

Capstone / Innovaatioprojekti  
TUAs / Robocoast e-heavy vehicles  
Kevät 2025

# Robocost e-Heavy Vehicles

Raskaan liikenteen sähköistämisen edistäminen  
konvertoinnin avulla

Ala-Lipasti, A., Erola, V., Hautpaakkanen, M., Nieminen A., Nieminen, A., Nurmi, J.P., Ranta, J., Reinikainen T., Salminen, S. ja Stassenko, D.



# Sisältö

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Käsitteet</b>                                                 | <b>4</b>  |
| <b>1. Johdanto</b>                                               | <b>7</b>  |
| <b>2. Miksi ja missä</b>                                         | <b>8</b>  |
| a. Miten uusi sähkökuorma-auto eroaa konversio autosta?          | 9         |
| b. Konvertoitujen kuorma-autojen asiakasmarkkinat                | 10        |
| <b>3. Taloudelliset kysymykset</b>                               | <b>12</b> |
| <b>4. Tekniset haasteet raskaan liikenteen sähkökonversiossa</b> | <b>15</b> |
| a. Akusto                                                        | 16        |
| i. Kapasiteetti                                                  | 16        |
| ii. Sijoittelu                                                   | 16        |
| b. Voimalinjan ja moottorin valinta                              | 19        |
| i. Moottorityyppi                                                | 19        |
| c. Ohjausjärjestelmät ja integrointi                             | 22        |
| d. Ajoneuvon elektroniikka ja hallintajärjestelmät               | 22        |
| e. Vanhan moottorin sijoitus                                     | 22        |
| f. Huolto                                                        | 25        |
| i. Uuteen vai vanhaan                                            | 27        |
| ii. Sähkökonversioiden määritelmä                                | 28        |
| iii. Vanhan kaluston konversiot                                  | 28        |
| iv. Uuden kaluston sähköistys                                    | 28        |
| v. Kokonaisarvio                                                 | 29        |
| vi. Johtopäätökset                                               | 29        |
| vii. Olemassa oleva                                              | 29        |
| g. Tunnettujen valmistajien tekemiä konvertointiprojekteja       | 31        |
| <b>5. Lainsäädäntö &amp; katsastus</b>                           | <b>35</b> |
| a. Katsastus                                                     | 36        |
| b. Automääräyksen muutos                                         | 37        |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>6. Infra ja ympäristö</b> | <b>39</b> |
| <b>7. Vierailut</b>          | <b>47</b> |
| <b>Lähteet</b>               | <b>49</b> |

# Käsitteet

## Raskas kalusto

Ajoneuvot, jotka ovat vähintään 3500 kg painoisia. Tällaisia ajoneuvoja ovat bussit, rekat, kuorma-autot, yhdistelmäajoneuvot, kaivurit, puskutraktorit, pyöräkuormaajat ja metsätyökoneet. Raskaalla kalustolla kuljetetaan ihmisiä, elämiä, raaka-aineita tai lopputuotteita. Niissä voi olla erilaisia työvälineitä, kuten nostureita asioiden nostamiseen kyytiin, kauhoja maa-aineksen kaivamiseen tai puskureita maa-aineksen kasaamiseen ja tasoittamiseen. Raskaat kulkuneuvot voivat liikkua kumirenkailla tai telaketjulla. Niiden kuljettamiseen vaaditaan koulutus yleensä.

## Sähköistäminen

Jokin tekniikka, joka ei vielä toimi sähköllä, muutetaan toimimaan sähköllä. Esimerkiksi rautatie voidaan sähköistää niin, että sen ylle rakennetaan sähkökaapeli, joka antaa virtaa sähköveturille. Fossiilisilla polttoaineilla toimivat voimalat, koneet tai kulkuneuvot voidaan myös muuttaa sähköä käyttäviksi. Silloin polttomoottori korvataan sähkömoottorilla. Se voi vaatia myös monen muun osan vaihtamista kulkuneuvoon. Kulkuneuvo tai kone voidaan tehdä myös alun perin sähkökäyttöiseksi.

## Infrastrukturi/ infra

Ihmisen rakentamat asiat, eli rakennukset, sillat, viemärit ja kaasu- sekä vesiputket. Kaikki nämä rakenteet ja järjestelmät ovat tärkeitä yhteiskunnan toiminnalle. Myös perusrakenteet ovat infraa, kuten tieverkosto ja sähkölinjat. Raskasta kalustoa varten tarvittavaan infrastruktuuriin kuuluvat terminaalit, lataus- ja tankkausasemat sekä pysäköintipaikat palveluineen.

## **TENT-T- runkoverkko**

Euroopan laajuinen liikenneverkko. Lyhenne tulee sanoista *Trans European Transport Network*. Tämä verkko yhdistää Euroopan maa- ja rautatiet, sisävesireitit, meri- ja lentoyhteydet, kaupunkien solmukohdat sekä rahtiterminaalit yhdeksi kokonaisuudeksi. Se edistää kestävästä ihmisten ja tavaroiden liikkumista saumattomasti EU:n jäsenmaiden välillä. Verkossa yhdistetään myös liikenteen tietotekniset järjestelmät. Runkoverkossa on eri tasoja, jotka toteutetaan peräkkäin:

- Ydinverkko, joka rakennetaan vuoteen 2030 mennessä.
- Laajennettu ydinverkko vuoteen 2040 mennessä.
- Kattava verkko vuoteen 2050 mennessä.

Runkoverkolle on suuntaviivoja antava asetus, jossa määritellään itse verkko sekä sen väyliä ja solmukohtia koskevista aikatauluista ja laatuvaatimuksista. Suuntaviivoihin kuuluvat myös kriteereiden perusteella suunnitellut kartat liikenneverkolle.

## **Konvertointi / Retrofittaus / Konversio**

Jonkin tiedon tai fyysisen asian muuttaminen toiseen tarkoitukseen tai toiseen ympäristöön sopivaan muotoon. Esimerkiksi diesel-kuorma-auto voidaan konvertoida eli muuttaa sähkökäyttöiseksi. Retrofittaus englannin kielen termistä retrofit, jolla tarkoitetaan tässä yhteydessä ajoneuvon tekniikan vaihtoa esimerkiksi käyttövoima vaihtaen tai voimalinjan modernisointia.

## **ReHV**

Robocoast E-Heavy Vehicles. Prizztechin suunnittelema hanke, jossa ratkaistaan raskaan liikenteen sähköistymistä hidastavia haasteita. Lisäksi tehdään aiheen parissa toimiva innovaatioklusteri. Hanke toteutetaan Turun,

Lapin ja Centrian ammattikorkeakoulujen yhteistyöllä. Siinä ovat mukana myös Traficom, Robocoast ja EDIH. Se on osittain Euroopan unionin rahoittama.

## **AFIR**

EU:n asetus, joka koskee vaihtoehtoisten polttoaineiden kustannuksia. Nimi tulee englannin sanoista *Alternative Fuels Infrastructure Regulation*. Asetus on tullut voimaan 13.4.2024. Erityiset kohdat:

Varmistaa vähimmäisinfra tukemaan vaihtoehtoista polttoaineita käyttäviä ajoneuvoja kaikissa liikennemuodoissa kaikissa EU:n jäsenmaissa ilmastotavoitteiden vuoksi.

Infrastruktuurin täyden yhteen toimivuuden varmistaminen.

Varmistaa kattavat käyttäjätiedot ja riittävät maksuvaihtoehdot vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurissa.

Asetuksessa asetetaan joukko pakollisia kansallisia tavoitteita vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotolle EU:ssa maantieajoneuvoissa, aluksissa ja paikallaan olevissa lentokoneissa. AFIR-asetuksessa määritelty infra mahdollistaisi tarvittavan sähkönsyötön sähkökäyttöisille ajoneuvoille ja vetytankkauksen kaasulla toimiville ajoneuvoille. Asetus pienentää huolia, jotka koskevat lataus- ja tankkausinfran saatavuutta. Se koskee myös avointa hinnoittelua, yhtenäisiä vähimmäismaksun vaihtoehtoja, sekä asiakkaille annettavia yhtenäisiä tietoja kaikkialla EU:ssa.

# 1 Johdanto

Raskaan liikenteen sähköistyminen on keskeinen osa liikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttamista ja ilmastomuutoksen hillintää. Perinteisesti dieselmootoreihin perustuva raskas kalusto on merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen lähde, ja sen sähköistäminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia ympäristövaikutusten vähentämiseen. Yksi vaihtoehto uudisrakentamisen rinnalla on olemassa olevan kaluston muuntaminen sähkökäyttöiseksi, eli ns. retrofit-ratkaisut.

Tässä raportissa tarkastellaan raskaan liikenteen sähköistymistä erityisesti retrofit-näkökulmasta. Raportti käy läpi retrofit-muunnosten teknisiä ja taloudellisia perusteita, niiden vaikutusta huolto- ja ylläpitotarpeisiin, sekä latausinfraan kehittämistarpeita sähköistymisen edetessä. Lisäksi käsitellään sähköistämisen kannattavuuteen vaikuttavia taloudellisia tekijöitä, kuten investointikustannuksia.

Raportin tavoitteena on tarjota kokonaisvaltainen katsaus sähköistymisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin raskaan rahtiliikenteen osalta.

## 2 Miksi ja missä

Raskaanliikenteen konversiossa pyritään hyödyntämään jo olemassa olevaa kalustoa, joka on edelleen alustallisesti ja päällirakenteelta ehjähköä, mutta esim. voimalinjansa osalta jo vanhentunutta, joko kilometreissä mitattuna tai Euro luokituksen mukaan, joka on EU:n määrittämä ajoneuvon päästöluokitus, joka uusitaan pääsääntöisesti 4 vuoden välein uusin säännöksin ja tiukentunein päästörajoin. Mitä vanhempi ajoneuvo, sitä pienempi euro luokitus, eli sitä suurempi päästöluokka. (Stratstone, 2021).

Konvertoidun ajoneuvon pitäisi pääsääntöisesti olla uudelle ajoneuvolle verrattava kilpailija.

Designwerk, jonka suurimpana omistajana toimii Volvo Group valmistaa Sveitsissä sähköisiä kuorma-autoja uusista diesel kuorma-autoista, jotka ovat joko Volvon tai Mercedes-Benzin valmistamia. Käyttökohteita ajoneuvoille ovat jätehuoltopalvelut, rakennus ja maansiirto, jakelu- ja runkoliikenne, sekä erilaiset erikoisratkaisut. (Designwerk, n.d.).

eTrucks.fi on suomalainen konversioita harjoittava yritys, jonka taustalla on jo muutama onnistunut asiakasluovutus ja ajoneuvoja on saatu päivittäiseen käyttöön. Valmistuneet ajoneuvot ovat olleet pääsääntöisesti jakelukuorma-autoja. (eTrucks.fi, n.d.).

Janus Electric Toimii Australiassa konvertoiden diesel kuorma-autoja sähkökäyttöisiksi hyödyntäen vaihdettavia akkupaketteja. Tällä hetkellä liikenteessä on 23 ajoneuvoa sekä 7 akkujen lataus ja vaihtopistettä. Suurin osa valmistuneista ajoneuvoista on suunnattu pidemmän matkan liikenteeseen. (Janus Electric, n.d.).

Renault Trucks on myös konvertoinut itse 12 tonnisen D-Sarjan kuorma-auton diesel käyttöisestä sähkökäyttöiseksi. Koko prosessi alkoi vuonna 2023 ja se kesti noin vuotta sisältäen tekniikan ja rakentamisen, sekä virallisen hyväksynnän. Vuonna 2024 Renault Trucks saavutti ensimmäisenä kuorma-auto valmistajana Ranskassa hyväksynnän konvertoidun sähköajoneuvon käytön



tieliikenteessä. Tämän pilottiprojektin avulla Renault Trucks arvioi konvertoinnin tulevaisuuden osana kestäväää kehitystä sen kustannuksien, ympäristövaikutuksen ja liiketoimintamahdollisuuksien mukaan. Laurent Colpier, Renault Trucks yhtiön varatoimitusjohtaja, arvelee konvertoidun ajoneuvon olevan noin 15 % edullisempi, kuin uusi vastaava. (Electric Van & Truck, 2025).

Yleisesti konvertoinnista ja retrofittaamisesta tietoa ja tapauksia löytyy enemmän linja-auto puolelta, jossa se on huomattavasti yleisempää kuin raskaamman päään kuorma-autoissa. Linja-autojen odotettu käyttöikä on korkeampi kuin kuorma-autoilla.

## 2.1 Miten uusi sähkökuorma-auto eroaa konversio autosta?

Uuden kuorma-auton hankinta tunnetulta valmistajalta takaa osittain sen toimivuuden. Sen kehitykseen, suunnitteluun ja komponentteihin on käytetty huomattavia määriä työtunteja ja kokonaisuutta on testattu oikeissa olosuhteissa, jo huomattavasti ennen koko ajoneuvon lanseerausta ja sen saatavuutta asiakkaille. Jokaisella valmistajalla on omat standardinsa, joihin ajoneuvon on päästävä. (Sgibinc, n.d).

Uusi ajoneuvo tuo mukanaan myös mielenrauhan takuiden osalta, jotka vaihtelevat eri valmistajien mukaan. Volvo sekä Renault Trucks kertovat saatavilla olevista huoltosopimukista vaihtelevin sisällöin, mutta laajimmat sopimukset voivat pitää sisällään hintaan kuuluvat hinaukset energiavian sattuessa tai voimalinja- ja akkutakuun pidennyksen.

Päästöttömän ajoneuvon massa 2-akseliselta kuorma-autolta, jonka suurin sallittu kokonaismassa on 18 000 kg, voidaan ylittää enintään 2000 kg:lla jos ajoneuvon valmistaja pystyy osoittamaan, että massan kasvu johtuu päästöttömän teknologian edellyttämästä painosta, jolloin 2-akselisen kuorma-auton kokonaismassa saa olla enintään 20 000 kg. Määräyksestä ei käy ilmi, voiko direktiiviä hyödyntää myös konvertoidussa ajoneuvossa. (Finlex, 2018).

