

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2021

Maria Novikova

# AUTOKORJAAMOTOIMINNAN TULEVAISUUS

– sähköautokorjaamon perustaminen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Huhtikuu 2021 | 40 sivua

Maria Novikova

# AUTOKORJAAMOTOIMINNAN TULEVAISUUS

## - sähköautokorjaamon perustaminen

Opinnäytetyön tarkoitus on esitellä asioita, jos aiotaan perustaa sähköautokorjaamo. Työssä on koottuna pääasiat, jotka tulee huomioida erityisesti sähköautokorjaamotoimintaa suunniteltaessa. Sähköautokorjaamon perustamisen kannalta työhön on sisällytetty selvitys sähköautokannan nykytilanteesta Suomessa ja vertailtu tätä Ruotsin ja Norjan kantaan. Työssä selvitetään sähköautoihin erikoistuneen korjaamon perustamisen kannattavuutta tällä hetkellä. Kannattavuuteen vaikuttaa sähköautokanta, merkkikohtaisuus sähköautotekniikassa ja korkeajänniteakustotakuu. Työssä pohditaan sähköauton korjaamisen kustannuksia kuluttajille tulevaisuudessa.

Sähköautokorjaamotoimintaan liittyen todettiin olevan niukasti faktatietoa saatavilla autoalan murroksen vuoksi. Työn tuloksena todettiin, että merkkikohtaisuus sähköautojen korjaamisessa on syy minkä vuoksi sähköautoihin erikoistuneen korjaamon perustaminen ei ole vielä kannattavaa. Ikääntyvästä sähköautokannasta on myös vielä liian vähän tietoa, joten nykytilanteessa sähköautokannan huoltamiseksi ja korjaamiseksi riittää merkkikorjaamot.

### ASIASANAT:

Sähköauto, hybridauto, akusto, korjaamo.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

April 2021 | 40 pages

Maria Novikova

## THE FUTURE OF CAR WORKSHOPS

### - Establishing an Electric Cars Workshop

The purpose of the thesis was to create a guide that could be the basis for establishing an electric car workshop. The main issues that have to be taken into account when planning an electric car workshop, have been included in this thesis. In terms of setting up an electric car repair shop, a study of the current situation of the electric car fleet in Finland has been included in the thesis, and this has been compared with that of Sweden and Norway. The work currently investigates the profitability of establishing a workshop specializing in electric cars. Profitability is affected by the electric car fleet, brand-specific things in electric car technology and the high-voltage battery warranty. The thesis considers the costs of repairing an electric car for consumers in the future.

With regard to electric car workshop operations, it was found that little factual information was available due to the upheaval in the automotive sector. As a result of the work, it was found that brand-specificness in electric car repairing is the reason why the establishment of a workshop specializing in electric cars is not yet profitable. There is also too little information about the aging electric car fleet, so in the current situation, branded repair shops are enough to maintain and repair the electric car fleet.

#### KEYWORDS:

Electric car, Hybrid cars, Battery system, Workshop.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 SÄHKÖ- JA SÄHKÖHYBRIDIAUTO</b>	<b>7</b>
2.1 Täyssähköauton tekniikka	9
2.2 Sähköhybridiauton tekniikka	10
2.3 Henkilöautokannan vertailu	12
2.3.1 Täyssähköautojen osuus vallitsevasta autokannasta	14
2.3.2 Sähköhybridiautojen osuus vallitsevasta autokannasta	16
<b>3 KORKEAJÄNNITEAKUSTO</b>	<b>18</b>
3.1 Akuston vaihto ja korjattavuus	20
3.2 Akuston kierrätys	22
<b>4 SÄHKÖAUTOJEN KÄYTTÖVALMIUS JA KORJAAMOTOIMINTA</b>	<b>24</b>
4.1 Sähköauton korjaamisen valmius	26
<b>5 SÄHKÖAUTOKORJAAMON PERUSTAMINEN</b>	<b>27</b>
5.1 Sähköautokorjaamon vaatimukset ja suunnittelu	28
5.1.1 Tilan vaatimukset ja suunnittelu	29
5.1.2 Kalusto ja työvälineet	31
5.2 Sähköautokorjaamon henkilöstölle asetetut vaatimukset	34
5.2.1 Henkilösuojaimet	35
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>

## KUVAT

Kuva 1. Polttomoottori- ja sähköauton kulutusosien ero (Kia 2021).	8
Kuva 2. Täyssähköauton pääkomponentit (Volkswagen 2021a).	9
Kuva 3. Rinnankytkentä hybridiautossa (Toyota 2021).	11
Kuva 4. Sarjaankytkentä hybridiautossa (Toyota 2021).	12
Kuva 5. Volkswagen ID.3 -mallin Li-ion-korkeajänniteakuston räjäytyskuva (CleanTechnica 2020).	18

Kuva 6. Esimerkki eri autovalmistajien korkeajänniteakuston takuu ajasta (Taloustaito 2021).	19
Kuva 7. Kennomoduulin vaihtotyön kuusi päävaihetta.	22
Kuva 8. ISO 7010 mukainen "Pääsy kielletty, vaarallinen jännite" -kyltti (Turvakauppa 2021).	29
Kuva 9. ISO 7010 -standardin mukainen ohje sähkötyötapaturman sattuessa (Turvakauppa 2021).	30
Kuva 10. Sähköautoille patentoitu autonostin, LV8 Pratik (Suomen työkalu 2021).	31
Kuva 11. Pöytänostin, LV8 Ideal (Suomen työkalu 2021).	32
Kuva 12. Esimerkki korkeajännitetyökalusta (Suomen työkalu 2021).	32
Kuva 13. Varoitusmerkki (Suomen työkalu 2021).	33
Kuva 14. Rajaukseen tarkoitettu liina (Suomen työkalu 2021).	33
Kuva 15. Pelastussauva (Suomen työkalu 2021).	34
Kuva 16. CE-merkintä (Finlex 1993).	35
Kuva 17. Jännitetyöhanskat (Suomen Kaapelitarvike Oy 2021).	35

## KUVIOT

Kuvio 1. Henkilöautokanta käyttövoimittain vertailumaissa vuonna 2018.	13
Kuvio 2. Henkilöautokanta käyttövoimittain vertailumaissa vuonna 2019.	14
Kuvio 3. Täyssähköautot vertailumaittain 2018-2019.	15
Kuvio 4. Sähköhybridiautot vertailumaittain 2018-2019.	16

# 1 JOHDANTO

Elämme parhaillaan autoalan murrosaikaa, jolloin autovalmistajien on kehitettävä tekniikkaa ympäristöystävällisempään muotoon. Opinnäytetyön tarkoituksena on ottaa askel kohti tulevaisuutta ja miettiä millaista korjaamotoiminta sähkökäyttöisille henkilöautoille on tulevaisuudessa.

Sähköautotekniikkaa on hiottu nykyihmisten tarpeita varten, minkä ansiosta sähköautoilu on jo kuluttajalle käytännöllistä. Vaikka sähköauto ei keksintönä olekaan uusi, se sisältää monella tavalla uutta ja mielenkiintoista tekniikkaa, josta ei ole vielä tarpeeksi yleistä tietoa. Aiheessa tulee olemaan mielenkiintoista se, millaista korjaamotoiminta sähköautoille nykyhetkellä jo on ja millaiset edellytykset korjaamoalalla on sopeutua ikääntyvään sähköajoneuvokantaan.

Aihe valikoitui sen ajankohtaisuuden vuoksi. Aiheen valinta perustuu omaan mielenkiintoon selvittää, minkälaista sähköautokorjaamotoimintaa on jo olemassa ja mitä se tulee olemaan. Työn aihe on laaja, minkä vuoksi työssä pyritään tiivistämään aiheet korjaamotoiminnan kannalta tärkeisiin pääkohtiin. Työn tavoitteena on luoda pohja, jota voidaan hyödyntää sähköautokorjaamoja perustettaessa. Työssä pyritään myös löytämään pääasialliset ongelmat, joita tullaan kohtaamaan tulevaisuudessa sähköautojen korjattavuuteen liittyen. Sähköautokorjaamotoiminnan perustamisen helpottamiseksi työssä tullaan vertailemaan maita, joissa sähköautokanta on jo suurempi kuin Suomessa. Vertailumaiden tulee olla verrattavissa Suomen olosuhteisiin.

Tarvittava tieto kerätään kirjallisuudesta, internet-lähteistä sekä korjaamokokemuksen pohjalta. Työssä pystytään hyödyntämään opiskeluaikana opittuja taitoja sähköautotekniikasta. Työskentely merkkikorjaamossa brändin kanssa, jolla on edistyksellisiä teknisiä ratkaisuja sähköautotekniikassa tuo kokemuspohjaista näkökulmaa työhön. Opiskeluaikaiset ja työstä opitut tiedot auttavat ymmärtämään kokonaisuutta ja sen pohjalta luomaan selkeän kokonaisuuden. Opinnäytetyön teko antaa sähköautoihin erikoistuneen korjaamotoiminnan perustuntemusta, joka tulee hyödyttämään tulevaisuudessa myös työelämässä.

## 2 SÄHKÖ- JA SÄHKÖHYBRIDIAUTO

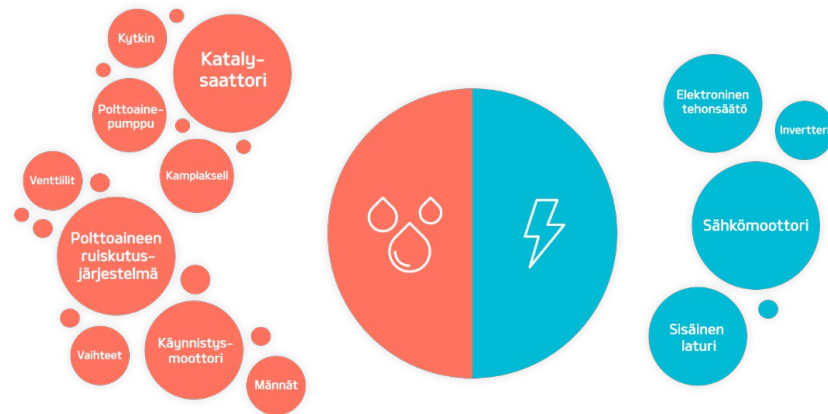
Sähköauto ei ole uusi keksintö. Sähköauton kehitys alkoi arviolta jo vuosina 1832-1839, kun skotlantilainen Robert Anderson keksi aihion sähköisestä vaunusta. Varmaa tietoa sähköauton keksijästä ei ole, mutta Andersonin keksintöä pidetään maailman ensimmäisenä sähköautona. Tämän jälkeen keksijät kuten professori Stratingh Hollannista ja Thomas Davenport Vermontista alkoivat kehittää alkukantaisia sähköautojaan. Kehitys jatkui 1800-luvun loppuun, jonka jälkeen sähköautojen suosio loppui lähes kokonaan. Arviolta vuonna 1935 kaikki sen aikaiset sähköautot olivat kadonneet. (ThoughCo 2021.) Ilmastotietoisuuden vuoksi sähköauton kehittäminen on noussut uudelleen esille 2000-luvulla. Ilmastonmuutosta vauhdittaa pääosin CO<sub>2</sub>-kasvihuonepäästöt, jota tulee runsaasti pakokaasun mukana. Ilmastonmuutoksesta johtuvat päästömääräykset ovat luoneet autovalmistajille paineen kehittää vähäpäästöisiä tai päästöttömiä autoja.

Suomessa on tavoitteena vähentää liikennepäästöjä 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomessa olisi vuonna 2030 arviolta 670000 sähköautoa. Sähköautokannan kasvaessa tasaisesti, pitäisi vuosittain liikennekäyttöön ottaa yli 60000 sähköautoa. Vuonna 2045 Suomessa pitäisi tämän hetkisten tavoitteiden mukaan olla 2 miljoonaa sähköautoa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021.)

