

Alexandros Binios

Pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjaukselle ja huollolle EU-maissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

1.5.2015

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Alexandros Binios Pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjaukselle ja huollolle EU-maissa 48 sivua + 1 liite 1.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän opinnäytetyön pääaiheena on selvittää sähköajoneuvojen eli täyssähkö- ja hybridiautojen sähköpätevyysvaatimuksia korjaukselle ja huollolle EU-maissa. Lisäksi haettiin vastaavia tietoja Yhdysvalloista, Kanadasta ja Australiasta, jotta voitaisiin verrata EU-maiden säädöksiä suurimpien englanninkielisten maiden säädöksiin. Tutkittuja tietoja olivat eri maiden standardit, lait, työturvallisuusasetukset ja muut sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotöihin liittyvät säädökset ja koulutukset.</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin selvitystyönä, jossa oltiin aluksi yhteydessä sähköpostitse eri maiden sähköturvallisuus-, standardointi- ja autoalan järjestöihin. Lisäksi tehtiin kattava kirjallisuustutkimus eri maiden osalta käyttäen maakohtaisia verkkosivustoja lähteinä.</p> <p>Opinnäytetyön alussa käsitellään aiheeseen olennaisesti liittyvät sähköajoneuvot sekä sähkötöiden vaarat. Seuraavaksi esitellään Suomen pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjauksen ja huollon osalta. Lopuksi esitellään niiden maiden, joista tietoja saatiin ja löytyi, pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjauksen ja huollon osalta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin kattava kokonaisuus, jossa käsitellään sähköajoneuvojen tekniikka ja luokitukset, sähkötöiden vaarat ja ensiapu sekä eri maiden pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjaukselle ja huollolle.</p>	
Avainsanat	pätevyys, sähköajoneuvo, sähköauto, hybridiauto, korjaus, huolto, laki, standardi, sähkötyöturvallisuus, koulutus

Author Title Number of Pages Date	Alexandros Binios Competences Needed to Repair and Service Electric Vehicles and Hybrid Electric Vehicles in the EU Countries 48 pages + 1 appendix 1 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The main objective of this Bachelor's thesis was to carry out an extensive research of the competences, standards, legislation, laws and other policies concerning the repairs and service of electric vehicles and hybrid electric vehicles in the EU countries. Research on the same matter was also carried out for the United States of America, Canada and Australia, so that their data could be compared to the data found from the EU countries. The research was focused on the standards, laws, safety regulations and competences needed to repair and service electric vehicles and hybrid electric vehicles.</p> <p>The research started with contacting the authorities of the different countries via e-mail. After that started the main search for information from national webpages which included sectors from standardization, legislation and automobile industry.</p> <p>In the beginning of this Bachelor's thesis, the principles of electric vehicles and hybrid electric vehicles and the hazards related to working with electricity are explained since they are crucially related to the main objective. In the next chapter the competences, standards and laws regarding Finland are explained. In the following chapters the results of the research are given concerning the standards, legislation, laws, regulations and competences needed to repair and service electric vehicles in the EU countries, USA, Canada and Australia.</p> <p>The outcome of this Bachelor's thesis is a well-structured, comprehensive work that deals with electric vehicles and hybrid electric vehicles thoroughly, health hazards concerning electrical work and the different competences needed to repair and service electric vehicles and hybrid electric vehicles in Finland and abroad.</p>	
Keywords	competence, electric vehicle, hybrid electric vehicle, electric car, repair, service, maintenance, law, standard, electrical safety, training, education

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Selvitystyön kulku	3
2	Sähkö- ja hybridautot	4
2.1	Historiaa	4
2.2	Sähköajoneuvojen edut	4
2.3	Hybridautot	5
2.4	Sähköautot	8
2.5	Sähköajoneuvojen tekniikkaa	10
2.5.1	Ajoakusto	10
2.5.2	Akunhallintajärjestelmä	13
2.5.3	Invertteri	14
2.5.4	Sähkökoneet	14
2.5.5	Turvajärjestelmät	15
2.6	Sähköajoneuvot Suomessa	17
3	Sähkötöiden vaarat	18
3.1	Sähkön vaikutukset ihmiseen	18
3.2	Sähkövirran aiheuttamat vammat	21
3.3	Ensiapuohjeet sähkötapaturmissa	21
4	Sähköpätevyysvaatimukset korjaamoille Suomessa	24
4.1	Taustaa	24
4.2	Sähköautopätevyys 3	25
4.3	SFS 6002 -standardi	27
4.4	Ensiapukoulutus	28
4.5	Autosähköalan henkilöiden määritelmät	29

5	Sähköpätevyysvaatimukset korjaamoille muissa EU-maissa	30
5.1	Yleistä	30
5.1.1	EN 50110-1	30
5.1.2	UNECE R 100	30
5.2	Maat, joista saatiin tietoa	33
5.2.1	Alankomaat	33
5.2.2	Espanja	33
5.2.3	Kreikka	34
5.2.4	Liettua	34
5.2.5	Norja	34
5.2.6	Ruotsi	34
5.2.7	Saksa	36
5.2.8	Slovakia	38
5.2.9	Tanska	38
5.2.10	Viro	38
5.2.11	Yhdistynyt kuningaskunta	39
6	Sähköpätevyysvaatimukset muissa kuin EU-maissa korjaamoille	41
6.1	Australia	41
6.2	Kanada	41
6.3	USA	41
7	Yhteenveto	42
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Research of the Legislation and Laws Concerning the Repairs of Electric Vehicles and Hybrid Electric Vehicles in Your Country for My Bachelor's Thesis	

Lyhenteet

A	Ampeeri
AC	Alternating current / Vaihtosähkö
AKL	Autoalan keskusliitto
BMS	Battery Management System / Akunhallintajärjestelmä
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique / Eurooppalainen sähköalan standardointijärjestö
DC	Direct current / Tasasähkö
EU	Euroopan unioni
/	Virta
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor / Eristetty bipoolaritransistori
SESKO	Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
U	Jännite
V	Voltti
YK	Yhdistyneet kansakunnat
Z	Impedanssi
Ω	Ohmi

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön pääaiheena on selvittää sähköajoneuvojen eli täyssähkö- ja hybridautojen sähköpätevyysvaatimuksia korjaukselle ja huollolle EU-maissa. Lisäksi haettiin vastaavia tietoja Yhdysvalloista, Kanadasta ja Australiasta, jotta voitaisiin verrata EU-maiden säädöksiä suurimpien englanninkielisten maiden säädöksiin. Sähköajoneuvoilla tarkoitetaan tämän opinnäytetyön yhteydessä täyssähkö- ja hybridi-autoja.

Tarkoituksena on löytää ja vertailla vähintään kymmenen eri maan sähköajoneuvojen korjaamotoimintaa koskevia lakeja, standardeja sekä pätevyys- ja koulutusvaatimuksia Suomen vastaaviin lakeihin, standardeihin sekä pätevyys- ja koulutusvaatimuksiin. Opinnäytetyö on rajattu henkilöautoihin. Opinnäytetyön alussa käydään ensin läpi pääaiheeseen olennaisesti liittyvät sähkö- ja hybridaajoneuvot ja niiden tekniikka, sähkötöihin liittyvät vaarat sekä ensiapu sähkötapaturmien varalle. Korkeaajännitejärjestelmien parissa työskentely vaatii aina erityisosaamista ja -taitoja ajoneuvoa korjaavalta tai huoltavalta henkilöltä.