Yleisesti konvertoinnista ja retrofittaamisesta tietoa ja tapauksia löytyy enemmän linja-auto puolelta, jossa se on huomattavasti yleisempää kuin raskaamman pään kuorma-autoissa. Linja-autojen odotettu käyttöikä on korkeampi kuin kuorma-autoilla, sekä Primus Partnersin tuottamassa tutkimuksessa havaittiin konvertoidun ajoneuvon kokonaislinkaari kustannuksien olevan kuorma-autoissa 24 % ja linja-autoissa 29 % edullisemmat verrattuna vastaavaan uuteen (Singh, 2024.)

Konvertointi verrattuna uusien sähköisten ajoneuvojen tuotantoon on vielä hyvin alkuvaiheessa. Moni konvertointia harjoittavista yrityksistä ovat startup tyypisiä tai erittäin uusia yrityksiä, joiden tuotantokapasiteetti on erittäin alhaista. Moni startup yrityksistä kaatuvat jo muutamien vuosien sisällä, eikä toiminta välttämättä ole tuotollista vielä monien vuosien toiminnassa olon jälkeenkään (D'Souza 2025.) Tallaiselta yritykseltä ajoneuvon ostaminen voi tuntua suurelta riskiltä, sillä ajoneuvolle ei mahdollisesti ole enää saatavilla tukea, jos valmistava yritys kaatuu ja pahimmassa tapauksessa ajoneuvosta tulee käyttökelvoton ja -arvoton.

## 2.2 Konvertoitujen kuorma-autojen asiakasmarkkinat

Konvertoitu auto voisi sopia tällä hetkellä suuremmille yrityksille, jotka etsivät keinoja kuljetuspäästöjen vähentämiseen, eikä kassavirrassa ole vajetta kyseisen kokeilun toteuttamiselle.

Lähes 80 % kuljetusyrityksistä ovat kokoluokaltaan 1–3 ajoneuvon yrityksiä (Traficom, 2025.) Konvertoitujen ajoneuvojen hankinta on pienille kuljetusyrityksille vielä suuri kynnys, varsinkaan jos ajoneuvon takana seisova valmistaja ei ole vielä vakaa, tarjoa kattavaa huoltoverkostoa tai muitakaan tukipalveluita.

Posti on Suomessa tietävästi ainoa, joka käyttää konvertoituja kuorma-autoja pääsääntöisesti yleisellä tieliikenneverkolla (Posti 2024.) Postilla on Suomen suurimpana kuljetusyrityksenä suurin määrä kuljetuskalustoa ja lupaus fossiilittomista kuljetuksista vuoteen 2030 mennessä pakottaa löytämään

ratkaisuja kaluston päästöttömyydestä myös konvertoitujen ajoneuvojen muodossa (Posti Group Oyj, n.d.)

Suuremmat kuljetusyritykset eivät pidä ajoneuvoista turhan pitkään kiinni, vaan ne ovat yleisesti leasing-sopimuksen piirissä ja vaihtuvat 3–5 vuoden ikäisinä uusiin.

### 3 Taloudelliset kysymykset

Dieselmääräisen rekan muuntaminen sähkökäyttöiseksi on merkittävä investointi, mutta se voi tuoda pitkällä aikavälillä huomattavia säästöjä ja ympäristöhyötyjä. Tässä käsitellään konversioprosessin kustannuksia, tarvittavan infrastruktuurin hintaa sekä Suomessa saatavilla olevia tukia.

#### Konversioprosessi ja kustannukset

Dieselkuorma-auton sähköistäminen tarkoittaa olemassa olevan polttomoottorin korvaamista sähkömoottorilla ja siihen liittyvillä komponenteilla, kuten akustolla ja ohjausjärjestelmällä. Tämä prosessi on monivaiheinen ja vaatii asiantuntevaa suunnittelua sekä toteutusta.

Tutkimusten mukaan konvertoidun sähkökuorma-auton hinta on noin puolet uuden täyssähköisen kuorma-auton hinnasta. Tämä tekee konversiosta houkuttelevan vaihtoehdon yrityksille, jotka haluavat siirtyä sähköiseen kalustoon kustannustehokkaasti. Esimerkiksi Suomessa on toteutettu projekteja, joissa dieselkuorma-autoja on onnistuneesti muunnettu sähkökäyttöisiksi, mikä osoittaa konversion olevan teknisesti mahdollista. (Forum Virium Helsinki, 2023 Paajanen Niilo, 2024.)

#### Infrastruktuurin kustannukset

Laaja sähkökuorma-autojen käyttöönotto edellyttää suurta investointia latausinfrastruktuurin rakentamista varten. Latausasemien kustannukset vaihtelevat niiden tehon ja sijainnin mukaan. Investointi latausinfraan on merkittävä, mutta se on välttämätön sähköisen kaluston tehokkaalle käytölle.

Latausratkaisun kokonaishinta riippuu tavoiteltavasta lataustehosta, ladattavien ajoneuvojen määrästä sekä monista muista tekijöistä, kuten esimerkiksi liittymän jännitteestä ja tarvittavien kaapelivetojen määrästä ja pituudesta.

Esimerkkitapauksessa bussivarikolla keskijänniteliittymän hinta on noin 90 000–125 000 euroa ja suurjänniteliittymän 150 000–360 000 euroa. Liittymän omistajan vastuulla on sähkölatausinfra toteuttaminen ja kustannukset liittymispisteestä eteenpäin, muun muassa muuntajat, latauskeskus, kaapelit ja latauslaitteet. (Kotilataajat.fi, 2025.)

Kustannukset voivat siis vaihdella merkittävästi ratkaisun koosta ja ominaisuuksista riippuen. Esimerkiksi jos lasketaan runkoverkoston kilometrit yhteen kilometrejä tulee n. 13 000, jos rakennetaan latausaseman joka sisältää 2 latauspaikkaa 60 kilometrin välein se tekisi 217 asemaa ja 434 latauspaikkaa. (Puuhuolto.fi, 15.4.2025)

## Sähköakselit

Lisäksi on kehitetty ratkaisuja, kuten sähköakselit, jotka voivat vähentää polttoaineenkulutusta ja lisätä energiatehokkuutta. Esimerkiksi Boschin kehittämä sähköakseli voi säästää jopa 9 000 litraa dieseliä vuodessa, mikä tuo huomattavia kustannussäästöjä ja vähentää päästöjä. (Autotoday.fi, 17.3.2023.)

Suomalainen VAK lanseeraa uuden ekologisen ja energiatehokkaan eTrailerin. VAK eTrailer on järjestelmä, joka koostuu sähkökäyttöisestä energiaa talteenottavasta vetävästä akselist, akkupaketista, lämmönsäätö- ja ohjausjärjestelmästä. Järjestelmä asennetaan perävaunuun, painonjakauman kannalta optimaaliseen paikkaan. Rullauksista ja jarrutuksista talteen saatua energiaa voidaan hyödyntää liikkeellelähdyissä, kiihdytyksissä ja ylämäissä. Perimmäinen tavoite on polttoaineen säästö ja päästöjen vähentäminen. (Autotoday 2023, Bosch.fi 2025)

Polttoainesäästö avustuksella tehdyissä koeajoissa on ollut n. 5-10 % verrattuna tilanteeseen, jolloin avustus ei ole ollut käytössä. Testeissä avustuksen ollessa käytössä ajoneuvoyhdistelmän kiihtyvyys 0-70 km/h parantui noin 20 % ja ylämäkijäossa ajonopeus hidastui noin 10 % vähemmän ilman avustusta ajettuun tilanteeseen nähden. (Bosch.fi, 2025. VAK.fi, 2023.)

## **Suomen tukimuodot**

Suomessa on tarjolla erilaisia tukia ja kannustimia raskaan liikenteen sähköistämiseen. Näihin kuuluvat muun muassa investointituet, verovähennykset ja muut taloudelliset kannustimet, jotka voivat merkittävästi alentaa konversioprojektin kustannuksia.

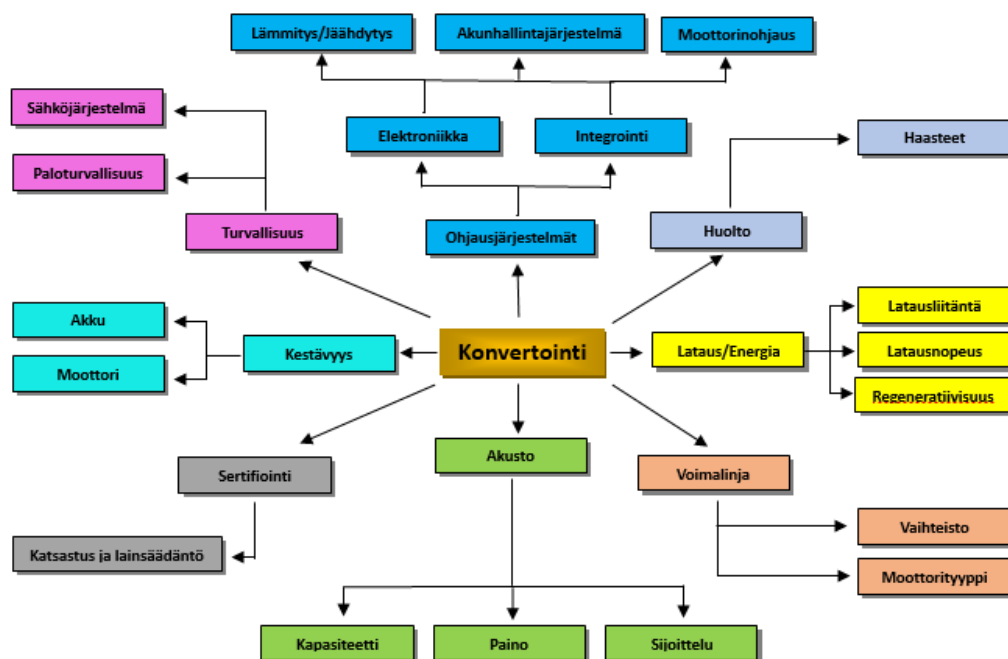
Esimerkiksi EU:n tasolla on asetettu tavoitteita liikenteen päästöjen vähentämiseksi, ja näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on tarjolla rahoitusta ja tukia jäsenmaille. Suomessa näitä tukia voidaan hyödyntää raskaan liikenteen sähköistämiseen liittyvissä hankkeissa.

## **Yhteenveto**

Dieselrekan muuntaminen sähkökäyttöiseksi on suuri investointi, mutta se voi tuoda pitkällä aikavälillä huomattavia säästöjä polttoainekustannuksissa ja vähentää ympäristövaikutuksia. Konversioprosessin kustannukset ovat noin puolet uuden sähkökuorma-auton hinnasta, ja Suomessa on saatavilla tukia, jotka voivat helpottaa investointia. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että latausinfrastruktuurin rakentamisen kustannukset ja suunnitella projekti huolellisesti, jotta saavutetaan parhaat mahdolliset hyödyt.

## 4 Tekniset haasteet raskaan liikenteen sähkökonversiossa

Raskaan liikenteen sähköistäminen tuo mukanaan monia teknisiä haasteita ja kysymyksiä, jotka liittyvät muun muassa sähkövoimalinjan suunnitteluun, energian varastointiin ja järjestelmien yhteensopivuuteen. Perinteisen dieselmoottorin korvaaminen sähkömoottorilla ei ole pelkästään voimanlähteen vaihto, vaan koko ajoneuvon rakenteeseen, ohjausjärjestelmiin ja käyttöön vaikuttava muutos. Keskeisiä teknisiä näkökohtia ovat akun kapasiteetti ja latausratkaisut, sähkömoottorin suorituskyky ja hyötysuhde sekä voimalinjan lämpö- ja energianhallinta. Lisäksi konversioihin liittyy integraatiokysymyksiä, kuten nykyisten järjestelmien sopeuttaminen sähköiseen käyttövoimaan ja ajoneuvon elinkaaren optimointi. Tässä osiossa käsitellään keskeisiä teknisiä ratkaisuja ja haasteita, jotka vaikuttavat sähköistetyn raskaan liikenteen suorituskykyyn ja toimintavarmuuteen



Taulukko 1. Mindmap

## 4.1 Akusto

### 1.1 Kapasiteetti

Kun puhutaan sähköisistä ajoneuvoista, yhtenä keskeisimpänä teemana nousee aina esille akuston kapasiteetti ja sen sijoittelu. Myös ajoneuvon suorituskyky ja toimintamatka riippuvat pitkälti näistä tekijöistä. Raskaassa liikenteessä tarvitaan satoja kilowattitunteja energiaa ja suurkapasiteettisia akustoja, jotta ajoneuvoille kyetään takaamaan riittävä toimintasäde. Tyypillisesti kapasiteetti vaihtelee 100–600 kWh välillä, mutta lopullisen koon määrittelee kuitenkin ajoneuvon käyttötarkoitus. Esimerkiksi Volvon täysin uudessa tehdasvalmisteisessa FL Electric-mallissa akuston kapasiteetti voi parhaimmillaan olla jopa 565 kWh, mahdollisten noin 450 kilometrin mittaisen toimintasäteen yhdellä latauksella. (Volvo Trucks, 2025.)

