi velvoittaa, että polttoainesäiliöön on tehtävä esimerkiksi määräaikaistarkastukset. Laki vaikuttaa myös ajoneuvon huoltotöihin. Huollot, jotka eivät vaikuta kaasujärjestelmään tai moottoriin, voidaan suorittaa missä tahansa huoltamossa, mutta muissa tapauksissa huollon saa tehdä vain valtuutettu ja työhön koulutettu yritys. (Finlex www-sivut, 2016)

2.3 Valmistetut mallit ja käyttökohteet

Hyzon on yhdysvaltalainen vetykuorma-autojen ja vetylinja-autojen valmistaja, joka on valmistanut satoja vetykäyttöisiä ajoneuvoja maailmanlaajuisesti. Tällä hetkellä yritykseltä löytyy ajoneuvokatalogit Yhdysvaltojen, Australian ja Uuden-Seelannin markkinoille, joista löytyy yhteensä neljä kuorma-automallia.

Hyzon Class 8 -mallin sähkömoottori tuottaa 429 hevosvoimaa jatkuvaa tehoa ja 603 hevosvoimaa hetkellistä tehoa. Jatkovaa vääntöä sähkömoottori tuottaa noin 1600 newtonmetriä ja hetkellistä vääntöä jopa 2400 newtonmetriä. Polttokennon teho on 120 kW, akkukapasiteettia on 110 kWh ja polttoainesäiliöön mahtuu 50–70 kg vetyä. Toimintasäteeksi luvataan noin 600–800 kilometriä.

Hyzon Class 6 -mallissa on tehoiltaan samanlainen sähkömoottori, mutta jatkuvaa vääntöä on kasvatettu 1800 newtonmetriin. Polttokennon teho on 100 kW ja

akkukapasiteetti 55 kWh. Polttoainesäiliöön mahtuu 40 kg vetyä, jolloin toimintasäde on noin 560 kilometriä.

(Hyzon North American Vehicle Catalog, n.d.)

Hyzon Hymax-450 -mallissa on noin 600 hevosvoimaa, 240 kW polttokenno ja 140 kWh akusto. Mallin suurin sallittu kokonaispaino on 70 tonnia ja polttoainesäiliöön mahtuu 65 kg vetyä, jolloin toimintasäde on 650 kilometriä.

Hyzon Hymax-GSL -malli on sivusta kuormattava jäteauto, jossa on 335 hevosvoimaa, 60 kW polttokenno ja 140 kWh akusto. Polttoainesäiliöön mahtuu 20–25 kg vetyä, jolla voidaan ajaa 200 kilometriä ja kuormata 1500 kertaa.

(Hyzon AUS/NZ Vehicle Catalog, n.d.)

Myös Euroopan markkinoille on saatavilla vetykuorma-autoja. Hyundai toi XCIENT Fuel Cell -mallia Sveitsiin kymmenen kappaletta vuonna 2020. Hyundai aikoo valmistaa kyseistä mallia 1600 kappaletta vuoteen 2025 mennessä.

XCIENT Fuel Cell-mallissa on kaksi 95 kW polttokennoa, 73,2 kWh akusto ja seitsemän polttoainesäiliötä, joihin mahtuu 32 kg vetyä. 34 tonnin yhdistelmällä toimintasäde on noin 400 kilometriä. Hyundai kuitenkin pyrkii kehittämään mallistaan version, jonka toimintasäde on jopa 1000 kilometriä.

(Hyundai XCIENT Fuel Cell Heads to Europe for Commercial Use, 2020)

Jo nyt valmistetuilla malleilla voitaisiin toimintasäteen puolesta ajaa pidempiä runkolinjakuljetuksia, lyhyempiä paikalliskuljetuksia ja jätehuoltoa. Ongelmaksi muodostuu edellä mainittu jakelupisteiden puute Suomessa.

3 BIO- JA MAAKAASU

Bio- ja maakaasulla tarkoitetaan kaasua, joka syntyy mikrobien hajottaessa biomassaa hapettomissa olosuhteissa. Erona näillä kahdella on se, että biokaasua tuotetaan

kaasulaitoksilla orgaanisista jätteistä, kun taas maakaasua syntyy maan alla luonnollisesti. Maakaasua pidetään fossiilisena polttoaineena, mutta biokaasu on täysin uusiutuva energiamuoto. Kumpikin kaasuista on pääosin metaania, joka on herkästi syttyvää, jolloin se sopii hyvin polttoaineeksi. (*Maakaasu Ja Biokaasu - Suomen Kaasuenergia*, n.d.)

3.1 Toiminta

Kuten vetyautojen kohdalla, myös kaasuautoja tarkasteltaessa tulee ensin tutustua toimintaperiaatteeseen. Kaasuauton toimintaperiaate on hyvin samanlainen, kuin perinteisessä polttomoottoriautossa. Polttoaine syötetään palotilaan, se sytytetään ja palamisesta aiheutuva paineen kasvaminen liikuttaa mäntiä. Tämä liike-energia ohjataan kampiakselin, vaihteiston ja vetoakselien kautta renkaille.

Kaasuautojen moottoreista on useita erilaisia variantteja. Moottori voi olla pelkällä kaasulla toimiva, jolloin perinteisestä polttomoottorista joudutaan vaihtamaan polttoaineen syöttöjärjestelmä, eli suuttimet, kaasulle sopiviksi. Pelkällä kaasulla toimivassa moottorissa voidaan myös parantaa hyötysuhdetta nostamalla puristussuhdetta, eli käytännössä pidentämällä mäntien iskupituutta, jolloin polttoaine puristuu pienempään tilaan ja syttyessään tuottaa enemmän liike-energiaa samalla polttoainemäärällä. Jos alkuperäinen moottori on ollut dieselkäyttöinen, täytyy moottoriin lisätä myös sytytysjärjestelmä, sillä kaasu kestää hyvin kokoonpuristamista. Perinteisessä dieselmoottorissa polttoaine syttyy pelkän puristuksen avulla. (*Kaasuautot - Motiva*, 2020)

Moottori voi olla myös niin sanottu kaksoispolttoainemoottori, jolloin se käyttää kaasun lisäksi perinteisiä polttoaineita, kuten bensiiniä tai dieseliä. Tämä voidaan toteuttaa joko asentamalla erilliset polttoaineensyöttöjärjestelmät kaasulle ja bensiinille tai lisäämällä dieseliä kaasun sekaan, jolloin diesel sytyttää kaasun mäntien puristuksesta. (*Kaasuautot - Motiva*, 2020)