1.1 Taustaa

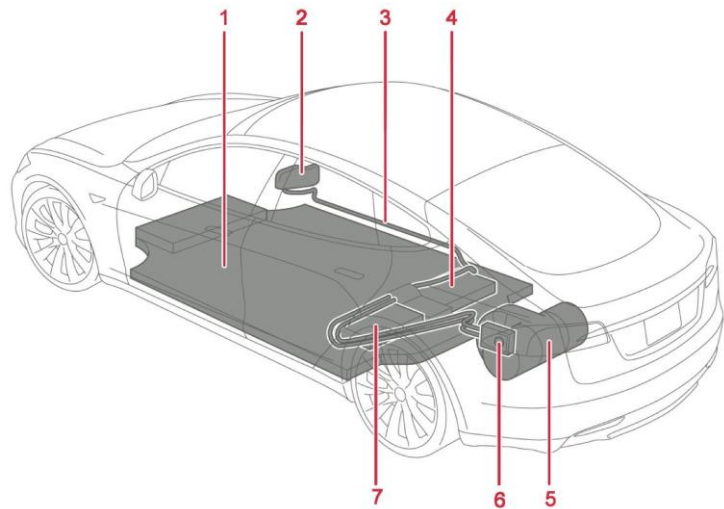
Autoteollisuus on ollut muutoksen kohteena, sähkö- ja hybridautot ovat lisääntyneet ja saavuttaneet suosiota niin maailmalla kuin Suomessakin kiihtyvää tahtia viime vuosina. Syitä tähän ovat kyseisten automallien valikoiman kasvu eri autovalmistajilla, hintojen maltillinen lasku, ympäristöystävällisyys, vähäpäästöisyys ja verohelpotukset sekä muut kannustimet tietyissä maissa, kuten Norjassa esimerkiksi lupa ajaa bussikaistoilla sähköajoneuvoilla (1). Tämän takia jo useimmat merkkikorjaamot Suomessa joutuvat päivittäin työskentelemään täyssähkö- ja hybridautojen parissa.

Nykyisissä sähkö- ja hybridautoissa on useiden satojen volttien korkeaajänniteakusto ja korkeaajännitekomponentteja (kuva 1), jotka voivat aiheuttaa korjaajalle henkilövahingon tai pahimmillaan kuoleman, joka on aiheutunut sähköiskusta, sähköpalosta, valokaaresta tai sähkölaitteiston käytöstä johtuvasta sähköenergian sytyttämästä tulipalosta tai räjähdyksestä.

Tästä johtuen autoala on joutunut miettimään, kuinka taata sekä ajoneuvoasentajien turvallisuus sähköajoneuvoja huollettaessa että sähköajoneuvojen vaativa asianmukainen korjaus- ja huoltotoiminta. Aikaisemmin polttomoottorillisten henkilöautojen korjauksen ja huollon osalta ei ollut tarvetta miettiä sähköturvallisuutta ja sähköturvallisuusmääräyksiä, koska henkilöajoneuvoissa oli ainoastaan matala 12 voltin jännite.

OVERVIEW OF HIGH VOLTAGE COMPONENTS

1. Battery
2. DC-DC converter
3. High voltage cabling (colored orange)
4. 10 kW on-board master charger
5. Drive unit
6. Charge port
7. OPTIONAL: 10 kW on-board slave charger



Kuva 1. Tesla Model S P85 -malliversion korkeajänniteakuston ja korkeajännitekomponenttien sijainnit (2).

1.2 Tavoitteet

Tämän insinööritöön tavoitteena on kerätä mahdollisimman monesta maasta tietoa sähkö- ja hybridautojen korjaamotoiminnan sähköpätevyysvaatimuksille ja verrata näitä Suomen vastaaviin säädöksiin sekä standardeihin. Tavoitteeksi asetettiin löytää ja saada vähintään kymmenestä maasta asiaankuuluvaa tietoa. Suomessa on vasta hiljattain asetettu määräyksiä koskemaan sähkö- ja hybridautojen huoltoa sekä korjauksia, joten todennäköisesti muissa maissa tilanne on sama tai muuttumassa lähivuosina. Tämän takia lähdettiin vertailemaan eri maiden vaatimuksia, jotta saataisiin kokonaiskuva, miten sähköajoneuvojen nopea kasvu on vaikuttanut eri maiden lakeihin ja asetuksiin sekä miten työturvallisuus on taattu erilaisten sähköajoneuvojen parissa työskenteleville.

1.3 Selvitystyön kulku

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla EU-maiden auto- ja sähköalan viranomaisten verkkosivustoihin. Käytettyjä verkkosivustoja olivat eri maiden sähköturvallisuus-, standardi- ja autojärjestöt sekä lakisivustot. Maista, joista ei löytynyt tietoa verkkosivuilta, lähetettiin sähköpostitiedustelu englannin kielellä eri EU-maiden kansallisille sähköturvallisuusviranomaisille. Vastaavanlainen kysely on tehty vuonna 2013 EU-maissa kiinteistösähköalan kansallisten lakien, standardien ja koulutusvaatimuksien osalta. Sähköpostitiedustelu on opinnäytetyön liitteenä. Ensimmäiseen sähköpostitiedusteluun vastattiin ainoastaan Slovakian, Tanskan ja Yhdistyneen kuningaskunnan osalta. Myöskään puhelintiedustelut kansalliselle sähköturvallisuusviranomaiselle eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille, sähköpätevyydestä myöntävälle Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy:lle ja Autoalan keskusliiton edustajille, eivät tuottaneet tulosta.

Eri maiden viranomaisten verkkosivustoilta ei löytynyt mitään mainintoja sähköajoneuvojen korjausta koskevista määräyksistä ja vaatimuksista, joten heräsi epäily, että toimintaa ei säännellä mitenkään, vaan Suomi on ainoa maa, jossa sähköpätevyyismääräyksiä sovelletaan myös ajoneuvojen korjaukseen. Toinen vaihtoehto on, että määräykset eivät ole saatavilla englannin kielellä. Tämän takia siirryttiin kirjoittamaan toinen sähköpostikysely 32 eri valtion viranomaiselle. Vastauksia saatiin erittäin niukasti, ja niiden sisältö oli pääsääntöisesti se, että mitään määräyksiä ei ole asetettu sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon liittyen. Kansainvälisen autoalalla laajasti toimivan Robert Bosch GmbH:n kautta saatiin tietoa tiettyjen valtioiden tilanteesta, kuten Espanjasta ja Alankomaista.

2 Sähkö- ja hybridautot

2.1 Historiaa

Sähköajoneuvojen historia alkaa jo 1830-luvulta, ja on epävarmaa kuka keksi ensimmäisenä sähköajoneuvon. Alussa sähköajoneuvot olivat paljon yleisempiä kuin polttomoottorilliset ajoneuvot. Ranska ja Yhdistynyt kuningaskunta olivat ensimmäisiä valtioita, jotka tukivat sähköautojen laajempaa käyttöönottoa. Vähitellen polttomoottorilliset ajoneuvot syrjäyttivät sähköajoneuvot tieltään. Viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana sähköajoneuvot ovat palanneet liikenteeseen, vuosi vuodelta suurenevissa määrin. 1990-luvun lopussa ensimmäisiä massatuotettuja sähköajoneuvoja olivat General Motorsin EV-1, Toyota Prius ja Honda Insight. Vähitellen myös muut autovalmistajat toivat markkinoille omia sähköajoneuvojaan. Tämä johtui osaltaan siitä, että kuluttajat olivat alkaneet vaatia taloudellisempia, ympäristöystävällisempiä ja uusiutuvaa energiaa käyttäviä ajoneuvoja. Lisäksi päästövaatimukset olivat tiukentuneet ja verotus oli alkanut nousta samanaikaisesti polttomoottorillisten ajoneuvojen osalta. (3.)

2.2 Sähköajoneuvojen edut

Sähköajoneuvojen suurin etu on sähkömoottori, joka on monella tavalla perinteisiä polttomoottoreita parempi voimanlähde. Sähkömoottorin etuja verrattuna polttomoottoriin ovat:

- Vääntökäyrä on koko kierrosalueen tasainen, aina nolasta alkaen. Näin ollen vaihdelaatikkoakaan ei tarvita, kuten ei tyhjäkäyntiäkään eikä mekaanista kytkintäkään.
- Melutaso on hiljainen ja tärinä vähäistä.
- Huoltotarve on vähäinen, sillä sähkömoottori on käytännössä huoltovapaa.
- Sähkömoottori toimii myös generaattorina, joten moottorijarrutuksessa syntynyt jarrutusenergia pystytään keräämään talteen.
- Sähkömoottorin hyötysuhde on myös huomattavasti suurempi kuin polttomoottoreissa.

