



# Raskaan liikenteen sähköistämisen kehitys

Kalle Lähteilä

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2025

Autotekniikka  
Älykkäät koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Autotekniikka  
Älykkäät koneet

LÄHTEILÄ, KALLE:

Raskaan liikenteen sähköistämisen kehitys

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Huhtikuu 2025

---

Opinnäytetyössä perehdytään, miten raskaan liikenteen sähköistyminen näkyy nykypäivänä, mitkä ovat sen haasteet ja mahdollisuudet sekä arvioidaan eri teknologioiden soveltuvuutta raskaan liikenteen tarpeisiin. Työssä keskitytään erityisesti akkuteknologioihin ja latausratkaisuihin. Sähköisten kuorma-autojen ja linja-autojen kehittäminen on keskeinen osa liikenteen päästövähennystavoitteita, ja alan teknologian ratkaisut kehittyvät nopeasti.

Työn tavoitteena on selvittää, että millaiset akkuteknologiat ovat tällä hetkellä käytössä ja mitä kehitys tuo tulevaisuudessa akkuteknologioihin. Työssä selvitetään myös, että millaisia latausratkaisuja on käytössä ja mikä on latausinfrastruktuurin tilanne Suomessa. Lisäksi tutustutaan megawattilataukseen, joka nopeuttaa sähköajoneuvojen lataamista todella paljon.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että sähköisten raskaan liikenteen ajoneuvojen yleistymisen on vahvasti sidoksissa akkuteknologian kehitykseen ja latausinfrastruktuurin laajenemiseen. Sähkökuorma-autot ja -linja-autot ovat kaupunkiliikenteessä kilpailukykyisiä, mutta pitkän matkan kuljetusten haasteina ovat akkujen energiatiheys, latausajat ja latausasemien puutteellisuus.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kehityssuuntana raskaan liikenteen sähköistyminen on väistämätöntä. Sen laajamittainen toteutuminen vaatii kuitenkin merkittäviä investointeja ja kehitystä teknologioiden osalta. Sähköisten ajoneuvojen käyttöönotto pitkällä aikavälillä voi tuoda taloudellisia ja ympäristöllisiä hyötyjä, mutta lyhyellä aikavälillä haasteina ovat korkeat hankintakustannukset ja infrastruktuurin puute.

---

Asiasanat: sähkökuorma-autot, akkuteknologiat, litiumioniakut

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Vehicle Engineering  
Intelligent Machines

LÄHTEILÄ, KALLE:  
Development of Heavy-Duty Transport Electrification

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 1 page  
April 2025

---

The thesis explores how electric heavy-duty vehicles are becoming more common. What challenges and opportunities they bring, and how well different technologies meet the needs of this sector. The focus is on battery technologies and charging solutions. Electric trucks and buses play an important role in reducing transport emissions, and technology is advancing quickly.

The study aims to find out which battery technologies are currently used and what future developments might bring. It also investigates available charging solutions and the state of the charging infrastructure in Finland. Additionally, megawatt charging is explored which significantly speeds up the charging of electric vehicles.

The findings demonstrate that improved battery technology and a larger network of charging stations are essential for the expansion of electric heavy-duty vehicles. Electric trucks and buses are competitive in urban transport but the challenges for long-distance transport are battery capacity, charging times and lack of charging stations.

Overall, the electrification of heavy-duty transport is a growing trend. However, achieving it on a large scale requires significant investments and advancements in technology. Electric vehicles offer long-term economic and environmental benefits, but short-term challenges include high costs and limited infrastructure.

---

Key words: electric trucks, battery technologies, lithium-ion batteries

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	AKUT RASKAAN LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMISESSÄ.....	6
	2.1 Sähköajoneuvon akkujen rakenne, tyypit ja kustannustekijät .....	6
	2.2 Edut ja haasteet .....	7
	2.3 Nykyiset akkutyypit ja niiden soveltuvuus raskaisiin ajoneuvoihin .	8
	2.4 Akkuteknologioiden kehitystrendit .....	10
	2.4.1 Solid-state akut.....	10
	2.4.2 Ympäristöystävälliset materiaalit .....	11
	2.4.3 Kehittyneempi litiumioni teknologia.....	12
3	RASKAAN LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMISEN EDUT JA HAASTEET	13
	3.1 Sähköistämisen tarjoamat hyödyt .....	13
	3.2 Raskaan liikenteen sähköistämisen kipupisteet .....	14
	3.3 Taloudellinen hyöty sähköistämisestä.....	15
4	LATAUSRATKAISUT JA INFRASTRUKTUURI .....	17
	4.1 Sähköajoneuvon lataaminen .....	17
	4.2 Nykyiset latausjärjestelmät.....	17
	4.3 Megawattitason latausjärjestelmät .....	19
	4.4 Dynaaminen lataus .....	20
	4.5 Akunvaihtojärjestelmä .....	21
	4.6 Latausverkoston laajentaminen.....	21
5	YMPÄRISTÖ- JA YHTEISKUNTAVAIKUTUKSET.....	23
	5.1 Sähköistämisen vaikutus hiilidioksidi päästöihin .....	23
	5.2 Sähköistyksen vaikutus työpaikkoihin ja sähköverkkoon .....	24
6	PILOTTIHANKKEET JA SÄHKÖKONVERSIOT .....	25
	6.1 Raskaan liikenteen sähköistämisen pilottihankkeet .....	25
	6.2 Sähkökonversiot raskaan liikenteen ratkaisuna .....	26
	6.3 Sähkölinja-autot .....	27
7	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	29
8	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET .....	32
	LIITTEET .....	36
	Liite 1. Sähkö- ja dieselkuorma-autojen energia ja polttoaine kustannukset.....	36

## 1 JOHDANTO

Liikenteen sähköistyminen on ollut kasvava trendi jo useamman vuoden ajan ja se tulee myös näkymään raskaassa liikenteessä. Liikenteen sähköistämällä voidaan hillitä ilmastonmuutosta ja saavuttaa liikenteen päästövähennystavoitteet, sillä raskas liikenne tuottaa ison osan liikenteen kokonaispäästöistä. Sähkökuorma-autoilla ja -linja-autoilla voidaan vähentää paikallispäästöjä, mikä parantaa kaupunkialueiden ilmanlaatua ja se myös vähentää liikenteestä syntyvää melua.

Raskaan liikenteen sähköistämiseen liittyy kuitenkin haasteita, kuten akkuteknologian rajoitteet ja latausinfrastruktuurin puutteet. Jotta sähköiset raskaan liikenteen ajoneuvot voivat saavuttaa laajamittaisen käyttöönoton myös kaupunkialueiden ulkopuolella ja pitkän matkan kuljetuksissa, on näiden haasteiden ratkaiseminen olennaista.

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan, millaisia akkuteknologioita ja latausratkaisuja on nykyisin käytössä ja millaisia kehityssuuntia on tulevaisuudessa odotettavissa. Työssä tarkastellaan megawattilatausta, joka mahdollistaa sähköajoneuvon nopean lataamisen. Lisäksi arvioidaan miten nämä teknologiat soveltuvat raskaan liikenteen eri käyttökohteisiin ja miten sähköistäminen vaikuttaa niin taloudellisesta kuin ympäristöllisestä näkökulmasta. Millaisia investointeja ja infrastruktuurin kehittämistä tarvitaan, jotta sähköinen raskas liikenne saadaan toimivaksi myös kaupunkialueiden ulkopuolella ja pitkän matkan kuljetuksilla.

## 2 AKUT RASKAAN LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMISESSÄ

### 2.1 Sähköajoneuvon akkujen rakenne, tyypit ja kustannustekijät

Akut ovat laitteita, jotka varastoivat sähköenergiaa kemiallisen energian muodossa ja muuntavat sen takaisin virraksi, kun virtaa tarvitaan. Akuissa on kolme pääkomponenttia: anodi (miinusnapa), katodi (plusnapa) ja elektrolyytti, joka erottaa ne. (Bates 2012.)

Sähköajoneuvojen akustojen rakenne koostuu komponenteista, jotka ovat järjestetty hierarkkisesti (kuva 1). Akustojen pienin yksikkö on kenno, joka voi olla sylinterimäinen, prismamallinen tai pussikenno. Riippuen kennon tyypistä niin sen jännite vaihtelee yhdestä kuuteen volttiin. Moduulit koostuvat useista kennoista, jotka ovat kytketty sarjaan tai rinnan moduulin sisällä. Useat sarjaan tai rinnan kytketyt moduulit muodostavat akuston. Moduulit ja akustot sisältävät myös erilaisia tukirakenteita, koteloiteja, lämpötilan valvonnan sekä jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmiä. (ENNOVI 2023.)



KUVA 1. Akuston rakenne (ENNOVI 2023).

Nykypäivänä sähköajoneuvoissa käytetään paljon litiumioniakkuja koska niillä on korkea energiatiheys, pitkä elinikä ja ne ovat kevyitä. Litiumioniakuista kaksi käytetyimpiä päätyyppiä, ovat litium-rautafosfaatti (LFP) ja litium-nikkeli-mangaanikobolttioksidi (NMC.) (AMS 2024.)

Akku on sähköajoneuvon yksi pääkomponenteista ja se on usein myös ajoneuvon kallein komponentti. Sähköajoneuvojen akkujen korkeaan hintaan vaikuttavat useat tekijät. Raaka-aineiden, kuten litiumin, koboltin ja nikkelin hinnat vaihtelevat markkinatilanteen ja saatavuuden mukaan, mikä nostaa kustannuksia. Lisäksi akkujen, erityisesti litiumioniakkujen valmistus on monimutkaista ja vaatii erikoistunutta laitteistoa sekä ammattitaitoista työvoimaa. Kustannuksia lisää myös jatkuvat investoinnit akkuteknologian tutkimukseen ja kehitykseen. Akun hintaan vaikuttaa myös sen kapasiteetti ja sen teho, eli mitä suurempi akku niin sitä kalliimpi se on. (Gerald 2024.)