#### 4.1.1 Sijoittelu

Akkupaketit ovat suuria ja painavia, joten niiden sijoittaminen on kriittinen osa sähkökuorma-auton suunnittelua. Akuston paino voi olla sadoista kiloista useisiin tonneihin, mikä vaikuttaa ajoneuvon painopisteeseen, ajettavuuteen sekä hyötykuormaan. Konvertoinnissa tyypillisesti akuston sijoituspaikka on konvertoitavan auton rungon sivuille, jolloin ne voidaan asentaa perinteisten dieselsäiliöiden tilalle. Esimerkiksi konversioita tekevä Lielahden autokeskus sijoittaa akkupaketit auton sivuille, missä ne korvaavat polttoainesäiliöt. Tämä ratkaisu hyödyntää olemassa olevaa tilaa ilman merkittäviä muutoksia ajoneuvon rakenteeseen (Yle, 26.2.2023).

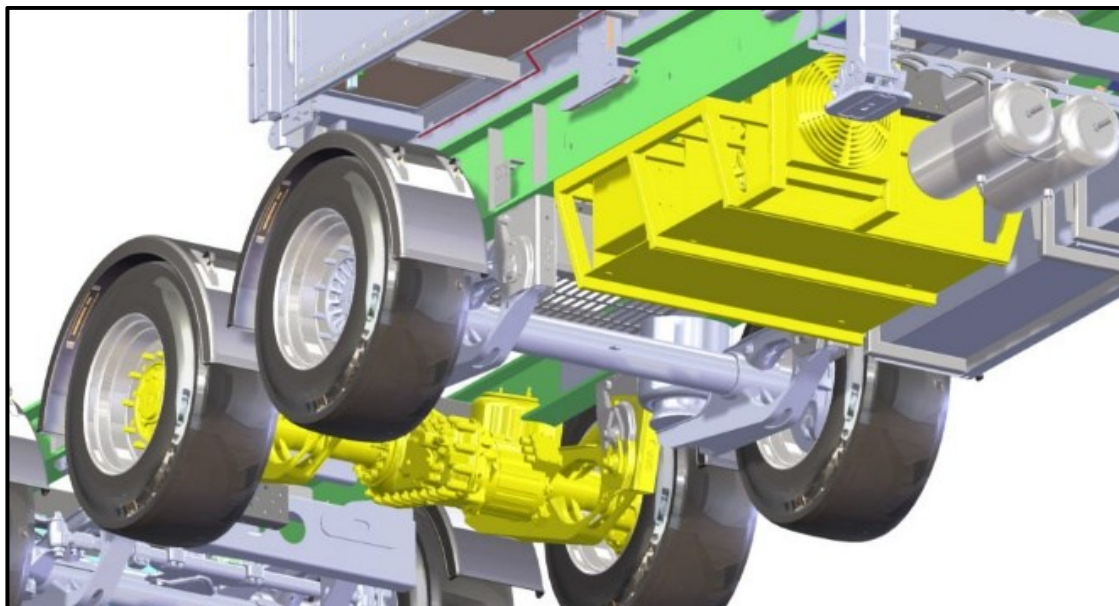




**Kuva 1.** Latausportti.

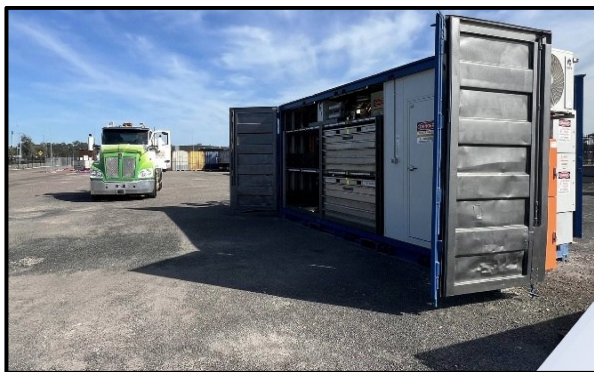
Joissakin tapauksissa akut voidaan sijoittaa myös ajoneuvon katolle, mikä on erityisen yleistä linja-autoissa ja kevyemmissä hyötyajoneuvoissa. Kuorma-autoissa tämä ei ole ainakaan vielä käytännön syistä hirveän yleinen sijoituspaikka, ajoneuvon painopisteen noustessa korkealle, joka vaikuttaa suoraan ajettavuuteen (Traficom, 2022).

Tietyissä ratkaisuissa akustot voitaisiin asentaa myös perävaunuun, jos se on teknisesti mahdollista ja ajoneuvon käyttötarkoitukseen sopivaa. Esimerkkinä tästä on Ahola Transportin ja VAK:n yhteistyössä kehittämä e-Trailer, joka osoittaa perävaunupohjaisen akustoratkaisun potentiaalin tulevaisuuden kuljetusratkaisuissa. Vaikka eTrailer on suunniteltu ensisijaisesti polttomootorikäyttöisten ajoneuvojen polttoaineenkulutuksen ja päästöjen vähentämiseen, sen periaatteita voitaisiin soveltaa myös täyssähköisiin ratkaisuihin akustomoduulien sijoittelussa (VAK, 2023).



**Kuva 2.** Akusto.

Tarkastellessa akuston sijoittelua etenkin konvertoinnin näkökulmasta, tärkeimpinä ohjaavina tekijöinä voidaan pitää akuston lämmönhallintaa ja huollon helppoutta. Lämmönhallinta on erityisen tärkeää, sillä akun suorituskyky ja käyttöikä riippuvat optimaalisesta lämpötilasta. Huollon helppous on puolestaan suoraan liitännäinen käyttö- ja ylläpitokustannuksiin, joten akustot tulisi pyrkiä suunnittelemaan yhä useammin modulaarisiksi sekä helposti vaihdettaviksi. Akuston vaihdettavuudesta hyvänä esimerkkinä voitaisiin nostaa esille australialainen Janus Trucks. Yritys kehittää ja konvertoi raskaita dieselkuorma-autoja sähkökäyttöisiksi ainutlaatuisella modulaarisella akkuteknologialla. Heidän ratkaisunsa perustuu vaihdettaviin akkuihin, jossa akut voidaan nopeasti vaihtaa erityisesti suunnitelluilla vaihtopisteillä (charge & change stations, 06.12.2024), mikä vähentää seisokkiaikoja ja mahdollistaa pidemmän toimintamatkan ilman pitkiä lataustaukoja (Janus Trucks, 2023).



**Kuva 4.** Akkukontti



**Kuva 3.** Vaihtoakku

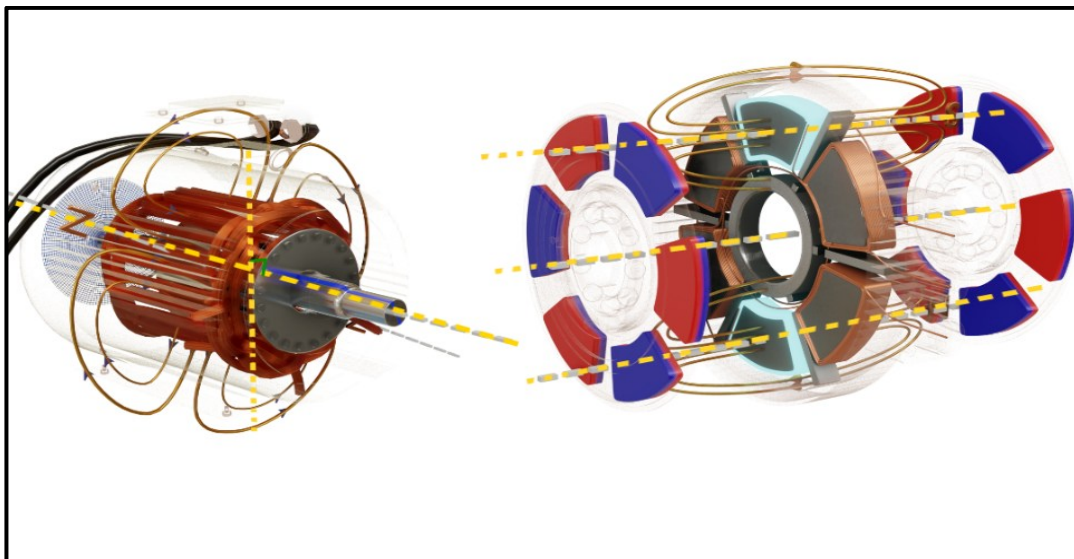
## 4.2 Voimalinjan ja moottorin valinta

Sähkökuorma-auton voimalinjan ja moottorin valinta on keskeinen päätös konversioprosessissa, joka vaikuttaa ajoneuvon suorituskykyyn, energiatehokkuuteen ja käyttökustannuksiin. Valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten ajoneuvon alkuperäinen rakenne, käyttötarkoitus, toimintamatkavaatimukset sekä käytettävissä oleva tila ja painorajat.

### 4.2.1 Moottorityyppi

Sähkömoottori on laite, joka muuntaa sähköenergian mekaaniseksi liikkeeksi hyödyntämällä magneettikenttää ja sähkövirtaa. Se koostuu kahdesta pääosasta: paikallaan pysyvästä staattorista sekä roottorista, joka pyörii ja tuottaa mekaanista liikettä (VEM Motors, 28.09.2023).

Sähkömoottorit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: keskiömoottoreihin (säteisvuomoottorit) ja napamoottoreihin (akselivuomoottorit). Näiden eroavaisuudet liittyvät ensisijaisesti magneettikentän suuntaan ja rakenteeseen. Keskiömoottoreissa magneettikenttä on kohtisuorassa akseliin nähden, ja käämit on järjestetty sylinterimäisesti, mikä tekee rakenteesta suuremman ja tilaa vievämmän. Napamoottoreissa magneettikenttä on yhdensuuntainen akselin kanssa, ja käämit on aseteltu tasomaisesti, mikä mahdollistaa kompaktimman ja levymäisen rakenteen (Electronic Design, 25.10.2023)



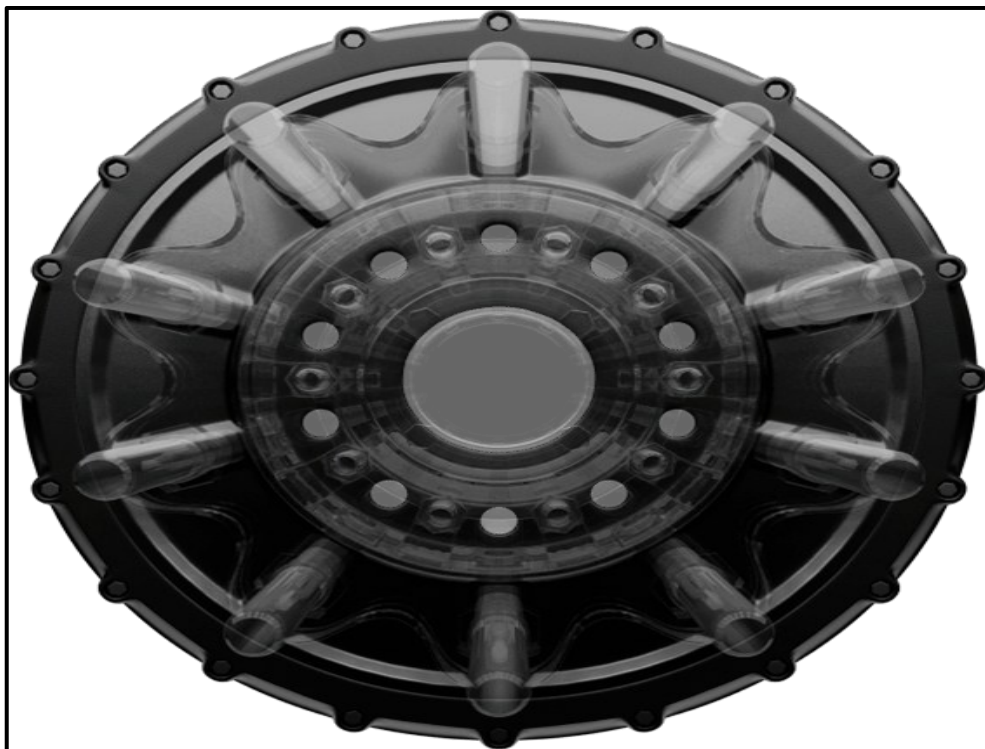
Kuva 4. Keskiömoottorin toiminnan periaatekuva.

Keskiömoottorit sijoitetaan perinteisen polttomoottorin tilalle ja sen voimansiirron yhteyteen, jolloin ne hyödyntävät olemassa olevaa vaihteistoa ja vetopyörästä. Tämä ratkaisu on usein käytännöllinen konversioissa, joissa halutaan säilyttää alkuperäinen voimansiirtolinja, esimerkiksi silloin, kun ajoneuvon alusta ja akselistot on suunniteltu perinteiselle polttomoottorikäyttöiselle voimansiirrolle. Keskiömoottorit tarjoavat myös enemmän mahdollisuuksia voimansiirron optimointiin, sillä ne voivat hyödyntää vaihteistoa, mikä mahdollistaa paremman hyötysuhteen erityisesti raskailla kuormilla ja vaihtelevissa maasto-olosuhteissa. Vaikka konvertoituja raskaan liikenteen ajoneuvoja ei ole toteutettu paljon, kaikki jo tähän mennessä konvertoidut autot käyttävät moottorityyppeinä keskiömoottoria.

Napamoottorit sen sijaan voidaan integroida pyörän napaan, suoraan vetäville akseleille. Tämä rakenne poistaa tarpeen perinteiselle voimansiirrolle, kuten vaihteistolle tai kardaaniakselille, mahdollistaen täten yksinkertaisemman sekä kevyemmän ratkaisun. Tämä tekee napamoottoreista raskaan liikenteen konvertoinnin näkökulmasta tarkasteltuna erityisen houkuttelevia kaupunkiliikenteeseen ja jakelukuljetuksiin, joissa ajoneuvojen on usein kiihdytettävä ja hidastettava lyhyillä etäisyyksillä. Koska napamoottorit tuottavat voimaa suoraan pyörissä, ne mahdollistavat tarkan vääntömomentin hallinnan,

mikä voi parantaa ajoneuvon vetopitoa ja hallittavuutta. Toisaalta lisäpainon tuominen suoraan pyörille voi vaikuttaa negatiivisesti ajoneuvon ajettavuuteen, sillä jousittamaton massa lisääntyy.