3.2 Haasteet

Bio- ja maakaasua voidaan tankata joko nestemäisenä tai kaasumaisena. Maakaasu täytyy jäähdyttää normaalissa ilmakehän paineessa -162 °C lämpötilaan, tai vaihtoehtoisesti 10 barin paineessa -130 °C lämpötilaan, jotta se muuttuu nestemäiseksi, eli LNG-kaasuksi. Nestemäisessä olomuodossa tilavuus pienenee noin 600-kertaisesti, jolloin sen sisältämä energia tilavuusyksikköä kohden on huomattavasti parempi. Ongelmana kuitenkin on se, että polttoaineen on oltava jatkuvasti jäähdytettynä, ettei se ala kaasuuntumaan ja laajenemaan. Laajenemisesta syntyvä paineen nousu aiheuttaa sen, että varoventtiilit aukeavat ja polttoaine pääsee ulkoilmaan. Metaani on myrkytöntä, mutta se on hiilidioksidin tavoin kasvihuonekaasu. Yksi kilo metaania vastaa noin 20 kiloa hiilidioksidia kasvihuonekaasuna, joten sen pääsyä ilmakehään tulee välttää. (Jukkara et al., 2020)

Jotta voitaisiin käyttää nestemäistä bio- tai maakaasua polttoaineena, on ajoneuvon oltava käytössä ympäri vuorokauden, tai polttoainesäiliön jäähdytys on järjestettävä ajoneuvon ulkopuolisin keinoin. Tämä lisää energiankulutusta, jolloin biopolttoaineen käytön positiiviset vaikutukset voivat pienentyä.

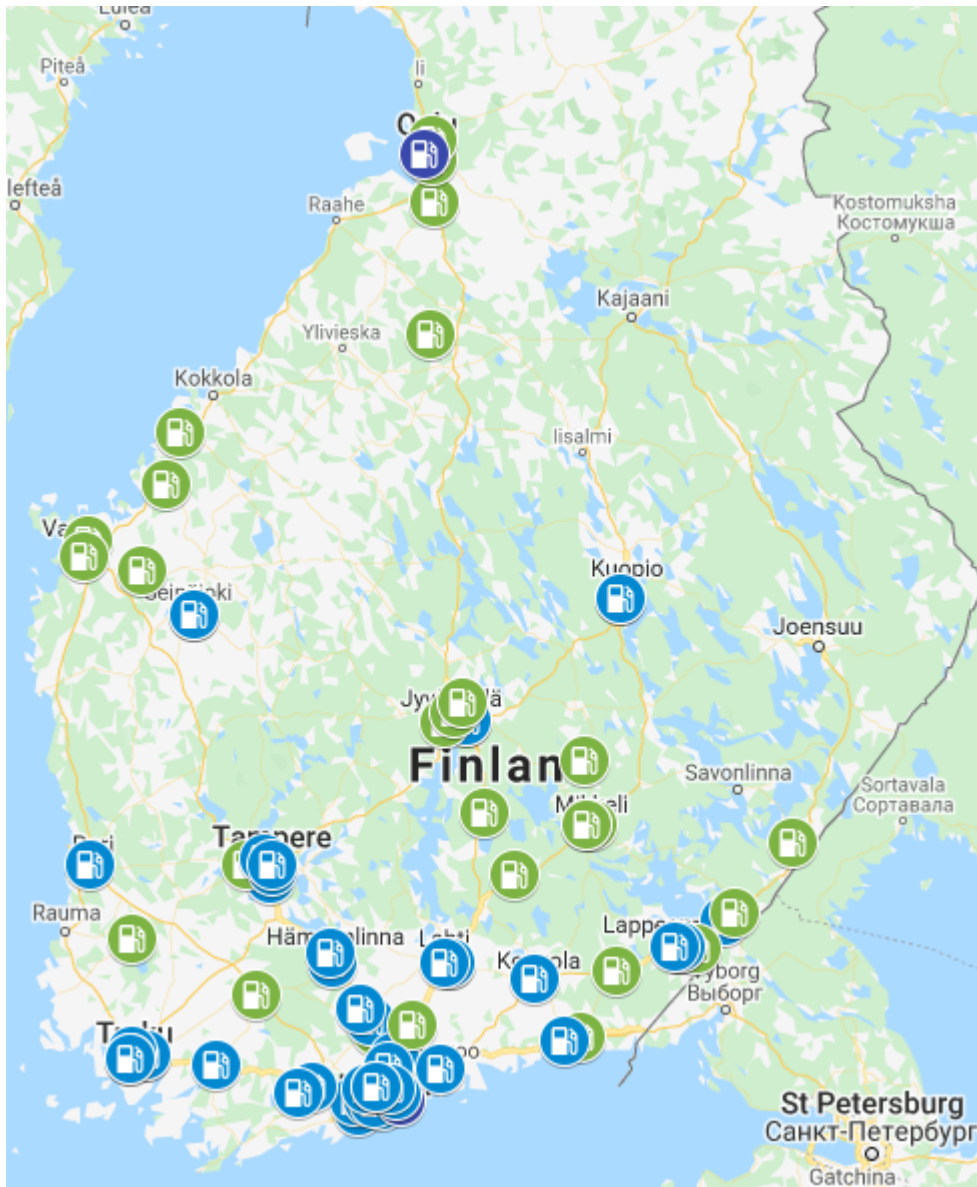
Kaasukuorma-autojen päästöihin vaikuttaa myös se, missä suhteessa perinteistä dieseliä ja kaasua käytetään. Monet ajoneuvovalmistajat lupailevat suuria päästövähennyksiä biokaasulla ajettaessa, mutta lukemat voivat olla harhaanjohtavia, jos kuitenkin ajetaan vielä osaksi dieselillä.

Kuten vedyllä, maa- ja biokaasun tiheys on melko matala, noin $0,73\text{ kg/m}^3$. ("Maa- Ja Biokaasun Käyttöturvallisuustiedote," 2017). Kaasumaisessa muodossa, eli CNG-kaasua käytettäessä, täytyy polttoaine tankata suureen paineeseen, kuten vedyn kohdalla. Bio- ja maakaasun käytössä tankkauspaineeksi riittää kuitenkin noin 200 baria. Myös tällöin polttoainesäiliöihin vaikuttaa painelaitelaki, kuten vedyn kohdalla, eli kaasujärjestelmään tai moottoriin tehtävät huolto- ja korjaustyöt saa tehdä vain valtuutettu ja koulutettu yritys.

3.3 Tankkausasemat

Kuvassa 2 näkyy biokaasun tankkausasemien sijainnit helmikuussa 2022. Vihreällä merkityt kohteet ovat biokaasun tankkausasemia, sinisellä merkityt bio- ja maakaasun tankkausasemia ja tummansinisellä merkityt ovat nesteytetyn maakaasun tankkausasemia. Bio- ja maakaasua kaasumuodossa tarjoavia asemia on Suomessa yhteensä 67 ja nestemäisessä muodossa tarjoavia asemia on 11.