Akkukennot muodostavat noin 80 % tuotantokustannuksista ja kallein komponentti on katodi, joka valmistetaan litiumin ja toisen metallin yhdisteestä, kuten koboltin, nikkelin tai mangaanin. Kasvava kysyntä suorituskykyiselle elektroniikkalaitteille ja sähköajoneuvoille on johtanut tärkeiden metallien niukkuuteen, mikä nostaa hintoja. Kansainväliset määräykset edellyttävät akunhallintajärjestelmää (BMS), joka seuraa akun kuntoa ja suojaa vaurioilta. Akunhallintajärjestelmän kehittyneet ominaisuudet lisäävät kustannuksia entisestään. Litiumakkujen kuljettaminen on myös kallista, sillä ne pitää pakata huolellisesti ja pakkaukset tarvitset lisäksi sertifiointia. Korkeista kustannuksista huolimatta litiumakkujen hinnat ovat laskeneet merkittävästi. Vuonna 2023 sähköajoneuvon akkupaketin keskihinta oli 128 dollaria/kWh, kun se vielä vuonna 2008 oli 1 355 dollaria/kWh. (Clark n.d.)

## 2.2 Edut ja haasteet

Kun tarkastellaan kahden yleisesti käytetyn litiumakkutyypin (LFP ja NMC) ominaisuuksia, voidaan havaita eroja näiden akkutyypin suorituskyvyssä, kestävydessä ja kustannuksissa. Molemmilla akkutyypeillä on omat etunsa, mutta myös haasteensa, jotka vaikuttavat niiden soveltuvuuteen eri käyttötarkoituksissa, kuten sähköajoneuvoissa tai sähkövarastoinnissa energia-alalla.

LFP-akkutyypin etuja ovat muun muassa parantunut turvallisuus, pitkä käyttöikä (2500–5000 lataus- ja purkusykliä) ja alhaisemmat kustannukset. LFP-akkujen haasteita ovat matalampi energiatiheys, mikä johtaa lyhyempiin ajomatkoihin tai suurempiin akkupaketteihin. NMC-akut puolestaan tarjoavat korkeamman ener-

giatiheyden kuin LFP-akut, mikä mahdollistaa pidemmät ajomatkat sekä paremman lataussuorituskyvyn alhaisissa lämpötiloissa. NMC-akkujen haasteita ovat korkeat kustannukset, lyhyempi käyttöikä (1000–3000 lataus- ja purkusykliä) ja mahdolliset turvallisuushaasteet alhaisemman lämpöstabiilisuuden vuoksi. (Gatton 2024.)

Talviolosuhteissa sähköajoneuvojen toimintamatka lyhenee pakkasen vaikutuksesta, mikä saattaa vaikeuttaa niiden käyttöä. Kajosen (2024) mukaan NMC-akut toimivat yleisesti ottaen paremmin kylmissä olosuhteissa kuin LFP-akut, sillä LFP-akuilla on rajoitetumpi käyttölämpötila-alue verrattuna NMC-akkuihin.

LFP-akuilla on laaja toimintalämpötila-alue, mutta niiden heikkoutena on matala energiatiheys (190 Wh/kg) ja heikko sähköjohtavuus. Tämä voi vaikuttaa negatiivisesti niiden suorituskykyyn kylmissä olosuhteissa. NMC-akuilla puolestaan on korkeampi energiatiheys ja parempi suorituskyky. Niillä on matala sisäinen resistanssi ja korkea kapasiteetti. Nämä ominaisuudet tekevät NMC-akuista paremmin soveltuvia kylmiin olosuhteisiin. On kuitenkin huomioitava, että molemmilla akkutyypeillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. LFP-akut ovat esimerkiksi pitkäikäisempiä ja turvallisempia, kun taas NMC-akut tarjoavat paremman suorituskyvyn erityisesti kylmissä olosuhteissa. (Kajonen 2024.)

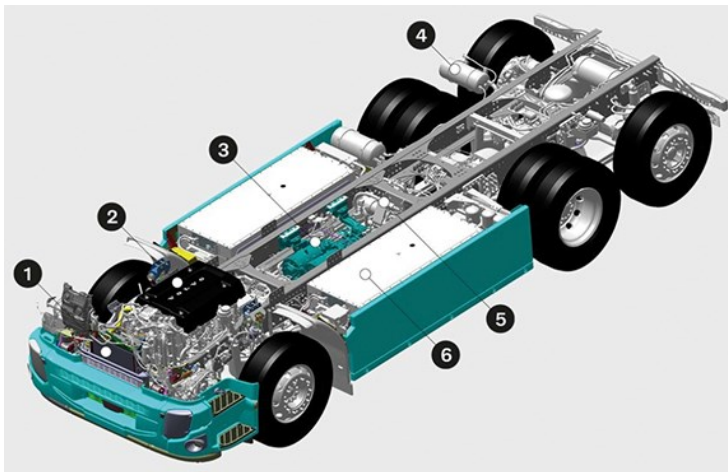
### **2.3 Nykyiset akkutyypit ja niiden soveltuvuus raskaisiin ajoneuvoihin**

Useat kuorma-autovalmistajat ovat myös lähteneet sähköajoneuvojen kasvavaan trendiin mukaan ja valmistajilta on saatavilla muutamia täyssähkökuorma-automalleja. Aikaisemmin täyssähkökuorma-autoja on saanut vain jakeluautomallisina, mutta nykypäivänä valikoima on laajentunut rekkoihin ja pidemmän toimintamatkan omaaviin raskaampiin kuorma-autoihin.

Kuorma-autovalmistaja Scania kertoo käyttävänsä NMC-tyypinakkuja omissa sähkökuorma-autoissaan. NMC-akut soveltuvat hyvin kuorma-autoihin sillä ne tarjoavat suuren kapasiteetin, pitkän käyttöiän ja suuren lataustehon. Scania sähkökuorma-auton akku koostuu useasta akkupaketista ja akuston kokonaiskapasiteetti on maksimissaan 624 kWh. (Scania n.d.)

Toinen kuorma-autovalmistaja Volvo käyttää sähkökuorma-autoissaan litiumakkuja, joiden tyyppi on litium-nikkeli-koboltti-alumiinioksidi (NCA.) NCA-akkutyyppi tarjoaa myös korkean energiatiheyden ja erinomaiset pikalatausominaisuudet. Yhtiö on myös avoin tutkimaan muita akkuteknologioita, kuten LFP-akkuja niiden viimeaikaisten parannusten vuoksi, litium-rikkiakkuja (Li-S), jotka voivat tarjota jopa kaksinkertainen ominaisenergia verrattuna nykyisiin litiumioniakkuihin, sekä kiinteän olomuodon akkuja tulevaisuuden sovelluksia varten. (Gehm 2024.)

Kuvassa 2 näkyy sähkökuorma-auton korin rakennetta. Akut ovat sijoitettu ajoneuvon sivuille mihin perinteisessä dieselkäyttöisessä kuorma-autossa tulisi polttoainetankit. Ajoneuvon eteen dieselmoottorin tilalle on sijoitettu 24 voltin akut ja tehoelektroniikkaa.



1. Jäähdytyslaitteisto
2. Modulaarinen tehoyksikkö (sis. tehoelektroniikan ja 24 V:n akut)
3. Volvon kaksivaihteinen vaihteisto ja kaksi sähkömoottoria
4. ePTO
5. Kompressori
6. Neljä akkua

KUVA 2. Sähkökuorma-auton rakenne (Ammattilehti 2020).

## 2.4 Akkuteknologioiden kehitystrendit

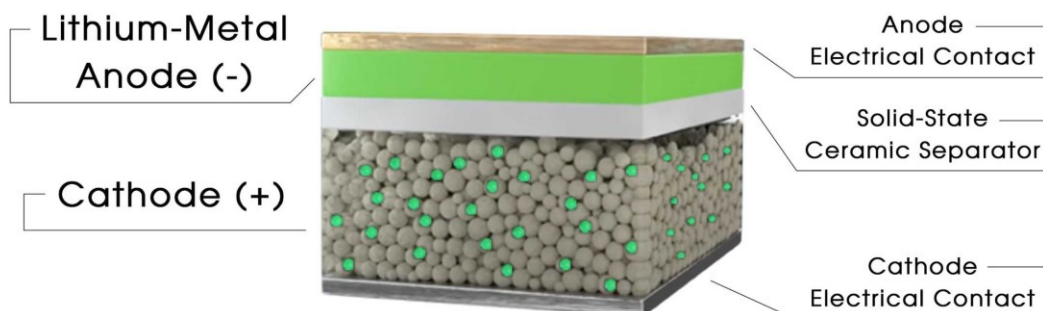
### 2.4.1 Solid-state akut

Tanskasen artikkelin mukaan akkutekniikassa ollaan lähellä merkittävää läpimurtoa, joka liittyy kiinteän olomuodon akkuihin eli solid-state akkuihin. Tämän teknologian avulla pystytään saavuttamaan pidempi toimintasäde sähköautoille ja lentokoneille. Kiinteän olomuodon akut ovat myös turvallisempia ja käyttävät vähemmän kriittisiä raaka-aineita kuin nykyiset litiumioniakut. Näiden akkujen sarjatuotanto odotetaan alkavan laajemmin 2030-luvun alkupuolella. (Tanskanen 2024.)

Kiinteän olomuodon akut eroavat perinteisistä litiumioniakuista siten, että akut käyttävät kiinteää elektrolyyttiä nesteen tai geelin sijaan. Tämä perustavanlaatuisen muutos suunnittelussa tarjoaa merkittäviä etuja, kuten parantunutta turvallisuutta, sillä palavia nestemäisiä elektrolyyttejä ei tarvita, mikä vähentää huomattavasti tulipaloriskiä. Akut toimivat periaatteessa samalla tavalla kuin perinteiset akut, mutta kiinteä elektrolyytti mahdollistaa puhtaiden metallianodien käytön, mikä lisää energiatiheyttä. Vaikka kiinteän olomuodon akuissa potentiaali on suuri, kaupallistamista vaikeuttavat haasteet, kuten ionijohtavuus ja valmistuskustannukset. Tutkimus- ja kehitystyötä tehdään aktiivisesti näiden ongelmien ratkaisemiseksi, jotta tämä lupaava teknologia saataisiin markkinoille. (Neware 2024.)