Tämän moottorityypin tuominen erilaisiin ajoneuvoihin on kehittynyt lähivuosina hurjaa vauhtia, mutta raskaan liikenteen kalustoon sopivia versioita ei kuitenkaan olla esitelty liiaksi. Kansainvälisestikin tunnetun Verge Motorcyclesin tytäryhtiö, suomalainen DonutLab esitteli tammikuussa pidetyillä CES-messuilla, viisihenkisen napamoottoriperheen, jonka tarkoituksena on mullistaa sähköajoneuvojen suorituskyky ja valmistusteknologia. Yksi heidän esittelemistään napamoottoreista kulkee nimellä Semi-truck 21”, joka nimensä mukaisesti on suunniteltu käytettäväksi raskaassa kalustossa. Moottorin luvataan tarjoavan käyttäjälleen 200 kW edestä tehoa ja 3000 Nm vääntöä, samalla painaessaan vain 40 kg (Tekniikan maailma, 9.1.2025).



Kuva 5. Napamoottori

Jos moottoreita sijoitettaisiin esimerkiksi kahdelle akselille eli neljään pyörään, saavutetut teho- ja varsinkin vääntölukemat alkavat olemaan erittäin huimalla



tasolla. On kuitenkin huomioitava, ettei tekniikkaa ole kokeiltu vielä käytännössä raskaalle kalustolle, mutta suunta napamoottorien käyttämiselle sähköllä kulkevassa liikenteessä on selkeästi ylöspäin.

### **4.3 Ohjausjärjestelmät ja integrointi**

Sähköiseen voimansiirtoon siirtyminen edellyttää, että ohjausyksiköt, invertterit ja muut sähköiset komponentit on synkronoitu optimaalisesti moottorin, akuston ja voimansiirron kanssa. Tällä voidaan varmistaa ajoneuvon saumaton ajettavuus, energiatehokkuus ja turvallisuus. Ohjausjärjestelmien tehtävänä on hallita voimansiirtoa, latausta ja regeneratiivista jarrutusta.

### **4.4 Ajoneuvon elektroniikka ja hallintajärjestelmät**

Sähkökuorma-auton moottorinohjaus ja akunhallintajärjestelmä (Battery Management System, BMS) ovat kriittisiä sähköjärjestelmän hallinnassa. BMS vastaa akun latauksen ja purkamisen hallinnasta, lämpötilan seurannasta sekä suojaustoiminnoista, kuten yllilatauksen ja ylikuumenemisen estämisestä.

Sähkökonversiossa on haasteena alkuperäisten mekaanisten ja sähköisten järjestelmien yhdistäminen uuden sähkövoimalinjan kanssa. Alkuperäiset ajoneuvon järjestelmät, kuten jarrut, ohjaustehostin ja voimansiirron hallinta, voivat vaatia uusia ohjelmistoja tai ylimääräisiä ohjainyksiköitä (ECU) toiminnan takaamiseksi.

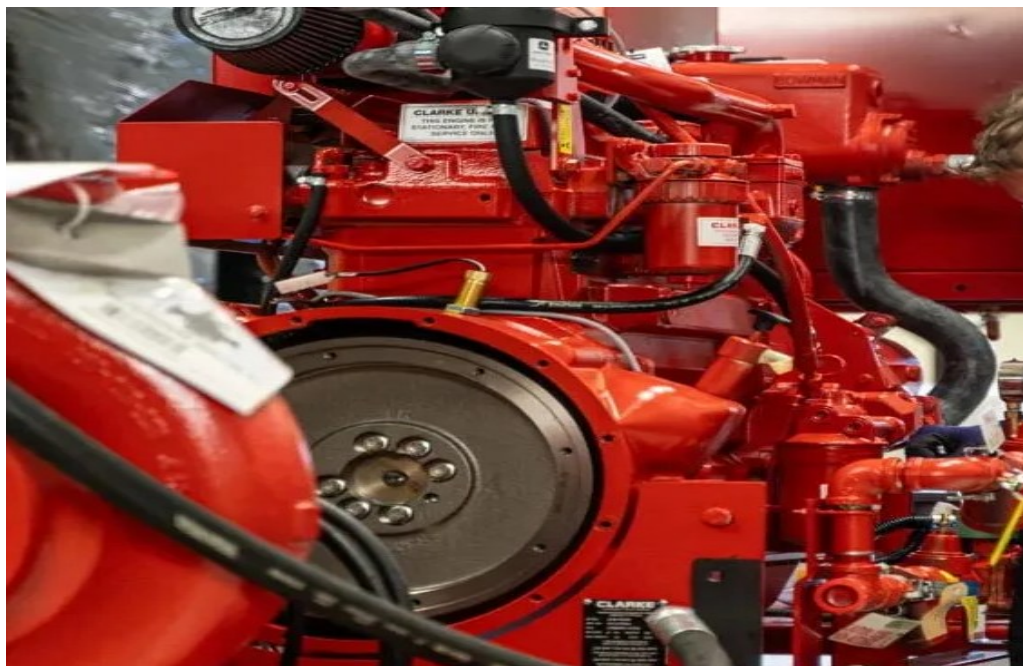
Lisäksi sähköajoneuvoissa käytetään inverttereitä, jotka muuttavat akuston tasavirran vaihtovirraksi moottorille. Näiden hallinta on kriittistä tehokkaan energiankäytön ja vääntömomentin säätelyn kannalta.

### **4.5 Vanhan moottorin sijoitus**

Dieselmoottorin poistaminen ajoneuvosta sähkökonversion yhteydessä avaa useita mahdollisia jatkokäyttökohteita. Moottorin uudelleenkäyttö voi tapahtua

myymällä se sellaisenaan, soveltamalla se uusiin teollisiin tai energiantuotantoratkaisuihin, muokkaamalla se vaihtoehtoisille polttoaineille tai kierrättämällä sen osia ja materiaaleja.

Teollisuus- ja voimalaitoskäytössä dieselmoottoria voidaan hyödyntää voimanlähteenä monissa eri sovelluksissa. Sitä voidaan käyttää sähköaggregaateina varavoimana tai siirrettävinä voimalähteinä, mikä on erityisen hyödyllistä esimerkiksi rakennustyömailla ja syrjäisillä alueilla. Lisäksi moottoria voidaan hyödyntää teollisuuspumppujen ja kompressorien energianlähteenä sekä maatalouden ja rakennustyömaiden laitteiden käyttövoimana. Esimerkiksi Suomen Diesel Voima Oy valmistaa Tampereella varavoima- ja palopumppujärjestelmiä, jotka varmistavat kriittisten järjestelmien toiminnan sähkökatkojen aikana sekä riittävän vedensaannin sammutustilanteissa, (Dieselvoima, verkkosivu). Heidän kaltaisensa yritykset olisivat varmasti kiinnostuneita sijoittamaan konvertoidun polttomoottorin uudelleenkäyttöön.



Dieselmoottorin jatkokäyttöön liittyy myös mahdollisuus sen polttoainejärjestelmän muokkaamiseen. Moottori voidaan sovittaa käyttämään

vaihtoehtoisia polttoaineita, kuten HVO:ta, biodieseliä tai nesteytettyä maakaasua (LNG). Tämä avaa mahdollisuuden käyttää moottoria osana hybridijärjestelmää, jossa se toimii generaattorina sähkömoottorin tukena, vähentäen samalla päästöjä ja parantaen energiatehokkuutta.

Dieselmoottoreita voitaisiin hyödyntää myös tutkimus- ja koulutuskäytössä. Oppilaitokset ja tutkimuslaitokset voivat käyttää moottoreita opetuksessa ja teknologian kehitystyössä. Ne soveltuvat erityisesti koneenrakennuksen ja ajoneuvotekniikan opetukseen sekä biopolttoaineiden ja voiteluaineiden testaukseen, jolloin ne tukevat alan kehitystä ja tarjoavat arvokasta käytännön oppia opiskelijoille ja tutkijoille.

Ja jos moottori ei kuitenkaan ole enää käyttökelpoinen, sen materiaalit voidaan kierrättää ympäristöystävällisesti. Dieselmoottorit sisältävät arvokkaita metalleja, kuten valurautaa, terästä, alumiinia ja kuparia, jotka voidaan ottaa talteen ja hyödyntää uudelleen.



Kuva 6. Vanhalla dieselmoottorilla voi olla myös uusiokäyttömahdollisuuksia.



## 4.6 Huolto

### Akun kunnon seuranta

Akun kunnon seuranta on yksi sähkökuorma-autojen huollon tärkeimmistä osa-alueista, sillä akun suorituskyky vaikuttaa suoraan ajoneuvon toimintamatkaan ja tehokkuuteen. Akun lämpötilaa ja varaustasoa on tarkkailtava säännöllisesti, jotta voidaan varmistaa ajoneuvon optimaalinen toiminta. Jäähdytysjärjestelmän toiminnan tarkastus on myös olennainen osa huoltoa, sillä liiallinen akun lämpeneminen lyhentää sen elinikää. Lisäksi kennokohtainen diagnoosi auttaa havaitsemaan mahdolliset viat varhaisessa vaiheessa, mikä parantaa akun luotettavuutta. Latausportin, sekä kaapelien kunnon tarkistus on myös tärkeää turvallisuuden ja tehokkaan latauksen kannalta. (Motiva.fi, 23.10.2024)

### Sähkömoottorin ja voimansiirron tarkastus

Sähkömoottorien toimintakunnon tarkastus varmistaa, että ajoneuvo toimii tehokkaasti ja ilman suorituskykyongelmia. Ohjelmistopäivitysten asentaminen voi parantaa energiatehokkuutta ja varmistaa uusimpien ominaisuuksien käytettävyyden. Perinteisissä vaihteistollisissa malleissa vaihteistoöljyn vaihto on tarpeellista, mutta vaihteistottomissa sähkökuorma-autoissa tarkastetaan voimansiirron osalta ainoastaan laakerit sekä akselit. Regeneratiivisen jarrutuksen toiminnan tarkistaminen on myös tärkeää, sillä se vaikuttaa ajoneuvon energian talteenottoon, sekä vähentää ajoneuvojen jarrujen kuormitusta merkittävästi.

### Jarrujärjestelmä

Vaikka sähkökuorma-autojen jarrut kuluvat vähemmän regeneratiivisen jarrutuksen ansiosta, tulee ne kuitenkin tarkastaa säännöllisesti. Perinteisten jarrujärjestelmien osien, kuten jarrunesteiden, jarrupalojen ja levyjen, sekä paineilma järjestelmän kunnon tarkastus, on välttämätöntä turvallisuuden

varmistamiseksi. Hyvin toimiva jarrujärjestelmä on elintärkeä erityisesti raskaissa ajoneuvoissa. (Kuljettaja.fi, 21.11.2025)

### **Ohjelmistopäivitykset ja diagnostiikka**

Sähkökuorma-autojen ohjelmistopäivitykset voivat parantaa ajoneuvon suorituskykyä ja energiatehokkuutta. Tehdas- ja etäpäivitykset pitävät ajoneuvon ohjelmiston ajan tasalla ja mahdollistavat uusien ominaisuuksien käyttöönoton. Vikakoodien tarkistus ja vianetsintä tietokoneen avulla auttavat havaitsemaan ja korjaamaan mahdolliset ongelmat ennen niiden eskaloitumista suuremmiksi vioiksi

### **Renkaiden ja alustan tarkastus**

Renkaiden kunnolla on suuri merkitys sähkökuorma-autojen turvallisuuteen ja energiatehokkuuteen. Kulutuspinnan ja ilmanpaineiden säännöllinen tarkistaminen auttaa varmistamaan tasaisen ajettavuuden sekä optimaalisen energiankulutuksen. Alustan osalta iskunvaimentimien ja muiden komponenttien kunto tulee tarkistaa, sillä ne vaikuttavat ajomukavuuteen ja ajoneuvon hallittavuuteen, sekä suorituskykyyn erityisesti ääritilanteissa ja huonojen sääolosuhteiden aikana. (Motiva.fi, 23.10.2024)

### **Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmä**

Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän toimintavarmuus on tärkeää kuljettajan mukavuuden ja ajoneuvon energiatehokkuuden kannalta. Lämpöpumpun ja ilmastointijärjestelmän tarkastus on suositeltavaa jokaisen huollon yhteydessä. Sisätilojen lämmityksen ja jäähdytyksen moitteeton toiminta varmistaa, että ajoneuvo säilyy käyttökelpoisena kaikissa olosuhteissa.

## **Turvallisuus- ja sähköjärjestelmät**

Turvallisuusjärjestelmät ovat kriittisiä sähkökuorma-autoissa, ja niiden kunto tulee tarkastaa perusteellisesti. Korkeajännitekaapeleiden ja liitosten kunnon tarkistus on olennainen osa huoltoa, sillä vikaantuneet kaapelit voivat aiheuttaa vakavia ongelmia. Lisäksi anturien, kameroiden ja avustinjärjestelmien kalibrointi varmistaa, että kaikki turvajärjestelmät toimivat oikein. Hätäkatkaisujärjestelmän ja paloturvallisuuskomponenttien säännöllinen tarkastus on välttämätöntä riskien minimoimiseksi. (Motiva.fi, 23.10.2024)

## **Huoltokustannukset**

Sähkökuorma-autojen yksinkertaisempi rakenne tarkoittaa yleensä vähemmän huoltotoimenpiteitä ja siten edullisempia huoltokuluja verrattuna perinteisiin diesel-kuorma-autoihin. Pitkässä juoksussa sähköautot voivat tarjota kustannussäästöjä, mutta akkujen mahdolliset vaihdot ja ohjelmistopäivitykset voivat tuoda lisäkuluja. Asentajien koulutus?