Kuva 2. Bio- ja maakaasun tankkausasemat Suomessa



(Kaasuasemat, 2022)

3.4 Valmistetut mallit ja käyttökohteet

Iveco on tuonut markkinoille S-WAY-mallista LNG- ja CNG-versiot. Nämä kaasumallit ovat saatavilla 8,7 ja 12,9 litraisilla moottoreilla, joista pienemmällä tehoa saadaan 340 hevosvoimaa ja vääntöä 1500 Nm, ja suuremmalla 460 hevosvoimaa ja 2000 Nm. Suurin sallittu kokonaispaino on 50 tonnia. LNG-malleille luvataan parhaimmillaan 1600 kilometrin ja CNG-malleille 1000 kilometrin toimintasäde. Biokaasulla ajettaessa CO₂-päästöjen luvataan laskevan 95 %.

(IVECO S-WAY -KAASUMALLI, n.d.)

Myös Volvo on tuonut markkinoille kaasumalleja, kaksi LNG-käyttöistä, ja yhden CNG-käyttöisen. FM- ja FH-mallit ovat LNG-käyttöisiä ja niihin on saatavilla kaksi eri moottorivaihtoehtoa, 420 hevosvoimaa ja 2100 Nm tai 460 hevosvoimaa ja 2300 Nm tuottava versio. Kummallekin mallille luvataan enimmillään 1000 kilometrin toimintasäde. Suurin sallittu kokonaispaino on 70 tonnia ja käytönaikaisten CO₂-päästöjen luvataan laskevan noin 20 %. Laskennassa otetaan huomioon myös perinteisen dieselin CO₂-päästöt.

(Kaasukäyttöinen Volvo FH | Volvo Trucks, n.d.; Kaasukäyttöinen Volvo FM | Volvo Trucks, n.d.)

Volvon CNG-käyttöinen FE-malli on suunniteltu jätehuollon kuljetuksiin. Siinä on pelkästään bio- tai maakaasua käyttävä moottori, joka tuottaa 320 hevosvoimaa ja 1356 Nm. CO₂-päästöjen luvataan tippuvan jopa 100 %, kun tarkastellaan vain käytönaikaisia päästöjä. Jätehuollon tehtävissä luvataan 250 kilometrin toimintasäde ja kevyessä jakelukäytössä 400 kilometrin toimintasäde.

(Volvo FE – CNG | Volvo Trucks, n.d.)

Kuten kuvasta 2 nähtiin, tankkausasemat ovat suurimmaksi osaksi keskittyneet Etelä-Suomen alueelle. Edellä mainittujen mallien toimintasäteillä voitaisiin suuri osa Suomen tavaraliikenteestä ja jätehuollosta suorittaa kaasuautojen avulla. Ongelmaksi muodostuu se, ettei kaasua ja dieseliä käyttävät kuorma-autot vähennä päästöjä kovin paljon, jolloin pidemmän aikavälin tavoitteet eivät täyty. Pelkällä kaasulla ajettaessa taas toimintasäde kärsii, jolloin runkolinjan kuljetukset täytyy hoitaa muilla keinoilla tai laajentaa tankkausinfraa.

4 E85-BIOETANOLI, BIODIESEL JA UUSIUTUVA DIESEL

4.1 E85-bioetanoli

E85-bioetanolilla tarkoitetaan polttoaineseosta, joka sisältää enintään 85 % bioetanolia ja minimissään 15 % perinteistä bensiiniä. E85-polttoaineen käyttö vaatii FlexFuel-muutossarjan tavalliseen bensiiniautoon, ja muutoksen jälkeen voidaan vähentää ajoneuvon hiilidioksidipäästöjä jopa 80 %. Polttoaineen sisältämä bioetanoli valmistetaan orgaanisista jätteistä, joka tekee bioetanolin osuudesta uusiutuvaa polttoainetta. Vähintään 15 % polttoaineesta on kuitenkin uusiutumaton bensiiniä. (*E85 Polttoaine - EFlexFuel Technology, 2022*)

Vaikka E85-polttoaineen avulla ei päästäkään täysin fossiilittomaan tulevaisuuteen, suunta on silti oikea ja sopii henkilöautojen liikennepäästöjen vähentämiseen. Kuten johdantokappaleessa mainittiin, 97,5 % Suomen kuorma-autoista käyttää polttoaineenaan dieseliä, joten E85-polttoaineen käyttö ei onnistu pelkällä FlexFuel-muutossarjalla. Uusia E85-käyttöisiä kuorma-autoja ei markkinoilla ole.

4.2 Biodiesel

Kun puhutaan ympäristöystävällisestä dieselistä, on olemassa biodieseliä ja uusiutuvaa dieseliä. Ensimmäisen sukupolven biodiesel tarkoittaa sekoitusta, joka sisältää maksimissaan 7 % biopolttoainetta ja loput perinteistä dieseliä. (*Biodiesel Ja Uusiutuva Diesel | Neste, n.d.*)

Biodieselin pitkäaikainen käyttö voi vaurioittaa moottorin tiivisteitä, heikentää moottoriöljyn voiteluominaisuuksia ja tukkia suodattimia. Näistä syistä monet autovalmistajat ovat ilmoittaneet, ettei biodieseliä saa käyttää heidän valmistamissaan ajoneuvoissa. (*Uusiutuva Diesel - Motiva, 2020*)

4.3 Uusiutuva diesel

Uusiutuva diesel on biopolttoainetta, jota valmistetaan kasviöljyistä ja erilaisista jätteistä. Sitä voidaan käyttää kaikissa dieselmootoreissa kaikissa sekoitussuhteissa, tai

jopa sellaisenaan ilman perinteistä dieseliä. Uusiutuvalla dieselillä on korkea setaaniluku, hyvät kylmäominaisuudet, pitkä säilyvyys sekä sen käytöstä syntyy jopa 90 % vähemmän päästöjä verrattuna perinteiseen fossiiliseen dieseliin. (*Biodiesel Ja Uusiutuva Diesel* | Neste, n.d.) Suomessa uusiutuvaa dieseliä Suomessa myy Neste nimellä Neste MY ja ST1 nimellä HVO-diesel.

4.4 Haasteet

Varsinkin Neste MY on ollut paljon keskustelun kohteena. Sen ympäristöystävällisyyttä on kyseenalaistanut ainakin YLE sekä Greenpeace.