Sähkökäyttöisen auton käyttövoima on sähkömoottori ja energiavarasto korkeajänniteakusto. Sähköauto on ennen kaikkea ympäristöystävällinen, mutta myös hiljainen ja helppokäyttöinen. Polttomoottoriauto tarvitsee toimiakseen suuren määrän komponentteja, joiden tulee toimia saumattomasti yhdessä. Yhden komponentin rikkoutuminen saattaa johtaa laajempiin vaurioitumisiin, mikä tietää auton käyttäjälle rahan menoa. Sähköauton tekniikka on monella tavalla yksinkertaisempi kuin polttomoottoriauton, minkä vuoksi huoltotarve on vähäisempää. Sähköautossa sähkömoottori on käytännössä huoltovapaa. Polttomoottoriautoon verrattuna sähköauton jäähdytys ja lämmitysjärjestelmä on kuitenkin monimutkaisempi.

Vaikka sähkö- ja polttomoottoriautosta löytyy samoja mekaanisia osia, niin moottorin ja vaihteiston osalta huoltotarpeet poistuvat. Sytytys- ja hehkutulppien, polttoainesuodattimen, jakohihnojen, öljynvaihtojen ja monen muun kulutusosan vaihtotarvetta ei ole. Huoltovapaa sähköauto ei kuitenkaan ole. Sähköauto on vastaavaa polttomoottoriautoa

painavampi korkeajänniteakuston suuren massan vuoksi. Sen vuoksi esimerkiksi renkaat ja alustan osat kuluvat nopeammin sähköautossa. Renkaiden liiallista kulumista aiheuttaa myös sähkömoottorin tarjoama suuri vääntömomentti liikkeellelähdössä.



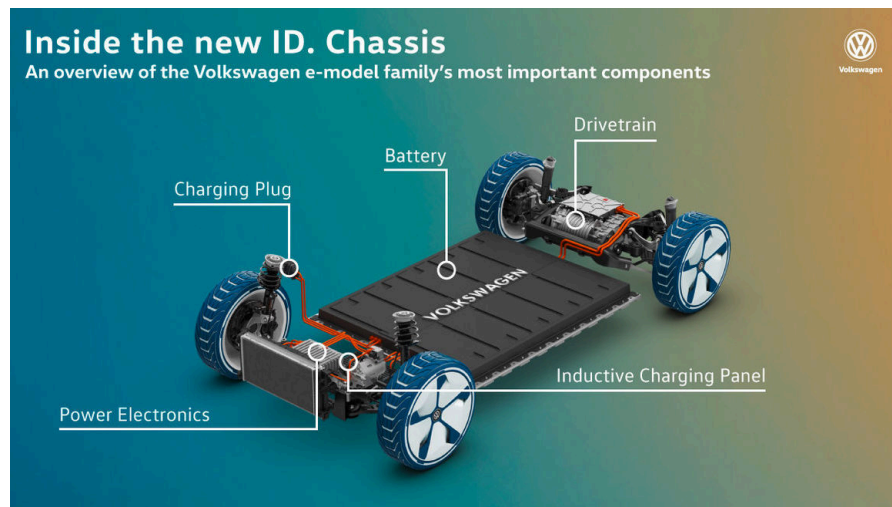
Kuva 1. Polttomoottori- ja sähköauton kulutusosien ero (Kia 2021).

Sähkömoottorin hyötysuhde on huomattavasti parempi kuin polttomoottorin. Hyötysuhde on arvo, joka kertoo kuinka suuren osan energian kokonaismäärästä laite on pystynyt muuntamaan haluttuun muotoon eli liike-energiaksi. Sähkömoottorin hyötysuhde on n. 70 %, riippuen sähkömoottorin tehosta. Sähkömoottorin häviöitä tulee laakerikitkoista, tuulettimen vaatimasta voimasta ja käämien lämpenemisestä. (Charged Electric Vehicles Magazine 2019.) Polttomoottorin hyötysuhde on tavallisesti 20-25 %. Polttomoottori ei saa muunnettua energiaa liike-energiaksi yhtä tehokkaasti kuin sähkömoottori, koska palamisprosessissa syntyy lämpöenergiaa, joka siirretään jäähdyttämisen kautta ulkoilmaan. (Motiva 2020a.)

Sähkökäyttöiset autot voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan. Ne ovat täyssähköautot (BEV), ladattavat hybridit (PHEV) sekä hybridit (HEV). Täyssähköautosta käytetään lyhennettä BEV (*Battery Electric Vehicle*) tai EV (*Electric Vehicle*). Sähkökäyttöisen auton käyttövoimana toimii perinteisen poltto/dieselmootorin sijasta sähkömoottori tai niiden yhdistelmä. Sähkömoottori saa energian autossa olevasta korkeajänniteakustosta, joka ovat ladattavissa ulkoisesta lähteestä. Korkeajänniteakuston varaustilaa voidaan ylläpitää myös ajon aikana esim. jarrutusenergian talteenotolla. Täyssähköauton tärkeimmät komponentit ovat sähkömoottori, tehoelektronikka(invertteri/taajuusmuunnin), korkeajänniteakusto ja latausportti.



## 2.1 Täyssähköauton tekniikka



Kuva 2. Täyssähköauton pääkomponentit (Volkswagen 2021a).

Sähkömoottori on laite, joka muuttaa sähköenergian liike-energiaksi. Se toimii sekä latauslaitteena että käyttövoimana. Esimerkkinä sähkömoottorin lataavista ominaisuuksista on jarrutustilanne. Normaalisti jarrutustilanteessa liike-energia muuttuu lämpöenergiaksi, joka haihtuu ilmaan ja jää näin hyödyntämättä. Sähköauton jarrupoljinta painettaessa sähkömoottori huolehtii osittain jarrutuksesta ja saa tämän toimimaan latauslaitteena, jolloin energia varastoituu taas uudelleen käytettäväksi (rekuperaatio). Käyttölaitteena toimiessaan sähkömoottori ottaa tarvittavan virran korkeajänniteakustosta joka on ladattavissa ulkoisesta lähteestä. (Electrical Engineering Portal 2013, 15.)

Yleisimmät sähkömoottorityypit ovat tasasähkö- ja vaihtosähkömoottorit. Tasasähkömoottoreita on käytetty vanhemmissa ajoneuvoissa, mutta nykyään yhä useampi sähköauto liikkuu vaihtosähkömoottorin avulla (Motiva 2020b).

Sähköautossa tarvitaan sähkövirtamuunnin, jotta sähkömoottori, korkeajänniteakusto sekä 12 V:n järjestelmä pystyvät toimimaan yhdessä. Sähkömoottorilta tulevaa 3-vaiheista vaihtosähkövirtaa ei voida sellaisenaan varastoida korkeajänniteakustoon, vaan siihen tarvitaan invertteri. Invertteri eli DC/AC-muunnin (*Direct Current/Alternating Current Converter*) muuntaa latauslaitteena toimivalta sähkömoottorilta saatavan vaihtovirran akustolle sopivaksi tasavirraksi. Se toimii myös käänteisesti eli muuttaa akustolle varastoidun tasavirran sähkömoottorille sopivaksi vaihtovirraksi. Autoissa on edelleen myös

12 V:n akku, mistä esimerkiksi auton mukavuuslaitteet ottavat sähkönsä. 12 V:n järjestelmä pystytään muuntamaan myös korkeajännitepuolelta DC/DC-muuntimen avulla. DC/DC-muunnin (*Direct Current/Direct Current Converter*) muuntaa korkeajänniteakustolle varastoidun tasajännitteen 12 V:n akun lataukseen sopivaksi tasajännitteeksi.

Täyssähköautossa ei ole perinteistä vaihteistoa, sillä voimansiirto tapahtuu sähkömoottorin avulla sen laajan pyörintänopeusalueen ansiosta. Sähkömoottorin toimintaa ohjaa autossa oleva tehoelektronikka. Kuljettajan painaessa kaasupoljinta saavuttaakseen halutun nopeuden, tehoelektronikka säättää tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Tämän seurauksena sähkömoottorin pyörintänopeus muuttuu ja nopeus pysyy halutunlaisena. (Danforss Engineering 2021.) Käyttäjän näkökulmasta täyssähköauto käyttäytyy kuin mikä tahansa automaattivaihteinen auto. Autossa on vaihteenvaihtin, josta valitaan vapaa-vaihte N (*Neutral*), liikkuminen eteenpäin D (*Drive*) ja peruutus R (*Reverse*). Peruu- tettaessa sähkömoottori yksinkertaisesti pyörii vastakkaiseen suuntaan.

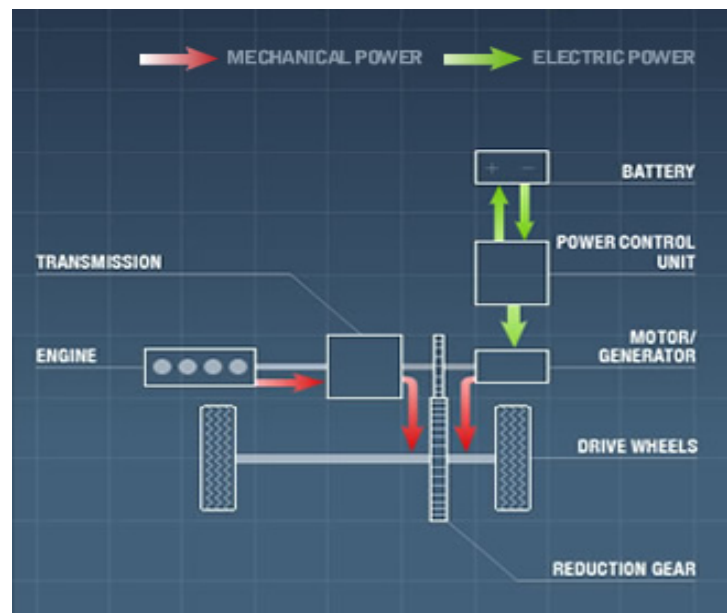
Sähköauton liikkumisen mahdollistamiseksi sähköauton akusto on ladattava auton ulkopuolisesta energialähteestä. Lataaminen yleisen sähköverkon vaihtosähköllä tapahtuu muuntamalla sähkö AC/DC-muuntimella (*Alternating/Direct Current Converter*) akustolle sopivaan muotoon tasasähköksi. Tasasähköä on mahdollista saada suoraan syöttöpisteeltä, jos latauspiste varustetaan AC/DC-muuntimella. Sen toteuttaminen on monimutkaista ja kallista.

## 2.2 Sähköhybridiauton tekniikka

Käsitteenä ”hybridi” tarkoittaa kahden asian yhdistämistä yhteen kokonaisuuteen. Tekniikassa hybridikäytöllä tarkoitetaan kahden erilaisen käyttövoiman yhdistämistä. Sähköhybridiautojen (myöh. hybridiauto) teknisiä ratkaisuja tarkastellessa kohdataan lyhenneet HEV ja PHEV. Tavanomaisesti hybridiauto (*Hybrid Electric Vehicle, HEV*) on yhdistelmä perinteistä polttomoottori- ja sähköautoa. Ladattavien hybridiautojen (*Plug-in Hybrid, PHEV*) sekä hybridiautojen eroavaisuus on siinä, että plug-in-hybridiautoa pystytään lataamaan ulkoisesta lähteestä, toisin kuin hybridiautoa (HEV). Ulkopuolisen latausmahdollisuuden ansiosta autoa pystyy liikuttamaan lyhyen toimintasäteen matkoja pelkän sähkömoottorin voimin. Hybridiautojen yleisimmät kytkentätavat ovat rinnan- tai sarjaan- kytkentä.

Rinnankytkentä (*Parallel Hybrid System*) on perinteisin hybridauton toteuttamismuoto (Kuva 3). Tätä kytkentätapaa käyttäen auto liikkuu polttomoottorin ja sähkömoottorin yhteisvoimin. Nimensä mukaan käyttövoimat toimivat rinnakkain, mutta jossain olosuhteissa käyttövoimana on pelkkä poltto- tai sähkömoottori. Rinnankytkennässä sähkömoottori tukee polttomoottorin toimintaa ja on sekä laturin että starttimoottorin korvaaja. (Toyota 2021.)