## **Varaosat**

Sähkökuorma-autojen varaosasaatavuus ei ole vielä samalla tasolla kuin perinteisten diesel-kuorma-autojen. Varaosien tuotantomäärät ovat edelleen pienet, mikä voi johtaa pidempiin toimitusaikoihin. Kuitenkin varaosien saatavuus kehittyy jatkuvasti, ja tulevaisuudessa tilanne parantunee huomattavasti.

### **4.6.1 Uuteen vai vanhaan**

Ilmastonmuutoksen torjuminen, päästövähennystavoitteet sekä energiatehokkuuden parantaminen ovat viime vuosina lisänneet kiinnostusta raskaan liikenteen sähköistämiseen. Tämä raportti tarkastelee, tehdäänkö sähkökonversioita ensisijaisesti olemassa olevaan (vanhaan) kalustoon vai suuntautuuko kehitys uuteen, tehtaalta sähköistettyyn kalustoon.

#### 4.6.2 Sähkökonversioiden määritelmä

Sähkökonversiolla tarkoitetaan olemassa olevan polttomoottorikäyttöisen ajoneuvon muuttamista sähkökäyttöiseksi. Tämä prosessi voi sisältää muun muassa polttomoottorin, vaihteiston ja pakoputkiston poistamisen sekä sähkömoottorin ja akkuyksiköiden asentamisen.

#### 4.6.3 Vanhan kaluston konversiot

Vanhan kaluston konversiot ovat tällä hetkellä yleisempi ratkaisu tietyissä segmenteissä, erityisesti kun:

- Kalusto on teknisesti hyväkuntoista ja käyttöikä on vielä jäljellä.
- Investointikustannuksia halutaan pitää matalina verrattuna uuden sähköajoneuvon hankintaan.
- Tarve sähkökalustolle on nopea, eikä uusia ajoneuvoja ole vielä saatavilla markkinoilta.
- Muunnoksella voidaan pidentää ajoneuvon elinkaarta ja vähentää romutusta.

Haasteina voidaan mainita muun muassa akkujen sijoittelu, muunnosten sertifiointi sekä mahdolliset muutokset ajoneuvon ajo-ominaisuuksiin.

#### 4.6.4 Uuden kaluston sähköistys

Uusien sähkökuorma-autojen ja linja-autojen markkinat ovat nopeasti kasvussa. Autovalmistajat, kuten Volvo, Scania, Mercedes-Benz ja Tesla, ovat lanseeranneet valmiita sähköisiä malleja, jotka on suunniteltu alusta alkaen sähköajoneuvoiksi.

Uuden kaluston etuja ovat:

- Energiatehokkuus ja optimointi sähkökäyttöön.
- Valmiit järjestelmät lämpöhallintaan, lataukseen ja akkujen integrointiin.

- Pidempi takuu-aika ja huoltovarmuus.

Toisaalta hankintahinta on korkea, ja toimitusajat voivat olla pitkiä.

#### 4.6.5 Kokonaisarvio

Raskaan liikenteen sähköistämisessä molemmilla lähestymistavoilla on roolinsa. Vanhan kaluston konversiot sopivat erityisesti pienemmille toimijoille, jotka haluavat nopeasti siirtyä sähköön ilman suuria investointeja. Uusi kalusto puolestaan tarjoaa paremman pitkän aikavälin ratkaisun ja on usein suurten kuljetusyritysten valinta.

#### 4.6.6 Johtopäätökset

Sähkökonversiot kohdistuvat tällä hetkellä enemmän vanhaan kalustoon, erityisesti siirtymäkauden ratkaisuna. Tulevaisuudessa, kun uuden sähkökaluston tarjonta kasvaa ja hinnat laskevat, painopiste siirtyy entistä enemmän tehdasvalmisteisiin sähköajoneuvoihin. Poliittiset päätökset, kuten tukimuodot ja päästörajoitukset, vaikuttavat vahvasti siihen, kumpi suuntaus tulee vallitsevaksi.

#### 4.6.7 Olemassa oleva

Konvertointi tai retrofitting on uutta kehittyvää teollisuutta, jossa yleensä jo käytetty diesel moottorilla varustettu kuorma-auto muutetaan sähkökäyttöiseksi. Konvertointia on tehty jo kymmenisen(?) vuotta, mutta nykyään päästörajoitusten kiristytessä, akkuteknologian kehittyessä ja sähköajoneuvojen kysynnän noustessa konvertointia tehdään enemmän määrin. Pääsääntöisesti konvertointia on järkevin tehdä vanhaan kalustoon, jossa tekniikka on kulunut ja vanhanaikaista, mutta runko ja päällirakenteet vielä käyttökelpoisia. Voimalinjan vaihto on niin merkittävä muutostyö, että ajoneuvo pitää muutoskatsastaa, sekä runko, ripustukset ja muut jäljelle jäävät osat

kannattaa käydä läpi ja ennallistaa. Lopputuloksena on siten uutta vastaava ajoneuvo, jolla on käyttöikää edessä vielä paljon.

Konvertoinnissa ajoneuvon polttomoottori ja siihen liittyvät laitteet, eli polttoainesäiliö, pakokaasunpuhdistuslaitteisto ja jäähdytyslaitteet poistetaan. Tilalle asennetaan sähkömoottori, akku ja niiden ohjainlaitteisto. Vanhaa vaihdelaatikkoa voidaan jossain yhteyksissä käyttää sähkömoottorin kanssa. Vaihtoehtona myös muuttaa akselisto sellaiseksi, jossa moottorit ovat suoraan kiinni tasauspyörästössä. Tällainen ratkaisu lisää jousittamatonta massaa ja poistaa mahdollisuuden käyttää alkuperäistä vaihdelaatikkoa. Samalla kuitenkin runkoon jää enemmän tilaa akustoille.

Polttomoottorin poistamisessa huomioitavaa on sen apulaitteet, kuten ohjaustehostin, ilmastoinnin kompura sekä jarrujen alipainepumppu. Koska sähkömoottorit eivät käy tyhjäkäyntiä, pitää apulaitteet korvata sähkötoimisilla.

On myös mahdollista toteuttaa konvertointi siten, että vanha ohjaamo ja päällirakenne siirretään uudelle rungolle, jossa on sähköinen voimansiirto, akselistot ja muu olennainen valmiina pakettina. (Trova Commercial Vehicles.) Tällöin auto saadaan nopeammin takaisin liikenteeseen, kun uusia komponentteja ei tarvitse sovittaa milloin mihinkin runkoon. Samalla myös takuut on mahdollista toteuttaa järkevästi, kun on selkeää mikä on kenenkin toteuttamaa ja vastuulla. Myös sarjatuotanto on jouhevampaa.

Konvertoinnin idea tulee kustannusten minimoimisesta. Uuden sähköisen kuorma-auton ostohinta on suuruusluokassa noin kolminkertainen vastaavaan dieselkäyttöiseen. Konvertoinnin hintoja ei juurikaan julkisesti jaettu, mutta ollakseen järkevää pitää sen olla huomattavasti halvempaa, kuin uuden vastaavan ostaminen ja varustaminen.

## 4.7 Tunnettujen valmistajien tekemiä konvertointiprojekteja

### Renault Trucks

Isommat yritykset, kuten Renault, ovat alkaneet tekemään yhteistyötä konvertoinnin parissa pienempien yritysten kanssa, jotka keskittyvät enemmän sähkömoottoreihin ja muihin oleellisiin komponentteihin. Kyseisiä konvertointeja on lähivuosina alettu tekemään enemmän ja Renault on pystynyt jo luomaan yhden kappaleen testaamista varten. Renaultin konversio on ollut niin onnistunut, että he ovat saaneet Ranskassa hyväksynnän käyttää sitä julkisessa liikenteessä.

Kyseinen Renaultin konversio on tehty Novumtech yrityksen kanssa 12 tonnisesta uudesta Renaultin ajoneuvosta. Konversio projekti sai myös tukea Ranskan ympäristö ja energian hallinta virastolta (Ademe). Kyseisestä mallista poistettiin ylimääräiset osat, joita ei enää tarvittu, kuten moottori, vaihteisto, polttoainetankit ja muut oleelliset osat, jotka toimivat polttomoottorin avustamana. Niiden sijalle sijoitettiin sähkömoottori, joka on yhdistettynä suoraan rekassa valmiina olleeseen taka-akselistoon kardaniakselilla. Polttoainetankkien tilalle asetettiin 210 kWh kokoinen litiumioni akkujärjestelmä, jota voidaan ladata 22 kW teholla. Hydrauliset- sekä paineilmajärjestelmät korvattiin sähköä käyttävillä. Rekkaan myös asennettiin sähköinen lämmitys ja ilmastointi järjestelmä. (Novumtech.)

Konvertointiin kului aikaa yhteensä 2 vuotta ja konvertoinnin tekninen osa saatiin valmiiksi 2023-vuoden loppu puolella. Kyseistä rekkaa testattiin kattavasti UTAC:in alueilla. Testeissä kokeiltiin, täsmääkö jarrutus järjestelmät vaatimuksia, sekä tehtiin sähköautoille tehtävää R100 standardien mukaista testausta. Renault julkaisi 2024 marraskuussa, että he ovat saaneet hyväksynnän käyttää konvertoitua rekkaa liikenteessä. (Renault-Trucks.)

Kyseinen rekka on vuokrattu ranskalaiselle tax-free kaupalle käyttöön lentokentän yhteydessä. Rekalla on tarkoitus ajaa lentokentän ja yrityksen varastojen välillä. Konvertoitu rekka pystyy 250 km matkaan yhdellä latauksella,

jolloin se sopii erinomaisesti kyseiseen tehtävään, sekä se auttaa samalla vähentämään lentokentän aiheuttamia päästöjä.

Renault-Trucksin käytettyjen kuorma-autojen ja kaupunkilogistiikan johtaja kertoi projektista: "The use of this vehicle in real operational conditions will enable us validate the economic viability and robustness of the electric retrofit solution. This pilot project exemplifies our dedication to preserving natural resources while minimizing the environmental impact of vehicle usage. The truck perfectly embodies the circular economy approach that we champion at Renault Trucks.". (Renault-Trucks.)

### **Edison Motors**

Edison Motors on kanadalainen yritys, joka muokkaa vanhoja tukkien kuljetus rekkoja hybrideiksi. He vaihtavat vanhan diesel moottorin tilalle uudemman diesel moottorin, joka ei ole yhdistettynä rekan renkasiin mitenkään. Diesel moottorin tarkoitus on tuottaa sähköä akkuja varten. Rekan akseleihin on asennettu moottorit, jotka liikuttavat rekkaa.

Edison Motors aloitti tekemään konvertoituja rekkoja päivittämällä vanhaan 1962 Kenworth LW 924 rekkaan hybridi teknologia. He korvasivat vanhan moottorin uudella CAT 3306 generaattorilla, paransivat rekan runkoa, sekä lisäsivät ilmajousituksen. Rekkaan lisättiin yksi tankki generaattoria varten ja kaksi akustoa runkoon kiinni. (Edison Motors.)

Prototyyppiin lisättiin sähkömoottoriksi Tesla model S moottori, joka yhdistettiin vaihteistoon kiinni. Yhdellä Teslan moottorilla rekka saatiin kuluttamaan 12 litraa dieseliä sadalla kilometrillä, joka on huomattavasti parempi, kuin alkuperäisellä moottorilla, joka kulutti noin 40 litraa dieseliä sadalla kilometrillä. Rekan akusto on sen verran iso, että yhdellä 20 min latauksella rekalla pystyy ajamaan täysin sähköllä noin 2–3 tuntia. Tähän tosin ei lasketa kuormaa mukaan, koska rekka oli vasta prototyyppi. (Edison Motors.)



Edison Motors sai prototyypin valmiiksi jo 2022 ja he saivat 2024 ensimmäisen kappaleen tuotantomallista valmiiksi testaamista varten. Tuotantomalli tulee poikkeamaan prototyypistä siten, että generaattori on muutettu CAT:in C9 moottoriksi, akustossa on 280 kWh energiaa sekä Teslan moottori on korvattu akselistoilla, joissa on moottorit suoraan sisäänrakennettuna. Kyseinen rekka sai rekisterikilven 2024 huhtikuussa, ja sitä käytetään nykyään testaamista varten. (Edison Motors.)

Edison Motors on suunnitellut tekevänsä avolava-autoihin samaa konvertointia, kuin rekkoihin. Konvertointi tehtäisiin melko uusiin esimerkiksi Ford f150 tai f250 tai verrattaviin ajoneuvoihin.

## **Neotrucks**

NeoTrucks on Ranskalainen yritys joka tekee Renault Trucksin yhteistyön kautta sähkö retrofitattuja terminaalitraktoreita. Kyseinen yritys muuttaa Renaultin käytettyjä rekkoja sähkökäyttöisiksi, jotta niitä voidaan käyttää yritysten pihalla perävaunujen siirtelemistä varten. Kyseisessä projektissa on myös ollut mukana Novumtech, joka on tehnyt suoraan Renaultille retrofitatun rekan.

NeoTrucksin terminaalitraktorin ideana on ollut tehdä ne käytettäväksi kenelle tahansa yrityksen työntekijälle, tekemällä niiden huippunopeudeksi 25 km/h. Traktoriin on rakennettu kyytiin latausjärjestelmä, jolloin sitä voi ladata helposti ilman muuten vaadittua infrastruktuuria ja täydellä latauksella pystyy työskentelemään kymmenen tuntia. NeoTrucksin nettisivuilla mainostetaan että kuskit ovat olleet tyytyväisiä heidän retrofitattuihin traktoreihin. Terminaalitraktorin hyvä puoli on se, että sitä ei ole tarkoitettu julkiseen liikenteeseen, jolloin sellaisen sähköistäminen on helpompi kuin rekan. (Neotrucks.)



Kuva 7: Terminaalitraktori (Neotrucks.fr). Raskaan kaluston konvertoinnilla on erityisesti mahdollisuuksia erikoiskauston kohdalla.