Greenpeace julkaisi vuonna 2020 artikkelin, jossa puhutaan biodieselin ja uusiutuvan dieselin päästöistä. Ensimmäisen sukupolven biodiesel valmistetaan palmuöljystä. Palmuviljelmille tehdään tilaa kaatamalla sademetsää, jolloin vähennetään hiilidioksidia sitovan kasvillisuuden määrää. Tutkijat ja ympäristöjärjestöt ilmaisivat kritiikkiä palmuöljyn käyttöä vastaan ja EU reagoi tähän rajoittamalla ruokakasveista valmistettujen polttoaineiden käyttöä. Neste kehitti uuden tekniikan, jolla tuotetaan palmuöljyn sivuvirtana syntyvän PFAD:n, eli rasvahappotisleen, avulla toisen sukupolven uusiutuvaa dieseliä. PFAD luokitellaan Suomessa jätteeksi, joten Neste MY-polttoainetta voidaan markkinoida 100 % jätteistä tuotettuna polttoaineena. (Huuhtanen Elias, 2020)

Nesteen mukaan heidän PFAD:n kulutuksensa ei vaikuta sademetsien raivaamiseen, koska tislettä syntyy joka tapauksessa, koska palmuöljyä valmistetaan ruokateollisuuden tarpeisiin. Ennen kuin tislettä alettiin käyttämään polttoaineen valmistuksessa, palmuöljyn valmistuksessa syntynyt tisle myytiin esimerkiksi saippuan, kosmetiikkatuotteiden ja eläinrehun valmistukseen. Nyt kun tislettä haluavat myös polttoaineen valmistajat, kysyntä on suurempaa ja palmuöljyä on tuotettava lisää. Kasvaneen kysynnän myötä myös sademetsien kaataminen nopeutuu. (Ikävalko Kari, 2020)

Kestämättömän palmuöljytuotannon päästöt on laskettava mukaan uusiutuvan dieselin päästöihin.

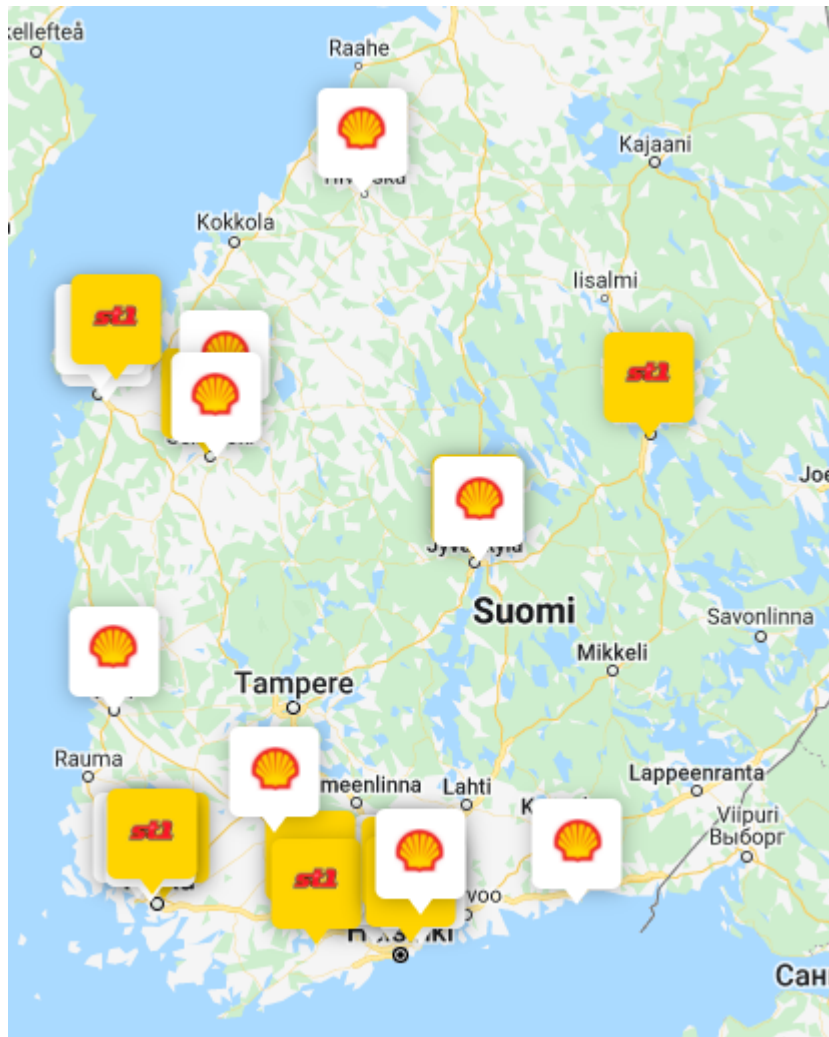
4.5 Tankkausasemat

Neste MY-dieseliä myydään 144 tankkausasemalla, jotka näkyvät kuvassa 3 ja ST1:n vastaavaa HVO-dieseliä myydään 30 asemalla, jotka näkyvät kuvassa 4. Tankkausasemat muodostavat melko kattavan verkon, varsinkin Etelä-Suomen alueelle. Nykyisellä jakeluverkolla pystyttäisiin suorittamaan suuri osa runkolinjojen ja paikalliskuljetusten liikenteestä uusiutuvan dieselin avulla.

Kuva 3. Neste MY tankkausasemat (*Asemat - Neste MY, n.d.*)



Kuva 4. HVO-dieselin tankkausasemat (*Asemahaku - St1, n.d.*)



5 HYBRIDI

Hybridiautolla tarkoitetaan ajoneuvoa, jossa on kaksi tai useampia voimanlähteitä. Yleisimmin voimanlähteinä on sähkö- ja polttomoottori. Hybriditeknologialla saadaan tarpeen vaatiessa paljon tehoa ja laaja vääntöalue, mutta esimerkiksi kaupunkiympäristössä voidaan ajaa pelkällä sähköllä.

5.1 Toiminta

Hybridin toimintaperiaate on melko yksinkertainen, perinteisen polttomoottorin rinnalle on asennettu sähkömoottori, joka saa virtansa akusta. Sähkövirran loppuessa

vaihtuu voimanlähteeksi polttomoottori, jolloin toimintasäde ei rajoitu lataussähkön varaan. Akkuihin ladataan virtaa moottorijarrutuksissa ja polttomoottorin käydessä.

Markkinoilla on myös ladattavia hybridejä, jolloin akkua voidaan ladata myös verkkosähköllä. Tällöin päästöjä pystytään laskemaan tehokkaammin, kun lyhyimmät matkat voidaan suorittaa pelkän sähkömoottorin avulla, eikä polttomoottoria tarvita akkujen lataamiseen.

5.2 Haasteet

Hybriditeknikka on käytön kannalta loistava ratkaisu, mutta päästöongelmia se ei ratkaise. Scania kertoo sivuillaan, että hybriditeknologian ja uusiutuvan dieselin yhteiskäytöllä voidaan saavuttaa jopa 92 % pienemmät päästöt. (*Hybridi Ja Pistokeyhybridi*, n.d.). Sivustolla ei kuitenkaan kerrota, paljonko päästöt laskevat perinteistä dieseliä käytettäessä ja mittaus on tässä tapauksessa suoritettu niin sanotulla ”tank-to-wheels”-mittaustavalla, eli päästöt lasketaan vain polttoaineen käytöstä, ei sen tuotannosta.