Kaikkien näiden etujen vastapainona on sähköenergian hankala varastoitavuus. Sähköajoneuvojen toimintasäteen rajoittavana tekijänä ovatkin akustot, jotka kuitenkin kehittyvät vuosi vuodelta paremmiksi energiatiheyden suhteen. (4, s. 41.)

2.3 Hybridiautot

Hybridiautot ovat tavallaan eräänlainen väliteknologia siirryttäessä polttomoottoriautoista täyssähköautoihin. Hybridiauton merkittävimmät edut verrattuna täyspolttomoottoriautoon ovat seuraavat:

- Jarrutusenergia pystytään keräämään talteen korkeajänniteakustoon.
- Sähkömoottorin korkea vääntömomentti mahdollistaa polttomoottorin työkierron optimoinnin ja toimintapisteen siirron paremman hyötysuhteen alueelle.

Jarrutusenergian talteenotolla saadaan vähennettyä polttoaineenkulutusta merkittävästi erityisesti kaupunkiajossa. Sähkömoottorista saatava vääntömomentti parantaa lisäksi ajokokemusta ajettaessa pienillä nopeuksilla vaihtelevalla moottorin kuormituksella. Hybridiautot voidaan luokitella kahdella tavalla:

- voimansiirtolinjan toteutustavan perusteella
- hybridisointiasteen perusteella.

Voimansiirtolinja voidaan toteuttaa niin, että polttomoottori käyttää generaattoria, jonka tuottama sähköenergia puolestaan käyttää sähkömoottoria. Kyseistä toteutustapaa kutsutaan sarjahybridiksi. Sarjahybrideissä ei ole ollenkaan mekaanista yhteyttä vetävien pyörien ja polttomoottorin välillä. Kyseistä tekniikkaa käytetään extended-range -hybridiautoissa, kuten kuvassa (kuva 2) näkyvässä Fisker Karma -autossa, joka on sarjahybridi. Sarjahybridi on parhaimmillaan paljon pysähdyksiä ja liikkeellelähtöjä sisältävässä kaupunkiajossa. Polttomoottori pystytään optimoimaan toimimaan kapealla kierroslukualueella, jolla saadaan vähennettyä polttoaineenkulutusta. Sarjahybridin etuja ovat muun muassa:

- Polttomoottori-generaattorimoduuli voidaan sijoittaa mihin päin ajoneuvoa tahansa, koska suoraa yhteyttä polttomoottorilta pyöriin ei ole.
- Vaihteistoa ja perinteistä voimansiirtolinjaa ei tarvita ollenkaan.
- Sähkömoottorit voidaan sijoittaa suoraan pyörien yhteyteen.

Huonona puolena sarjahybridissä on se, että tasaisessa maantieajossa hyötysuhde on huonompi verrattuna ajoneuvoon, jossa on ainoastaan polttomoottori, koska energian kuljettaminen generaattorin ja sähkömoottorin läpi tuottaa häviöitä enemmän kuin liike-energian vieminen suoraan polttomoottorilta vetäville pyörille. Lisäksi järjestelmän polttomoottori, generaattori ja sähkömoottori on suunniteltava käsittelemään ajoneuvon maksimiteho.

Toinen tapa toteuttaa hybridiajoneuvon voimansiirto on kytkeä sekä sähkömoottori että polttomoottori samaan voimalinjaan. Tällöin ajoneuvon voimanlähteenä pystyy toimimaan polttomoottori, sähkömoottori tai molemmat yhdessä. Kyseistä toteutustapaa kutsutaan rinnakkaishybridiksi. Rinnakkaishybridin hyviä puolia ovat seuraavat:

- Tasaisessa maantieajossa voidaan käyttää suoraan polttomoottoria.
- Sähkömoottori ja polttomoottori pystytään mitoittamaan pienemmiksi kuin sarjahybridissä, jossa molemmat on mitoitettava tuottamaan maksiteho.
- Selvitään ainoastaan yhdellä sähkömoottori-generaattorilla.

Huonona puolena rinnakkaishybridissä on se, että polttomoottorin ja sähkömoottorin ollessa samalla voimalinjalla, ei akkua pystytä lataamaan ajoneuvon ollessa pysähtyneenä. Yhdistämällä sarja- ja rinnakkaishybridien tekniikat saadaan molempien järjestelmien hyödyt otettua käyttöön. Sähköinen ja mekaaninen voimalinja pystytään yhdistämään esimerkiksi planeettavaihteistolla, kuten Toyota on tehnyt hybridiajoneuvoissaan, jolloin ajoneuvo pystyy liikkumaan pelkällä sähkömoottorilla, pelkällä polttomoottorilla tai näiden molempien avulla. Haittapuolena tosin on järjestelmän monimutkaisuus, joka puolestaan lisää valmistuskustannuksia. Tekniikasta käytetään nimeä power split -hybridi tai sarja-rinnakkaishybridi.



Kuva 2. Fisker Karma, joka on extended-range -sarjahybridi (5).

Hybridiajoneuvot voidaan luokitella hybridisointiasteen mukaan seuraavasti

- Mikrohybridi on ajoneuvo, joka on varustettu pysäytys-käynnistys-automaatiikalla, eikä näin ollen ole oikeasti hybridiajoneuvo, sillä ainoastaan polttomoottori liikuttaa ajoneuvoa.
- Kevythybridi on ajoneuvo, jossa sähkömoottori avustaa polttomoottoria kiihdytyksissä, mutta joka ei pysty kuitenkaan liikkumaan pelkän sähkömoottorin voimalla.
- Täyshybridi on ajoneuvo, joka pystyy liikkumaan pelkällä polttomoottorilla, pelkällä sähkömoottorilla tai käyttämällä molempia yhtä aikaa.
- Plug-in-hybridi eli pistokehybridi on ajoneuvo, jonka akusto on ladattavissa sähköverkosta. Akusto on tyypillisesti suurempi kuin tavallisessa hybridiajoneuvossa, jonka akusto on tarkoitettu lähinnä jarrutusenergian talteenottoon. Plug-in-hybrideillä pystytään ajamaan lyhyitä työmatkoja käyttämättä polttomoottoria lainkaan.

- Extended-range -sähköajoneuvo on käytännössä plug-in-hybridi eli pistokehybridi, joka on varustettu suuremmalla akustolla. Kyseiset ajoneuvot käyttävät polttomoottoria ainoastaan poikkeustapauksissa, kuten satojen kilometrien matkoilla.
- Täyssähköauto on ajoneuvo, jonka voimanlähteenä toimii ainoastaan sähkömoottori, ja joka saa energiansa esimerkiksi ladattavasta akustosta eikä ajoneuvossa ole lainkaan polttomoottoria. Kyseessä ei siis ole hybridiajoneuvo. (4, s. 42–44.)

Markkinoilta löytyy tällä hetkellä erilaisiin teknologioihin perustuvia hybridiajoneuvoja, kuten

- bensiinihybridit
- dieselhybridit
- polttokennohybridit.

2.4 Sähköautot

Sähköautoista puhuttaessa tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä täyssähköautoja. Viime vuosina sähköautot ovat tulleet entistä tutuimmiksi katukuvaan ja toivottavasti jäädäkseen. Yksi eniten huomiota herättäneistä sähköautoista on Tesla Motorsin valmistama täyssähköauto Model S (kuva 3), jonka parhaimpien versioiden toimintasäde on jo 502 km ja parhain versio P85D pitää sisällään 85 kWh:n suuruisen korkeajänniteakuston, nelivedon sekä 515 kW:n tehon (6.). Sähköautojen voimanlähteenä on sähkömoottori, joita voi olla yksi tai useampi kappale autossa. Sähköenergia on varastoitu sähköautoissa korkeajänniteakustoihin. Sähköautot ovat monella tavalla perinteisiä polttomoottoriautoja ja hybridiautoja parempia, näistä eduista mainittakoon seuraavat:

- Sähköauton ovat ajonaikana päästöttömiä, sillä niiden tuottamat päästöt riippuvat ainoastaan siitä, kuinka auton käyttämä sähköenergia on tuotettu.
- Sähköautot ovat suurimmaksi osaksi huoltovapaita verrattuna polttomoottorillisiin autoihin, joihin joudutaan vaihtamaan erilaisia kuluvia osia, kuten suodattimia, moottoriöljyt ja sytytys- tai hehkutustulppia.
- Sähköautojen sähkömoottori on huomattavasti polttomoottoreita pitkäikäisempi, sillä siihen ei kohdistu vastaavaa kulutusta, kuten kitkaa, painetta ja suuria lämpötiloja.