NeoTrucks on myös kehittänyt tankkaus ajoneuvon lentokenttä käyttöön. Kyseisessä autossa on sama rajoitettu nopeus ja akusto kuin heidän terminaalitraktori. Sähköistys mahdollistaa turvallisemman käytettävyyden ja pienemmän mahdollisuuden polttoaineen syttymiselle.



Kuva 8: Sähköinen säiliöauto on esimerkki konvertoidusta erikoiskalustosta.

## 5 Lainsäädäntö & katsastus

Tällä hetkellä raskaan kaluston sähköistämiseksi ei ole olemassa sääntelyä, muutoin kun Traficomien automääräys sekä ajoneuvolain 7 §, jonka mukaan

*”– liikenteessä käytettävää ajoneuvoa ei saa korjata, muuttaa eikä varustaa lisälaitteella siten, ettei ajoneuvo enää täytä vaatimuksia, jotka Suomessa olivat voimassa ajoneuvon ensimmäisen käyttöönoton ajankohtana tai tätä myöhemmin.”*

Automääräyksen kohdan 3.9 mukaan sähkökäyttöisen ajoneuvon on täytettävä E-sääntöä n:o 100 vastaavat vaatimukset. Osoituksena 3.9 kohdan vaatimusten täyttymisestä rekisteröinti- ja muutokatsastuksessa sekä yksittäishyväksynnässä hyväksytään vähintään nimetyn tutkimuslaitoksen, hyväksytyn asiantuntijan tai ilmoitetun laitoksen selvitys. (TRAFICOM/422611/03.04.03.00/2020.)

E-sääntö nro 100 on olemassa monta muutossarjaa. alkuperäinen versio on vuodelta 1997 ja myöhemmin on julkaistu kaksi versiota 2011 ja 2013. Muutokatsastuksessa ajoneuvon alkuperäinen käyttöönottohetki määrää mitä muutossarjan vaatimuksia noudatetaan. (Linja-Aho, 2022, s.10.)

E-sääntö nro 100 käsittelee sähköisellä voimalinjalla varustettujen ajoneuvojen turvallisuutta ja sisältää vaatimukset ajoneuvon sähköturvallisuudelle, toiminnalliselle turvallisuudelle sekä korkeajänniteakun paloturvallisuudelle. Tuorein sääntö sisältää 21 liitettä, jossa määritellään vaatimuksia tarkemmin ja myös miten tietyt testit pitää suorittaa. (E-sääntö 100, 2022).

## 5.1 Katsastus

| Osa | Kuvaus                                                                                                                                                                       | Värikoodaus             |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1   | Ilmoitus ajoneuvotyypin hyväksynnästä, hyväksynnän laajentamisesta, epäämisestä, peruuttamisesta tai tuotannon lopettamisesta sähköturvallisuuden osalta (E-sääntö 100)      | Hyväksyntäprosessit     |
| 2   | Ilmoitus REESS-järjestelmän tyypin hyväksynnästä, laajennuksesta, epäämisestä, peruuttamisesta tai tuotannon lopettamisesta komponenttina tai erillisenä teknisenä yksikkönä | Hyväksyntäprosessit     |
| 3   | Hyväksyntämerkit                                                                                                                                                             | Merkinnät ja suojaukset |
| 4   | Jännitteisten osien suojaus suoralta kosketukselta                                                                                                                           | Merkinnät ja suojaukset |
| 5A  | Eristysresistanssin mittaaminen ajoneuvoon perustuvissa testeissä                                                                                                            | Sähköturvallisuustestit |
| 5B  | Eristysresistanssin mittaaminen komponenttiin perustuvissa REESS-järjestelmän testeissä                                                                                      | Sähköturvallisuustestit |
| 6   | Eristysresistanssinseurantajärjestelmän toimivuuden varmistusmenetelmä ajoneuvossa                                                                                           | Sähköturvallisuustestit |
| 7A  | Tarkastusmenetelmä asiakirjojen perusteella ajoneuvon sähköjärjestelmän eristysresistanssin vaatimustenmukaisuudelle vesialtistuksen jälkeen                                 | Vesialtistustestit      |
| 7B  | Ajoneuvoon perustuva veden vaikutuksilta suojaamisen testi                                                                                                                   | Vesialtistustestit      |
| 8   | REESS-järjestelmän lataustoimenpiteiden aikaisten vetypäästöjen määrittäminen                                                                                                | Paloturvallisuus        |
| 9   | REESS-järjestelmän testausmenettelyt                                                                                                                                         | Yleiset testimenettelyt |
| 9A  | Tärinätesti                                                                                                                                                                  | Yleiset testimenettelyt |
| 9B  | Lämpösokki- ja lämmönvaihtelutesti                                                                                                                                           | Yleiset testimenettelyt |
| 9C  | Mekaaninen isku                                                                                                                                                              | Yleiset testimenettelyt |
| 9D  | Mekaaninen puristus                                                                                                                                                          | Yleiset testimenettelyt |
| 9E  | Tulenkestävyys                                                                                                                                                               | Paloturvallisuus        |
| 9F  | Ulkoinen oikosulkusuojaus                                                                                                                                                    | Sähköturvallisuustestit |
| 9G  | Ylilataussuojaus                                                                                                                                                             | Sähköturvallisuustestit |
| 9H  | Ylipurkautumissuojaus                                                                                                                                                        | Sähköturvallisuustestit |
| 9I  | Ylikuumentumissuojaus                                                                                                                                                        | Sähköturvallisuustestit |
| 9J  | Ylivirtasuojaus                                                                                                                                                              | Sähköturvallisuustestit |

Kun vaatimukset sähkökonvertoidulle raskaalle ajoneuvolle ovat erittäin laajat ja yksityiskohtaiset e-100 säännön kohdalla, voi muutostarkastuksessa olla hankaluuksia. Kyseinen toimenpide on sen verran harvinainen vielä Suomessa. (Linja-aho, 2022, s.9.)

Linja-ahon mukaan muutostarkastuksessa tulisi edellyttää kolmannen osapuolen, esimerkiksi kokeneen ajoneuvosuunnittelualan ammattilaisen, lausuntoa kokonaisuuden turvallisuudesta ja muutosten dokumentoinnin riittävydestä. Katsastajan mahdollisuudet arvioida koko kokonaisuuden turvallinen toteutus on rajoitettua: katsastaja ei voi olla lujuuslaskennan, sähköturvallisuuden ja monen muun osa-alueen erikoisasiantuntija ja kaikkiin asiakirjoihin perehtyminen syvällisesti on aikaa vievää.

Suomessa selvityksiä ja lausuntoja kolmantena osapuolena muutuskatsastuksessa antaa Hämeenlinnassa toimiva Testmill Oy Ltd. Yritys on testaus-, tarkastus- ja sertifiointipalveluja tuottava asiantuntijayritys. (Testmill Oy.)

## 5.2 Automääräyksen muutos

Lokakuussa 2023 Traficom päivitti *Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset*-määräyksen. Heidän tiedotteensa mukaan määräyksen päivitys tuo uusia vaatimuksia uusille ajoneuvoille. Erilaiset kuljettajaa avustavat järjestelmät tulisivat pakollisiksi uusiin autoihin. (Traficom 2023.)

Erityisasiantuntija Juhani Puurunen toteaa tiedotteessa ”*Tavoitteenamme on helpottaa pieninä sarjoina ja yksittäiskappaleina valmistettujen ajoneuvojen vaatimustenmukaisuuden toteamista ja näin huomioida esimerkiksi suomalaisten pienten valmistajien ja päällirakentajien tarpeita*”. (Traficom 2023.)

Raskaan kaluston sähköistämisen kannalta uusi automääräys on tuonut muutoksia Traficomien edellyttämiin vaatimuksiin. Uudessa määräyksessä painotetaan E100-säännön vaatimuksia enemmän kuin vanhassa. (TRAFICOM/422611/03.04.03.00/2020.)

## 6.1 Käyttövoimaksi sähkö

Ajoneuvon, joka on otettu käyttöön 21 päivänä elokuuta 2002 tai sen jälkeen, tulee sähkökäyttöiseksi muutettaessa täyttää ajoneuvon käyttöönottoajankohdan mukaiset E-säännön 100 vaatimukset. Kuitenkin sähkömagneettisen yhteensopivuuden osoittamiseksi riittää muutossarjan valmistajan antama todistus soveltuvuudesta muutoksen kohteena olevaan ajoneuvoon, tai kaikista korkeajännitelaitteiden osista osoitus EMC-yhteensopivuudesta.

Eristysresistanssia koskeva mittaus voidaan tehdä normaalissa ulkoilman kosteudessa ilman vakautusta. Vaatimustenmukaisuus on osoitettava automääräyksen tai sitä edeltävien ajoneuvon käyttöönottoajankohtana voimassa olleiden säännösten mukaisesti.

Vanhassa automääräyksessä kohdassa 6.1 *käyttövoiman muutos sähköksi* vaatimukset olivat kuvan mukaiset:



Vanhassa automääräyksessä määriteltiin myös lisävaatimuksia ennen 21 päivä elokuuta 2002 käyttöön otetuille ajoneuvoille seuraavasti:

- 1) suojaus sähköiskuilta tulee toteuttaa E-säännön 100 kohdan 5.1 mukaisesti
- 2) akut tulee sijoittaa ja kiinnittää niin, etteivät ne ole alttiita vaurioille tai irtoamiselle törmäystilanteessa
- 3) jos ajoakku on lyijyakku, se on vetykaasun kertymisen estämiseksi varustettava
  - tuulettimella tai tuuletuskanavalla
- 4) tuulilasin huurteenpoistojärjestelmän on oltava niin tehokas, että se takaa riittävän näkyvyyden tuulilasin läpi kylmällä säällä
- 5) ajoneuvo on varustettava ajosuunnan valitsimen asennon ilmoittimella kuljettajalle;
- 6) kuljettajan on saatava ajoneuvosta poistuessaan ilmoitus, jos ajoneuvo on vielä
  - aktiivisen ajon mahdollistavassa tilassa.

(TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019.)

Uudessa automääräyksessä edellä mainitut lisävaatimukset käyttövoiman muutokselle ovat poistuneet. Kohdan 3.9 *Sähkökäyttöinen auto* sisältö näyttää uudessa määräyksessä kokonaisuudessaan tältä:

### 3.9 Sähkökäyttöinen auto

Yhdellä tai useammalla sähkökäyttöisellä ajomoottorilla varustetun M- ja N-luokan ajoneuvon, jonka käyttöjännite on tasajännitteellä vähintään 60 volttia tai vaihtojännitteellä vähintään 30 volttia, riittävänä osoituksena sähköisen voimalaitteen turvallisuuden vaatimustenmukaisuudesta hyväksytään yksittäishyväksynnässä, muutostatsastuksessa tai muun kuin EU- tai EY-tyyppihyväksytyn, sähköiseltä voimalaitteeltaan muuttamattoman ajoneuvon rekisteröintikatsastuksessa se, että ajoneuvon osoitetaan täyttävän vähintään E-sääntöä n:o 100 vastaavat vaatimukset. Jos ajoneuvo on otettu ensi kertaa käyttöön ajankohtana, jolloin E-säännön n:o 100 jonkin muutossarjan vaatimusten soveltaminen uusiin ajoneuvoihin oli pakollista Euroopan unionin lainsäädännön nojalla, ajoneuvon tulee yksittäishyväksynnässä, rekisteröintikatsastuksessa ja muutostatsastuksessa vastata vähintään kyseisen muutossarjan tai sitä uudemman muutossarjan vaatimuksia. Edellä tarkoitetuista vaatimuksista poiketen ajoneuvon eristysresistanssia koskeva mittaus voidaan tehdä normaalissa ulkoilman kosteudessa ilman vakautusta.

Osoituksena 3.9 kohdan vaatimusten täyttymisestä rekisteröinti- ja muutostatsastuksessa sekä yksittäishyväksynnässä hyväksytään vähintään hyväksytyn asiantuntijan selvitys.

**Kuva 5.** (TRAFICOM/422611/03.04.03.00/2020.)

## 6 Infra ja ympäristö

Raskaan sähköistetyin liikenteen, eli sähkökäyttöisten rekkujen ja kuorma-autojen, toimivuus edellyttää riittävän kattavaa latausinfrastruktuuria päätieverkolla. EU:n AFIR-sääntely vaatii sen toteuttamista TEN –T-verkolla. Se tarkoittaa Euroopan laajuista liikenneverkkoa (engl. Trans European Transport Network). Yhtenäinen TEN T -ydinverkko tarvitaan valtatie 4 varrelle. Kattavampaa verkkoa tarvitaan myös valtateiden 3, 5 ja 9 varrelle. Yksittäisiä kohteita pitäisi olla ydinverkolla 14 ja kattavalla verkolla 40. Nämä lukumäärät sopivat AFIR-sääntelyn vaatimuksiin. Yksi latauspooli tarvitsee tilaa noin 4000 neliömetriä. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys.)



Kuva 6: Raskaan liikenteen latausasema.

### Nykytilanne

Tuonnin raskaan liikenteen kuljetukset keskittyvät paljon Helsingin, Tampereen ja Turun välille. Myös vientikuljetukset keskittyvät pääteille. Raskas liikenne kasvaa erityisesti Etelä-Suomessa. Etäisyydet ovat siellä lyhyitä eri kaupunkien välillä, alle 200 kilometriä. Tarvittavan latausinfra määrää on pieni, jos lataaminen tehdään enimmäkseen kuljetusten lähtö- ja saapumiskoissa samaan aikaan, kun ajoneuvojen rahtia lastataan tai puretaan. Ne paikat ovat raskaan tavaraliikenteen solmukohtia ja satamia.