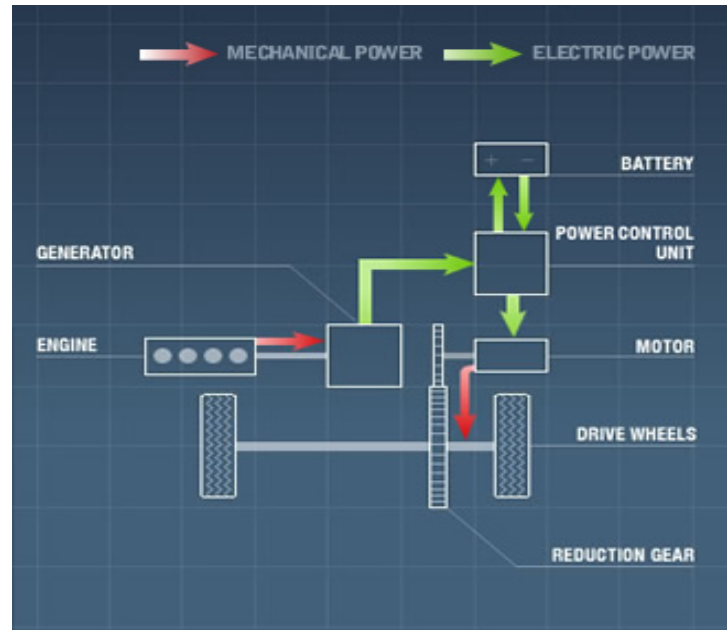
Rinnakkaishybridautoissa on yleensä pienemmän kapasiteetin akusto kuin sarjaankytketyissä hybridautoissa. Akusto latautuu tällöin pääosin regeneratiivisen jarrutusjärjestelmän avulla. Rinnankytkentää on käytetty vanhemman sukupolven hybridautoissa kuten Toyota Priuksessa ja Honda Insight:ssa (Evo 2020).



Kuva 3. Rinnankytkentä hybridautossa (Toyota 2021).

Sarjaankytkentä (*Series Hybrid System*) on sähköteknisesti edistyneempi ratkaisu (Kuva 4). Sarjaankytkettynä sähkömoottori on keskeisemmässä asemassa kuin polttomoottori. Polttomoottori toimii latauslaitteena ja virranlähteenä sähkömoottorille. Voima siirtyy pyörrille sähkömoottorin kautta.

Sarjaankytkennässä polttomoottorin tehontarve pienenee, minkä vuoksi moottorit ovat pienempiä. Sen sijaan akusto on tässä kytkentätavassa suurempi, jotta sähköinen ajo-matka olisi tarpeeksi suuri. Ladattavat hybridautot käyttävät pääosin sarjaankytkentää (Union of concerned Scientists 2015.)



Kuva 4. Sarjaankytkentä hybridiautossa (Toyota 2021).

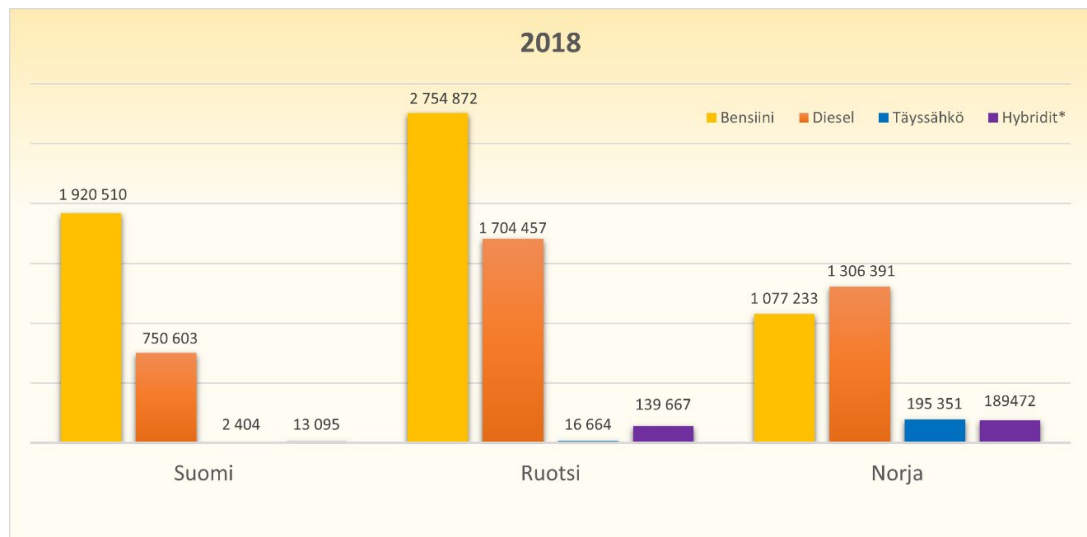
### 2.3 Henkilöautokannan vertailu

Sähköautokorjaamon perustamisen kannattavuutta suunniteltaessa on hyvä vertailla sähköautoilussa edistyneempiä maita. Maissa, joissa sähköautokanta on jo suurempi, pidetään todennäköisempänä, että tarve sähköautokorjaamoille on olemassa aikaisemmin. Tarkastelun kohteena on Suomen ja vertailumaiden henkilöautokanta suhteessa toisiinsa. Vertailumaiden valintaan vaikutti Suomeen verrattavat ilmasto-olosuhteet ja samankaltaisuus auton käyttötarpeissa. Vertailumaiksi valikoitui Ruotsi ja Norja. Vertailussa tietojen lähteinä on käytetty kunkin vertailumaan liikennevalvontavirastojen julkaisemia tilastoja:

- Suomen tilastot: Traficom 2020.
- Ruotsin tilastot: SCB/Trafik Analys 2020.
- Norjan tilastot: Statistisk Sentralbyrå Norge 2020.

Tässä tarkastelussa henkilöautokantaan lukeutuu yleisimmät käyttövoimat eli bensiini, diesel, sähkö (BEV) sekä hybridiautot (HEV) ja ladattavat hybridiautot (PHEV). Kaasutai muita harvinaisempia käyttövoimia ei tässä tarkastelussa oteta huomioon.

Vuonna 2018 liikennekäytössä olevia täyssähkö- ja sähköhybridiautoja oli Suomessa tilastojen mukaan 15499 kpl. Suomessa täyssähköautoja oli 2404 kpl ja sähköhybridiautoja 13095 kpl vuonna 2018. Suomen vallitsevasta autokannasta vain <1 % on täyssähkö- tai sähköhybridiautoja.

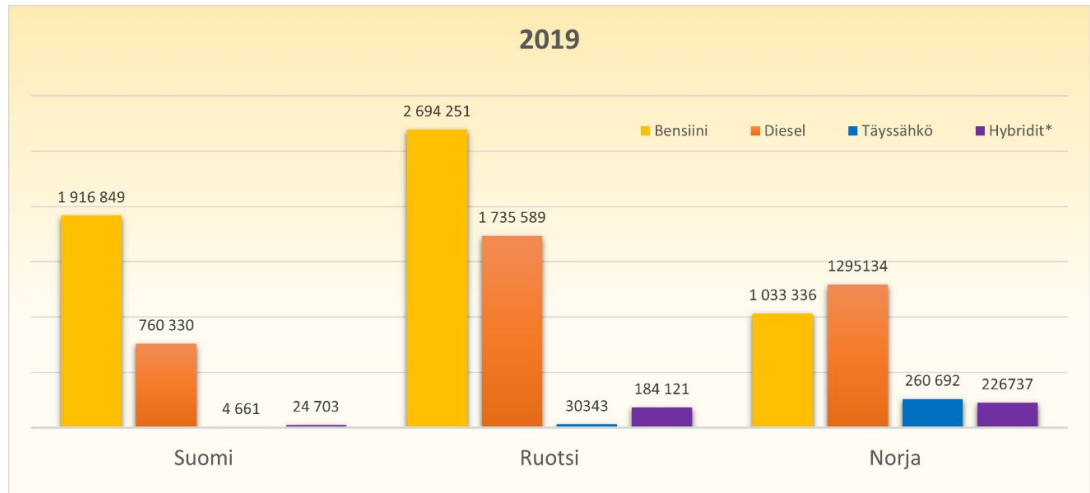


Kuvio 1. Henkilöautokanta käyttövoimittain vertailumaissa vuonna 2018.

Ruotsin liikenteessä täyssähkö- ja sähköhybridejä oli noin 3 % henkilöautokannasta vuonna 2018. Sähkökäyttöisiä autoja oli yhteensä 156331 kpl. Tästä lukemasta täyssähköautoja oli 16664 kpl ja sähköhybridejä 139667 kpl. Ruotsin henkilöautokanta on vertailumaiden suurin.

Norjassa käyttövoimajakauma liikennekäytössä olevista henkilöautoista eroaa muista vertailumaista. Norja henkilöautokannasta lähes 14% on täyssähkö- tai sähköhybridiautoja. Sähkökäyttöisiä autoja oli vuonna 2018 yhteensä 384823 kpl, joista täyssähköautoja 195351 kpl ja sähköhybridejä 189472 kpl.

Kuvion 2 mukaisesti vuonna 2019 mukaan täyssähköautoja oli Suomessa 4661 kpl. Sähköhybridiautojen määrä oli samana vuonna 24 703 kpl. Liikennekäytössä olevista henkilöautoista reilu 1% oli täyssähkö- tai sähköhybridiautoja. Verraten vuotta 2018, täyssähkö- ja sähköhybridien määrä vallitsevasta autokannasta ei ole kokenut dramaattista muutosta vuoteen 2019 mennessä.



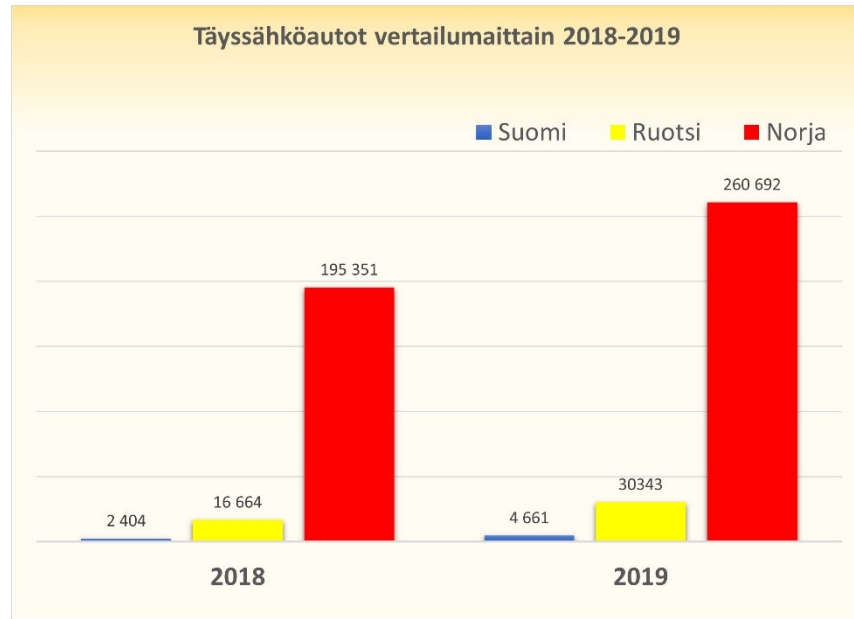
Kuvio 2. Henkilöautokanta käyttövoimittain vertailumaissa vuonna 2019.

Ruotsissa täyssähköautoja oli vuonna 2019 30343 kpl. Sähköhybridiautoja oli samana vuonna 184121 kpl. Täyssähkö- ja sähköhybridiautoja oli 4,6 % liikennekäytössä olevista henkilöautoista vuonna 2019. Vuodessa sähkökäyttöisten autojen määrä on noussut 1,6 %:lla.

Norjassa täyssähkö- ja sähköhybridiautojen osuus oli myös vuonna 2019 vertailumaiden suurin. Norjan täyssähköautojen määrä vuonna 2019 oli 260692 kpl kuvion 2 mukaan. Sähköhybridejä samana vuonna oli 226737kpl. Täyssähkö- ja sähköhybridiautoja oli liikennekäytössä olevista henkilöautoista 17 %, mikä on 3 % enemmän kuin vuonna 2018.