Kiinteän olomuodon akku koostuu neljästä pääkomponentista (kuva 3) katodista, anodista, kiinteästä elektrolyytistä ja erottimesta. Kiinteä elektrolyytti on kiinteän olomuodon akun ydinkomponentti, joka toimii sekä erottimena että elektrolyytinä. (Neware 2024.)

# Solid-State Lithium-Metal Batteries



KUVA 3. Kiinteän olomuodon kennon rakenne (Neware 2024).

## 2.4.2 Ympäristöystävälliset materiaalit

Ylen (2021) artikkelin perusteella litiumakkujen valmistaminen ei ole kovin ympäristöystävällistä ja siihen liittyy myös ihmisoikeusloukkauksia. Litiumakkuihin vaadittavat metallit, kuten nikkeli tai koboltti pitää louhia, mikä kuormittaa luontoa ja saattaa aiheuttaa ympäristötuhoja. (Yle 2021.)

Akkutuotanto vaati myös runsaasti energiaa, mikä lisää hiilidioksidi päästöjä, etenkin jos energia on tuotettu fossiilisilla polttoaineilla. Pitää kuitenkin huomioida, että sähköautojen elinkaaren aikaiset päästöt ovat usein alhaisempia kuin polttomoottoriautolla, vaikka niiden valmistus aiheuttaakin suurempia päästöjä. (Ympäristö ja kierrätys 2024.)

Tanskasen (2024) artikkelin mukaan, jotta litiumakkujen ympäristövaikutusta saadaan vähennettyä, kehitetään litiumakuille vaihtoehtoisia akkuteknologioita, kuten natriumakkuja eli suola-akkuja, jonka raaka-aineet ovat ympäristöystävällisempiä ja helpommin saatavilla.

### 2.4.3 Kehittyneempi litiumioni teknologia

Litiumteknologian tulevaisuus ja uudet kehityssuunnat keskittyvät parantamaan energiatiheyttä, tehotiheyttä, latausnopeutta, käyttöikää ja kustannuksia. Lähtöleivaisuudessa litiumioniakut tulevat kehittymään näiltä osin merkittävästi. Myös vaihtoehtoisia akkuteknologioita on tulossa korvaamaan litiumioniakut, kuten grafiitti-pii-anodi yhdistettynä korkean nikkelpitoisuuden katodiin, aikaisemmin mainitut kiinteän olomuodon akut ja litium-rikkiakut, sekä ilma-akut. Uusien akkuteknologioiden kehityksessä keskitytään viiteen pääominaisuuteen: Energiatiheys, tehotiheys, latausnopeus, käyttöikä ja kustannustehokkuus, unohtamatta kuitenkaan akkujen turvallisuuden parantamista. (S&P n.d.)

### 3 RASKAAN LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMISEN EDUT JA HAASTEET

#### 3.1 Sähköistämisen tarjoamat hyödyt

Jatkuvasti kiristyvät päästörajoitukset ovat ohjanneet kuorma-autovalmistajat kehittämään ajoneuvot yhä vähäpäästöisimmiksi. Sähkökuorma-autossa on monia etuja verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon, kuten alhaisemmat paikallispäästöt, hiljaisuus ja pienemmät käyttö kustannukset, mikä tekee niistä houkuttelevan vaihtoehdon tulevaisuuden kuljetusratkaisuille.

Polttomoottori käyttöisten ajoneuvojen pakokaasupäästöjä sääntelevä Euro-luokitus määrittää paljonko päästöjä ajoneuvo saa muodostaa (taulukko 1). Euro-luokitus on tullut voimaan jo 1990-luvun lopulla, ja luokitukset menevät asteittain yhdestä seitsemään. Euro-päästönormit ovat koskeneet aikaisemmin vain polttomoottori käyttöisiä ajoneuvoja, mutta uudessa Euro 7 -luokituksessa otetaan huomioon myös jarruista ja renkaista syntyvät päästöt, joita syntyy myös sähköajoneuvoista. Päästörajat rajat tiukentuvat raskaassa liikenteessä enemmän verrattuna henkilöautoihin ja lisäksi raja-arvo asetetaan myös epäpuhtauksille, joita ei Euro 6 normissa säännelty, kuten typpioksiduulille (N<sub>2</sub>O). Uusien valmistettavien raskaiden ajoneuvojen on täytettävä Euro 7 päästönormit 29.5.2028 alkaen. (Autotuojat- ja teollisuus n.d.)

TAULUKKO 1. Euro päästönormit (diesel, vakiotestisykli) (Autotuojat- ja teollisuus n.d).

Säädös	Voimaantulo	Testi	CO	HC	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	PM	PN	Savutus
			g/kWh							1/kWh	1/m
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1		8.0			0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1		8.0			0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1		7.0			0.25		
	1998.10		4.0	1.1		7.0			0.15		
Euro III	1999.10 EEV only	ESC & ELR	1.5	0.25		2.0			0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66		5.0			0.10 <sup>a</sup>		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46		3.5			0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46		2.0			0.02		0.5
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	10 ppm			0.01	8.0×10 <sup>11b</sup>	
Euro VII	2028.05.29		1.5	0.080 <sup>d</sup>	0.5	0.200	0.060	0.20	0.008	6.0×10 <sup>11c</sup>	

<sup>a</sup> PM = 0.13 g/kWh for engines < 0.75 dm<sup>3</sup> swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min<sup>-1</sup>

<sup>b</sup> PN<sub>23</sub>

<sup>c</sup> PN<sub>10</sub>

<sup>d</sup> NMOG

Sähkökuorma-autoista saatavat edut ja hyödyt ovat merkittäviä. Näistä merkittävämpänä etuna on sen ympäristöystävällisyys, sillä sähkökuorma-autot ajavat paikallisesti ilman CO<sub>2</sub>-päästöjä ja muita pakokaasuista syntyviä saasteita, vähentäen kuljetusten ympäristövaikutuksia. Pitkällä aikavälillä sähkökuorma-auto on taloudellisesti kannattava hankinta, vaikka hankintakustannukset ovat korkeammat verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon. Tämä selittyy sähkökuorma-auton alhaisimmilla käyttökustannuksilla. (Niskanen 2024.)

Sähkökuorma-auton teknisiä etuja ovat muun muassa tehokkuus, ajomukavuus ja hiljaisuus. Sähkömoottoreiden hyötysuhde on erinomainen ja se voi olla, jopa 80–90 %. Sähkömoottorin etuja ovat myös helppo hallittavuus, mikä vähentää voimalinjan vastetta ja lisäksi moottoreilla on matala melutaso. Nämä tekevät sähkökuorma-autojen ajamisesta miellyttävää. (Niskanen 2024.)

### **3.2 Raskaan liikenteen sähköistämisen kipupisteet**

Sähkökuorma-autojen yleistymiseen liittyy muutamia haasteita. Suurimpana haasteena on sähkökuorma-auton hankinta hinta, sillä se voi olla jopa kolme kertaa kalliimpi verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon. Ajoneuvon hyötykuorma saattaa jäädä pienemmäksi verrattuna dieselkäyttöiseen ajoneuvoon suurten akkupakettien takia, mitkä lisäävät ajoneuvon omamassaa. Yksi iso vaikuttava asia sähkökuorma-auton hankintaan on sen toimintamatka. Ajoneuville on tehtävä käyttöanalyysi ennen hankintaa sen käyttötarkoituksesta, reitistä ja suoritteesta, jotta voidaan varmistaa riittävä toimintamatka ja tarvittavat latauspisteet. Käyttöanalyysissä on otettava huomioon talvikäyttö, sillä se saattaa vaikuttaa ajoneuvon toimintamatkan jopa 40 %. (Perttilä 2024.)

Jotta sähkökuorma-auton tehokkuus voidaan maksimoida ja seisonta-ajat minimoida pitää latausajat olla optimoidut ajoneuvon käyttöä varten. Tätä varten latausinfrastruktuuri pitää olla kunnossa ja latauspisteitä olla riittävästi ajoneuvon reitillä. Sähkökuorma-autoja varten pitää kuljettajia kouluttaa, jotta ajoneuvoja saadaan tehokkaasti käytettyä, sillä ne vaativat uudenlaista ajotapaa, jossa korostuu ennakointi ja jarrutusenergian talteenotto. Jotta sähkökuorma-auton hankinta kannattaa on tärkeä optimoida elinkaarikustannukset ja mahdollisesti tehdä

yhteistyötä asiakkaiden kanssa, kuten edullisen lataussähkön saamiseksi. (Perttilä 2024.)

Uskon, että sähkökuorma-autojen hinnat tulevat laskemaan, kun saadaan kehitettyä uusia akkuteknologioita, joiden avulla hinnat alenevat ja todennäköisesti toimintamatkat pitenevät. Sähkökuorma-auto on tehokas työväline, kun sen käyttö on optimoitu ja talviolosuhteet on otettu huomioon. Sähkökuorma-auton suurin hyöty saavutetaan kaupunkialueilla ja lyhyillä etäisyyksillä, missä latausinfrastruktuuri on kattava.

### **3.3 Taloudellinen hyöty sähköistämisestä**

Sähkökuorma-auton keskeinen etu on sen alhaisemmat energia ja huoltokustannukset verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon. Myös sähkön hinta on yleensä vakaampi kuin fossiilisten polttoaineiden, mikä tuo taloudellista ennustettavuutta yritykselle. Sähkökuorma-auton taloudellisia etuja ovat myös CO<sub>2</sub>-verotus ja tietulliluokitus, mutta nämä koskevat lähinnä muita Euroopan maita (MAN n.d.)

Raskaat ajoneuvot kuluttavat paljon energiaa, mitkä ovat merkittävimmät kustannustekijät yrityksille. Esimerkiksi 18 tonnia painava puoliperävaunuyhdistelmä kuluttaa polttomoottorikäyttöisenä dieseliä 27,5 l/100 km ja sähkökäyttöisenä energiaa 120 kWh/100 km (MAN n.d.)