- Sähköautot ovat erittäin taloudellisia. Polttomoottorillisten autojen täystankkaus maksaa moninkertaisesti verrattuna sähköautojen lataukseen. Esimerkiksi Tesla Model S:n 85 kWh:n akuston täyslataus, jonka toimintasäde on 500 km ajamalla taloudellisesti, maksaa ainoastaan 4,9 euroa, kuten huomaamme esimerkkilaskusta. Lisäksi sähköautojen ilmainen latausverkosto laajenee Suomessa koko ajan ja suurimmissa kauppakeskuksissa on parkkihallien yhteydessä ilmaiset latauspisteet sähköajoneuvoille. Mainittakoon myös sähköntarjoajien erilaisista kampanjoista, kuten esimerkiksi koko vuoden sähköt koko talouteen riippumatta kulutuksesta ainoastaan 99 eurolla, jolloin sähköauton lataus on periaatteessa ilmaista (7).

Esimerkkilasku täyssähköauton, Tesla Model S 85kWh -version, täyteen latauksesta. Yleissähkön hinta on tarkistettu Vantaan Energian verkkosivuilta 9.4.2015 (8).

$$85 \text{ kWh} * 0,0489 \text{ €/kWh} = 4,16 \text{ €},$$

mutta laskelmiin pitää ottaa lisäksi huomioon erilaiset häviöt akuston latauksessa, jolloin todellinen kustannus on enimmillään

$$100 \text{ kWh} * 0,0489 \text{ €/kWh} = 4,89 \text{ €}.$$



Kuva 3. Tesla Motorsin valmistama täyssähköauto Model S P85D (6).

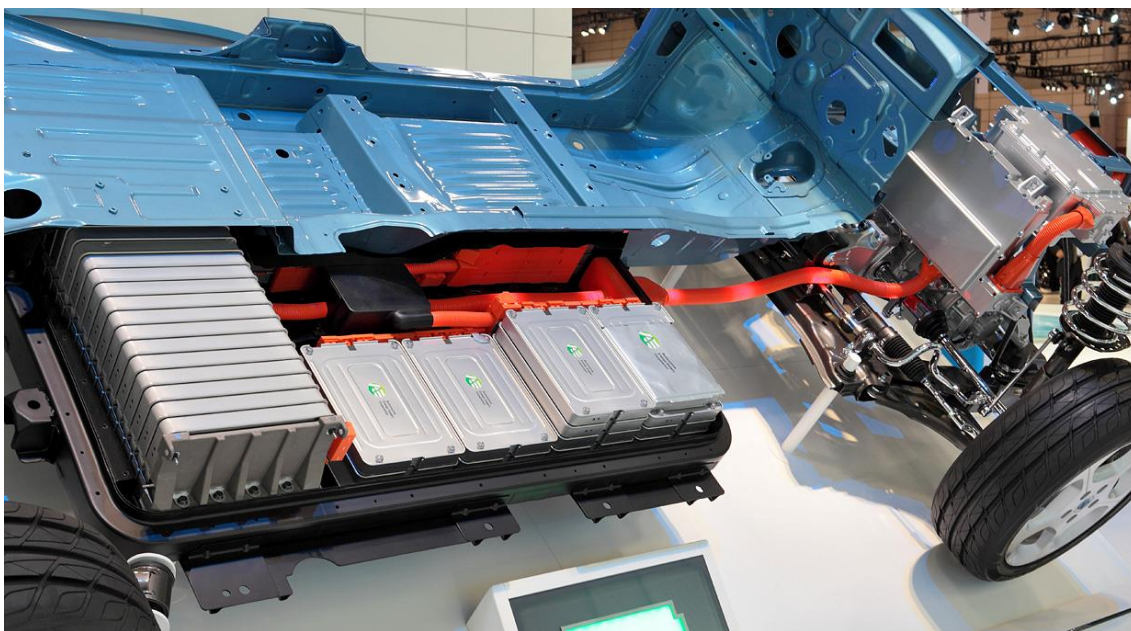
2.5 Sähköajoneuvojen tekniikkaa

2.5.1 Ajoakusto

Sähköajoneuvot varastoivat energiaa ajoakustoon, jonka jännite tyypillisesti on useita satoja voltteja. Perinteiset 12 voltin ja 24 voltin sähköjärjestelmät eivät ole riittäviä, sillä sähkömoottorilta vaaditaan useiden kymmenien kilowattien teho. Tällaisen tehomäärän käsittely muutaman kymmenen voltin jännitteellä vaatisi paksujen johtimien ja moottorikäymysten käyttöä, mikä puolestaan olisi epätaloudellista ja tekisi järjestelmästä suurikokoisen ja raskaan. Tavalliset moottoriajoneuvoissa käytetyt käynnistysakut eivät sovellu sähköajoneuvon ajoakuiksi, sillä niitä ei ole suunniteltu kestäämään täysiä purkaussyklejä. Ajoakustoilta vaaditaan hyvää energiatiheyttä sekä virranantokykyä. Sähköajoneuvoissa käytetään seuraavia akkutekniikkoja:

- NiMH- eli nikkelimetallihydridiakuja käytetään etenkin 1900-luvun lopun ja 2000-luvun alun hybridiajoneuvoissa. Nikkelimetallihydridiakuissa käytetään katodina nikkelihydroksidia ja anodina käytetään vetyä absorboivia metalliseoksia, jotka ovat usean metallin yhdisteitä. Nikkelimetallihydridiakuissa vetyionit liikkuvat anodin ja katodin välillä. Kyseisen akkutyypin etuina on matala hinta, hyvä pakkaskestävyys ja kyky käsitellä suuria lataus- ja purkausvirtoja. Suurimpana heikkoutena akkutyypillä on korkea itsepurkautuminen. Nikkelimetallihydridiakuja käytetään lähinnä hybridiajoneuvoissa, kuten uusimman sukupolven Toyotan Prius-malleissa. (9.)
- Li-ion- eli litiumioniakku, joissa litiumionit liikkuvat anodin ja katodin välillä. Litiumioniakkua ei tule sekoittaa litiumakkuun, joka on täysin omanlaisensa akkutyyppejä. Litiumioniakkujen ominaisuudet riippuvat suuresti niissä käytetyistä anodi- ja katodimateriaaleista. Suurimmassa osassa litiumioniakuja anodina käytetään grafiittia, ja akun ominaisuudet määräytyvät käytetyn katodimateriaalin perusteella. Katodina litiumioniakuissa käytetään erilaisia litiumyhdisteitä, joissa litiumionit eivät muodosta kovalenttista sidosta, jolloin ne pääsevät liikkumaan hyvin anodin ja katodin välillä. Elektrolyytinä on yleensä orgaaniseen liuottimeen liuotettuja litiumsuoloja. Litiumioniakkujen etuina verrattuna perinteisiin akkutekniikoihin on matala itsepurkautuminen, suuri energiatiheys sekä lähes olematon huollontarve. Sähköajoneuvojen litiumioniakuilta vaaditaan erittäin hyvää lämpöstabiiliutta, virranantokykyä sekä korkeaa käyttöikää. Lisäksi akun latauksen tulee olla nopeaa. Haittapuolena litiumioniakuilla on huono ylläpidon kesto.