Tavaraliikenteen solmukohdat voidaan jakaa kolmeen tärkeysluokkaan. Tiekuljetusten painotus on suurin niiden suuren volyymin takia, 40 solmukohtaa.

Elinkeinoelämän painotus on toiseksi suurin, enintään 30 solmukohtaa. Varaston, kuljetuksen ja terminaalitoimintojen, teollisuuden ja kaupan vaikutus tavaraliikenteeseen on suuri. Rautatiekuljetusten painotus on puolet verrattuna tiekuljetuksiin, vain 20 solmukohtaa. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys.)

### **Latauspoolien kysyntä**

Ydinverkolla tieosuuksien lataustarve on yli 50 ajoneuville vuorokaudessa. Lataustarve on suuri valtatiellä 4. Tällä reitillä etelä-pohjois-suunnassa on yli 200 ja 300 kilometrin kuljetuksia. 200 kilometriä on tyypillinen kuljetusmatka jakelussa kaupunkiseudulla. 300 kilometriä perustuu ajo- ja lepoaika-asetuksen mukaan arvioituun kuljetusmatkaan.

TEN T-ydinverkolla tarvitaan AFIR-asetusehdotuksen mukaan 19 mahdollista latauspoolin paikkaa. Kysynnän mukaan jo 14 latauspoolia riittäisi. Niistä 13 olisi valtatie 4 varrella. Valtatiellä 1 tarvitaan kysyntäanalyyysin mukaan vain 1 latauspooli, koska etäisyydet ovat pitkiä siellä. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys.)

Ydinverkko on tarkoitus rakentaa vuoteen 2030 mennessä. Sitä seuraa laajennettu ydinverkko vuoteen 2040 mennessä. Kattava verkko tehtäisiin vuoteen 2050 mennessä. Ydinverkkoon täytyy siis panostaa lähivuosina, jotta edes se valmistuisi ajoissa.

Ydinverkkoon kuuluvat kaupunkisolmukohdat ja lentokentät ovat Turussa ja Helsingissä. Verkon satamat ovat edellä mainittujen kaupunkien lisäksi Naantalissa, Kotkassa ja Haminassa. Lisäksi verkkoon kuuluvat Haminan rautatie- ja maantieterminaalit sekä Saimaan vesistö. (Traficom 2023.)

Kattavalla verkolla on lataustarvetta yli 30 ajoneuville vuorokaudessa. Yhtenäisemmillä tiejaksoilla tarvitaan enemmän latauspooleja, jotta kysyntään voidaan vastata. Kattavalla TEN T -tieverkolla tarvitaan yli 40 latauspoolia kysynnän perusteella. Alueellisen kattavuuden takia joitakin paikkoja tarvitaan



Pohjois- ja Itä-Suomeen. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)

Kattavaan verkkoon kuuluisi Suomessa 18 lentoasemaa, 12 satamaa sekä 1 rautatien ja 1 maantien terminaali. Vaakatason hankkeet kuten Merten moottoritiet, liikenteen telemaattiset järjestelmät, sekä keksintöjen tekeminen ja uudet teknologiat kuuluvat myös TEN-T- verkkoon. (Traficom 2023.)

Tiejaksoille sopivien latauspoolien soveltuvuutta mietittäessä täytyy muistaa niiden sijainti tieverkossa, kohteen läheltä löydettävät palvelut sekä mahdolliset ympäristön asettamat reunaehdot. Muun muassa luonnonsuojelualueet olisivat reunaehtoja. Kun latauspoolien kysyntä kohdistuu pitkän ja yhtenäisen tiejakson osuudelle, voidaan valita kaksi latauspoolia, jotka ovat niiden ääripäissä. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)

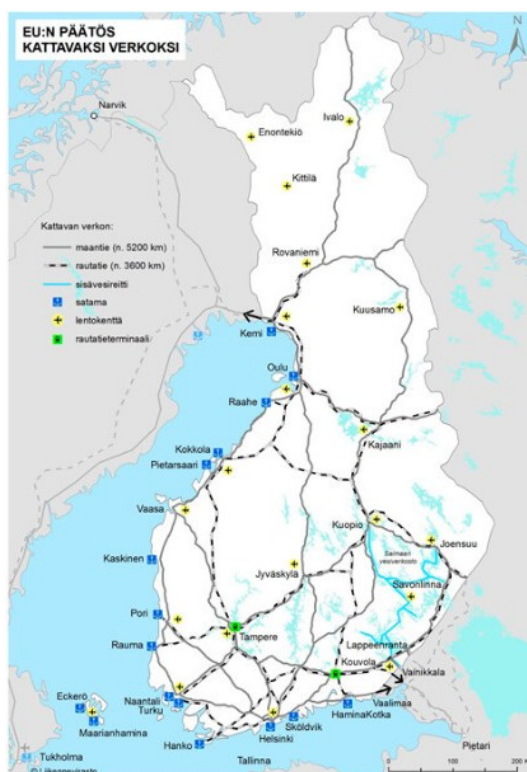
Joillakin kattavan verkon osuuksilla tarvitaan useita latauspooleja. Ne osuudet ovat valtatiellä 3 osuudella Tampere - Seinäjoki, valtatiellä 5 osuudella Lahti – Mikkeli, valtatiellä 9 osuudella Tampere – Jyväskylä ja valtatiellä 9 osuudella Jyväskylä – Kuopio. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)

TEN-T verkon käyttöön sopivien latauspoolien täytyy sijaita enintään 2 kilometrin etäisyydellä TEN-T verkosta. Sillä tavalla on liikkumavaraa sopivan sijainnin ja tavaraliikenteen solmukohtien lähellä olevien latauspoolien kannalta. Kohteiden tarkan toteuttamisen arvioimisessa tiedot sähköverkosta voidaan saada paikalliselta sähköyhtiöltä. Latausinfra toteuttaminen edellyttää palveluntarjoajan halua investoida siihen. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)

Kun selvitetään lataustarvetta raskaalle liikenteelle tieverkon osilla, lähtökohtana on lataustarve yli 30 kertaa vuorokaudessa, keskivauhti 60 km/h ja enintään 4,5 tunnin mittainen ajaminen. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)



Kuva 7: EU:n päätös ydinverkoiksi Suomessa. (Traficom, 2023)



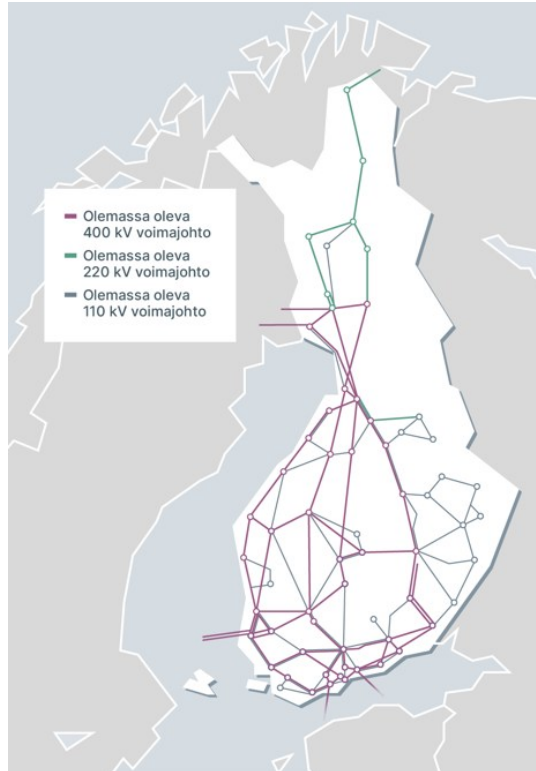
Kuva 8: EU:n päätös kattavaksi verkoiksi Suomessa. (Traficom, 2023)

TEN T-ydinverkossa on yhdeksän eri kansainvälistä käytävää. Näistä väylistä Suomen läpi menevät Skandinavia-Välimeri sekä Pohjanmeri-Itämeri. Pohjanmeri-Itämeri ydinverkkokäytävä jatkuu Suomen halki Ruotsin Luulajaan asti. (Traficom 2023.)

Raskaita hyötyajoneuvoja varten aiotaan asentaa latausasemia TEN-T-ydinverkkoon 60 kilometrin välein, ja kattavaan verkkoon 100 kilometrin välein vuodesta 2025 alkaen. Koko verkon kattavuus pyritään saavuttamaan vuonna 2030. Näiden latausasemien lisäksi tarvitaan asemia, joissa voidaan turvallisesti ja valvotusti pitää ajoneuvoja latauksessa yön yli. Kaupunkien solmukohtiin tarvitaan latauspaikat myös jakeluautoille.

Sähköajoneuvojen latausasemien lisäksi TENT T-verkossa aiotaan tehdä myös vetytankkausasemia vetykäyttöisille ajoneuvoille. Niitä olisi käytössä kaupunkisolmukohdissa vuodesta 2030 alkaen 200 kilometrin välein. Niillä varmistetaan riittävän tiheä verkosto vetyajoneuvoille kaikkialla EU:ssa. Lataus- ja tankkausasemien ylläpitäjät varmistavat hintojen avoimuuden ja yhdenmukaiset maksutavat. Ylläpitäjien täytyy asettaa asemien olennaiset tiedot, kuten sijainnin, palvelut ja hinnat, näkyviin sähköisesti. (Euroopan komissio, 2023)

Seuraavaksi selvitetään, mikä on nykyisten teiden varsilla olevien levähdyspaikkojen ja huoltoasemien palvelutaso. Huoltoasemia tutkivan raportin mukaan Suomessa on ollut vuonna 2023 miehitettyjä huoltoasemia 757 kappaletta ja miehittämättömiä levähdyspaikkoja on ollut 1275. Kaikista huoltoasemista on 594 raskaan kaluston asemia. Osa niistä toimii huoltoasemapalvelujen yhteydessä. Huoltoasemien yhteydessä toimii myös kahviloita, ravintoloita, kauppoja, korjauspalveluita, sekä nimenomaan raskaalle liikenteelle varattuja palveluita. (Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra, tarveselvitys)



Kuva 9: Kartta sähkönsiirtoverkosta (Fingrid Oyj, 2024)

Kun sähköisen raskaan kaluston latausinfraa suunnitellaan Suomessa, täytyy tietää, miten sähkönsiirtoverkko on rakennettu siellä. Oheinen kartta Fingridin verkosta on avuksi siinä. Fingrid pitää toiminnassa Suomen kantaverkkoa. Se sisältää silmukoidut suurjännitejohdot ja sähköasemat. Voimajohdoissa on 400, 220 ja 110 kilovoltin jännitteet. Voimajohtojen koko pituus on noin 14500 kilometriä, ja sähköasemia on 121 vuoden 2023 laskennan mukaan. 75 prosenttia kaikesta Suomessa siirretystä sähköstä kulkee sen kautta.

### Voimajohdot

Voimajohdot ovat harustettujen teräspylväiden varassa. Joskus ennen 110 kV ja 220 kV johdoilla oli myös puisia pylväitä, mutta 400 kV johtojen pylväät ovat aina olleet terästä. Kaupunkien seuduilla nähdään paljon ristikkopylväitä. Vanhimmat yhä käytössä olevat voimajohdot ovat 1940-luvulta.

Fingrid pitää voimajohdot sähköturvallisuusmääräyksissä kerrotussa kunnossa. Yhtiö liikkuu johtoja ympäröivillä alueilla jalkaisin tai kulkuneuvoilla

tarkastamassa niitä. Tarkastukset tehdään maastossa kävellen 1–3 vuoden välein.

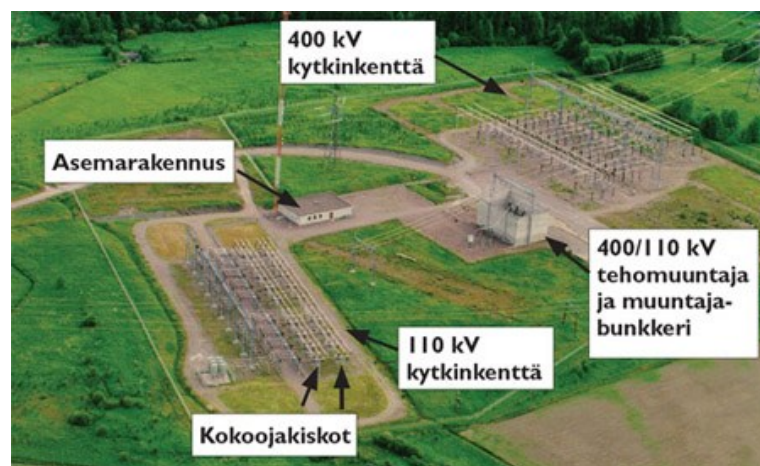
Mitä johtojen tarkastuksissa tutkitaan:

- Kasvit, kuopat ja uudet rakenteet johtoalueella
- Pylväiden osien kunto, kallistumat, lintujen aikaansaannokset
- Eristimet ja johtimet

Joskus tehdään voimajohtojen erikoistarkastuksia. Esimerkiksi myrskyjen jälkeen voidaan lentää johtojen yli tarkistaen samalla niiden kuntoa. Talvisin voidaan tehdä partiointia helikopterilla ja pudottaa jääkuormia ukkosen johdattimilta.

### Sähköasemat

Nämä asemat ovat sähköverkon solmukohtia, joissa sähköä jaetaan eri johdoille. Asemilla saavat liikkua vain ne, joilla on sähköyhtiön lupa siihen. Asemien toimintaa ja kuntoa seurataan kameravalvonnalla. Sen lisäksi tehdään erilaisia turvallisuuden, tekniikan ja ympäristön tarkastuksia. Palveluntoimittajat pitävät kunnossa sähköasemien laitteita. Siinä käytetään kuntoperusteista ohjelmaa ja teknisiä eritelmiä. Sähköä siirretään kantaverkossa useampaa eri yhteyttä pitkin.