Suomessa keskimääräinen sähkön hinta oli vuonna 2024 4,56 senttiä kilowattitunnilta, kun dieselin keskihinta oli 1,8 euroa litralta (Tilastokeskus 2024 & Energiategollisuus 2024.) Jos käytetään vertailussa edellä mainittua ajoneuvoyhdistelmää ja lasketaan ajoneuvojen päivittäiset, että vuosittaiset energia ja polttoaine kustannukset. Kun päivittäiset kilometrit ovat 300 kilometriä ja vuosittaiset 80 000 kilometriä ja lataus tapahtuu yrityksen omalla latausasemalla esimerkiksi varikolla (taulukko 2). Laskuissa (liite 1) on käytetty sähkönsiirto yhtiön Tampereen Energia Sähköverkko Oy:n hintoja, missä perusmaksu on 4,77 euroa kuukaudessa ja energiamaksu on 2,93 senttiä kilowattitunnilta (Sähkökuningas 2024.)

TAULUKKO 2. Kuorma-autojen energia kustannukset.

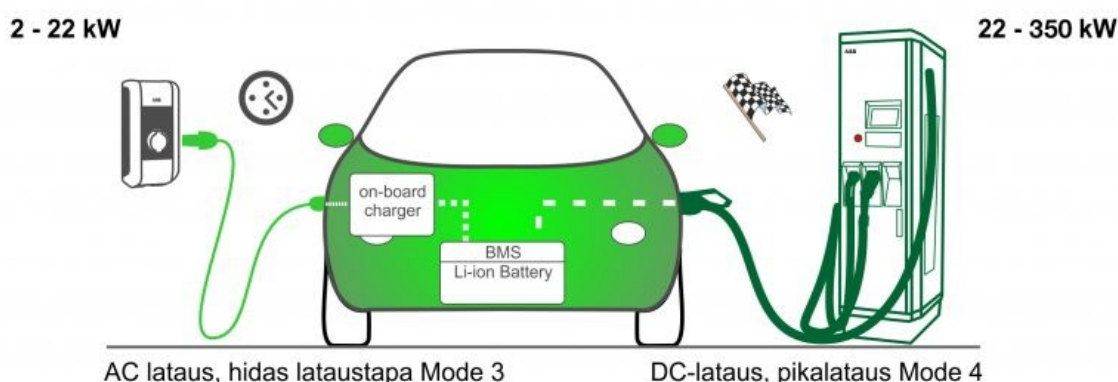
<i>Käyttövoima</i>	<i>Päivittäiset kustannukset</i>	<i>Vuosittaiset kustannukset</i>
<i>Sähkö</i>	34,05 €	11 208,97 €
<i>Diesel</i>	148,50 €	39 600 €

Vaikka sähkökuorma-auton hankinta kustannukset ovat paljon korkeammat kuin dieselkäyttöisen kuorma-auton, pitkällä aikavälillä sähköajoneuvojen käyttökustannukset tarjoavat merkittäviä säästöjä niin huolto- kuin energiakustannuksilta. Vertailun perusteella sähkökuorma-auton päivittäiset sekä vuosittaiset energia kustannukset ovat yli 70 % edullisemmat verrattuna dieselkäyttöiseen kuorma-autoon.

## 4 LATAUSRATKAISUT JA INFRASTRUKTUURI

### 4.1 Sähköajoneuvon lataaminen

Sähköajoneuvoja voidaan ladata vaihto- ja tasavirralla (kuva 4). Ladattaessa vaihtovirralla latausasema syöttää virtaa ajoneuvoon integroituun laturiin, joka muuntaa vaihtovirran akustolle sopivaksi tasavirraksi. Vaihtovirralla lataus kestää kauemmin ja tehot ovat pienemmät. Kun ajoneuvoa ladataan tasavirralla syöttää latausasema virtaa suoraan akustolle, ohittaen ajoneuvoon integroidun laturin. Vaihtovirta muutetaan tasavirraksi ulkoisessa latausasemassa, joka on paljon suurempi kooltaan kuin ajoneuvossa oleva, näin saadaan aikaiseksi suurempi latausteho. (Kia n.d.)



KUVA 4. Sähköajoneuvon lataus (Sonepar n.d.).

### 4.2 Nykyiset latausjärjestelmät

Sähkökuorma-autojen lataus tapahtuu käytännössä kahdella tavalla: yrityksen omalla latausinfrastruktuurilla tai julkisilla latauspisteillä. Aika ja latausteho riippuu käytetystä latausjärjestelmästä. Tällä hetkellä suurin latausteho saadaan CCS-järjestelmällä (Combined Charging System), tällä järjestelmällä voidaan saavuttaa 375 kW:n teho. Sähkökuorma-auton lataus käyttäen CCS-järjestelmää kestää noin 40–230 minuuttia, kun teho on 150–320 kW. Sähkökuorma-autojen akkujen koot riippuvat mallityypistä, ja ne ovat suuruudeltaan 160–480 kWh (MAN n.d.) Kuvassa 5 on CCS2-järjestelmän tasavirtalatauspistoke.



KUVA 5. CCS2-tyyppin tasavirtalatauspistoke. (Phoenix Contact n.d).

Suomessa oli joulukuun 2023 lopussa noin 12000 latauspistettä henkilö- ja pakettiautoille. Näistä noin 1900 latauspistettä oli vähintään 150 kW:n pikalatureita. Latausasemia löytyy lähes koko maassa 50 kilometrin säteellä ja kattavuus on parhaimmillaan Etelä- ja Länsi-Suomessa. (Traficom 2024.)

Julkisen sähkölataus- ja vetytankkausinfrastruktuurin kehitys kuorma-autoille ja linja-autoille on Suomessa käynnistymässä, sillä raskaan liikenteen julkisia latausasemia on toistaiseksi vasta yksi koko maassa. Yksityistä latausinfraa on jo rakennettu esimerkiksi linja-autovarikoille, palvelen yli 500 sähkökäyttöistä paikallisbussia. Infran kehitys ja kannattavuus riippuvat kuitenkin sähkö- ja vetykäyttöisten raskaiden ajoneuvojen markkinakehityksestä, joka on suomessa vasta alkuvaiheessa. (Traficom 2024.)

Syyskuussa 2024 Neste avasi Suomen toisen raskaan liikenteen suurteholatausaseman Janakkalan Linnatuuleen kolmostien varrelle. Latausasemalla on kaksi 400 kW:n latauspistettä, yksi pohjoiseen ja toinen etelään suuntaaville ajoneuvoille. Toistaiseksi latauspisteelle mahtuu yksi ajoneuvoyhdistelmä kerrallaan. Neste sijoitti aseman rakentamiseen yli puoli miljoonaa euroa. (Wallenius 2024.)

### 4.3 Megawattitason latausjärjestelmät

Jotta sähköajoneuvojen latausta saataisiin entistä nopeammaksi ja tehokkaammaksi vaatii se kehittyneemmän latausjärjestelmän. Erityisesti raskasta liikennettä varten kehitetty latausjärjestelmä MCS (Megawatt Charging System) tarjoaa nopeaa latausta raskaille ajoneuvoille.

Euroopassa Kempower-yhtiö on lanseerannut MCS-järjestelmän raskaalle liikenteelle. Järjestelmä on suunniteltu vastaamaan raskaan liikenteen sähköistämisen haasteisiin ja auttamaan EU:n hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteiden saavuttamisessa. Kempowerin megawattilatausjärjestelmän ensimmäinen versio tuottaa jopa 1,2 MW:n huipputehon. (Kempower n.d.)

Kuorma-autovalmistajat ovat kehittämässä ajoneuvojansa, jotta ne tukevat tulevaisuudessa MCS-latausjärjestelmää. Tällä hetkellä suurin osa valmistajista käyttää CCS-järjestelmää, joka tukee maksimissaan teholtaan 400 kW:n latausta.

Kuorma-autovalmistaja MAN tarjoaa sähkökuorma-autoihinsa MCS-järjestelmää. MSC-järjestelmän avulla sähkökuorma-auton akun saa ladattua alle tunnissa, kun latausteho on 500–750 kW. Kun latausliitin kytketään sähkökuorma-autoon, niin kytkeytyy se samalla ajoneuvon jäähdytysjärjestelmään. (MAN n.d.)

MCS-järjestelmän käyttöönottoon liittyy muutamia haasteita. Järjestelmän laaja käyttöönotto vaatii merkittäviä investointeja latausinfrastruktuuriin. MCS-latausasemat ovat suuritehoisia ja voivat aiheuttaa huomattavia kulutuspiikkejä sähköverkkoon erityisesti, jos latauksessa on useita raskaita sähköajoneuvoja. MCS-järjestelmän latausasemat ovat myös arvokkaita, mikä hidastaa niiden käyttöönottoa. (V2C 2024.)

#### 4.4 Dynaaminen lataus

Sähköajoneuvon lataamiseen on kehitetty erilaisia ratkaisuja. Yksi mielenkiintoisimmista hankkeista on pysyvästi sähköistetyt tiet, joka pystyy antamaan latausta ilman että ajaja tarvitsee keskeyttää. Sähköistettyjä tie hankkeita on kehitelty esimerkiksi Ruotsissa.

Maailman ensimmäinen raskaan liikenteen julkinen sähköistetty tie sijaitsee Gotlannin saarella Ruotsissa. Projekti on nimeltään Smartroad Gotland ja sähköistetyt tien pituus on 1,65 kilometriä. Tiessä hyödynnetään induktiivista langatonta lataus teknologiaa, joka on upotettu tiehen (kuva 6). Tällä teknologialla voidaan saavuttaa jopa 100 kW:n latausteho nopeuden ollessa 80 km/h. Teknologia on osoittautunut toimivaksi myös haastavissa olosuhteissa, kun sitä on testattu kovissakin pakkasolosuhteissa. (electreon 2024.)