- (a) Litiumtitanaattiakku, yleisemmin lyhenteellä LTO, on litiumioniakkutyyppi, jossa anodin materiaalina käytetään grafiitin sijasta litiumtitanaattia, jonka ansiosta anodin kokonaispinta-ala on huomattavasti suurempi. Tämä mahdollistaa nopeamman latauksen verrattuna litiumioniakkuihin. Lisäksi akkutyyppin etuihin kuuluu hyvä turvallisuus ja hyvä virranantokyky. Haittapuolina akkutyyppillä on matala energiatiheys ja korkea hinta. Kyseistä akkutyyppiä käytetään esimerkiksi Metropolia Ammattikorkeakoulun Electric Raceabout -sähköautossa.
- (b) Litiumnikkelikobolttialumiinioksidiakku, yleisemmin lyhenteellä NCA, on litiumioniakkutyyppi, jonka etuihin kuuluu hyvä energiatiheys, hyvä virranantokyky ja pitkä käyttöikä. Haittapuolina akkutyyppillä on korkeat valmistuskustannukset ja heikompi turvallisuus. Kyseistä akkutyyppiä käyttää Tesla Motorsin valmistama täyssähköauto Model S.
- (c) Litiummangaanioksidiakku, yleisemmin lyhenteellä LMO, on litiumioniakkutyyppi, jonka etuihin kuuluvat hyvä virranantokyky ja vakaa käytös. Litiummangaanioksidiakun pystyy tarvittaessa lataamaan nopeasti, mutta tämä lyhentää akun käyttöikää merkittävästi. Nissan Leaf käyttää kyseistä akkutyyppiä (kuva 4). (10; 11.)



Kuva 4. Nissan Leafin korkeajänniteakusto (12).

Ajoakustoon on integroitu turvajärjestelmiä, jotka katkaisevat jännitteen ajoneuvon joutuessa kolariin tai veden alle. Järjestelmät suojaavat vaurioilta niin kauan, kun ajoakusto säilyy suurimmaksi osaksi ehjänä. Ladatut ajoakustot ovat aina jännitteellisiä eikä niitä saa sammutettua samalla tavalla kuin esimerkiksi kaasupoltinta.

Ajoakusto on siis käytännössä aina vaarallinen, kunnes se on hävitetty tai kierrätetty ongelmajätelaitoksella. Ehjä korkeajänniteakusto on kuitenkin turvallinen, jos sen navat on suojattu koskettamiselta. Koska ajoakustoa ei pysty tekemään jännitteettömäksi, on ajoakuston korjaaminen aina jännitetyötä. Jännitetyötä saa tehdä vain ja ainoastaan ammattihenkilö, jolla on erikoiskoulutus kyseiseen jännitetyöhön. Ajoakuston valmistajan tai valmistajan edustajan koulutus on paras vaihtoehto ajoakustojen jännitetyö koulutukseksi. Akun kapasiteettia eli kykyä varata energiaa mitataan yleensä ampeeritunteina, esimerkiksi sadan ampeeritunnin akku pystyy antamaan yhden ampeerin virran sadan tunnin ajan. Koska teho on virta kerrottuna jännitteellä ja energiamäärä on teho kerrottuna ajalla, saadaan akun sisältämä energiamäärä kertomalla sen kapasiteetti akun napajännitteellä, esimerkiksi täyssähköauto Tesla Model S:n parhaimmassa versiossa P85D:ssä on 85 kWh:n akusto (kuva 5). (4, s. 44–46.)



Kuva 5. Tesla Motorsin valmistama korkeajänniteakusto Model S -täyssähköautolle (13).

2.5.2 Akunhallintajärjestelmä

Akunhallintajärjestelmä eli BMS tarvitaan korkeajänniteakustoille, joka valvoo erikseen jokaisen kennon varaustilaa. Lisäksi akustonhallintajärjestelmä valvoo kennojen lämpötilaa sekä mahdollistaa kennojen varauksen tasaamisen. Tällä pyritään siihen, että kennot rasittuvat ja kuluvat mahdollisimman tasaisesti. Lämpötilan valvonnalla akustonhallintajärjestelmä tarvittaessa rajoittaa käyttövirtaa sekä suojaa ali- ja ylijännitteeltä ja oikosuluilta. Akustonhallintajärjestelmän toiminnallisiin vaatimuksiin kuuluvat

- jännitevalvonta
- lämpötilavalvonta
- vikatilanneilmoitukset
- korkeajänniteakuston hätäirtikykentä
- erilaiset hätäkatkaisut
- kennojen jännitteen balansointi sekä ladattaessa että purettaessa
- korkeajänniteakuston energiamäärän mittaukset
- vikatilanteiden hallitseminen.

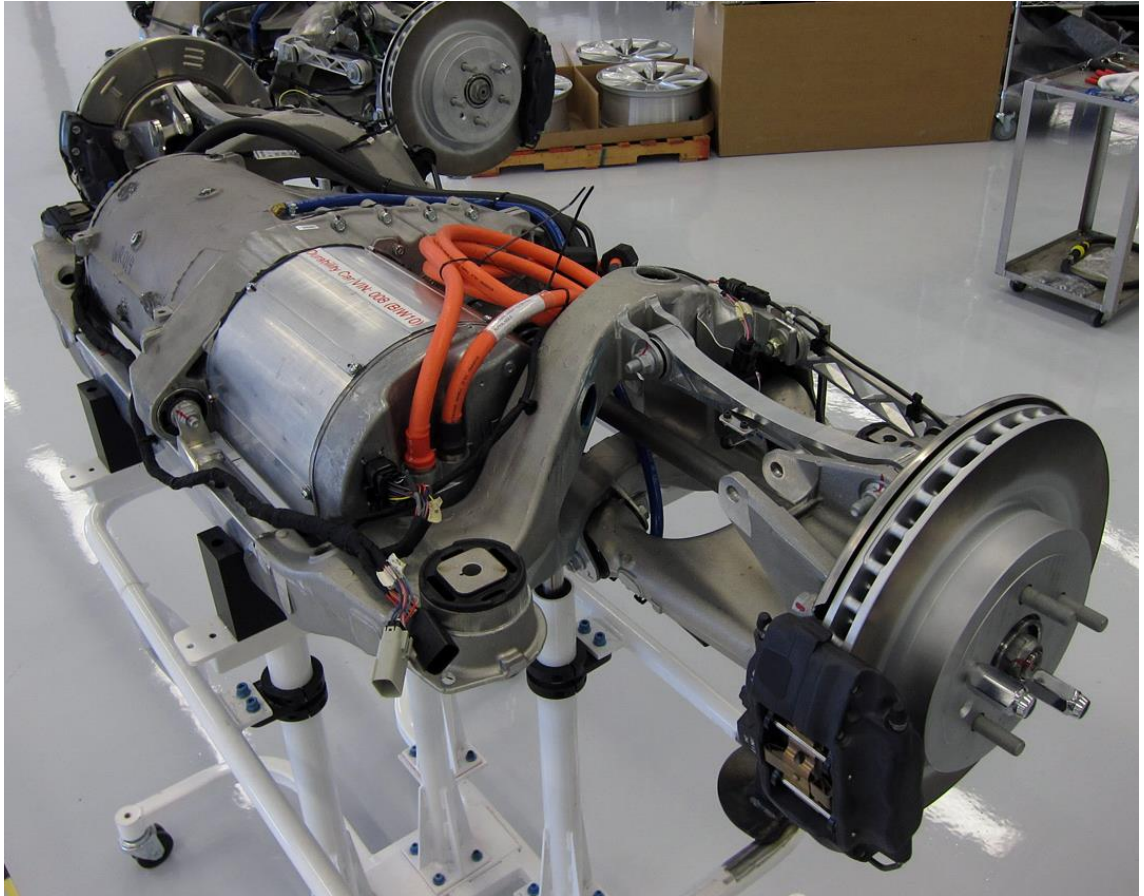
Jännitevalvonta pitää huolen siitä, että mikään kennoista ei ylilataudu eikä purkaudu tyhjäksi. Vikatilanneilmoitukset kertovat mahdollisesta ali- sekä ylijännitteestä ja liiallisesta lämpötilasta. Akuston hätäirtikykennän on toimittava erilaisissa vikatilanteissa turvallisesti. Rajuissa vikatilanteissa, kuten lämpötilan noustessa liian korkeaksi, on hätäkatkaisun katkaistava sekä purku että lataus. Akuston energiamäärän mittauksissa vaihtoehtoina on kennokohtainen varaustilan valvonta tai yleinen lataus- ja purku-energian mittaus. Akustonhallintajärjestelmän toiminnallisiin vaatimuksiin voidaan myös lukea tilastointiresurssit, jotka tilastoivat kennojen varaustilan ja kunnon sekä lataus- ja purkuhistorian. (14; 15.)