### 2.3.1 Täyssähköautojen osuus vallitsevasta autokannasta

Täyssähköautoja oli liikennekäytössä 2018 Suomessa vain 2404 kpl. Vuoteen 2019 mennessä täyssähköautojen määrä on Suomessa lähes kaksinkertaistunut kuvion 3 mukaan.

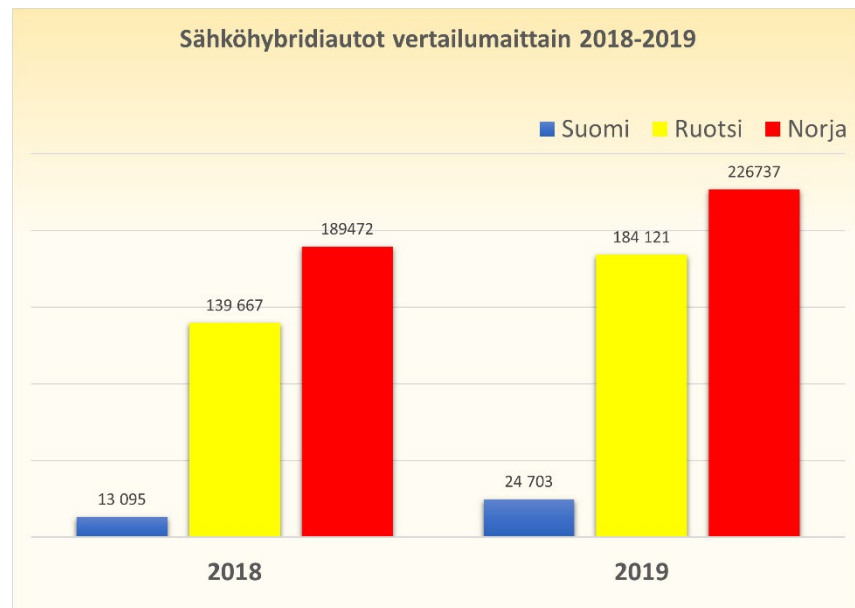


Kuvio 3. Täyssähköautot vertailumaittain 2018-2019.

Ruotsissa liikennekäytössä olevia täyssähköautoja on lähes seitsemän kertaa enemmän kuin Suomessa, mutta kasvu on vuositasolla suhteessa samanlaista. Myös Ruotsissa täyssähköautojen määrä on lähes kaksinkertaistunut vuodessa.

Norjassa tilanne on täyssähköautojen suhteen täysin toinen. Täyssähköautoja on itseasiassa liikennekäytössä enemmän kuin sähköhybridejä yhteensä vuonna 2019. Määrä on kasvanut vuodessa yli 33 %.

### 2.3.2 Sähköhybridiautojen osuus vallitsevasta autokannasta



Kuvio 4. Sähköhybridiautot vertailumaittain 2018-2019.

Naapurimaassa Ruotsissa ollaan sähköhybridiauto määrässä selvästi Suomea edellä. Hybridiautoja oli Ruotsissa vuonna 2018 liikennekäytössä kuvion 4 mukaan 139 667 kpl, joka on yli kymmenkertainen määrä Suomeen verrattuna samana vuonna.

Norja on tunnetusti henkilöautoliikenteen sähköistymisen edelläkävijä. Kehitys kohti sähköistä ajamista on alkanut vertailumaita aikaisemmin ja kovemmalla volyyymilla. Liikennekäytössä olleita hybridiautoja oli Norjassa 89427 kpl vuonna 2018, joka on noin 6 % Norjan henkilöautokannasta. Norjassa on ollut vuonna 2018 Suomeen verrattuna yli 14 kertaa suurempi määrä hybridiautoja.

Hybridiautojen osuus nousi entisestään 2019, mutta vertailumaittain erilaisessa suhteessa. Suomessa hybridiautojen osuus lähes kaksinkertaistui vuonna 2019 vuoteen 2018 verrattuna.

Ruotsin sähköhybridiautokanta kasvoi vuonna 2019 runsaan 30 % vuoteen 2018 verrattuna. Liikennekäytössä olleita hybridihenkilöautoja oli Ruotsissa 184121 kpl, joka on seitsenkertainen määrä verrattuna Suomeen. Hybridiautojen määrä on n. 4 % liikennekäytössä olevista autoista Ruotsissa 2019.



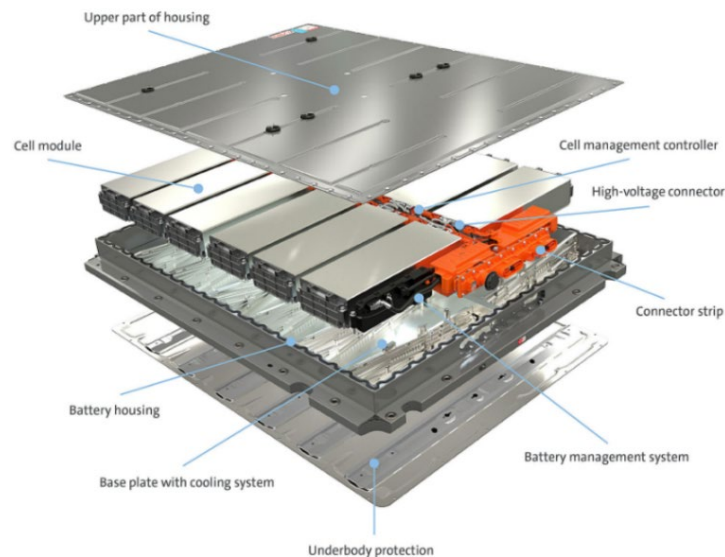
Norjan hybridautokanta kasvoi n. 20 % edelliseen vuoteen verrattuna. Kasvun hidastumisen syynä lienee täyssähköautojen yleistyminen. Norjassa on kuitenkin yhdeksän kertaa enemmän hybridautoja, kuin Suomessa vuonna 2019.

Suomessa täyssähköautojen sekä hybridautojen osuus vallitsevasta henkilöautokannasta on edelleen pieni. Liikennekäytössä olevat täyssähkö- sekä hybridautot ovat kaksinkertaistuneet Suomessa aikavälillä 2018-2019. Suomessa kehitys on siis jäljessä vertailumaihin nähden, mutta sähkökäyttöisten autojen määrän kasvu on kuitenkin huomattavasti suurempaa Ruotsiin ja Norjaan verrattuna. Oletettavissa on, että kasvu jatkaa kiihtymistään vuoden 2020 aikana.

### 3 KORKEAJÄNNITEAKUSTO

Sähköautojen korkeajänniteakustot ovat tyypillisesti nestejäähdytteisiä Litium-ioni-akustoja (Li-ion). Li-ion-akustot ovat valikoituneet sopivaksi sähköautokäyttöön niiden suuren energiatiheuden vuoksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pienempään tilaan saadaan varastoitua enemmän energiaa. Lisäksi Li-ion-akusto on pitkäikäinen, sillä on hyvä suorituskyky korkeissa lämpötiloissa ja itsepurkautuminen on vähäistä. (U.S department of energy 2021.)

Valmistajasta riippuen korkeajänniteakusto koostuu yleensä kolmesta pääkomponentistä. Alumiinisen akkukotelon sisällä on kennomoduuleita (*Cell module*). Kennomoduulit koostuvat Li-ion-akkukennoista, jotka ovat tyypillisesti sylinterin muotoisia. Kennomoduulien ja akkukennojen määrä riippuu halutusta kapasiteetista. Esimerkiksi Volkswagen E-Golfin teknisten tietojen mukaan auton 35,8 kWh korkeajänniteakustossa kennomoduuleita on 27 kpl ja yhdessä kennomoduulissa on 3,7 V:n akkukennoja 264 kpl. Li-ion-akkukennojen kuumenemisen vuoksi kotelon sisällä kiertää nestejäähdytys. Akuston toimintaa ohjaa akun hallintajärjestelmä BMS (*Battery Management system*). (Volkswagen 2021b.)



Kuva 5. Volkswagen ID.3 -mallin Li-ion-korkeajänniteakuston räjäytyskuva (CleanTechnica 2020).

Li-ion-akkukennon toiminta perustuu kemialliseen reaktioon. Reaktio saa aineen varastoimaan ja vapauttamaan energiaa. Akkukenno sisältää anodin, erottimen, katodin ja elektrolyytin. Komponentit koostuvat esimerkiksi seuraavista aineosista:

- Anodi, kuparikalvoinen hiili
- Erotin, keraamisesti päällystetty polyolefiini-kalvo
- Katodi, alumiinikalvoinen litium-metallioksidi
- Elektrolyytti, lisäaineistettu litiumia johtava suola. (Volkswagen 2021b.)

Autovalmistajat myöntävät korkeajänniteakustolle takuun. Korkeajänniteakuston takuissa on useita valmistajakohtaisia variaatioita. Yleisin takuu-aika on kahdeksan vuotta tai rajattu maksimi kilometrimäärä. Se, kumpi kriteeri ensin täyttyy, määrittää takuuajan päättymisen samaan tapaan kuin autojen takuissa yleensäkin. Suurin osa valmistajista lupaa lisäksi, että takuuajan puitteissa korkeajänniteakuston kapasiteetti ei laske liikaa. Esimerkiksi Nissan Leaf:n akustotakuu on kahdeksan vuotta tai 160000 km, jonka aikana akuston kapasiteetti ei saa laskea täydestä mittaristossa näkyvästä 12 palkista alle yhdeksään palkkiin täyteen ladattuna (Nissan 2021). Volkswagen lupaa ID.3-mallilleen kahdeksan vuoden tai 160000 kilometrin takuun, ja sen ettei akuston kapasiteetti tänä aikana laske alle 70 % nettokapasiteetista (Autotie 2021).



Kuva 6. Esimerkki eri autovalmistajien korkeajänniteakuston takuu ajasta (Taloustaito 2021).

Useimpia sähköautoilijoita huolettaa korkeajänniteakuston kapasiteetin lasku, koska sillä on suora vaikutus ajomatkan pituuteen täyteen ladattuna. Akuston BMS-järjestelmä pyrkii kuluttamaan kennomoduuleita tasaisesti, mutta käytöstä johtuvat syyt voivat heikentää akun kapasiteettia ennenaikaisesti. Sähköautojen käyttämien Li-ion-akustojen kapasiteettiin vaikuttaa lämpötila, latausmenetelmät ja ajotapa. Korkeat lämpötilat saavat

akun ikääntymään nopeammin kuin kylmät olosuhteet. Lämpötilan pitkäaikaishaittavaikutuksia on pystytty vähentämään kehittämällä akuston jäähdytys- ja lämmitystekniikkaa. Akusto rasittuu korkeista jännitemääristä, jonka vuoksi täysin tyhjäksi purkaminen ja täyteen lataaminen nopeuttaa akuston kapasiteetin laskua. Sähköautoa ladattaessa on siis hyvä jättää akuston varaustila 80-90 %:iin täydestä kapasiteetista.

Latausnopeudella on myös vaikutus käyttöikään, esimerkiksi pikalatauksen suuri latausvirta rasittaa akun kennoja enemmän kuin hidas lataus. Sähköauton varastoinnissa on otettava huomioon, että Li-ion-akusto purkaa itseään hieman koko ajan. Siksi autoa varastoitaessa autoon on kytkettävä latauslaite, jotta akusto ei pääse purkautumaan tyhjäksi.

### 3.1 Akuston vaihto ja korjattavuus

Korkeajänniteakustojen korjauksesta on kovin vähän faktoihin perustuvaa tietoa, sillä sähköautomarkkina ovat suhteellisen uudet. Valtaosa hybridi- ja sähköautoista ovat vielä akkutakuun alaisia, ja siksi kuluttajan ei tarvitse miettiä akuston vaihtoa tai korjaamista omakustanteisesti. Akkutakuun aikana akuston vaihto tai korjaus liittyy vikatilanteeseen. Tiedossa olevat akustoa koskevat viat ovat yleensä kapasiteetin ennenaikainen lasku, akkukotelon tiiveys ongelmat ja jännitevuodot.