KUVA 6. Tiehen upotetut induktiolatauskelat (Kuva: John Norrby 2020).

## 4.5 Akunvaihtojärjestelmä

Sähkökuorma-auton käyttöasteen maksimoimiseksi latausajan on oltava mahdollisimman lyhyt, tähän yksi ratkaisu voisi olla vaihtoakkujärjestelmä. Vaihtoakkujärjestelmä tarjoaisi nopean ratkaisun toimintasäteen pidentämiseksi ja latausaikojen lyhentämiseksi.

Akunvaihtojärjestelmä on innovatiivinen ratkaisu sähköiselle raskaalle liikenteelle. Sitä voidaan hyödyntää niin sähkökuorma-autojen ja sähkölinja-autojen toimintasäteen ja käytettävyyden parantamiseksi. Akunvaihtojärjestelmä tunnetaan myös nimillä Battery Swapping tai Battery as a Service (BaaS.) Järjestelmä perustuu nopeaan ja automatisoituun akun vaihtoon akunvaihtoasemalla, jossa tyhjentynyt akku korvataan täyteen ladatulla akulla. Sähköajoneuvon tyhjä akku jää asemalle, jossa se ladataan taas täyteen, jolloin se on valmiina seuraavaa ajoneuvon akun vaihtoa varten. Akunvaihtojärjestelmän haasteita ovat merkittävät infrastruktuuri investoinnit ja se vaatii laajaa standardointia eri valmistajien välillä, jotta yhteensopivuus voidaan varmistaa. (Vuorinen 2023.)

## 4.6 Latausverkoston laajentaminen

Toimijoiden hankesuunnitelmien ja jakeluinfran rakentamisen tukihakemusten perusteella Suomeen ollaan perustamassa lähivuosina sekä raskaan liikenteen lataus- että vetytankkausasemia. Hankkeet saavat tukea Energiaviraston infrastruktuurista sekä EU:n Verkkojen Eurooppa -välineen liikenneohjelmasta. Vaikka EU:n jakeluinfra-asetuksen tavoitteiden saavuttaminen näyttää mahdolliselta, hankkeiden toteutumisessa ja aikatauluissa on epävarmuuksia. Valtaosa osa suunnitelmista keskittyy vilkkaasti liikennöityihin reitteihin ja solmukohtiin, joissa kysyntä on suurinta, mutta asetuksen mukaisesti jakeluinfraa on rakennettava myös muille Euroopan laajuisen tieverkon osille. Suomen kannalta erityisen merkittäviä ovat asetuksen tarjoamat helpotukset vähäliikenteisille alueille. (Traficom 2024.)

Ruotsiin on avattu 130 raskaan liikenteen julkista pikalatausasemaa vuosina 2023–2024. Latausasemia operoivat useat eri yritykset ja latausasemat käyttävät uusiutuvaa energiaa. Yksinäistä mukana olevista yrityksistä on Volvo Trucks joka on kehittänyt palvelun, jonka avulla kuljetusliikkeit löytävät ja pääsevät helposti

latauspisteisiin. Aluksi palvelu on käytössä vain Ruotsissa, mutta sen on tarkoitus laajentua muualle Eurooppaan ja globaaleille markkinoille. Palvelu on avoin kaikille kuorma-automerkeille. Volvo yhteistyössä muiden yritysten kanssa on rakentamassa vähintään 1700 pikalatausaseman verkostoa Euroopan moottoriteiden varsille ja logistiikkakeskuksiin. (Volvo 2023.)

Suomen raskaan liikenteen latausverkosto on huomattavasti enemmän jäljessä verrattuna Ruotsiin. Suomen latausverkosto on kuitenkin kehittymässä lähivuosina ja uusia latausasemia ja vetytankkausasemia tullaan avaamaan. Asemien toteutumista tuetaan muun muassa Energiaviraston infratuilla ja EU:n Verkkojen Eurooppa -välineen liikenneohjelmalla. Vuosia saattaa mennä ennen kuin Suomessa on 100 raskaan kaluston latauspistettä, sillä tällä hetkellä niitä on vain kaksi kappaletta.

## 5 YMPÄRISTÖ- JA YHTEISKUNTAVAIKUTUKSET

### 5.1 Sähköistämisen vaikutus hiilidioksidi päästöihin

Jotta raskaan liikenteen sähköistämisen ilmastovaikutukset voidaan selvittää pitää ajoneuvoille tehdä elinkaarianalyysi, joka ottaa huomioon polttoaineen tai akun ja komponenttien tuotantoon liittyvät päästöt. Lisäksi on tarkasteltava sähköntuotantoon liittyviä päästöjä, sillä sähköajoneuvojen ilmastovaikutukset riippuvat merkittävästi sähköntuotantoon käytetyn energian lähteestä.

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että elinkaarianalyysin perusteella sähköajoneuvojen päästöt ovat pienemmät kuin polttomootoriajoneuvoilla, vaikka sähkö olisi tuotettu fossiilisilla polttoaineilla. Sähköajoneuvot eivät myöskään tuota muita haitallisia pakokaasupäästöjä, kuten typpi- ja rikkioksideja tai pienhiukkasia. Lisäksi jarrupalojen kulumisesta syntyvät päästöt ovat matalammat. (Earl, Mathieu, Cornelis, Kenny, Ambel & Nix 2018.)

EU:ssa tuotetun sähkön keskimääräiset päästöt kilowattitunnille oli vuonna 2014 276 gCO<sub>2</sub>, mutta tämä arvo on pienentymässä. Kun taas dieselistä syntyvän tuotannon ja sen palaminen moottorissa tuottaa hiilidioksidi päästöjä yhteensä 318 gCO<sub>2</sub>/kWh. Kun otetaan huomioon hyötysuhteet niin näistä saadaan selvitettyä kuorma-autojen kilometri kohtaiset hiilidioksidipäästöt. Sähkökuorma-autolle päästöt ovat 351 gCO<sub>2</sub>/km, kun kyseessä on pitkän matkan sähkökuorma-auto ja lyhyen matkan ajoneuvolle päästöt ovat 441 gCO<sub>2</sub>/km. Pitkän matkan dieselkäyttöisten kuorma-autojen päästöt ovat 709 gCO<sub>2</sub>/km ja 1051 gCO<sub>2</sub>/km peruskäytössä oleville kuorma-autoille. Pitkän kantaman sähkökuorma-autot ovat 51–67 % puhtaampia hiilidioksidi päästöjen osalta kuin vastaava dieselkäyttöinen kuorma-auto. (Earl ym. 2018.)

Vaikka sähkö olisi tuotettu fossiilisilla polttoaineilla, kuten esimerkiksi Puolassa, missä hiili-intensiteetti on korkea 671 gCO<sub>2</sub>/kWh, niin sähkökuorma-auto tuottaisi silti 19 % vähemmän päästöjä kuin keskimääräinen dieselkuorma-auto (Earl ym. 2018.) Suomessa sähkötuotannon päästökerroin oli vuonna 2022 66 gCO<sub>2</sub>/kWh

(Fingrid 2022.) Jos lasketaan kuinka monta prosenttia puhtaampi sähkökuorma-auto olisi käyttäen Suomessa tuotettua sähköä niin arvoksi saadaan 88–90 %.

## 5.2 Sähköistyksen vaikutus työpaikkoihin ja sähköverkkoon

Raskaan liikenteen sähköistyminen vaikuttaa työmarkkinoihin, sillä osaajia tarvitaan esimerkiksi seuraavilla osa-alueilla: sähköajoneuvojen valmistus, ylläpito ja latausinfrastruktuurin rakentaminen. Sähköistyminen voi luoda uusia työpaikkoja myös ohjelmistokehityksessä ja älykkäiden latausratkaisujen parissa. Perinteiset polttomoottoreihin liittyvät työpaikat voivat vähentyä, mikä korostaa tarvetta koulutukselle ja osaamisen uudelleensuuntaamiselle.

Kehittyvä sähköinen raskas liikenne vaatii paljon sähköä, mikä lisää sähkötuotannon ja sähköverkon vaatimuksia. Sähköverkko ja sähköisten ajoneuvojen lataus muodostavat kaksisuuntaisen vaikutuksen, mutta samalla sähköverkon kapasiteetti ja laatu määrittelevät latausasemien sijainnin, tehon ja määrän. Sillä on kustannustehokasta rakentaa uusia latausasemia sinne missä vaatimuksiltaan riittävä sähköverkko on jo olemassa. (Elovaara 2024.)

Sähköverkoille voidaan tehdä simulointia, minkä avulla voidaan tarkastella raskaan liikenteen sähköistymisen vaikutusta sähköverkkoon. Jotta simuloinnista saadaan mahdollisimman todellisuutta vastaava niin pitää tehdä olettamuksia tulevaisuudesta, kuten kuormituksen kasvun suuruudesta, raskaiden sähköajoneuvojen lataustarpeen ajankohdasta, paikasta, määrästä ja lataustehoista. Sähköisen liikenteen odotetaan kasvavan, niin on tärkeää ennakoida tulevat verkon kuormitukset niin lähitulevaisuudessa kuin pidemmällä aikavälillä, jotta sähköverkko voidaan mitoittaa kestäämään kasvava kysyntä. Jotta sähköverkko pystyy tukemaan raskaan liikenteen sähköistymistä, vaatii se huolellista suunnittelua, sillä sähköverkoilla on pitkä käyttöikä. (Oikkonen 2022.)

## 6 PILOTTIHANKKEET JA SÄHKÖKONVERSIOT

### 6.1 Raskaan liikenteen sähköistämisen pilottihankkeet

Erilaisia testejä ja kokeiluja on tehty niin Suomessa kuin maailmalla liittyen raskaan liikenteen sähköistämiseen. Myös erilaisia hankkeita on käynnissä, joilla on tarkoitus edistää raskaan liikenteen ympäristöystävällisyyttä ja latausinfraa.