Hybridikuorma-autojen hankkiminen on Suomessa hyvin vähäistä. Hybridikuorma-autojen markkinat ovat hyvin suppeat ja hinnat perinteisiä polttomoottorimalleja korkeammat. Yhden hybridirekan hinta on noin 45 000 € kalliimpi kuin perinteinen dieselsersio (Tornberg, 2019).

Vuonna 2019 rekisteröitiin Suomeen 4000 uutta kuorma-autoa, joista yksi oli hybridi (*Fossiilittoman Liikenteen Tiekartta -Työryhmän Loppuraportti*, 2020).

Hybridikuorma-autojen vähyden takia niiden todellisista päästöistä ei ole kunnollista tilastotietoa saatavilla.

Hybridiautojen huolto on tarkempaa kuin tavallisen henkilö- tai kuorma-auton. Hybrideissä on korkeajännitekomponentteja, joiden vuoksi asentajan tulee olla pätevä ja turvallisuuskoulutettu korkeajännitetöihin. (*Ladattava Hybridiauto - Motiva*, 2020)

Varsinkin ladattavissa hybrideissä tilaa tarvitaan myös akustolle. Täyssähköisiin kuorma-autoihin verrattuna akkuja on paljon vähemmän, mutta painon lisäys on silti selkeä. Tätä kompensoidaan kuorma-autoissa antamalla hybridikuorma-autoille yhden

tonnin suurempi sallittu kokonaismassa, jolloin hyötykuorma pysyy suhteessa samana kuin tavallisessa kuorma-autossa (*Uusi Sisu Polar Rock Hybridi Pääkaupunkiseudulle - Konepörssi.Com*, 2019)

5.3 Valmistetut mallit ja käyttökohteet

Sisu on tuonut markkinoille Polar Hybrid -mallin, jonka diesel- ja sähkömoottorit yhdessä tuottavat 900 hevosvoimaa ja 3600 Nm vääntöä. Sähkömoottorin suurin vaikutus näkyy laajassa vääntöalueessa, jo dieselmoottorin tyhjäkäyntikiertoilla on yli 3000 Nm käytössä.

(SISU Polar Hybrid -Mallisto Vie Kuorma-Autojen Huipputehot Uuteen Luokkaan | Sisu Auto, n.d.)

Suuri teho ja viiveetön vääntö on eduksi, kun kuljetetaan raskaita kuormia vaikeakulkuisessa maastossa, esimerkiksi tukkien siirrossa pois hakkuualueilta.

6 TÄYSSÄHKÖ

6.1 Toiminta

Täyssähköautossa on polttomoottorin sijaan yksi tai useampi sähkömoottori, jotka saavat virtansa akuista. Käyttöajan ulkopuolella akkuja voidaan ladata ulkoisilla latureilla ja ajon aikana akut latautuvat moottorijarrutuksissa. Täyssähköautossa ei ole varavoimanlähettä, kuten esimerkiksi hybridissä, joten sen toimintasäde on hyvin rajallinen. Sähkömoottorin avulla saadaan käyttöön paljon vääntöä ilman viivettä, jota kuorma-autot tarvitsevat esimerkiksi liikkeelle lähettäessä ja ylämäissä.

Vaikka täyssähköauton hankintahinta on korkeampi verrattuna perinteiseen dieselauttoon, ovat energiakulut selvästi matalammat. Henkilöautojen kokoluokassa dieselauton energiakulut ovat keskimäärin 8 €/100 km ja täyssähköautolla 2 €/100 km

(*Sähköautot - Motiva*, 2021) Kuorma-autojen kohdalla energiakulut ovat tietysti suuremmat, mutta suhde pysyy samana, jolloin käytönaikaiset säästöt ovat suuret.

6.2 Johdinverkko

Akullisen sähköauton lisäksi on suunniteltu johdinverkkoa, jolloin sähköautojen moottorit ottaisivat virran suoraan johdinverkosta akuston sijaan, kuten junaverkoissa. Kuorma-autoista voitaisiin jättää akut pois, jolloin valmistuksessa syntyvät päästöt vähenisivät merkittävästi. Pitkät runkolinjat voitaisiin ajaa paikallispäästöttömästi ja edullisesti, minkä lisäksi melutaso olisi merkittävästi pienempi.

Konseptia on testattu Ruotsissa, Saksassa ja Italiassa. Ruotsin testirata on 2 kilometriä, Saksan 5 kilometriä ja Italian 6 kilometriä pitkä. Ratojen tarkoituksena on kerätä tietoa johdinverkon toimivuudesta, ennen kuin tehdään päätöksiä suuremman verkon toteuttamisesta

(First Electric Road in Sweden Inaugurated - Trafikverket, 2016; First German E-Road Trial Now Fully Operational, 2020; Italy To Start Electric Road Trials With Backing From Scania, Siemens, 2018).

6.3 Haasteet

Sähköauton akkujen tuotannosta syntyy päästöjä. Tällä hetkellä sähköauton akut ovat yleisimmin litiumakkuja ja tällaisen akun valmistamiseen tarvitaan paljon nikkeliä, litiumia ja kobolttia. Suurin osa koboltista tulee Kongosta ja sen tuotantoon liittyy paljon ympäristö- ja ihmisoikeusongelmia. Nikkelin ja koboltin louhinnan sivuvirtana syntyy paljon ympäristölle haitallista rikkiä, ja louhinnassa käytetään usein hyväksi lapsityövoimaa. Näitä ongelmia yritetään jatkuvasti ratkaista ja yksi lupaava innovaatio on natriumakku, jonka raaka-aineena on natrium, pii, hiili ja rikki. Näitä raaka-aineita on helposti saatavilla, eikä valmistus kuormita ympäristöä. Tekniikka on kuitenkin vasta kehitysvaiheessa ja vaikka testit ovat lupaavia, vielä ei voida todellisuudessa tietää natriumakun toimivuudesta.

(Sähköautot Yleistyvät Vauhdilla, Mutta Litiumakkuja Varjostaa Lapsityövoima Ja Ympäristötuhot | Tiede | Yle.Fi, 2021).

Vaikka sähköauton moottorissa ei synny päästöjä samalla tavalla kuin polttomoottorissa, lasketaan sen päästöiksi silti sähköntuotannosta syntyvät päästöt. Sähköautojen ympäristövaikutukset riippuvat siis paljon siitä, miten akut ja niiden raaka-aineet tuotetaan, miten auton käyttämä sähkö tuotetaan ja kuinka pitkä elinkaari autolla on. Tämä pätee akkusähköllä ja johdinverkon sähköllä toimiviin kuorma-autoihin, jolloin niiden ympäristövaikutukset ovat hyvin paikkariippuvaisia. Jos maassa käytetään paljon esimerkiksi kivihiiltä sähköntuotannossa, ovat silloin siellä käytettävien sähköautojen päästöt korkeammat kuin maassa, jossa sähkö tuotetaan ydinvoimalla tai uusiutuvasti.