Vanhimpien hybridi- ja sähköautojen kuten Toyota Prius Hybridin (-2012), Nissan Leaf EV:n (-2012) ja Mitsubishi Outlander PHEV:in (-2013) akuston kapasiteetti on voinut laskea niin voimakkaasti, että sähköisen ajomatkan pituus jää jo olemattomaksi. Autossa ei välttämättä ole muuta vikaa, joten auton käyttöiän jatkamiseksi korkeajänniteakusto on vaihdettava uuteen.

Uusia akustoja saa merkkiliikkeistä, mutta niiden ostohinnat ovat tällä hetkellä kymmeniä tuhansia euroja. Esimerkiksi Nissan Leaf:n korkeajänniteakusto uutena kustantaa kokoluokasta riippuen 19000-31000 €. Uusimpien sähköautojen akuston hintoja ei ole vielä tiedossa. Vanhimpien akustojen vaihtotarve on avannut markkinaraon ja myös Suomessa on ainakin yksi palveluntarjoaja, joka tarjoaa vaihtoehtoista akkua alkuperäisen tilalle. Pistokeyhyridi Oy tarjoaa peruskorjattuja akustoja Nissan Leaf:in, Mitsubishi Outlander PHEV:in ja Toyota Prius Hybrid:in. (Pistokeyhyridi 2021.)

Kuluttajahinnasto peruskorjattuihin korkeajänniteakustoihin:

- Nissan Leaf 24-62 kWh 3200-13500 € (alv 24 %)
- Mitsubishi Outlander PHEV 2990 € (alv 24 %)
- Toyota Prius Hybrid 790-990 € (alv 24 %)
- Toyota Prius PHEV 4,4 kWh 1350 € (alv 24 %)

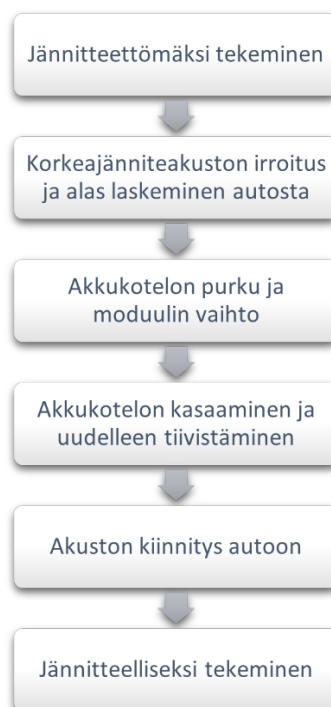
(Pistokehybridi 2021.)

Uusimpien sähköautojen korkeajänniteakustot ovat nykyään korjattavissa. Akustojen moduulirakenteen ansiosta yksittäisiä kennomoduuleita pystytään vaihtamaan, jolloin vältetään koko akuston vaihto turhaan. Koko akuston sijaan pelkän kennomoduulin vaihto on paitsi ympäristöystävällisempää mutta myös edullisempää. Esimerkkinä kennomoduulin hinnoista Volkswagenin sähköautomalleihin vuonna 2021:

- VW E-Up! kennomoduuli ovh 948 €
- VW E-Golf kennomoduuli ovh 528-1290 €
- VW ID.3 kennomoduuli ovh 1689 €
- VW ID.4 kennomoduulille ei ole hintaa ei vielä saatavilla

Kennomoduulin hinta on riippuvainen sen koosta ja koko riippuu siitä, montako Li-ion-kennoa yksittäinen moduuli sisältää. Korkeajänniteakusto voi koostua esimerkiksi vain 12 moduulista, jolloin yksi moduuli sisältää enemmän Li-ion-akkukennoja. Kennomoduulin vaihdon mahdollisuus ei kuitenkaan tee korkeajänniteakustojen korjauksista edullisia. Tilanteesta riippuen moduuleita on yleensä uusittava useampia. Kokonaiskustannuksiin on lisättävä työ, tarvikkeet ja ongelmajätelmä. Kennomoduulien vaihtotyön veloitus lasketaan korjaamokohtaisesti työn keston ja tuntiveloituksen mukaan.

Työ etenee kuuden pääkohdan mukaan (Kuva 7). Akkukotelon purku ja moduulin vaihto sisältää pelkästään jo useita työvaiheita, joissa osassa tarvitaan kaksi asentajaa. Työ on pitkäkestoinen, arviolta 14 tuntia osavilto asentajilta. Vaihtotyön jälkeen akunhallintajärjestelmälle täytyy suorittaa ohjelmointi, jotta akunhallintajärjestelmä osaa hyödyntää uuden akuston tai kennomoduulin kapasiteetin.



Kuva 7. Kennomoduulin vaihtotyön kuusi päävaihetta.

Kennomoduulien vaihtotarve keskittyy kuitenkin tällä hetkellä akkutakuu-aikaan. Sen vuoksi faktaan perustuvaa tietoa todellisista kokonaiskustannuksista kennomoduulin vaihdosta ei ole. Tulevaisuuden näkymät korkeajänniteakustojen korjauksiin näyttää valoisalta, vaikka uusi ja nopeasti kehittyvä tekniikka luo haasteita. Kysyntä luo tarjontaa, ja sen myötä akustokorjaukset tulevat kuluttajille edullisemmiksi ja siten kannattaviksi. Tulevaisuudessa on odotettavissa vaihtoehtoisia menetelmiä korjata akusto, mahdollisesti kolmannen osapuolen taholta.

### 3.2 Akuston kierrätys

Sähköautojen lisääntyminen tarkoittaa sitä, että akustojäte kasvaa kiihtyvällä nopeudella. 2010-luvun alussa ei juurikaan ollut tietoa siitä, miten Li-ion-akustoja voisi kierrättää tai hyötykäyttää. Silloin uskomus oli, että akustojäte olisi kaatopaikkatavaraa. Vasta viime vuosina on huomattu, että akusto on kierrätettävissä. Myös erilaisia hyötykäyttökohteita on keksitty. Li-ion-akuston käyttöään loputtua akusto luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Siksi akuston käsittely jätteenä vaatii asiantuntemusta ja käsittelyn tulee tapahtua lain asettamien turvallisuusvaatimusten mukaisesti. (Fortum 2021a.)

Kierrätysprosessi alkaa kuljetuksesta, joka tässä tapauksessa käsittää korjaamolta kierrätyslaitokselle toimituksen. Turvallisen kuljetuksen takaamiseksi Li-ion-akusto on pakattava asianmukaisesti. Li-ion-akuston pakkaamisessa ja kuljetuksessa on huomioitava lämpötila, pakkauksen paikallaan pysyminen sekä minimoida kontaktit johtaville pinnoille. Akuston ylikuumenemisen estämiseksi oikosulkusuoja on välttämätön. Pakkaus on myös merkittävä selkeästi, että sitä voidaan käsitellä oikein. (Air Sea Containers 2017.)

Kun korkeajänniteakusto ei kelpaa sähköautokäyttöön, sitä voidaan vielä käyttää muussa energianvarastoinnissa. Esimerkiksi tuuli- tai aurinkovoimalla tuotettu energia voidaan varastoida vanhoihin akkuihin. Kun akusto on täysin käyttökelvoton, se kierrätetään. Kierrätysmenetelmiä on myös Suomessa jo useita. Yksi niistä on Fortumin käyttämä hydrometallurginen kierrätystapa, jolla pystytään kierrättämään Li-ion-akustosta 80 %. Hydrometallurgisessa kierrätysprosessissa hyödynnetään kemiallista saostusta.

Kierrätysprosessi aloitetaan tekemällä akusto turvalliseksi. Muovi, alumiini ja kupari erotellaan mekaanisesti ja ne etenevät kukin omilla kierrätysprosesseillaan. Erottelun jälkeen jäljelle jää kemialliset aineet ja mineraalit joita kutsutaan mustaksi massaksi. Jäljelle jäänyt massa sisältää tavallisesti litiumia, mangaania, kobolttia ja nikkeliä eri suhteissa. Hydrometallurginen menetelmä on edistyksellinen, sillä useimmat kierrätysprosessit eivät pysty ottamaan talteen näitä ainesosia. Prosessin jälkeen talteen saatuja materiaaleja voidaan myydä jälleen akustovalmistajille uusien akustojen valmistusta varten. Menetelmä on keksitty suomalaisen kasvuyrityksen CrisolteQ Oy:n toimesta vuonna 2020. (Fortum 2021b.)

## 4 SÄHKÖAUTOJEN KÄYTTÖVALMIUS JA KORJAAMOTOIMINTA

Käyttövalmiudella tarkoitetaan asioita, jotka vaikuttavat autoa tarvitsevan henkilön päätökseen valita käyttöönsä täyssähköauto. Käyttövalmiuteen vaikuttavia asioita on ostomahdollisuudet, henkilökohtaiset ajotottumukset, toimintasäde (*Range*), sääolosuhteet ja latausmahdollisuudet. Täyssähköauton käyttövalmiudessa on tapahtunut selvää parannusta vuosina 2018-2020 Suomessa.

Suomessa on otettu käyttöön vuonna 2018 hankintatuki, joka koskee uuden täyssähköauton ostajaa. Hankintatukea voi saada vain yksityishenkilö ja sen määrä on 2000 €. Tuen saa heti oston yhteydessä, mutta ostohinta ei saa ylittää 50000 €. Hankintatukea pystyy hyödyntämään myös uuden auton leasing-vuokrauksessa, kun vuokrasopimus on minimissään kolme vuotta. Hankintatuella on määritetty 6 M€:n valtion määräraha vuodessa joka riittää 3000 uuteen ehdot täyttävään täyssähköautoon. (Traficom 2021.)

Ruotsin hankintatuki on nimetty ilmastobonukseksi ja se määritetään joka vuodelle erikseen. Ilmastobonuksen saamiseksi auton hiilidioksidipäästöt eivät saaneet ylittää 60 g/km vuonna 2020, sekä Suomen tavoin auton oli oltava uusi. Ruotsin malli tukee siis myös PHEV-auton hankintaa, sillä useimmat PHEV-automallien hiilidioksidipäästöt ovat alle 60 g/km WLTP-normin mukaan. Ilmastobonuksen määrä Ruotsissa vuonna 2018 oli enintään 60000 kr eli 5900 €. Enimmäisbonusmäärä koskee lähinnä vain täyssähköautoja. Bonusta haetaan kuuden kuukauden sisällä auton ostosta. Leasing-pitkäaikaisvuokraajat lasketaan myös Ruotsissa auton omistajiksi, joten bonusta saa myös Ruotsissa leasing- autolle. Ruotsin valtion määräraha ilmastobonukselle vuonna 2020 oli 1760 MKr, mikä riittää enimmäisbonuksellakin lähes 30000 vähäpäästöiseen sähköautoon. (Transport Styrelsen 2021.)

Norja tukee sähköauton hankkimista ja pitämistä Suomeen ja Ruotsiin verrattuna eri tavalla. Norjassa ei ole erillistä sähköauton hankintaan liittyvää tukijärjestelmää, mutta sen sijaan sähköauton hankkiminen sekä käyttäminen on monin tavoin edullisempaa kuin Suomessa ja Ruotsissa. Sähköautot ovat Norjassa verovapaita, jonka ansiosta uuden auton myyntihinta on jopa halvempi kuin vastaavan poltto- tai dieselmoottorilla varuste-



tun auton. Lisäksi sähköautoa ajavan ei tarvitse maksaa tietulleja, pysäköinti- eikä lautamaksuja. Sähköauton käyttöä helpotetaan myös liikenteessä, sillä sähköautolla saa ajaa muun muassa linja-autoille tarkoitetuilla kastoilla. (Regjeringen 2021.)