Yksi pilottihankkeista on täyssähköinen HCT-yhdistelmä, joka on ollut ajossa vuoden 2023 lokakuusta alkaen DB Schenkerillä. Yhdistelmällä ajetaan pääasiassa Lempäälän ja Vantaan välillä. Sillä kuljetetaan kappale- ja pakettilähetyksiä ja täyssähköisyys mahdollistaa kuljetukset ilman kuljetuksen aikaisia päästöjä. Yhdistelmällä on noin kymmenen kuljettajaa ja sen kokonaispituus on 35,365 metriä ja kokonaismassa on 68 tonnia. Vetoauto on metrin pidempi verrattuna vastaavaan diesel käyttöiseen sen akuston vuoksi, tämän takia se tarvitsee erikoisluvan Traficomilta. Kesäisin yhdistelmällä pääsee helposti ajettavan välin, mutta huonoilla olosuhteilla ajettaessa pitää pysähtyä välilataukselle. Jatkuva oppiminen ja sopeutuminen sähköajoneuvon erityispiirteisiin korostuu pilottihankkeessa. Sähköajoneuvojen hallinta ja ongelmatilanteet voivat poiketa perinteisistä polttomoottoriajoneuvoista. Käytännön haasteisiin kuuluu esimerkiksi latausinfraan toimivuus, kuten tekniset häiriöt. (Pulse 2024.)

Suomalainen tutkimuslaitosten, julkishallinnon, yritysten ja säätiöiden muodostama verkosto sai rahoitusta EU LIFE -ohjelmasta ja käynnistää ACE-hankkeen vuoden 2024 alussa 20 miljoonan euron budjetilla. Hankkeen tarkoituksena on tukea kotimaisten kestävien investointien toteuttamista ja niiden lisäämistä. ACE-hanke edistää muun muassa raskaan liikenteen teknologista siirtymää kohti kestävämpiä käyttövoimia. Tarkoituksena on kehittää energiatehokkuustoimia ja vauhditetaan sähköisten ja vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöönottoa. Esimerkiksi Pohjaset Oy ja Metsä Group pilotoivat sähkörekkaa ja latausinfraa Lapin arktisissa oloissa, ja Ahola Transport Oy ja Plugit Finland Oy rakentavat raskaan liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien ekosysteemin Naantaliin. (Suomi sai EU:lta... 2023.)

## 6.2 Sähkökonversiot raskaan liikenteen ratkaisuna

Perinteisistä dieselkäyttöisistä kuorma-autoista voidaan tehdä sähkökonversioita, joissa polttomoottori sekä polttoainetankit poistetaan ja tilalle laitetaan sähkömoottori ja ajoakut. Konversion tekeminen on halvempaa kuin ostaa tehdasvalmisteinen sähkökuorma-auto. Konversiota tehdessä pitää kuitenkin ottaa huomioon ajoneuvon turvallisuus mikä vaatii asiantuntijoiden osaamista. (Linja-aho 2022.)

Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos Stara toteuttaa hankkeen missä selvitetään, onko mahdollista sähköistää vanha diesel kuorma-auto ja onko se taloudellisesti kannattavaa. Staran eRetrofit -hankkeessa muokataan Scanian P320 6x2 kuorma-auto täyssähköiseksi ja hankkeessa on mukana muun muassa Tampereen ammattikorkeakoulu ja VTT. Hankkeen avulla saadaan kehitettyä osaamista, kuten raskaan liikenteen sähkökonversioista, yhteiskäyttölatureista, reittioptimoinnista ja IoT-sovelluksista. (Raskassarja 2020.)

Sähkökonversioiden valmistaminen vaatii asiantuntevaa suunnittelua, jotta ajoneuvon toiminnallinen ja kolariturvallisuus pysyvät hyväksytyllä tasolla. Kuorma-autoissa toiminnallisen turvallisuuden kannalta tärkeitä apulaitteita on esimerkiksi ohjaustehostin ja paineilmajarrujen kompressori. Nämä apulaitteet saavat normaalisti käyttövoimansa polttomoottorista, mutta sähkökonversiossa ne varustetaan erillisellä sähkömoottorilla tai ne korvataan sähkötoimisilla laitteilla mitkä saavat energian korkeajänniteakulta. Toiminnallisen turvallisuuden varmistamiseksi on tärkeää, että alkuperäisiin turvallisuuskriittisiin järjestelmiin tehdään vain välttämättömät muutokset tai niitä ei muuteta lainkaan ja kaikki muutokset on dokumentoitava huolellisesti. (Linja-aho 2022.)

Vaikka sähkökonversio on edullisempi kuin uuden sähkökuorma-auton hankinta voi akkujen korkea hinta ja pienempien valmistusmäärien vaikutus kustannuksiin voivat vaikuttaa kannattavuuteen. Sähkökonversion kallein yksittäinen komponentti on ajoakusto ja se voi maksaa pienelle toimijalle 100–150 €/kWh, ammatillisesti toteutettu sähkökuorma-autokonversio maksaa reilu 100 000 € (alv 0 %). (Linja-aho 2022.)

### 6.3 Sähkölinja-autot

Kaupunkiliikenteessä akkukäyttöiset sähkölinja-autot ovat yleistyneet nopeasti osana kuntien vihreää siirtymää. Sähkölinja-autot tarjoavat ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon verrattuna perinteiseen dieselbussiin, sillä se vähentää paikallisia päästöjä ja melutasoa kaupunkialueilla. Akkukäyttöiset sähkölinja-autot ovat olleet Suomen kaupunkiliikenteessä käytössä pidemmän aikaan. Sähkölinja-autoliikennettä on testattu Espoossa Vuoden 2012 syksystä lähtien osana kansallista eBus-hanketta, missä tutkitaan sähkölinja-autojen toimivuutta Suomen haastavissa talviolosuhteissa. (Lehtinen & Kanerva 2017.)

Vanhemmissa akkukäyttöisissä sähköbusseissa on verrattavan pieni akkukapasiteetti, mikä vaatii bussilinjan varrelle yhden tai useamman pikalatausaseman riippuen linjan pituudesta. Sähkölinja-autojen akkukapasiteetti on 55–75 kWh millä saavutetaan 30–60 kilometrin toimintasäde. Pienen akkukapasiteetin avulla saadaan minimoitua sähkölinja-autojen hinta, paino ja energiankulutus, mutta samalla saadaan mahdollisimman suuri matkustajakapasiteetti. Sähköbusseissa käytetään akkuteknologiana litiumtitanaattioksidia-akkuja (LTO). LTO-akkujen hyviä puolia on sen pitkäikäisyys ja toimintalämpötilan laajuus. Akkuja voidaan ladata maksimissaan 360 kW:n latausteholla. Sähkölinja-autojen lataus voidaan suorittaa kolmella eri tavalla käyttäen kaapeli-, virroitin- tai induktiolatausta. Kaapelilatausta hyödynnetään tyypillisesti varikolla, kun sähkölinja-auto on pysäköitynä yön yli, jotta saadaan minimoitua kustannukset niin latausteho pidetään alhaisena, yleensä 20–50 kW. Virroitinlatausta varten pitää olla erilliset latausasemat, jotka voivat sijaita esimerkiksi päätepysäkeillä. Virroitinlatauksessa latausvirran siirtävä pantografi (kuva 7) voi olla joko sähkölinja-autossa tai latausasemassa. Virroitinlatauksella voidaan saavuttaa 450 kW:n maksimi latausteho. Induktiolataus tapahtuu maahan upotetuilla latauskeloilla. (Lehtinen & Kanerva 2017.)



KUVA 7. Sähkölinja-auto virroitinlatauksessa. (Sustainable Bus 2020).

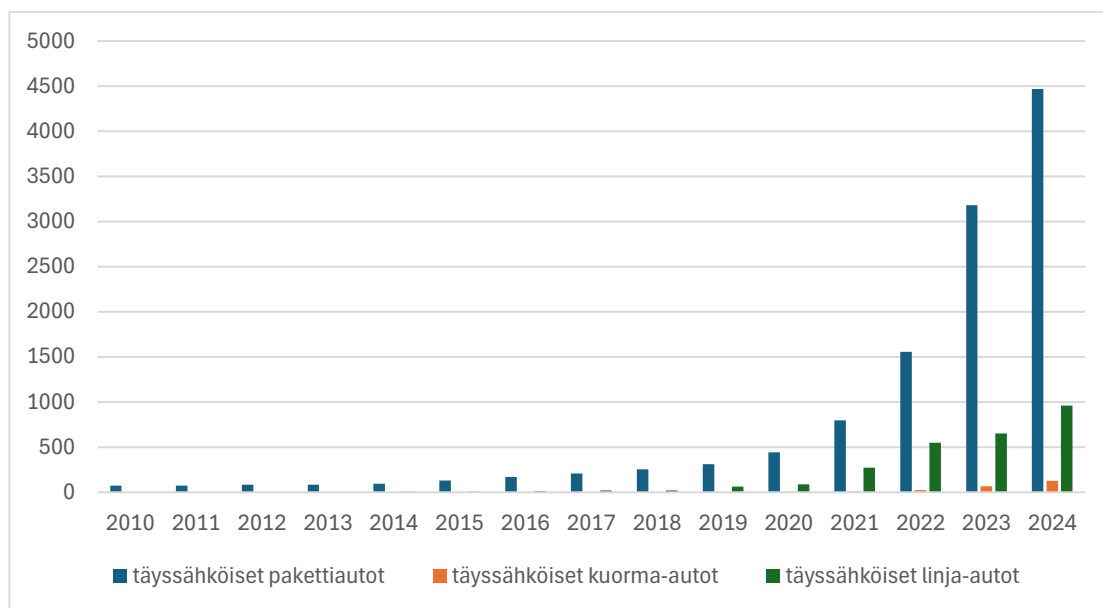
Vuonna 2021 voimaan tullut laki velvoittaa kuntia, valtiota ja seurakuntia lisäämään käytössään olevien vähäpäästöisten ajoneuvojen ja ostettujen liikennepalveluiden osuutta, kuten koulukyytien, jätteiden keräyksen, paikallisliikenteen bussipalveluiden ja Kelan kuljetusten osalta. Lain tavoitteena on edistää vähäpäästöisten ajoneuvojen käyttöönottoa ja tukea EU:n pyrkimystä saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. Laissa on myös otettu huomioon alueelliset erot latausinfrastruktuurin saatavuudessa ja taloudellisissa valmiuksissa, mikä asettaa tiukemmat vaatimukset Etelä-Suomen kunnille ja 17 suurelle kaupungille. (Laki ajoneuvo- ja liikennepalveluhankintojen ympäristö- ja energiatehokkuusvaatimuksista 740/2021.)