6.4 Käyttökohteet ja valmistetut mallit

Volvo on valmistanut 5 erilaista täyssähköistä kuorma-automallia. FH Electric- ja FM Electric -mallit on tarkoitettu kaupunkien ja logistiikkakeskusten välisiin matkoihin ja FMX Electric kaupunkirakentamiseen ja työkonekuljetuksiin. Tekniikaltaan nämä kolme mallia ovat hyvin samanlaisia. Akkujen yhteiskapasiteetti on maksimissaan 540 kWh, sähkömoottoreita on 2–3 ja tehoa saadaan 450–666 hevosvoimaa. Mallien kokonaisomapaino on enintään 44 tonnia ja toimintasäde vaihtelee käytön mukaan 300–380 kilometrin välillä.

FE Electric- ja FL Electric -mallit on suunniteltu kaupunkijakelun ja jätehuollon tehtäviin. FE-malli on suunniteltu raskaampiin kuljetuksiin, mallin maksimi kokonaispaino on 27 tonnia ja jatkuva teho 544 hevosvoimaa. Toimintasäde jää enimmillään 200 kilometriin. FL-mallin maksimi kokonaispaino on vain 16,7 tonnia ja teho 130 kW, mutta toimintasäde on korkeampi, enintään 300 kilometriä.

(Sähkökuorma-Autot | Volvo Trucks, n.d.)

Scanian valmistama täyssähköinen BEV-malli on myös suunniteltu kaupunkijakeluun, jätehuoltoon ja kaupunkirakentamiseen. Malli on saatavilla 5 tai 9 akulla, joiden yhteiskapasiteetti on 165 tai 300 kWh. Maksimi kokonaispaino on 29 tonnia ja voimallään on yksi sähkömoottori, josta saadaan jatkuvaa tehoa noin 300 hevosvoimaa.

(Sähkökuorma-Auto, n.d.)

Vastaavia malleja on valmistanut myös DAF, Kenworth ja MAN. Mallit ovat teknikaltaan ja toimintasäteeltään hyvin samankaltaisia edellä mainittujen mallien kanssa.

Eniten keskustelua on kuitenkin aiheuttanut Tesla Semi, jolle luvataan jopa 800 kilometrin toimintasädettä, alle 2 kWh:n kulutusta mailia kohden sekä noin 164 000 € pohjahintaa. Semille luvataan myös kahden vuoden takaisinmaksuaika, joka perustuu polttoainesäästöihin, mutta laskennassa on otettava huomioon Suomen hintataso ja olosuhteet. Semi ei ole vielä tuotannossa, vain varattavissa. *(Semi | Tesla, n.d.)*

Edellä mainituista malleista monet tähtäävät vain lyhyeen kaupunkiajoon alle 400 kilometrin toimintasäteellä, eikä täysin akkusähköllä toimivia malleja runkolinjojen kuljetuksiin ei ole saatavilla. Tulevaisuudessa on kuitenkin mahdollisesti saatavilla malleja, kuten Tesla Semi, joiden toimintasäde on huomattavasti suurempi. Näillä malleilla olisi mahdollista ajaa myös runkolinjakuljetuksia.

7 HAASTATTELUT

7.1 Ensimmäinen haastattelu

Haastattelin Logistiikkayritysten Liitto ry:n toimitusjohtaja Pekka Aaltosta puhelimitse 8.3.2022. Lähetin etukäteen muutamia kysymyksiä sähköpostitse, joiden pohjalta lähdimme keskustelemaan aiheesta. Vastaukset on kirjoitettu muistiinpanojen pohjalta.

Mikä on teidän mielestänne sopivin korvaaja fossiilisille polttoaineille?

- Voittavaa tekniikkaa ei ole julkistettu. Biopolttoaineiden raaka-aineet eivät riitä koko liikenteen käyttöön, varsinkaan kun niistä kilpailevat myös lento- ja laivaliikenne sekä tulevaisuudessa mahdollisesti muut EU-maat. Näillä

näkymin raskaan liikenteen osalta vetykäyttöiset kuorma-autot ovat todennäköisin vaihtoehto kaukokuljetuksiin ja akulliset sähkökuorma-autot lähijakealuun. Vety- ja sähköautojen käytössä täytyy kuitenkin muistaa huomioida vedyn, akustojen ja sähkön tuotannosta syntyvät päästöt.

Millaisia "porkkanoita" valtio voisi luvata, jotta logistiikkayritykset alkaisivat harkitsemaan biopolttoaineisiin siirtymistä?

- Uudet verot tai vanhojen korottaminen ei ole toimiva ratkaisu, vaan tarvitaan tukia ja kannustimia, jotta muutos tapahtuu. Tarvitaan kuitenkin pitkän ajan näkymä, jotta voidaan luoda toimiva tukijärjestelmä ja tähän menee aikaa.

Mikä on mielestänne suurin tekijä logistiikkayritysten keskuudessa siihen, ettei vihreää siirtymää ole alettu jo tekemään suuremmassa mittakaavassa?

- Pitäisi olla jotain mihin siirtyä, mutta tässä tilanteessa syntyy ns. ”muna vai kana”-ilmiö. Tarvitaan latauspisteitä tai tankkausasemia, jotta autoja ostettaisiin, mutta latauspisteiden ja tankkausasemien rakennuttamista varten tarvittaisiin ostettuja autoja. Energiaturroksen aikana on vaikea siirtyä uuteen tekniikkaan, joka voi olla pian vanhentunutta. Ennakoasenteet ja mielipiteet vihreää siirtymää kohtaan eivät ole enää ongelma.

Mitkä ovat kuorma-autojen sähköistymisen suurimmat haasteet?

- Pitkän matkan kuljetuksiin akkutekniikka tulee tuskin koskaan sopimaan. Yhden täyssähköisen kuorma-auton akuston raaka-aineilla voidaan valmistaa akut 20–30 sähköhenkilöautoon. Myös Suomen sääolosuhteet vaikuttavat akkuihin, jolloin toimintasäde laskee huomattavasti luvatusa.

Johdinverkoston eli sähkötien hinta voi nousta todella suureksi ja sen rakennuttamisen jälkeen olisi saatava johdinverkostolle sopivia autoja nopeasti käyttöön, jotta verkosta olisi hyötyä. Myös johdinverkon ja kohteen välinen kuljetus vaatisi ratkaisuja.

Pitäisikö mielestänne biopolttoaineiden tuotantoa keskittää enemmän Suomeen, vai ostaa sitä ulkomailta?

- Biopolttoaineiden raaka-aineet eivät riitä Suomessa, jos niiden käyttö kasvaa merkittävästi. Esimerkiksi Nesteen tislaamot ovat Rotterdamissa ja

Singaporessa sen takia, että sieltä saadaan helposti raaka-aineet läheltä. Bio-kaasutuotantoon voidaan hyödyntää suomalaisia maatiloja, mutta monen pientuotannon yhdistäminen toimivaksi jakeluksi on haastavaa.