Ladattavan hybridi- tai täyssähköauton käyttäjä on tyypillisesti henkilö, joka haluaa omalta osaltaan vähentää päästöjä. Tavanomaisesta autosta siirtyminen sähköautoon vaatii käyttäjältä ajotottumuksien muutosta. Käyttäjän tulee olla myös jossain määrin perehtynyt sähköauton teknisiin ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi toimintasäteeseen vaikuttaviin seikkoihin. Täyssähköauton sekä ladattavien hybridautojen käyttö vaatii myös ennakkointia ajotavassa. Matkanteossa taukopaikat tulee suunnitella latausmahdollisuuksien mukaan, mutta sitäkin helpottaa nykyään erilaiset sovellukset, joista näkee vapaana olevat latauspaikat.

Ladattavan hybridautojen sähköinen toimintasäde on n. 30-80 km riippuen ajoakuston koosta. Ladattavalla hybridautolla pystyy siis helposti ajamaan pelkällä sähköllä, kun pääasiallinen matka yhteen suuntaan on maksimissaan 50 km ja jolla on mahdollisuus ladata autoa määränpäissä. Täyssähköauton toimintasäde on yhdellä latauksella 150-600 km. Skaala on laaja, koska markkinoilla on eri kokoisilla ajoakustoilla varustettuja täyssähköautoja. Toimintasäteeseen vaikuttaa sääolosuhteet, lisälaitteiden käyttö ja ajotapa. Esimerkiksi matkustamon lisälämmitys vähentää toimintasädettä jopa 30 %. (Motiva 2017.)

Sääolosuhteet täyssähköauton käytölle on Suomessa ja vertailumaissa haastavat. Kovat pakkaset lyhentävät toimintamatkaa, hidastaa latausnopeutta ja tämän seurauksena lisäävät tarvetta latausmäärälle. Sähköauton useimmat komponentit kestävät kylmää jopa paremmin kuin polttomoottoriauto, mutta korkeajänniteakun kylmänkestävyys on kuitenkin sähköauton ongelma. Kovilla pakkasilla korkeajänniteakuston virranantokyky heikkenee. Akustoon on rakennettava lämmitysjärjestelmä, ettei akuston lämpötila pääse laskemaan liikaa. (Virta 2019.)

Latausverkosto eroaa vertailumaittain. Latauskartan tämän hetkisen tiedon mukaan Suomessa on noin 1500 erilaisten palveluntuottajien latauspistettä (Latauskartta 2021). Ruotsissa rekisteröityjä latauspaikkoja on 1/2021 tilanteen mukaan 3038 kpl, Norjassa latauspaikkoja on 1255 kpl. (Miljö fordon 2021.)

#### 4.1 Sähköauton korjaamisen valmius

Sähköautot alkavat olla jo tavanomainen näky merkkikorjaamoilla. Merkkikorjaamoiden edellytykset korjata edustamiaan autoja ei eroa tavanomaisista autoista. Valmistajilta ja maahantuojilta löytyy kaikki tarvittava korjauksiin, diagnostiikkalaitteistosta jännitetyökaluihin sekä hyvä tarjonta koulutuksiin jopa automallikohtaisella tasolla. Tulevaisuudessa on mietittävä, millainen koulutus sähköautoa korjaavalla asentajalla olisi parasta olla. Onko tulevaisuuden sähköautokorjaaja todellisuudessa erikoiskoulutettu sähköasentaja?

Teslan korjaamot ovat tietävästi Suomen, sekä vertailumaiden ainoat täysin sähköautoille suunnatut korjaamot. Suomessa on kaksi Teslan korjaamoa, Tampereella ja Helsingissä. Ruotsissa toimipisteitä on kuusi, ja Norjassa 20 kpl (Tesla 2021). Teslan korjaamot ovat merkkikorjaamoita, sillä Teslan valikoimissa on vain täyssähköautoja. Muilla automerkeillä sähköautojen korjaamista ja huoltoa toteutetaan tällä hetkellä tavanomaisen autojen ohella erityisjärjestelyin. Korjaamolla on yleensä yksi tai useampi sähköautoihin erikoistunut mekaanikko, joilla on voimassa olevat jännitetyöluvut. Sähköautojen korjaaminen perinteisessä korjaamossa tuottaa haasteita, sillä joukossa on asentajia jotka eivät ole perehtyneet sähköauton tekniikkaan. Jokaisen asentajan on oltava tietoinen sähkön vaaroista ja siksi sähköautoihin kohdistuu varotoimia. Sähköautot eristetään muista autoista varoitusmerkein sekä -liinoin. Lisäksi jännitteettömäksi tehdyssä autossa on oltava vaatimusten mukaiset merkinnät.

Sähköauton korjaaminen vaatii ennen kaikkea erikoisosaamista ja koulutettua henkilökuntaa. Se vaatii myös merkkikohtaista diagnostiikkalaitteistoa, joilla pystytään tekemään diagnosointia, ohjelmistopäivityksiä ja korjauksia. Sähköautoihin kohdennetun korjaamotoiminnan tarpeen määrittää lisääntyvä- ja ikääntyvä sähköautokanta. Sähköautokannan kasvaessa korjaamotoiminnan määrän on kohdattava tarpeisiin. Koska faktatieto sähköauton todellisesta korjaustarpeesta on vielä puutteellista, ei voida kuin arvioida tarvittavia resursseja sähköautokorjaamotoiminnalle. Ikääntyvällä sähköautokannalla on omat tarpeet, jotka kohdentuvat kuluttajan kannalta kustannustekijöihin.

## 5 SÄHKÖAUTOKORJAAMON PERUSTAMINEN

Sähköautokorjaamon perustamisen aloitusvaiheessa tulee miettiä segmentti korjaamotoiminnalle. Mille automerkeille sähköautokorjaamo halutaan perustaa? Valintaan vaikuttaa sen hetkinen sähköautokannan jakauma merkeittäin ja liikennekäytössä olevien sähköautojen keskimääräinen ikä. Segmentoinnissa on huomioitava toimipaikkaratkaisu, millä sähköautokorjaamo aiotaan toteuttaa. Toiminta voi olla merkkiliikkeen oheen rakennettua omaa tilaa tai kokonaan oma yksikkö. Sähköautokorjaamon palvelusisällön kartoituksessa otetaan huomioon autojen määräaikaishuoltovälit, muut huolto- ja korjaustarpeet sekä ohjelmistokorjaukset ja päivitykset.

Sähköauton määräaikaishuoltoväli on tavallisesti pidempi kuin perinteisen bensiini- tai dieselkäyttöisen auton. Useat valmistajat määrittävät sähköautoille huoltoväliksi aika ja/tai kilometrimäärään, joka on yleensä yhdestä kahteen vuotta sekä maksimissaan 30000 kilometriä. Esimerkiksi Volkswagenin ID.3:n huoltoväli on kaksi vuotta kilometrimäärästä riippumatta. Vastaavasti Volkswagen E-Golf:n ja E-Up!:n huoltovälit ovat kaksi vuotta / 30000 kilometriä. (Volkswagen 2021c.) Huoltoväli voi myös olla avoin, esimerkiksi Tesla ei velvoita huollattamaan autoa säännöllisesti vaan antaa kullekin huoltotoimenpiteelle omat suositukset. (Tesla 2021).

Sähköauton tyypillinen määräaikaishuollon sisältö:

- Tarkastuskohteiden läpikäyminen (valolaitteiden, alustan, renkaiden, elektronikan, sähkömoottorin toiminnan, korkeajännitejohtimien kunnon, latauslaitteiston kunnon ja korin kuntotarkastukset)
- Sisäilmasuodattimen vaihdon (vaihtoväli tyypillisesti 2 vuotta / 30000 km)
- Jarrunesteiden vaihdon (vaihtoväli tyypillisesti 2 vuotta)

Määräaikaishuollon toimenpiteiden lisäksi myös sähköautolla on perusteltuja lisähuollon tarpeita.

Sähköauton tyypilliset lisähuoltotarpeet:

- Ilmastointihuolto (huoltovälisuositus 2 vuotta)
- Lasinpyyhkimien sulkien vaihto
- Jarruhuolto

Jarrutusenergiantalteenottojärjestelmän vuoksi pyöräjarruilla jarruttaminen jää sähköauton kuljettajalta yleensä vähäiseksi. Järjestelmän ansiosta kuljettaja voi ennakoivalla ajotavalla välttää pyöräjarruilla jarruttamisen lähes kokonaan. Vähäinen jarrujen käyttö aiheuttaa jarrujen mekaanisten osien ennenaikaista ruostumista ja jumiutumista. Jarruosien jumiutuminen voi pahimmillaan johtaa jatkuvaan laahaamiseen, mikä aiheuttaa jarrujen voimakasta kuumenemistä ja ennenaikaista kulumista. Lämmitessään jarrulevyt voivat muuttaa muotoaan ja aiheuttaa voimakasta tärinää jarrutustilanteissa. Vastavasti rumpujarrurakenteessa huoltamattomuuden seurauksena jarrut voivat jäädä ”lukkoon”. Sen vuoksi monet valmistajat ovat ottaneet jarruhuollon osaksi määräaikaishuolto-ohjelmaa tai määritelleet jarruhuollolle huoltovälin.

Kuten minkä tahansa auton, myös sähköauton voimalinja voi vikaantua. Sähköauton vikatilanteet rajoittuvat kuitenkin usein ohjelmisto-, ohjainlaite- ja elektroniikkahäiriöihin sekä akuston ongelmiin. Korjaus ohjelmistohäiriöihin on tyypillisesti reset- tai ohjelmistopäivitysluontoinen, minkä vuoksi merkkikohtaisuus diagnostiikkalaitteistossa on jopa väistämätöntä. Korkeajänniteakun vikaantuminen huomataan yleensä oletetun jäljellä olevan ajomatkan pituuden voimakkaasta muuttumisesta. Akun varaustila on paljon kiinni käyttäjästä, mutta on myös mahdollista, että jokin akkukennoista ei enää lataudu. Tämä näkyy käyttäjälle toimintamatkan lyhentymisenä.

### 5.1 Sähköautokorjaamon vaatimukset ja suunnittelu

Sähköautojen huoltoon ja korjaamiseen on erityistarpeita niin työturvallisuuden kuin käytännöllisyyden vuoksi. Koska sähköautoissa on korkeajännitekomponentteja ja -johtimia, tulee korjaamon suunnittelun perustana olla työturvallisuus. Korkeajänniteakussa on kennojen määrästä riippuen satojen volttien jännite, joka voi sähköiskutilanteessa johtaa jopa mekaanikon kuolemaan. Korjaamokalusto tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin ja vaurioituneita välineitä ei missään tilanteessa tule käyttää. Sähköautokorjaamo suunnitellaan sähköauton huolto- ja korjaamotoimintaa varten, joten kaikki on huomioitava korjaamotilasta työvälineisiin kyseiseen käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Suomessa sähkötyöturvallisuuteen liittyy lakeja, asetuksia ja standardeja. Standardeja noudattamalla varmistetaan, että toiminta on lain mukaista. Sitä valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Tuorein voimassa oleva sähkötyöturvallisuuslaki 1135/2016 on julkaistu 16.12.2016 ja käyttöön otettu 1.1.2017. Uuden sähkötyöturvallisuuslain julkai-

sun myötä, myös standardit ovat päivitetty vastaamaan lakia. Sähköautokorjaamotoimintaan ei ole kohdennetusti määritetty standardeja, vaan siihen sovelletaan SFS 6002 -standardeja. Uusimmassa SFS 6002 -standardissa on kuitenkin suppeasti käsitelty myös sähköautoja koskevia töitä. (Rousku H. ym. 2017, 18-19.)