## 7 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Liikenteen sähköistyminen on vahvassa kasvussa ja se tulee näkymään myös raskaassa liikenteessä, kuten monelta kuorma-autovalmistajalta se voidaan todeta, sillä lähes kaikilla valmistajilla on sähköinen kuorma-automalli saatavilla. Nykyisten akkukäyttöisten sähkörekkojen toimintasäde on 240–800 kilometriä, mikä on huomattavasti lyhyempi kuin perinteisillä dieselrekoilla. Tämä osoittaa, että akkuteknologian kehityksessä on yhä ratkaistavia haasteita. Jotta sähköinen raskas liikenne voi kehittyä pitää sen ympärillä toimivat palvelut myös kehittyä. Pelkkien latausasemien rakentaminen ei riitä vaan on kehitettävä latausasemien varausjärjestelmiä sekä niiden yhteyteen tarvittavia palveluita kuljettajille. Lisäksi logistiikkatoimijoiden ja latausverkoston toimijoiden välinen yhteistyö tulee tiivistymään, jotta latausinfrastruktuuri saadaan tehokkaasti integroitua osaksi raskaan liikenteen arkea. Liikenne tulee muuttumaan ainakin länsimaissa viiden vuoden aikana erinäköiseksi liikenteen sähköistymisen seurauksena. (Aarnio-vuori 2024.)

Taulukossa 3 nähdään, miten sähköajoneuvojen määrä on kasvanut eri ajoneuvoluokissa 14 vuoden aikana. Etenkin sähköpakettiautot ovat yleistyneet merkittävästi vuodesta 2020 eteenpäin. Sähkökuorma-autojen määrä kasvaa, mutta huomattavasti hitaammin kuin sähköpakettiautojen. Tällä hetkellä Suomessa on reilu 100 täyssähköistäkuorma-autoa, kun täyssähköpakettiautoja on lähes 5000 kappaletta. Tämä voi selittyä sillä, että sähköpakettiautojen käyttö on laajempaa ja latausinfrastruktuuri soveltuu paremmin niiden käyttöön sekä investoinnit jäävät pienemmiksi sähköpakettiautoissa kuin sähkökuorma-autoissa. Sähkölinja-autojen kasvua voi selittää kaupunkien pyrkimyksillä saavuttaa vähäpäästöinen joukkoliikenne. Jos nykyinen kehityssuunta jatkuu niin jokaisen ajoneuvoluokan sähköajoneuvojen määrä tulee kasvamaan entisestään. Latausverkoston ja teknologian kehitys saattaa hidastaa sähkökuorma-autojen ja -bussien määrän kasvua, mutta toisaalta lainsäädännöt ja päästövähennystavoitteet edistävät erityisesti sähkölinja-autojen yleistymistä etenkin suuremmissa kaupungeissa.

TAULUKKO 3. Sähköisten kuljetusajoneuvojen määrä (Autoalan Tiedotuskeskus 2025, muokattu).



## 8 POHDINTA

Raskaan liikenteen sähköistäminen on yleistymässä, mutta hitaammin verrattuna henkilöautoliikenteeseen. Raskaan liikenteen sähköistymisen isoimpina haasteina ovat kehittyvät akkuteknologiat ja latausinfra saatavuus. Akkuteknologioiden kehityksessä kuitenkin uskotaan mullistaviin teknologia ratkaisuihin, jotka tulevat muuttamaan sähköajoneuvoja. Akkujen energiatihedyet tulevat kasvamaan mikä tarkoittaa pidempää toimintasädettä ja pienempiä akku kokoja. Myös latausinfrastruktuuria kehitetään jatkuvasti ja uusia latausasemia rakennetaan. Suomessa on tällä hetkellä kaksi julkista raskaan kaluston latausasemaa, mutta muutamana vuoden kuluessa niitä on jo useampia.

Sähkökuorma-autot ja -linja-autot ovat tehokkaita ja ympäristöystävällisiä, kun niiden käyttö on optimoitu ja reitit on suunniteltu. Kylmissä olosuhteissa reittisuunnittelu ja ennakoiva lataus ovat entistä tärkeämmässä roolissa, sillä akun suorituskyky ei välttämättä riitä vaadituksi ajaksi. Nämä ajoneuvot toimivat parhaiten kaupunkiympäristössä missä etäisyydet ovat lyhyitä, ja pysähdyksiä tulee paljon, kuten linja-autolla reittiliikenteessä. Kaupunkiympäristössä toimivien sähköajoneuvojen lataus suoritetaan yleensä yöaikaan yrityksen terminaalilla tai varikolla. Lataukselle voi kuitenkin tulla tarvetta käyttöaikana, jolloin voidaan turvautua julkiseen latausasemaan tai sähkölinja-autoille tarkoitettuun latausasemaan pääte pysäkillä. Sähköajoneuvot voivat tuoda säästöjä yrityksille ja kaupungeille pitkällä aikavälillä, sillä niiden käyttökustannukset ovat alhaisemmat verrattuna dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin.

Erilaiset raskaan liikenteen sähköajoneuvot tulevat yleistymään ja monet eri valmistajat ovat lähteneet sähköajoneuvojen kehitykseen ja tuotantoon mukaan. Teknologian kehitys, latausinfrastruktuurin laajeneminen ja tiukentuvat päästörajotukset vauhdittavat entisestään raskaan liikenteen sähköistymistä, tehden niistä yhä merkittävemmän vaihtoehdon perinteisille polttomoottoriajoneuvoille.

## LÄHTEET

- Aarniovuori, L. 2024. Ensimmäiset sähkörekat kyntävät jo Suomenkin teitä – raskaan liikenteen sähköistäminen ei ole enää utopiaa. LUT-yliopisto 2.5.2024. Viitattu 20.2.2025. <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/ensimmaiset-sahkorekat-kyntavat-jo-suomenkin-teita-raskaan-liikenteen-sahkoistaminen-ei>
- Ammattilehti. 2020. AMMATTILEHTI KOEJAA: Volvo FE Electric ja FL Electric - Vakuuttavia täyssähköautoja kuorma-autoluokkaan. Verkkosivu. Viitattu 28.1.2025. <https://www.ammattilehti.fi/=/uutiset.html?a2800=179337>
- Autoalan Tiedotuskeskus. 2025. Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä. Verkkosivu. Viitattu 21.2.2025. [https://www.aut.fi/tilastot/autokannan-kehitys/sahkoautojen-maaran-kehitys?sort\\_column=5&sort\\_direction=0](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan-kehitys/sahkoautojen-maaran-kehitys?sort_column=5&sort_direction=0)
- Automotive manufacturing solutions. 2024. Top 5 EV battery chemistries and formats across the world. Verkkosivu. Viitattu 15.1.2024. <https://www.automotive-manufacturingsolutions.com/top-5-ev-battery-chemistries-and-formats-across-the-world/45901.article>
- Autotuoajat- ja teollisuus. n.d. Pakokaasupäästöjä koskevat normit EU:ssa. Verkkosivu. Viitattu 12.3.2025. <https://www.autotuoajat.fi/uutishuone/autoalan-termistoja/euro-paastoluokat>
- Bates, M. 2012. How does battery work? MIT School of Engineering 1.3.2012. Viitattu 15.1.2025. <https://engineering.mit.edu/engage/ask-an-engineer/how-does-a-battery-work/>
- Clark, G. n.d. Why Are Lithium Batteries So Expensive To Make? Holo Battery. Verkkosivu. Viitattu 16.1.2025. [https://holobattery.com/why-are-lithium-batteries-so-expensive-to-make/#elementor-toc\\_heading-anchor-0](https://holobattery.com/why-are-lithium-batteries-so-expensive-to-make/#elementor-toc_heading-anchor-0)
- Earl, T, Mathieu, L, Cornelis, S, Kenny, S, Ambel, C & Nix, J. 2018. Analysis of long haul battery electric trucks in EU. European Federation for Transport and Environment (T&E) 24.8.2018. Viitattu 6.2.2025. <https://www.transportenvironment.org/articles/analysis-long-haul-battery-electric-trucks-eu>
- Electreon. 2024. Findings from the World's First Public Wireless Electric Road for Heavy-Duty Commercial Vehicles. Verkkosivu. Viitattu 28.1.2025. <https://electreon.com/articles/worlds-first-public-wireless-electric-road>
- Elovaara, J. 2024. RASKAAN LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMINEN. Sähkötekniikka. Tampereen yliopisto. Kandidaatintyö. Viitattu 7.2.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/157098/ElovaaraJuho.pdf?sequence=2>
- Energiateollisuus. 2024. Suomessa sähkö kolmanneksi halvinta Euroopassa. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2025 <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkon-hintatilasto/>

ENNOVI. 2023. Optimizing Production Efficiency and Reducing Costs for Electric Vehicle (EV) Batteries. Verkkosivu. Viitattu 12.3.2025. <https://en-novi.com/technical-literature/optimizing-production-efficiency-and-reducing-costs-for-electric-vehicle-ev-batteries/>

Fingrid. 2022. Sähköntuotannon ja -kulutuksen CO<sub>2</sub>-päästöarviot. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2025. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Gaton, B. 2024. Reader question: Are LFP batteries better than NMC? The Driven 15.11.2024. Viitattu 17.1.2025. <https://thedriven.io/2024/11/15/reader-question-are-lfp-batteries-better-than-nmc/>

Gehm, R. 2024. Volvo Trucks' battery chemistry of choice: NCA. SAE International 9.5.2024. Viitattu 19.1.2025. <https://www.sae.org/news/2024/05/volvo-trucks-battery-chemistry>