2.5.3 Invertteri

Sähköenergian varastointi vaihtosähkönä on käytännönsovelluksissa mahdotonta. Akuista saatava jännite on aina tasajännitettä, joten sähköajoneuvoissa on aina invertteri, joka muuttaa akulta saatavan tasasähkön sähkömoottorille syötettäväksi vaihtosähköksi. Invertterille on monia nimiä, ajoneuvokäytössä saatetaan invertteristä puhua moottoriohjauslaitteena tai moottorinohjainlaitteena tai -yksikkönä. Käytännössä sama laite huolehtii kaikesta sähköenergian hallitsemisesta, kuten jarrutusenergian keräämisestä. Invertterin perusajatus on yksinkertainen, tietokoneen ohjatessa elektronisia kytkimiä, jotka kytkevät akkujännitteen oikeisiin moottorikäämeihin. Tavallisimpia kytkimiä ovat IGBT-transistorit. Invertteri käsittelee suuria tehoja, joten kaikki invertterin johtimet on liitettävä erityisen huolellisesti, sillä huono liitos saattaa aiheuttaa tulipalovaaran lämmetessään. (4, s. 47.)

2.5.4 Sähkökoneet

Sähkökoneilla tarkoitetaan generaattoreita ja sähkömoottoreita. Sähkökoneet muuttavat energiaa muodosta toiseen. Sähkömoottorit muuttavat niihin syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi liike-energiaksi, kun taas generaattorit muuttavat niille annetun mekaanisen liike-energian sähköenergiaksi. Useimmat sähkökoneet voivat toimia sekä sähkömoottoreina että generaattoreina. Sähkökoneita löytyy hybridiajoneuvoista 1–2 kappaletta riippuen toteutustavasta, esimerkiksi sarjahybrideissä on aina generaattori ja sähkömoottori. Täyssähköautoissa ja rinnakkaishybrideissä sähkömoottoreita voi olla yksi tai useampi, esimerkiksi yksi jokaisen pyörän yhteydessä. Pyörivät sähkökoneet voidaan jakaa sähköisen toimintaperiaatteensa mukaan tasasähkökoneisiin ja vaihtosähkökoneisiin. Vaihtosähkökoneet voidaan edelleen jakaa tahti- ja epätahtikoneisiin. Oikosulkumoottori on hyvin yleinen moottorirakenne ja se kuuluu epätahtikoneisiin. Lisäksi on olemassa useita erilaisia erikoissähkökoneita, kuten askelmoottoreita ja reluktanssimoottoreita. Esimerkiksi Nissan Leaf käyttää vierasmagnetoituja tahtimoottoreita. Oikosulkumoottoreita käyttää esimerkiksi Tesla Motors mallissaan Model S (kuva 6). (4, s. 48; 16; 17.)



Kuva 6. Tesla Motorsin valmistama oikosulkumoottori Model S -täyssähköautolle (13).

2.5.5 Turvajärjestelmät

Ajoneuvot erityisen haastavia turvallisuuden osalta, mutta varsinkin sähköturvallisuuden osalta ne ovat vieläkin haastavampia, koska sähköajoneuvon on oltava sähköturvallinen myös mahdollisissa kolaritilanteissa. Lisäksi sähköajoneuvojen sähköturvallisuus vaikuttaa olennaisesti automekaanikkojen turvallisuuteen. Sähköajoneuvojen pakollisia turvajärjestelmiä ovat esimerkiksi seuraavat:

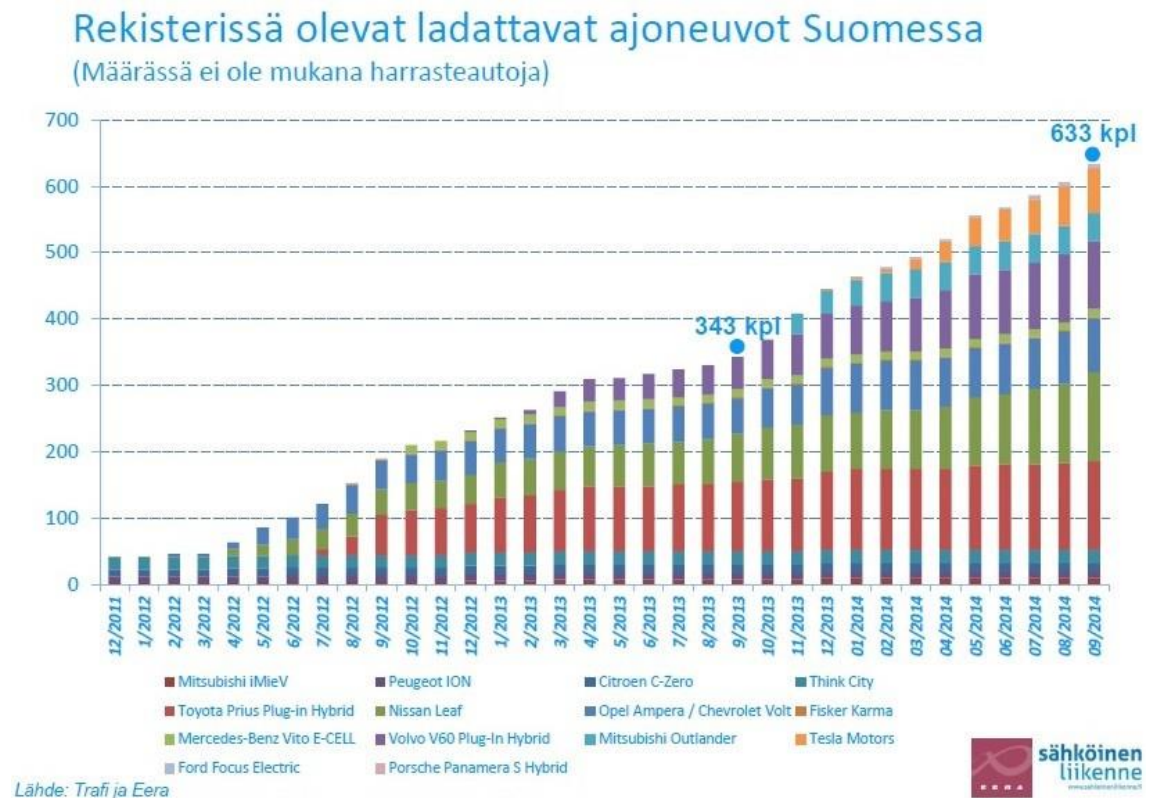
- Huoltokatkaisin eli huoltoerotin, jolla korkeajänniteakusto voidaan erottaa muusta ajoneuvosta.
- Sisäinen erotusresistanssin seurantajärjestelmä.

Korkeajänniteakkumoduulin sisällä on usean, tyypillisesti kolmen, suurivirtaisen releen eli kontaktorin rinnakkaispiiri, jonka päätarkoitus on erottaa korkeajänniteakusto muusta ajoneuvosta, kun ajoneuvo on off-tilassa, ajoneuvoon tulee toimintahäiriö tai ajoneuvo joutuu onnettomuuteen. Nämä kontaktorit saavat ohjausvirran ajoneuvon 12 voltin järjestelmästä. Jos ohjausvirta katkaistaan, korkeajänniteakusto erottuu välittömästi muusta ajoneuvosta sähköisesti. Releiden päällekytkennässä erityinen viivepiiri huolehtii siitä, että releet kytketään päälle vaiheittain. Ensimmäisenä kytkeytyy päälle rele, joka on varustettu sarjavastuksella, joka rajoittaa kytkentävirtaa ja näin ollen suojaa releen kärkiä. Heti tämän jälkeen kytketään kaksi seuraavaa relettä. Ratkaisun tarpeellisuus johtuu suuresta kytkentävirrasta, joka puolestaan johtuu invertterin suurista kondensattoreista.