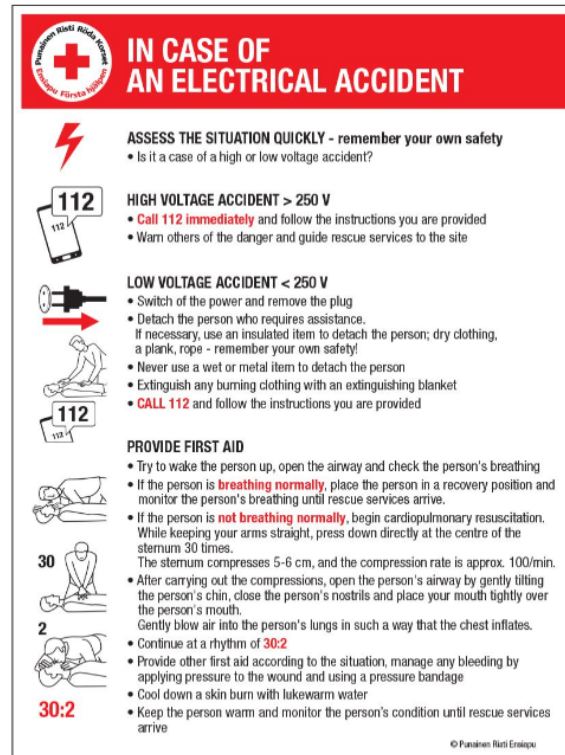
### 5.1.1 Tilan vaatimukset ja suunnittelu

SFS 6002 -standardoinnin mukaan työtila, jossa käsitellään sähkökomponentteja ja tehdään jännitetöitä, on oltava selkeästi merkitty, sekä tilaan ei saa olla pääsyä ulkopuolisille. Näissä tiloissa kulku- ja poistumisreiteillä ei saa olla esteitä eikä palavia materiaaleja. (Rousku H. ym. 2017, 28.)

Kulkureiteille on asetettava varoitusmerkit, jotka kieltävät asiattomilta jalankulun alueelle sekä vaarallisesta jännitteestä varoittavalla kyltillä (Kuva 8). Varoituskyltteihin liittyy myös standardi, jotta voidaan varmistaa, että varoitukset ovat ymmärrettäviä kaikille. ISO 7010 on kansainvälinen standardi turvallisuusmerkeille, jota varoituskyltin tulee noudattaa. Työtilasta tulee löytyä myös ensiapuohjeet sähkötyötaturman varalle (Kuva 9). Ohjeet on oltava helposti saatavilla. (SFS 2021.)



Kuva 8. ISO 7010 mukainen "Pääsy kielletty, vaarallinen jännite" -kyltti (Turvakauppa 2021).



Kuva 9. ISO 7010 -standardin mukainen ohje sähkötyötapaturman sattuessa (Turvakauppa 2021).

Tilan suunnittelussa tulee ottaa huomioon riittävän suuret työtilat, sekä kulkuväylät jotta työskentely korkeajännitteen kanssa olisi mahdollisimman turvallista. Työtilan pintamateriaaleja ei ole suoraan standardisoitu, mutta pinta-materiaalisuunnittelussa voidaan soveltaa SFS 6002 -standardeja. Nosturipaikan lattiamateriaali tulisi olla sähköä johtamaton ja eristävää materiaalia. Materiaalivalinnassa huomioidaan myös paloturvallisuus. Tila on suojattava kosteudelta ja veden käyttöä on rajattava niin ettei se sähköjohtavuutensa vuoksi aiheuta vaaraa. Työtilan turvallisuus on varmistettava määräajoin. (Rousku H. ym. 2017, 28.)

Nosturipaikkojen määrä lasketaan tarvekohtaisesti. Esimerkiksi kahta asentajaa kohti kolmesta neljään nosturipaikkaa sekä yksi lattiapaikka on riittävä. Sähköautojen ohjainlaite, korkeajännitepuolen sekä akustojen korjauksessa on varauduttava, että auto saattaa joutua seisomaan keskeneräisenä pidemmän aikaa, esim. osien saapumisen tai alihankintana tehdyn työn odottamisen seurauksena. Silloin korjauksen kohteena oleva sähköauto on suurella todennäköisyydellä tehty jännitteettömäksi eikä autoa voi siirtää ulos odottamaan. Korjaamotiloihin suunnitellaan akuston korjaukselle oma tila. Erillinen

tila tulee pitää erityisen puhtaana pölyltä ja muulta liialta sekä kuivana. Tila voi olla erillinen huone tai muutoin erillään muusta toiminnasta olevaa lattia-alaa.

### 5.1.2 Kalusto ja työvälineet

Sähköautokorjaamon kaluston ja työvälineiden tulee täyttää standardit ja olla sähkötyöturvalliset. Nostimia tarvitaan sekä sähköautojen, että korkeajänniteakustojen nostoon. Sähköautonostimen valinnan perusteena on lähinnä käytännöllisyys, sillä sähköauton nostinlaitteistoon ei ole erillisiä vaatimuksia. Sähköautoa voi nostaa perinteisillä 2-pilari, 4-pilari tai saksinostimilla. Autonostinta valitessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että korkeajänniteakustot sijaitsevat poikkeuksetta auton pohjassa, etu ja taka-akselin välissä. Siksi on välttämätöntä valita nostin, jossa on runsaasti tilaa työskennellä auton alla. Edellä mainittu nostin on hyvä myös muissa alustan korjauksissa. Esimerkiksi kuvan 10 nostin on erityisesti sähköauton akkukorjauksiin suunniteltu saksinostin, jossa on vapaa työskentelytila auton alla. Nostimen ohjevähittäishinta on 6990 € (alv 24%). (Suomen Työkalu 2021.)



Kuva 10. Sähköautoille patentoitu autonostin, LV8 Pratik (Suomen työkalu 2021).

Korkeajänniteakuston käsittelyä varten tulee olla nostin akuston suuren painon vuoksi. Akusto painaa koosta riippuen 250-600 kg. Akustoa pitää pystyä myös siirtämään paikasta toiseen. Esimerkiksi akuston kennon vaihto suoritetaan sille merkityssä työskentelytilassa, jonne akusto täytyy saada siirrettyä. Nostin voi olla joko kyseiseen käyttötarkoitukseen suunniteltu pyörillä oleva nostopöytä (Kuva 11) tai muu vastaava nostin. Nostovaunun hinta on merkistä riippuen noin 5000 €.



Kuva 11. Pöytänostin, LV8 Ideal (Suomen työkalu 2021).

Työturvallisuuden varmistamiseksi työkalujen on täytettävä eurooppalaisten (EN), kansallisten (SFS) tai kansainväliset (IEC) standardien vaatimukset (Rousku H. ym. 2017, 28). Kaikkien pien työkalujen pinnat tulee olla eristettyjä ja täyttää SFS-EN IEC 60900 standardin (SFS 2021). Korkeajännitetyökalut tunnistaa yleensä punaisesta väristä, sähköä johtamattomasta kumipinnoitteesta ja ”1000 V” -merkinnästä. Merkintä kertoo työkalun soveltuvan korkeajännitetöihin.



Kuva 12. Esimerkki korkeajännitetyökalusta (Suomen työkalu 2021).

Sähköauton ilmastointijärjestelmän huoltamiseen on erityisvaatimuksia korkeajännitekompressorin vuoksi. Kylmäaineena käytetään edelleen tuttuja R134a- ja R1234yf -kylmäaineita, mutta kompressorin öljyn sekä UV-väriaineen tulee olla korkeajännitekompressorille sopivaa. Muissa kuin hybridi- ja sähköautoissa käytetään polyalkyleeniglykoli (PAG) -kompressorioiljyä, joka on hygroskooppista. Hygroskooppisuus kertoo sen, että aineella on kyky sitoa kosteutta itseensä. Korkeajännitekompressoireissa käytetään polyesteri (POE) kompressorioiljyä, joka on tavallisesti hydrofobista. Hydrofobisuus kertoo sen, ettei aineella ole kykyä sitoa itseensä kosteutta. Kaikki POE-öljyt eivät kuitenkaan



sovellu korkeajännitekompressoreille hygroskooppisuuden vuoksi, joten on aina tarkistettava erikseen soveltuvuus hybridi- ja sähköautoille. UV-väriaineen on myös oltava polyesteripohjaista, sillä polyalkyleeniglykoli-pohjainen aine voi jo pienissä määrissä hajottaa kompressorin käämien eristyksen ja johtaa siten jännitevuotoon. (AviOnDemand 2014.)

Lisäksi korjaamolla tulee olla turvallisuusvälineitä kuten varoitusmerkkejä (Kuva 13) sekä liinoja autojen ja työpisteiden rajaukseen (Kuva 14).



Kuva 13. Varoitusmerkki (Suomen työkalu 2021).



Kuva 14. Rajaukseen tarkoitettu liina (Suomen työkalu 2021).

Sopivin välimatkoin tulee myös olla saatavilla sähkötapaturman varalle välineitä kuten pelastussauva (Kuva 15), defibrillaattori ja ensiapupakkaus.



Kuva 15. Pelastussauva (Suomen työkalu 2021).

## 5.2 Sähköautokorjaamon henkilöstölle asetetut vaatimukset

Sähköautokorjaamon henkilöstölle on asetettu koulutus- ja suojavälinevaatimuksia. Sähköauton parissa työskentelevän mekaanikon täytyy suorittaa seuraavat koulutukset:

- SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutus
- Automallikohtainen koulutus tekniikasta

Edellä mainitut koulutukset eivät riitä sähköauton korkeajännitetöihin. Mekaanikon tulee käydä edellä mainittujen koulutusten lisäksi myös jännitetyökoulutus, jotta hän on pätevä korjaamaan korkeajännitekomponentteja.

Työnjohtajille riittää SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutus sekä mahdollinen automallikohtainen koulutus. Sähköautojen korjauksessa ei tarvita erillistä sähkötöiden johtajaa. Tämä poikkeus koskee ainoastaan tieliikennehyväksytyin sähköauton voimajärjestelmän sähkötöissä sähköturvallisuuslain 56 § mukaan. Jokaisessa työkohteessa on oltava kuitenkin nimetty henkilö, joka valvoo sähkötyöturvallisen toiminnan toteutumista. Nimetyllä henkilöllä ei tarvitse olla sähköalan koulutusta, mutta hänen tulee tuntea sähköalan perustiedot. (Rousku H. ym. 2017, 109-110.)

Sähköautokorjaamolla työt vaihtelevat hybridi- ja sähköautojen huolloista mekaanisiin korjauksiin sekä jännitetyöhön. Siksi henkilöstön osaaminen on suunniteltava erityisen tarkkaan. Korjaamon mekaanikoiden tulisi koostua autopuolen osaajista sähköpuolen osaajiin. Sähköautojen korjaamiseen erikoistunut sähkömekaanikko vai sähkötyöhön erikoistunut automekaanikko? Molempia tarvitaan, mutta mitoitus riippuu täysin tilanteesta.

### 5.2.1 Henkilösuojaimet

Henkilösuojaimille on määritetty lain 1406/1993 mukaiset vaatimukset. Henkilösuojain on suojaväline tai -vaate, joka suojaa henkilöä terveyteen tai turvallisuuteen kohdistuvalta riskiltä. Henkilösuojaimet tulee olla EY-tyyppitarkastettuja. EY-tyyppitarkastettu henkilösuojain kertoo sen, että kyseinen henkilösuojain täyttää lain asettamat kriteerit. EY-tyyppitarkastetusta henkilösuojaimesta löytyy CE-merkintä (Kuva 18). (Finlex 1993.)



Kuva 16. CE-merkintä (Finlex 1993).

Jännitetöissä tai työskennellessä lähellä jännitteisiä osia, on valokaaren vaara. Siksi suojavaatteiden kuten haalarin, takin, ja housujen tulee suojata tulelta ja kuumuudelta SFS-EN ISO 11612 luokkien A1, B1 tai C1 mukaisesti. Valokaari-suojaukselle on lisäksi erillinen IEC 61482-1-2 -standardi. Saappaat, kengät ja käsineet tulee olla eristettyjä. Suojavälineet eivät saa altistua UV-valolle, ja niitä on säilytettävä oikein. (Rousku H. ym. 2017, 28-31.)



Kuva 17. Jännitetyöhanskat (Suomen Kaapelitarvike Oy 2021).

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa sähköautokorjaamon perustamiseen liittyvistä seikoista. Työn tarkoitus oli tehdä opas taholle, joka suunnittelee sähköautokorjaamon perustamista. Työssä annetaan tietoon pääkohdat, jotka tulee ottaa huomioon sähköautokorjaamoja suunnitellessa. Työtä aloittaessa oli tiedossa, että vastaavaa tietoa ei ole kerättyä yhteen teokseen. Hybridi- ja sähköautotekniikkaa kerrattiin työn alussa kokonaisuuden ymmärtämisen helpottamiseksi.