Gerald. 2024. A Deep Dive into Electric Vehicle Battery Cost. Ufine Blog 2.8.2024. Viitattu 16.1.2025. <https://www.ufinebattery.com/blog/a-deep-dive-into-electric-vehicle-battery-cost/>

Kajonen, V. 2024. Sähköautojen akkuteknologia kylmissä olosuhteissa. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Tampereen yliopisto. Kandidaatintyö. Viitattu 18.1.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/156525/Kajonen-Vaino.pdf;jsessionid=B57473151A04108746C9A6A350E3BB88?sequence=2>

Kempower. n.d. Kempower lanseeraa megawattilatausjärjestelmänsä sähkörekoille Euroopassa. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://investors.kempower.com/fi/releases/kempower-lanseeraa-megawattilatausjarjestelmansa-sahkorekoille-euroopassa/>

Kia. n.d. Mitä eri menetelmiä sähköauton lataamiseen on? Verkkosivu. Viitattu 13.1.2025. <https://www.kia.com/fi/ostajalle/goelectric/sahkoautojen-lataustavat/>

Laki ajoneuvo- ja liikennepalveluhankintojen ympäristö- ja energiatehokkuusvaatimuksista. 15.7.2021/740. Verkkosivu. Viitattu 18.2.2025. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210740>

Lehtinen, A & Kanerva, O. 2017. Selvitys sähkölinja-autojen edistämiseksi suomalaisilla kaupunkiseuduilla. Liikennevirasto 2017. Viitattu 18.2.2025. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134042/lts\\_2017-21\\_978-952-317-388-0.pdf](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134042/lts_2017-21_978-952-317-388-0.pdf)

Linja-aho, V. 2022. Raskaan kaluston sähkökonversioiden edistäminen. Traficom 12.9.2022. Viitattu 12.2.2025. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Raskaan%20kaluston%20s%C3%A4hk%C3%B6konversioiden%20edist%C3%A4minen.pdf>

MAN. n.d. Uusilla MAN-yhtiön sähköautoilla tulevaisuutta kohti. Verkkosivu. Viitattu 16.1.2025. <https://www.man.eu/fi/fi/kuorma-autot/sahkokuorma-auto/yleista.html>

Neware. 2024. Solid State Battery: Comprehensive and Detailed Introduction. Verkkosivu. Viitattu 26.1.2025. <https://www.neware.net/news/solid-state-battery/230/63.html>

Niskanen, J. 2024. Vähäpäästöisen ajoneuvon hankinnan edut ja haitat tietyn kuljetustehtävän kannalta. Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 12.1.2025. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/850517/Niskanen\\_Jalmari.pdf;jsessionid=FD43BFC7501D85072DE4B3016A123A57?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/850517/Niskanen_Jalmari.pdf;jsessionid=FD43BFC7501D85072DE4B3016A123A57?sequence=2)

Norrby, J. 2020. Valokuva. Viitattu 11.2.2025. <https://www.apu.fi/artikkelit/sahkoauton-langaton-lataus-nain-se-rakennettiin-tien-alle>

Oikkonen, A. 2022. Raskaanliikenteen sähköistyminen ja sen vaikutukset sähköjakeluverkkoon. Sähkötekniikka. Diplomityö. Viitattu 7.2.2025. [https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/163957/Diplomity%C3%B6\\_Aleksi\\_Oikkonen\\_valmis.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/163957/Diplomity%C3%B6_Aleksi_Oikkonen_valmis.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Perttilä, J. 2024. Miten olisi sähkökuorma-auto? Kuljettaja.fi 1.3.2024. Viitattu 8.1.2025. <https://www.kuljettaja.fi/fi/artikkeli/miten-olisi-sahkokuorma-auto>

Phoenix Contact. n.d. DC charging cable. Verkkosivu. Viitattu 18.2.2025. <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/tuotteet/dc-charging-cable-ev-t2m4cc-dc250a-10m70esbk11-1130335>

Pulse. 2024. Täyssähköinen HCT-yhdistelmä liikennöi Suomessa – mitä DB Schenker on oppinut pilottihankkeen aikana? Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025. <https://pulse.dbschenker.com/fi/db-schenker-sahkokayttoinen-hct-yhdistelmakayttokokemukset/>

Raskassarja. 2020. Vanha kuormuri sähkökäyttöiseksi. Verkkosivu. Viitattu 12.2.2025. <https://www.raskassarja.fi/vanha-kuormuri-sahkokayttoiseksi/>

S&P. n.d. New Battery Technology for the Future Verkkosivu. Viitattu 10.1.2025. <https://www.spglobal.com/esg/s1/topic/the-future-of-battery-technology.html>

Scania. n.d. E-mobility school: 25 terms you need to know about truck electrification. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2025. <https://www.scania.com/group/en/home/electrification/e-mobility-hub/e-mobility-school-25-terms-you-need-to-know-about-truck-electrification.html>

Sonepar. n.d. Täyssähkö- ja hybridautojen latausperiaatteet. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2025. <https://ideat.sonepar.fi/tayssahko-ja-hybridautojen-latausperiaatteet/>

Suomi sai EU:lta merkittävän rahoituksen muun muassa raskaan liikenteen sähköistymistä ja biokaasun käyttöä vauhdittavalle hankkeelle - Traficom mukana liikenteen kokeiluissa. 2023. Traficom. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2025. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/suomi-sai-eulta-merkittavan-rahoituksen-muun-muassa-raskaan-liikenteen-sahkoistymista>

Sustainable Bus. 2020. 21 ABB pantograph chargers for the Volvo e-bus fleet in Gothenburg. Verkkosivu. Viitattu 18.2.2025. <https://www.sustainable-bus.com/components/21-abb-pantograph-chargers-for-the-volvo-e-bus-fleet-in-gothenburg/>

Sähkökuningas. 2024. Sähkön siirtohinta Suomessa. Verkkosivu. Viitattu 7.2.2025. <https://sahkokuningas.fi/sahkon-siirtohint/>

Tanskanen, J. 2024. Akkutekniikan läpimurto lähellä – sähköautoihin tarjolla pian mullistava tuhannen kilometrin akku. Yle Uutiset 2.11.2024. Viitattu 25.1.2025. <https://yle.fi/a/74-20121510>

Tilastokeskus. 2024. Polttonesteiden keskihintojen lasku pysähtyi joulukuussa 2024. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2025. <https://stat.fi/julkaisu/clmyttg1kncje0aunkn2zu8az>

Traficom. 2024. Sähköautojen julkinen latausinfra kehittyy Suomessa lupaavasti. Verkkosivu. Viitattu 25.1.2025. <https://www.traficom.fi/fi/ajankoh-taista/sahkoautojen-julkinen-latausinfra-kehittyy-suomessa-lupaavasti>

V2C. n.d. Megawatt Charging System (MCS): Revolutionising Heavy Electric Vehicle Charging. Verkkosivu. Viitattu 25.1.2025. <https://v2charge.com/megawatt-charging-system-mcs-heavy-electric-vehicle-charging/>

Volvo. 2023. Breakthrough for fast charging of electric trucks – Volvo Trucks launches new service. Verkkosivu. Viitattu 27.1.2025. <https://www.volvotrucks.com/en-en/news-stories/press-releases/2023/oct/breakthrough-for-fast-charging-of-electric-trucks-volvo-trucks-l.html>

Vuorinen, V. 2023. AKUNVAIHTO – TEKNOLOGIAT, SOVELLUKSET JA MARKKINAT. Sähkötekniikka. Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö. Viitattu 30.1.2025. [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165410/kandidaatintyo\\_vuorinen\\_veeti.pdf](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165410/kandidaatintyo_vuorinen_veeti.pdf)

Wallenius, M. 2024. Neste avasi kolmostien varteen Suomen toisen suurteholatausaseman raskaalle liikenteelle. Yle Uutiset 4.9.2024. Viitattu 18.1.2025. <https://yle.fi/a/74-20109441>

Yle. 2024. Sähköautot yleistyvät vauhdilla, mutta litiumakkuja varjostaa lapsityövoima ja ympäristötuhot – suomalainen suolasta ja hiekasta ammentava akku voi vielä ratkaista ongelman. Verkkosivu. Viitattu 27.1.2025. <https://yle.fi/aihe/a/20-310616>

Ympäristö ja kierrätys. 2024. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 4.1.2025. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/sahkoautoillen\\_arjen\\_alukas\\_sahkoautoilu/ymparisto\\_ja\\_kierratys](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/sahkoautoillen_arjen_alukas_sahkoautoilu/ymparisto_ja_kierratys)

## LIITTEET

## Liite 1. Sähkö- ja dieselkuorma-autojen energia ja polttoaine kustannukset.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		<b>Hinta</b>	<b>Energiateollisuus (2024)</b>				
3	Sähkö	4.56 Snt					
4		0.0456 €					
5	Diesel	1.8 €					
6							
7							
8	<b>Verotus sähkölle</b>	Tampereen Energia Sähköverkko Oy (Sähkökuningas 2024)					
9	Siirto						
10	Perusmaksu (€/kk)	4.77					
11	Perusmaksu (€/päivä)	0.170357		Kun kuussa 28 päivää			
12	Perusmaksu (€/vuodessa)	1741.05		Kun vuodessa 365 päivää			
13	Energiamaksu (snt/kWh)	2.93					
14	Energiamaksu (€/kWh)	0.0293					
15	ALV	25.5					
16							
17		<b>Kulutus</b>		<b>Kilometrit</b>			
18	kWh/100km	120		Päivä	300		
19	l/100km	27.5		Vuosi	80000		
20							
21							
22		<b>Päivittäiset kustannukset</b>			<b>Vuosittaiset kustannukset</b>		
23		Sähkö	Diesel		Sähkö	Diesel	
24							
25	Vain energia	16.416		Vain energia	4377.6		
26	Siirrolla	27.13436		Siirrolla	8931.45		
27	Yhteensä (sis. Alv)	34.05 €	148.50 €	Yhteensä (sis. Alv)	11,208.97 €	39,600.00 €	
28							