Sähköajoneuvot on varustettu interlock-suojajärjestelmällä, joka katkaisee korkeajänniteakuston kontaktorien ohjausvirran, mikäli korkeajänniteosien suojauksia poistetaan. Tarkoituksena on estää asiattoman korjausyrityksen aiheuttamat sähkötapaturmat. Lisäksi joissakin sähköajoneuvoissa korkeajännitekaapelit on ympäröity tunnistinjohtimilla, joiden katkaiseminen saa aikaan korkeajänniteakuston erotuksen. Tällöin korkeajännitekaapelin jännite katkeaa, jos kaapelia leikataan. (4, s. 48–53.)

2.6 Sähköajoneuvot Suomessa

Sähköajoneuvojen määrä on jatkanut tasaista kasvuaan Suomessa, kuten nähdään seuraavasta kuvasta (kuva 7) (18).



Kuva 7. Rekisterissä olevat ladattavat ajoneuvot Suomessa 9/2014, jossa ei ole mukana harrasteautoja (18).

3 Sähkötöiden vaarat

3.1 Sähkön vaikutukset ihmiseen

Sähkövirta pystyy vaikuttamaan ihmiskehoon monilla eri tavoilla, useimmiten haitallisilla. Ihmisen hermoston toiminta perustuu hermosolujen muodostamaan sähkökemialliseen verkostoon, jossa viestit kulkevat tuoja- ja viejähaarakkeissa sähköimpulsseina. Ihmiskehon ulkopuolelta saatu vieras sähkövirta häiritsee ihmiskehon omia sähköimpulsseja merkittävästi ja aiheuttaa kehon normaalien toimintojen häiriintymisen.

Ihmiskehon saadessa sähköiskun, ihminen tulee osaksi virtapiiriä impedanssin muodossa. Joutuessaan osaksi virtapiiriä, kehon läpi kulkeva sähkövirta aiheuttaa lievimillään tuntorajan ylittymisen. Taulukossa 1 on yhteenveto vaihtosähkön, jonka taajuus on 60 hertsiä, vaikutuksista ihmiskehoon vaarallisuuden osalta. Kaikki yli 30 milliampeerin virta on tappavaa. Pääasiallinen kuolinsyy sähkötapaturmissa on kammiovärinä. Sähköiskun vaikutuksen voimakkuuden määääviä tekijöitä ovat virran voimakkuus, kesto aika ja taajuus. Sähköisku on aina hengenvaarallinen, jos sen pituus ylittää sydänjakson pituuden, joka on keskimäärin 0,8 sekuntia. Yli 30 milliampeerin virralla kammiovärinän todennäköisyys kasvaa nopeasti ajan funktiona. Virran vaikutusajalla on siis kriittinen merkitys. Ruumiin läpi kulkevan virran voimakkuus määrätty jännitteestä sekä ihon ja kehon yhteisestä impedanssista. Impedanssi koostuu resistiivisistä ja kapasitiivisista komponenteista. Impedanssin arvo riippuu vaikuttavasta jännitteestä, taajuudesta, kosketuspinta-alasta, kosketuspaineesta, lämpötilasta, ihon kosteudesta ja henkilön iästä. Kehon sisäisen impedanssin voidaan katsoa olevan suurimmaksi osaksi resistiivinen. Ihon impedanssi pienenee jännitettä suurennettaessa, kunnes satoja voltteja suuremmilla jännitteillä ihon impedanssilla ei ole enää merkitystä. Toisin sanoen, kun jännite kaksinkertaistuu, niin ihmisen läpi kulkeva virta enemmän kuin kaksinkertainen, koska virran ja kosketusjännitteen riippuvuus ei ole lineaarinen. Näin ollen aina käsiteltäessä korkeajännitteisiä komponentteja, tulee käyttää niihin tarkoitettuja korkeajännitesuojia ja eristettyjä jännitetyökaluja turvallisuuden takaamiseksi. (4, s. 57–60; 19; 20; 21.)

Taulukko 1. Vaihtosähkön fysiologiset vaikutukset ihmiskehoon. Arvot ovat suuntaa antavia ja vaihtelevat yksilöstä ja virran kulkutiestä riippuen. Sydänjakson keskimääräinen pituus on 0,8 sekuntia. (21.)

Virran tehollisarvo (mA)	Kesto aika	Fysiologiset vaikutukset
0–1	Merkityksetön	Tuntorajan ylittyminen, henkilö huomaa saaneensa sähköiskun.
1–15	Merkityksetön	Kouristusrajan ylittyminen, henkilön on erittäin vaikeaa tai mahdotonta irrottaa otetaan jännitteisestä kohteesta. Voimakkaita kipuja lihaksissa, käsivarsissa ja sormissa.
15–30	Minuutteja	Voimakkaita kouristuksia sekä supistuksia käsivarsilihaksissa. Hengitysvaikeuksia. Kohonnut verenpaine. Sietoraja.
30–50	Sekunneista minuutteihin	Epäsäännöllinen sydäntoiminta. Voimakkaita kouristuksia. Tajuttomuus. Sydämen kammiovärinä mahdollista.
50–200	Lyhyempi kuin sydänjakso	Ei kammiovärinää. Voimakas shokkivaikutus.
50–200	Pidempi kuin sydänjakso	Sydämen kammiovärinää. Jännitteen kytkeytymisajan kohta sydäntoiminnan vaiheeseen ratkaiseva. Tajuttomuus ja iholla virran aiheuttamia palovammoja.
suurempi kuin 200	Lyhyempi kuin sydänjakso	Sydämen kammiovärinää. Jännitteen kytkeytymisajan kohta sydäntoiminnan vaiheeseen ratkaiseva. Tajuttomuus ja iholla virran aiheuttamia palovammoja.
suurempi kuin 200	Pidempi kuin sydänjakso	Reversiibeli sydämenpysähdys. Alue, jossa kammiovärinän poistaminen sähkövirran avulla tapahtuu. Tajuttomuus ja iholla virran aiheuttamia palovammoja.

Kun ihon impedanssia ei oteta huomioon, kehon eri osista rakentuvat kokonaisimpedanssit ovat keskimäärin seuraavat

- välillä käsi-käsi tai käsi-jalka, kokonaisimpedanssi on noin 1300 ohmia
- välillä käsi-jalat, kokonaisimpedanssi on noin 975 ohmia
- välillä kädet-jalat, kokonaisimpedanssi on noin 650 ohmia (21).

Esimerkkinä voidaan laskea kuvitteellinen sähkötapaturma huolimattomalle autonasentajalle, jossa autonasentaja saa sähköiskun Tesla Model S:n korkeajänniteakustosta, jonka kulkureitti olkoon kädestä käteen. Kokonaisimpedanssi välillä käsi-käsi on noin 1300 ohmia sekä kyseinen korkeajänniteakusto on jännitteeltään 400 voltia (2.), tällöin laskemalla saadaan selville virran määrä sähköiskussa seuraavasti:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{400 \text{ V}}{1300 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = 0,308 \text{ A}$$

I on virran määrä

U on korkeajänniteakuston jännite

Z on kokonaisimpedanssi välillä käsi-käsi

Virran määrä on siis noin 0,308 ampeeria eli noin 308 milliampeeria ja kulkee kehossa sydämen kautta ja on erittäin hengenvaarallinen. Lisäksi kyseisessä sähkötapaturmassa on erittäin suuri valokaaren vaara, joka pahentaisi sähkötapaturmaa entisestään. Voidaan siis todeta, että kyseisessä sähkötapaturmassa autonasentaja menehtyisi erittäin suurella todennäköisyydellä.

3.2 Sähkövirran aiheuttamat vammat

Sähkövirrasta aiheutuneisiin sähköiskuihin kuolee Suomessa vuosittain muutama henkilö. Suurin osa sähkötapaturmista johtuu viallisista sähkölaitteista tai sähkölaitteiden varomattomasta käsittelystä. Riittävän voimakas sähkövirta aiheuttaa vammoja sekä kehon läpi kulkevan virran lämmittäessä kudoksia että vaikuttamalla kehon sähköisiin toimintoihin, erityisesti sydämessä ja aivoissa. Tästä aiheutuu kipua, lihaskouristuksia, syviä palovammoja ja sydämen kammiovärinä tai sydämenpysähdys. Sähkövirran aiheuttamat lihaskouristukset saattavat lisäksi aiheuttaa kaatumisen ja vaikean vammautumisen tämän vuoksi. Sähköiskuihin liittyvät valokaaret saattavat aiheuttaa palovammoja. Tasavirta saattaa lisäksi aiheuttaa kemiallisia reaktioita ihmiskehon sisällä. (4, s. 57–60; 19; 20; 21.)