Työssä löydettiin pääasialliset syyt, miksi Suomen sähköautokanta on vertailumaihin nähden jäljessä. Syyt löytyivät vasta, kun tiedossa oli todelliset sähköautomäärät, vuosikohtainen kasvu sekä selvitys sähköauton hankinnan kustannuksellisista helpotuksista vertailumaittain. Työssä todettiin, että Suomessa sähköautoja on vähemmän kuin vertailumaissa, mutta vuosikohtainen kasvu on suurempaa. Syy siihen löytyi siitä, että vertailumaiden rahalliset kannustimet sähköauton hankintaan ovat suuremmat kuin Suomessa. Norjan kannustinmenetelmä eroaa Suomen ja Ruotsin menetelmästä suuresti. Norjan sähköautokannan suuruus todettiin johtuvan siitä, että sähköautojen hinnat ovat kuluttajaystävällisiä verohelpotusten vuoksi. Lisäksi Norjassa sähköautoilulla on myös käytännöllisiä etuja kuluttajalle, jotka edesauttavat sähköautoilun suosiota. Vaikka Norjassa on huomattavasti kehittyneempi sähköautokanta, niin sähköautoille tarkoitettuja korjaamoita ei silti löytynyt. Poikkeuksena tästä on Tesla, joka valmistaa ainoastaan sähköautoja. Tesla-korjaamoiden määrä on kymmenkertainen Suomeen verrattuna.

Työn tuloksena todettiin, että niin sanotun monimerkki-sähköautokorjaamon perustaminen on vielä pitkälle tulevaisuuteen taloudellisesti kannattamatonta. Siihen vaikuttaa tämänhetkisen sähköautokannan pienuus ja se, että sähköautojen keskivertoikä on vielä lyhyt. Nykytilanteeseen riittää merkkikorjaamot, jotka tuntevat oman sähköautomalliston tekniikan. Työssä todettiin, että sähköauton tekniikassa on polttomoottoriautoon verrattuna vähemmän kuluja ja rikkoutuvia osia, minkä vuoksi korjauksen tarve on myös vähäisempää. Työssä löydettiin sähköautotekniikan tulevaisuuden heikoin lenkki, joka on korkeajänniteakusto. Korkeajänniteakuston korjaukset ja vaihtotarve ovat tulevaisuudessa haastavin ja hintavin elementti sähköautoissa, johon löydettiin arvioita tulevaisuutta ajatellen. Tietoutta korkeajänniteakustoihin liittyen oli tällä hetkellä heikosti saata-

villa, joten yksiselitteistä vastausta akuston korjattavuuteen ja sen aiheuttamiin kustannuksiin ei löytynyt. Osittain tiedon puutteen todettiin johtuvan siitä, että sähköautokanta on vielä suhteellisen uutta ja akuston vikatilanteet ajoittuvat akkutakuu-aikaan.

Työn alkuvaiheessa oletuksena oli, että aiheeseen löytyisi enemmän faktaan perustuvaa tietoa. Kirjallisuutta aiheesta löytyi erittäin vähän ja osa kirjallisuudesta oli niin vanhaa, että tieto ei soveltunut nykYTEKNIikkaan. Kirjallisuutta aiheeseen löytyi käytännössä vain sähkötyöturvallisuuteen ja osittain sähköautotekniikkaan liittyen. Pääasialliset lähteet löytyivät internetistä ja englanninkielisistä lähteistä. Työn alussa laadittiin aiheet ja kysymykset mihin halutaan työn vastaavan. Niukasta lähdetiedosta huolimatta onnistuttiin löytämään kaikkiin kysymyksiin vastaukset. Tiedossa oli, että aihe on laaja ja työn teossa se kävi nopeasti ilmi. Useasta tämän työn osa-alueesta voisi kirjoittaa useita opinnäytteitä, joten työn sisällön rajaaminen tuotti haasteita. Yksi aihe nousi oletettua kiinnostavammaksi ja tärkeämmäksi kuin työn alkaessa oli tarkoitus. Korkeajänniteakuston kierätysnäkökulma ei ollut työn alussa niin tärkeässä asemassa, mutta aiheeseen löytyikin paljon kiinnostavia lähteitä.

Tulevaisuudessa tästä samasta aiheesta voisi tehdä uuden opinnäytetyön, kun tietoutta siitä, mihin suuntaan sähköautojen korjaustarve muuttuu, on enemmän. Aihe voisi olla rajattu erillisiin kokoonpanoihin sähköautotekniikasta ja korkeajännitejärjestelmästä.

## LÄHTEET

Air Sea Containers 2017. 5 mistakes to avoid when shipping lithium batteries. Viitattu 18.3.2021. <https://www.airseacontainers.com/blog/5-mistakes-avoid-shipping-lithium-batteries/>

Autotie 2020. ID.3 koeajoraportti. Viitattu 28.3.2021. <https://www.autotie.fi/tien-sivusta/sahkoautoileva-motoristi/volkswagen-id3-koeajoraportti>

AviOnDemand 2014. The Hybrid compressor – Know the difference. Viitattu 10.3.2021. <https://aviondemand.com/insider/tech-tip-hybrid-compressor-know-difference/>

Charged electric vehicles magazine 2019. A Closer look at the losses in EV motors. Viitattu 21.3.2021. <https://chargedevs.com/features/a-closer-look-at-the-losses-in-ev-motors/>

CleanTechnica 2020. The Volkswagen Id.3's battery. Viitattu 14.3.2021. <https://cleantech-nica.com/2020/01/02/the-volkswagen-id-3s-battery/>

Danfoss engineering 2020. What is a variable frequency drive. Viitattu 8.1.2021. <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>

Electrical Engineering portal 2013. Basics of electric Vehicles. Viitattu 21.10.2020. <https://electrical-engineering-portal.com/res3/Design-and-Function-Basics-of-Electric-Vehicles.pdf>

Evo 2020. What is a parallel hybrid?. Viitattu 13.3.2021. <https://www.evo.co.uk/technology/202558/what-is-a-hybrid-hybrid-tech-and-how-its-used-in-performance-cars/parallel-hybrids>

Finlex 1993. 1406/1993 Valtioneuvoston päätös henkilösuojaamista. Viitattu 14.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931406>

Fortum 2021a. Lithium-ion battery recycling solution. Viitattu 18.3.2021. <https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-solution>

Fortum 2021b. End of life services for used lithium-ion batteries. Viitattu 18.3.2021. <https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/end-of-life>

Kia 2021. Vaativatko sähköautot paljon huoltoa ja ylläpitoa?. Viitattu 8.2.2021. <https://www.kia.com/fi/ostajalle/goelectric/kuinka-paljon-huoltoa-sahkoauto-tarvitsee/>

Latauskartta 2021. Latauspaikat kartalla. Viitattu 20.3.2021. [www.latauskartta.fi](http://www.latauskartta.fi)

Liikenne- ja viestintäministeriö 2021. Saara Jääskeläinen. Liikennejärjestelmät energiatehokkaiksi. Viitattu 22.1.2021. [https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva\\_2019\\_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inenSaara.pdf/a7722a0f-6e70-e89d-e049-b51e5fe205db/Uusiutuva\\_2019\\_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inenSaara.pdf](https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva_2019_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inenSaara.pdf/a7722a0f-6e70-e89d-e049-b51e5fe205db/Uusiutuva_2019_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inenSaara.pdf)

Miljö fordon 2021. Laddstationer för elbil. Viitattu 22.1.2021. <https://www.miljofordon.se/tanka/laddkarta/>

Motiva 2020a. Bensiinimoottori. Viitattu 7.3.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/bensiinimoottori](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/bensiinimoottori)

Motiva 2020b. Sähkömoottorityypit. Viitattu 6.10.2020. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit)

Motiva 2017. Sähköauton ostajan ABC. Viitattu 10.1.2021. [https://www.motiva.fi/files/12736/Sahkoauton\\_ostajan\\_ABC.pdf](https://www.motiva.fi/files/12736/Sahkoauton_ostajan_ABC.pdf)

Nissan 2021. Nissan Leaf takuu. Viitattu 15.3.2021. <https://www.nissan.fi/ajoneuvot/henkiloautot/leaf/saastot-edut.html>

Pistokehybridi 2021. Hinnasto. Viitattu 16.3.2021. [https://pistokehybridi.fi/prius\\_hybrid\\_akku.html](https://pistokehybridi.fi/prius_hybrid_akku.html)

Regjeringen 2021. Norge er elektrisk. Viitattu 11.1.2021. [https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg\\_og\\_vegtrafikk/faktaartikler-vei-og-ts/norge-er-elektrisk/id2677481/](https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg_og_vegtrafikk/faktaartikler-vei-og-ts/norge-er-elektrisk/id2677481/)

Rousku, Henrik. Mäkinen, Pertti A. 2017. SFS 6002 Käytännössä. Painokurki, Helsinki.

SCB/Trafik Analys 2020. Fordonstatistik. Taulukko 2 ja 3. Viitattu 9.12.2020. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/transporter-och-kommunikationer/vagtrafik/fordonsstatistik/>

SFS 2021. Suomen Standardisoimisliitto - Standardien verkkokauppa. Viitattu 21.2.2021. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/>

Statistik Sentralbyrå Norge 2020. Bilreg. Viitattu 9.12.2020. <https://www.ssb.no/bilreg>

Suomen työkalu 2021. Sähkö ja hybridautojen korjaamolaitteet. Viitattu 8.3.2021. <https://www.suomentyokalu.fi/korjaamolaitteet/sahko-ja-hybridiautot/>

Suomen Kaapelitarvike Oy 2021. Jännitetyöhanskat. Viitattu 28.3.2021. <https://skt-products.fi/tuote/jannitetyohanskat/>

Taloustaito 2021. Sähköauton takuut. Viitattu 15.3.2021. <https://www.taloustaito.fi/vapaalla/tiesitko-taman-sahkoauton-akulla-vain-100-000-kilometrin-takuu/#7bfa8b02>

Tesla 2021. Tesla Service. Viitattu 24.1.2021. <https://www.tesla.com>

ThoughtCo 2021. The history of Electric vehicles began in 1830. Viitattu 11.3.2021. <https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603>

Toyota 2021. Hybrid system. Viitattu 12.3.2021. <https://www.toyota-myanmar.com/innovation/environment-technology/hybrid-vehicle/technology-file>

Traficom 2020. Ajoneuvokannan tilastot. Viitattu 9.12.2020 <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ajoneuvokannan-tilastot?toggle=K%C3%A4ytt%C3%B6voimat>

Traficom 2021. Sähköauton hankintatuki. Viitattu 28.3.2021. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki>

Transport Styrelsen 2021. Bonus – till bilar med låga utsläpp. Viitattu 11.1.2021. <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/bonus-malus/bonus/berakna-din-preliminara-bonus/>

Turvakauppa 2021. Kyltit ja opasteet. Viitattu 21.2.2021. <https://turvakauppa.com/kyltit-ja-opasteet>

Union of concerned Scientists 2015. Series vs Parallel vs Series/parallel drivetrains. Viitattu 13.3.2021. <https://www.ucsusa.org/resources/all-about-drivetrains>

U.S department of energy 2021. Batteries for hybrid and Plug-In Electric vehicles. Viitattu 14.2.2021. [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_batteries.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html)

Virta 2019. Näin sähköauto toimii talvella. Viitattu 10.1.2021. <https://www.virta.global/fi/blogi/n%C3%A4in-s%C3%A4hk%C3%B6auto-toimii-talvella>

Volkswagen 2021a. VW Newsroom - All about MEB. Viitattu 6.3.2021. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/all-about-the-meb-4206>

Volkswagen 2021b. VW Newsroom - Battery Technology. Viitattu 14.3.2021. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/id-workshop-electric-for-all-4193/battery-technology-4197>

Volkswagen 2021c. Sähköautojen huolto. Viitattu 26.1.2021. <https://www.volkswagen.fi/fi/huolto-ja-palvelut/korjaus-ja-huolto/sahkoautojen-huolto.html>