Kuva 10: (Fingrid Oyj, 2024)

## **Varavoimalaitokset**

Näillä laitoksilla tehdään koekäynnistyksiä kerran kuudessa viikossa ja ne voidaan käynnistää myös, jos kantaverkossa on häiriötilanteita. Laitoksen laitteiden käynnistäminen ja kytkentätilanteen muuttaminen voivat aiheuttaa voimakkaita ääniä, kuten kolahduksia. Varavoimalaitosten toimintaa seurataan eri tavoin: laitoskierroksia, käytönvalvonta- ja kameravalvontajärjestelmiä, useita ympäristön, turvallisuuden ja tekniikan tarkastuksia. Vartiointiliikkeet tarkkailevat laitoksia. Laitosten pitäminen kunnossa on Fingridin palveluntoimittajien tehtävä.

## 7 Vierailut

Kävimme projektin aikana muutamalla yritysvierailulla haastattelemassa työntekijöitä kokemuksistaan raskaan liikenteen sähköistymisestä

### Ahola Transport

Ahola Transport vierailulla keskustelimme heidän sähköisestä kalustostaan Ahola Transportin toimitusjohtaja Åke Nyblom:in kanssa. Heillä ei ole käytössä kuin uutta kalustoa ja näin ollen vertailu retrofit kaluston kanssa jäi niukaksi. He kuitenkin ovat tällä hetkellä suomessa ainoa yritys, joka ajaa sähköisellä runkolinjalla ulkomaille Ruotsiin. Heiltä saimme myös kuulla, että uuden sähköisen kaluston tultua, Scania halusi tietää auton tarkat reittisuunnitelmat, ja ne piti hyväksyttää heillä. Ahola Transportilla on myös Plugitin kanssa avattu oma latauspiste, joka on myös julkisessa käytössä henkilöautoille ja muiden yritysten raskaille kalustoille. Ahola Transport yhteyshenkilö oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa ostetaan enemmän uutta kalustoa kuin konvertoitua kalustoa.

### Posti Group Oy Pirkkala

Postin toimipisteillä Pirkkalassa ja Tampereen Multisillassa on käytössä kaksi konvertointua jakeluautoa. Heidän kokemuksensa näistä olivat todella positiiviset ja oikeastaan vertailussa täysin uuteen sähköiseen kalustoon jopa paremmat kokemukset. Ainoat ongelmat liittyivät latauksien aloittamiseen ja toimintamatkan niukkuuteen. Konvertoidussa kalustossa ongelmat ovat lähinnä vanhasta korista johtuvia, kuten lasinnostin ei toimi tai muuta vastaavanlaista pientä. Retrofit autoja on kaksi, toisen toimintasäde on noin 100 km ja toisen noin 200 km. Erityten vanhempi on ns. proof of concept, jolla näytettiin konvertoinnin olevan toimiva ratkaisu. Lielahden autokeskuksen konvertoima Iveco oli ensimmäinen laatuaan ja on ollut pidempään jo ajossa. Myöhemmin tehty Volvon pohjalle rakennettu on jo kehittyneempi mikä näkyy muun muassa pidemmässä toimintasäteessä. Kysyttäessä postin kalustosta tulevaisuudessa vastaus oli, että

nyt keskitytään täysin uuteen kalustoon, mutta retrofit ratkaisut otetaan varmasti vielä tulevaisuudessa käyttöön. Postilta saimme uuden näkökulman tulevaisuuden konvertointien ratkaisusta, kun he kertoivat mahdollisuudesta konvertoida tämän hetken uutta sähköistä kalustoa tulevaisuudessa uudella voimalinjalla ja akustoilla.



## Lähteet

D'Souza, J. 2025. Electro iq, Startup Failure Rate Statistics and Facts. Viitattu 17.3.2025 <https://electroi.com/stats/startup-failure-rate-statistics/>

Designwerk, n.d. Applications. Viitattu 27.3.2025 <https://www.designwerk.com/en/e-truck/>

Electric van & truck, 2025. Renault Trucks retrofits electric truck. Viitattu 17.3.2025 <https://electricvanandtruck.com/renault-trucks-retrofits-electric-truck/>

eTrucks.fi, n.d. Viitattu 17.3.2025 <https://www.etrucks.fi/>

Janus Electric, n.d. Viitattu 17.3.2025 Janus Electric | Zero Emission Transport

Posti, 2024. Posti introduces diesel-to-electric truck - first in Finland for freight transport traffic use. Viitattu 17.3.2025 <https://www.posti.com/en/posti-introduces-diesel-to-electric-truck-first-in-finland-for-freight-transport-traffic-use>

Posti, n.d. Yhdessä kohti kestäväää tulevaisuutta. Viitattu 17.3.2025 <https://www.posti.com/corporate/vastuullisuus/ymparisto/tulevaisuus>

Renault Trucks, n.d. Serenity Pack. Viitattu 8.3.2025 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/electric/faq.html>

Sgibinc, n.d. Volvo Trucks sets new standards for heavy-duty electric transport. Viitattu 8.3.2025 <https://www.sgibinc.com/en/volvo-trucks-sets-new-standards-for-heavy-duty-electric-transport/>

Traficom, 2025. Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä. Viitattu 11.3.2025 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuljetusmuotojen-roolit-tavaraliikenteessa>

Volvo Trucks, n.d. UKK – Sähkökuorma-autot. Viitattu 8.3.2025 <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/electric/faq.html>

Finlex, 2018. Tieliikennelaki 729/2018. Liite 6.2 (8.5.2020/360). Viitattu 17.3.2025 [https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/729#OT31\\_OT17](https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/729#OT31_OT17)

Mobility portal, 2023. Renault Trucks Advances Its Commitment to Sustainable Mobility through Electric Retrofit. Viitattu 17.3.2025 <https://mobilityportal.eu/renault-trucks-sustainable-mobility-electric-retrofit/>

Stratstone, 2021. What are the euro emission standards. Viitattu 31.3.2025 <https://www.stratstone.com/blog/european-car-emissions-standards/>

Forum Virium Helsinki. *Kuorma-auton sähköiseksi muuttanut hanke*. Julkaistu 24.10.2023. <https://forumvirium.fi/impact/forum-virium-helsingin-koordinoima-kuorma-auton-sahkoiseksi-ensimmaisena-suomessa-muuttanut-hanke-toimi-innoittajana-keuruun-konversiotehaalle/>

Paajanen, Niilo. *Dieselkuorma-auton sähköistäminen*. Theseus, julkaistu 2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/815642/Paajanen\\_Niilo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/815642/Paajanen_Niilo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Kotilataajat.fi. *Sähköbussien latausratkaisut julkiselle liikenteelle*. Viitattu 15.4.2025.  
<https://kotilataajat.fi/sahkobussien-latausratkaisu-julkiselle-liikenteelle/>

Puuhuolto.fi. *Kuljetusten infrastruktuuriverkko*. Viitattu 15.4.2025.  
<https://puuhuolto.fi/autokuljetusopas/kaukokuljetus/kuljetusten-infrastruktuuriverkko/>

Autotoday.fi. *Sähköakseli vähentää merkittävästi rekan dieselinkulutusta*. Julkaistu 17.3.2023.  
<https://autotoday.fi/sahkoakseli-vahentaa-merkittavasti-rekan-dieselinkulutusta/>

Bosch.fi. *Uusi sähköakseli vähentää rekan dieselinkulutusta tuhansilla litroilla vuodessa*. Viitattu 15.4.2025.  
<https://www.bosch.fi/uutisia-ja-tarinoita/uusi-saehkoeakseli-vaehentaa-rekan-dieselinkulutusta-tuhansilla-litroilla-vuodessa/>

VAK.fi. *VAK lanseeraa uuden ekologisen ja energiatehokkaan eTrailerin*. Julkaistu 13.6.2023.  
<https://vak.fi/fi/ajankohtaista/vak-lanseeraa-uuden-ekologisen-ja-energiatehokkaan-etraailerin/>

Ajoneuvolaki 2021/82 §7. Viitattu 28.02.2025.  
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2021/82>

Linja-aho. *Raskaan kaluston sähkökonversioiden edistäminen 2022*. Viitattu 25.03.2025.  
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Raskaan%20kaluston%20%C3%A4hk%C3%B6konversioiden%20edist%C3%A4minen.pdf>

Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen  
 TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019. Viitattu 28.02.2025.  
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Auton%20ja%20sen%20per%C3%A4vaunun%20rakenteen%20muuttaminen%20alkuper%C3%A4inen%20194495.pdf>

Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset  
 TRAFICOM/422611/03.04.03.00/2020. Viitattu 11.03.2025.  
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20autojen%20ja%20niiden%20per%C3%A4vaunujen%20tekniset%20vaatimukset.pdf>

E-sääntö nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen

voimalaitteeseen sovellettavien erityisvaatimusten osalta 2021/2190. Viitattu 07.03.2025.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A42021X2190&qid=1742280861291>

Testmill Oy 2025. Viitattu 18.03.2025. <https://testmill.fi/yhteystiedot/#hallinto>

Traficom 2023. Viitattu 28.03.2025. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uudistettu-automaarays-voimaan-1610-eu-vaatimuksille-kansallisia-vaihtoehtoja>

Volvo trucks, FI-electric, 2025

<https://www.volvotrucks.com/en-en/trucks/electric/volvo-fl-electric.html>

Traficom, Raskaan kaluston sähkökonversioiden edistäminen, 2022

[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Raskaan%20kaluston%20s%C3%A4hk%C3%B6konversioiden%20edist%C3%A4minen.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Raskaan%20kaluston%20s%C3%A4hk%C3%B6konversioiden%20edist%C3%A4minen.pdf?utm_source=chatgpt.com)

Konepörssi, 25.03.2022, Sähkö-Scanian ensiesiintyminen Suomessa

[https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/sahko-scanian-ensiesiintyminen-suomessa/?utm\\_source=chatgpt.com](https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/sahko-scanian-ensiesiintyminen-suomessa/?utm_source=chatgpt.com)

VAK, 25.05.2023, VAK lanseeraa uuden ekologisen ja energiatehokkaan eTrailerin.

<https://vak.fi/fi/ajankohtaista/vak-lanseeraa-uuden-ekologisen-ja-energiatehokkaan-etraailerin/>

Janus Trucks, 2023, verkkosivu

<https://www.januselectric.com.au/>

Charge & change stations, 06.12.2024, Australia's Janus Electric unveils solar-powered charge and change station

<https://www.nztrucking.co.nz/australias-janus-electric-unveils-solar-powered-charge-and-change-station/>

VEM Motors, 28.09.2023, Mikä on sähkömoottori?

<https://www.vem.fi/toimialatietoa/mika-on-sahkomoottori/>

Electronic Design, 25.10.2023, What's the Difference Between Axial- and Radial-Flux Electric Motors?

<https://www.electronicdesign.com/technologies/power/article/21276212/ecm-pcb-stator-tech-whats-the-difference-between-axial-and-radial-flux-electric-motors>

Yle, 26.2.2023, Keuruulla tehdään hiljaisuudessa uraauurtavaa työtä, kun perinteiset kuorma-autot muutetaan sähköllä toimiviksi

[https://yle.fi/a/74-20019195?utm\\_medium=social&utm\\_source=email-share](https://yle.fi/a/74-20019195?utm_medium=social&utm_source=email-share)

Dieselvoima: <https://www.dieselvoima.fi/>

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-917-8>

<https://talkbystudents.turkuamk.fi/ajoneuvo-ja-kuljetustekniikka/raskaanliikenteen-julkisen-latausinfra-suomessa/>

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/fingridin-sahkonsiirtoverkko/>

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/sahkoasemat/>

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/>

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/varavoimalaitokset/>

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/>

<https://www.traficom.fi/fi/afir>

<https://www.frostbit.fi/portfolio-fi/rehv/>

[https://yle.fi/a/74-20019195?utm\\_medium=social&utm\\_source=email-share](https://yle.fi/a/74-20019195?utm_medium=social&utm_source=email-share)

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-917-8>

<https://finnfund.fi/sijoittaminen/toimialat/digitaaliset-ratkaisut-ja-infrastruktuuri/>

<https://www.synonymit.fi/infrastruktuuri>

<https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/auton-muuttaminen-sahko-kaasu-tai-etanolikayttoiseksi-helpottuu>

<https://www.lawinsider.com/dictionary/heavy-equipment>

Liikenne- ja viestintäministeriö: Raskaan liikenteen tiekartta <https://lvm.fi/-/fossiilittoman-liikenteen-tiekartta-lausunnoille-kolme-vaihetta-kohti-ilmastoystavallista-liikkumista-1251809> (15.1.2021)

Valmistajien tekniset julkaisut (Scania, Volvo, Tesla)

<https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/sahkokuorma-auto.html>

<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/press-releases/2024/sep/breakthrough-volvo-to-launch-electric-truck-with-600-km-range.html> (2024-09-03)

LUT-yliopiston tutkimukset raskaan liikenteen

sähköistyksestä <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/ensimmaiset-sahkorekat-kyntavat-jo-suomenkin-teita-raskaan-liikenteen-sahkoistaminen-ei> (15.5.2024)

Novum Tech ja Renault Trucks: yhdessä kestävän liikkuvuuden puolesta. 4.3.2025

<https://www.novum-tech.fr/post/novum-tech-et-renault-trucks-ensemble-pour-une-mobilite-durable>

Renaultin konvertoitu rekka. 21.11.2024 <https://www.renault-trucks.com/en/newsroom/press-releases/renault-trucks-obtains-first-electric-retrofitted-truck-homologation-france>

<https://www.renault-trucks.com/en/newsroom/press-releases/renault-trucks-obtains-first-electric-retrofitted-truck-homologation-france>

Kanadalainen start-up konvertoitujen sähkörekkojen valmistaja.

<https://www.edisonmotors.ca/semi>

Ranskalainen sähköistettyjen traktorien valmistaja. <https://www.neotrucks.fr/en/>