7.2 Toinen haastattelu

Haastattelin Twine Linen toimitusjohtaja ja Hämeen Kuljetuksen hallituksen jäsentä Lasse Mikkolaa 19.4.2022. Vastaukset on kirjoitettu sähköpostikeskustelujen pohjalta.

Mikä on teidän mielestänne sopivin korvaaja fossiilisille polttoaineille?

- Biopolttoaineet ja vety. Jos akkujen kokoa ja painoa saadaan pienennettyä ja akkukapasiteettia kasvatettua, myös täyssähkö on potentiaalinen vaihtoehto.

Millaisia "porkkanoita" valtio voisi luvata, jotta logistiikkayritykset alkaisivat harkitsemaan biopolttoaineisiin siirtymistä?

- Suuriltaosin raha ratkaisee. Vihreät arvot tulevat mukaan, mikäli kustannukset eivät juurikaan nouse. Avustusten avulla yritykset voisivat kompensoida hintaeroja, joita siirtymästä syntyy.

Mikä on mielestänne suurin tekijä logistiikkayritysten keskuudessa siihen, ettei vihreää siirtymää ole alettu jo tekemään suuremmassa mittakaavassa?

- Jakeluinfra ei ole vielä riittävän kattavaa, sekä siirtymän hinta on liian korkea ilman edellä mainittuja avustuksia.

Pitäisikö mielestänne biopolttoaineiden tuotantoa keskittää enemmän Suomeen, vai ostaa sitä ulkomailta?

- Biopolttoaineiden valmistus kotimaisesti on ehdottomasti järkevää kehitystä. Biotuotteiden kierrätystä voitaisiin viedä nykyistä pidemmälle Suomessa.

Mitkä ovat kuorma-autojen sähköistymisen suurimmat haasteet?

- Akkujen koko, paino ja latausajat. Akkujen viemä tila pienentää oleellisesti hyötykuormaa, jonka mukaan kuljetuksen tonnihinta muodostuu. Akkujen lataamispaikat sekä latausajat työn ohessa tuottavat myös suuria haasteita, koska

akut pitäisi saada ladattua lastaus- ja purkupaikoilla pysähdysten aikana. Autojen pysäyttäminen latauspaikoille lastaus- ja purkupaikkojen välillä ei ole kannattavaa.

Esimerkiksi vedyn jakelupisteiden rakentamisessa on ongelmana, ettei ole vetyautoja ja vetyautoja ei osteta, koska ei ole jakeluinfraa. Millaisilla keinoilla tätä ongelmaa voitaisiin ratkaista?

- Ensi alkuun voitaisiin rakentaa alueellista jakeluinfraa ja saada myytyä pieni määrä ajoneuvoja liikennöimään alueelle. Tämän jälkeen infraa voitaisiin pikkuhiljaa lähteä laajentamaan.

Onko teidän yrityksenne tavoitteena siirtyä ympäristöystävällisempiin ajoneuvoihin? Jos kyllä, niin millaisella aikataululla ja millaisiin autoihin?

- Kyllä se aikomuksena on. Realistisesti aikataulu on pitkä, sillä kalustomme koostuu keskiraskaista ja raskaista yhdistelmistä, eikä vaihtoehtoisten ajoneuvojen markkinat ole vielä kovin laajat.

8 YHTEENVETO

Tällä hetkellä selkeää voittavaa teknologiaa ei ole vielä ratkaistu, mutta potentiaalisia vaihtoehtoja ja halua ongelmien ratkaisemiseksi löytyy. On siis tärkeää, että pysytään avoimena eri vaihtoehdoille. On myös ehdottoman tärkeää tutkia polttoaineen koko elinkaaren päästöjä, jotta nähdään todelliset ympäristövaikutukset. Eri tekniikoiden välistä tarkkaa päästövertailua on hyvin vaikea tehdä, sillä luotettavaa ja vertailukelpoista tilastotietoa ei juurikaan ole saatavilla. Ajoneuvo- ja polttoainevalmistajat yleensä ilmoittavat tuotteidensa päästöt vain tietyiltä osin, kuten ajon aikaiset päästöt. Tällöin koko valmistusprosessin ja raaka-aineiden hankinnan päästöt jäävät piiloon, vaikka ne ovat merkittävä osa tuotteiden ympäristövaikutusta.

Haastatteluista näkyi selvästi, ettei vihreää siirtymää jarruta logistiikkayritysten ennakoluulot ja asenteet, vaan muutokseen ollaan valmiita sopivien avustusten ja toimivan jakeluinfran toteutuessa.

Tässä työssä läpikäydyistä tekniikoista potentiaalisin korvaaja fossiilisille polttoaineille on vety. Jo nyt tuotannossa olevilla malleilla ja vedyn jakeluinfralla pystyttäisiin suorittamaan suuri osa Keski-Euroopan tavaraliikenteestä. Kehittämällä vedyn tuotantoa tehokkaampaan ja hiilidioksidipäästöttömämpään suuntaan, sekä laajentamalla jakeluinfraa pystyttäisiin koko Euroopan kuorma-autoliikenteen päästöjä laskemaan merkittävästi.

Toinen potentiaalinen vaihtoehto on täyssähköiset kuorma-autot, sillä vedyn tapaan ne eivät tuota ajonaikaisia päästöjä lainkaan. Tällä hetkellä tuotannossa olevilla malleilla pystyttäisiin hoitamaan suuri osa lyhyemmistä ajoista, kuten jakelun tai jätehuollon ajot. Akkuteknologia kehittyy jatkuvasti ja jos akkujen ongelmiin keksitään kestävätkä ratkaisut, on potentiaali valtava. Elämme kuitenkin energiamurroksen aikaa, joten on mahdotonta arvioida paljonko sähkö maksaa tulevaisuudessa. Sähkön hinnan noustessa voi täyssähköautot muuttua kannattamattomiksi.

Lyhyen aikavälin päästöjen alentaminen on mahdollista myös muilla tekniikoilla, kuten hybrideillä tai uusiutuvalla dieselillä, mutta kun on mahdollisuus kehittää esimerkiksi vety- tai täyssähköautoja, joista ei synny ajonaikaisia päästöjä lainkaan, ei ole syytä tukeutua saastuttaviin polttoaineisiin tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- Asemahaku - St1.* (n.d.). Retrieved March 7, 2022, from <https://www.st1.fi/asemahaku/?f=%7B%22fuels%22%3A%5B%22finland%2Fdiesel-HVO%22%5D%2C%22stationTypes%22%3A%5B%22%21finland%2Fmarinestation%22%5D%2C%22services%22%3A%5B%22%21finland%2Fploq%22%5D%7D>
- Asemat - Neste MY.* (n.d.). Retrieved March 7, 2022, from <https://nestemy.fi/asetat>
- Biodiesel ja uusiutuva diesel | Neste.* (n.d.). Retrieved March 1, 2022, from <https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>
- Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti.* (2020).
- E85 polttoaine - eFlexFuel Technology.* (2022). <https://eflexfuel.com/fi/e85-fuel>
- Finlex www-sivut. (2016). *FINLEX*® - Ajantasainen lainsäädäntö: *Painelaitelaki 1144/2016.*
- First electric road in Sweden inaugurated - Trafikverket.* (2016, June 22). <https://www.trafikverket.se/en/startpage/about-us/news/2016/2016-06/first-electric-road-in-sweden-inaugurated/>
- First German e-road trial now fully operational.* (2020, August 18). <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2020/first-german-e-road-trial-now-fully-operational.html>
- Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti.* (2020).
- H2.LIVE: Wasserstofftankstellen in Deutschland & Europa.* (2022). <https://h2.live/>
- Huuhtanen Elias. (2020, September 30). *Pelastuuko maailma tankkaamalla NesteMY:tä?* Greenpeace Suomi. <https://www.greenpeace.org/finland/blogit/5797/pelastuuko-maailma-tankkaamalla-nestemyta-hallituksen-omistajaohjauslinjaus-haastaa-myos-nesteen/>
- Hybridi ja pistokehybridi.* (n.d.). Retrieved March 11, 2022, from <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehtoiset-polttoaineet/hybridi.html>
- Hydrogen as fuel for fuel cell electric vehicles.* (n.d.). IEA Technology Collaboration Programme. Retrieved February 16, 2022, from <https://www.ieafuelcell.com/index.php?id=33>
- Hyundai XCIENT Fuel Cell Heads to Europe for Commercial Use.* (2020, July 8). <https://hyundai-hm.com/en/2020/07/08/worlds-first-fuel-cell-heavy-duty-truck->

hyundai-xcient-fuel-cell-heads-to-europe-for-commercial-use/?fbclid=IwAR1-1CZml8VCzviEYHWALa6Ie4x6xhGWlstoQUFONr7z5eHiMsNod_ie7ZA
Hyzon AUS/NZ Vehicle Catalog. (n.d.). Retrieved March 17, 2022, from <https://hyzonmotors.com/wp-content/uploads/2021/10/Hyzon-HyMax-450-HyMax-GSL-update-251021.pdf>

Hyzon North American Vehicle Catalog. (n.d.). Retrieved March 17, 2022, from https://hyzonmotors.com/wp-content/uploads/2021/09/022583_Hyzon-Sell-Sheets-V7-Spreads.pdf

Ikävalko Kari. (2020, March 1). Tutkijan väite: Nesteen biodiesel lisää reippaasti ilmastopäästöjä – Neste pitää raaka-ainettaan jätteenä. *Yle.* <https://yle.fi/uutiset/3-11185697>

Italy To Start Electric Road Trials With Backing From Scania, Siemens. (2018, September 26). <https://insideevs.com/news/340582/italy-to-start-electric-road-trials-with-backing-from-scania-siemens/>

IVECO S-WAY -KAASUMALLI. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from <https://www.iveco.com/finland/tuotteet/pages/iveco-sway-gas.aspx#overview>

Jukkara, M., Scania, T. /, & Oy, S. (2020). *Biokaasu raskaan liikenteen näkökulmasta. Kaasuasemat.* (2022, February 16). Google Maps. https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1pbnHU_8pwXMh1LWkglmwAyepBYs&shorturl=1&ll=63.05098033040938%2C28.141221679967764&z=6

Kaasuautot - Motiva. (2020, August 4). Motiva. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/kaasuautot

Kaasukäyttöinen Volvo FH | Volvo Trucks. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng.html>

Kaasukäyttöinen Volvo FM | Volvo Trucks. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fm/volvo-fm-lng.html>

Kuinka vetypolttokennolla varustettu sähkökuorma-auto toimii? (n.d.). Retrieved March 17, 2022, from <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/newsroom/news/2021/how-does-a-hydrogen-fuel-cell-electric-truck-work.html>

Ladattava hybridauto - Motiva. (2020, August 4). https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/ladattava_hybridauto

- Maa- ja biokaasun käyttöturvallisuustiedote. (2017). *Gasum*, 5.
- Maakaasu ja biokaasu - Suomen Kaasuenergia*. (n.d.). Suomen Kaasuenergia. Retrieved February 16, 2022, from <https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>
- Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet: Vety*. (2021, May 27). <https://www.ttl.fi/ova/vety.html>
- Paketti- ja kuorma-autojen käyttövoimat | Liikennefakta*. (2022, February 15). <https://liikennefakta.fi/fi/ymparisto/paketti-ja-kuorma-autot/paketti-ja-kuorma-autojen-kayttovoimat>
- Paketti- ja kuorma-autojen päästöt ja kulutus | Liikennefakta*. (2021, August 24). <https://liikennefakta.fi/fi/ymparisto/paketti-ja-kuorma-autot/paketti-ja-kuorma-autojen-paastot-ja-kulutus>
- Sähköautot - Motiva*. (2021, December 15). https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot
- Sähköautot yleistyvät vauhdilla, mutta litiumakkuja varjostaa lapsityövoima ja ympäristöuhot | Tiede | yle.fi*. (2021, May 19). Yle. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2021/05/19/sahkoautot-yleistyvat-vauhdilla-mutta-litiumakkuja-varjostaa-lapsityovoima-ja>
- Sähkökuorma-auto*. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/battery-electric-truck.html>
- Sähkökuorma-autot | Volvo Trucks*. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/alternative-fuels/electric-trucks.html>
- Semi | Tesla*. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://www.tesla.com/semi>
- SISU Polar Hybrid -mallisto vie kuorma-autojen huipputehot uuteen luokkaan | Sisu Auto*. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from <https://sisuauto.com/sisu-polar-hybrid-mallisto-vie-kuorma-autojen-huipputehot-uuteen-luokkaan/>
- Tornberg, T. (2019, February 19). Upouudet hybridirekat ja Pohjoismaiden ensimmäinen 3-akselinen LNG-rekka vähentävät päästöjä. *Yle*. <https://yle.fi/uutiset/3-10651062>
- Turpeenoja, L. (2016). *Mooli 4, Materiaalit ja teknologia*. Otava.
- Uusi Sisu Polar Rock Hybridi pääkaupunkiseudulle - Konepörssi.com*. (2019, January 18). <https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/uusi-sisu-polar-rock-hybridi-paakau-punkiseudulle/>

Uusiutuva diesel - Motiva. (2020, August 4). https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/uusiutuva_diesel

Vety - Motiva. (n.d.). Retrieved February 15, 2022, from https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/vety

Volvo FE – CNG | Volvo Trucks. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fe/volvo-fe-cng.html>