3.3 Ensiapuohjeet sähkötapaturmissa

Sähkötapaturman sattuessa on sähköiskun saanut henkilö irrotettava sähkölaitteesta mahdollisimman nopeasti, mutta ensin on katkaistava virta, jotta auttajan turvallisuus on taattu. Jos virtaa ei saada katkaistua, tulee uhri irrottaa sähkölaitteesta sähköä johtamattomalla esineellä, kuten kuivalla puukepillä tai kumisaappaalla. Uhrin irrottamisen jälkeen on hälytettävä apua hätänumerosta 112 sekä tarkistettava uhrin elintoiminnot hengityksen ja sydämenlyönnin osalta. Elvytys on aloitettava välittömästi, jos uhri ei hengitä. Seuraavat ensiapuohjeet löytyvät Tukesin sivuilta, jotka on esitetty ST-kortissa 13.05 seuraavasti:

1. Tee nopea tilannearvio.
2. Katkaise virta ja irrota loukkaantunut vaarantamatta itseäsi.
 - Katkaise virta kytkimellä, irrottamalla pistotulppa tai vastaavalla tavalla.
 - Ellei virtaa saada nopeasti katkaistua, irrota loukkaantunut eristävällä välineellä, esim. kuivalla laudanpätkällä, narulla tai vaatteella.
 - Älä koskaan käytä irrottamiseen kosteaa tai metallista esinettä.
 - Suurjännitetapaturmissa, et voi aloittaa varsinaisia pelastustoimia ennen kuin sähköalan ammattihenkilö on katkaissut virran.

3. Tarkista autettavan tila

- Kun henkilö menettää äkillisesti tajuntansa tai näyttää elottomalta, selvitä heti, onko hän herätettävissä puhuttelemalla tai ravistelemalla

4. Hälytä apua...112

- Jos hän ei herää eikä reagoi käsittelyyn, huuda apua ja pyydä joku paikalla olevista tekemään hätäilmoitus numeroon 112. Jos olet yksin, tee hätäilmoitus itse. Noudata hätäkeskuksen ohjeita.

5. Anna ensiapua

- Avaa hengitystiet ja tarkista hengitys: Kohota toisen käden kahdella sormella leuan kärkeä ylöspäin ja taivuta päätä taaksepäin toisella kädellä otsaa painaen. Katso liikkeuko rintakehä, kuuluuko normaali hengityksen ääni tai tuntuuko poskellasi ilman virtaus.
- Jos henkilö hengittää normaalisti, käännä hänet kylkiasentoon hengityksen turvaamiseksi. Valvo hengitystä ammattiavun tulon saakka.
- Jos hengitys ei ole normaalia, aloita paineluelvytys. Aseta toisen käden kämmenen tyvi keskelle rintalastaa ja toinen käsi sen päälle. Painele 30 kertaa käsivarret suorina rintalastaa mäntämaisellä liikkeellä painelutaajuudella 100 kertaa minuutissa. Anna rintakehän painua noin 4–5 cm.
- Jatka puhalluselvytyksellä. Avaa hengitystiet uudestaan. Kohota toisen käden kahdella sormella leuan kärkeä ylöspäin ja taivuta päätä taaksepäin toisella kädellä otsaa painaen. Sulje sieraimet peukalolla ja etusormella. Paina huulet tiiviisti henkilön suulle ja puhalla 2 kertaa ilmaa keuhkoihin, seuraa samalla rintakehän liikkumista.
- Jatka painelu-puhalluselvytystä vuorottelemalla rytmiä 30 painelua, 2 puhallusta, kunnes vastuu siirtyy ammattihenkilölle, hengitys palautuu tai et enää jaksaa elvyttää.

ELVYTYKSEN TOIMENPITEET ONNISTUVAT, JOS NIITÄ ON HARJOITeltu ASIANTUNTEVASSA OPASTUKSESSA.

Shokin ensiapu

Shokkivaikutus ilmenee sähkötapaturmassa, jossa virran voimakkuus ylittää 50 mA, mutta kesto aika on lyhyempi kuin sydänjakso. Shokin oireet kehittyvät nopeasti:

- huimaus
- jano
- nopea ja pienenä tuntuva syke
- kalpea ja kylmänhikinen iho.

Ilman ensiapua shokki kehittyy vaikeammaksi ja saattaa johtaa jopa tajuttomuuteen. Shokin elimistölle tuomat haitalliset vaikutukset estetään oikealla ensiavulla:

- aseta autettava makuulle
- nosta jalat koholle
- shokkipotilas palelee - pidä hänet lämpimänä huovalla, takilla tai lämpöpeitteellä
- esiinny rauhallisesti
- huolehdi avun hälyttämisestä
- älä jätä shokissa olevaa yksin, ellei se ole välttämätöntä esimerkiksi avun hankkimiseksi.

Sähkötapaturmien palovammat

Sähkötapaturmassa onnettomuuden uhri saa usein myös palovammoja. Iholla näkyvän pinnallisen palovamman lisäksi sähkö aiheuttaa elimistöön myös sisäisiä palovammoja, jotka voivat olla vaikeita, eivätkä ne ole silmin havaittavissa.

Tavallisen, pinnallisen palovamman ensiapuna on jäähdyttäminen, mutta sähkötapaturmassa palovamma jää toiselle sijalle uhrin elintoimintojen turvaamisen jälkeen. Jos kyseessä on elvytys, palovammalle ei ensiavussa tehdä mitään.

Silmien joutuessa alttiiksi voimakkaalle valokaarelle voi seurauksena olla äkillinen häikäisy. Kosteaa kylmää kääre lievittää kipua. Tarvittaessa on hakeuduttava jatkohoitoon.

Ensiavussa tarvitaan hätäkeskuksen, ensiapua antavan auttajajan ja ammattiauttajan yhteistyötä. PIDÄ YLLÄ OPPIMASI ELVYTYSTAITO! (22.)

4 Sähköpätevyysvaatimukset korjaamoille Suomessa

4.1 Taustaa

Suomessa saatiin autoalalle oma sähköturvallisuustutkinto vuonna 2012, ennen tätä ei ollut tarkkoja määritelmiä mitä korjaamoilta vaadittiin liittyen sähköajoneuvojen korjauksiin. Sähköturvallisuuslaki edellyttää sähkölaitteiden, joissa esiintyy yli 120 voltin tasajännitteitä tai yli 50 voltin vaihtojännitteitä, korjaus- ja huoltotoimintaa harjoittavien yritysten sähköurakointi-ilmoituksen tekemisen Tukesille, jolloin yritys rekisteröityy Tukesin sähköurakoitsijarekisteriin. Ajoneuvojen osalta ei ole tehty poikkeussäädöksiä, jolloin vaatimus koskee myös ajoneuvojen korjausta. Kyseinen ilmoitus tehdään vain kerran, ja se on voimassa toistaiseksi alkamispäivämäärästään. Sähköurakointi-ilmoitusta tehtäessä on nimettävä sähkötöiden johtaja. Sähkötöiden johtajalla on oltava autoalan rajoitettu sähköpätevyys 3 eli sähköautopätevyys 3 -sähköpätevyystodistus tai jokin rajoittamattomista sähköpätevyyksistä 1, 2 tai 3. Kyseisen pätevyystodistuksen myöntää Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy henkilölle, joka on autosähköalan ammattihenkilö sekä suorittanut kyseisen sähköautopätevyys 3 -sähköturvallisuustutkinnon.

Autosähköalan ammattihenkilönä tarkoitetaan henkilöä, joka saa tehdä itsenäisesti sähkötöitä sähköajoneuvon kanssa. Kyseistä ammattihenkilön statusta ei haeta mistään, se täyttyy, kun henkilöllä on autoalan tutkinto ja vuosi kokemusta autosähkötöistä tai vaihtoehtoisesti kaksi vuotta kokemusta autosähkötöistä. Normaalisti Seti Oy edellyttää että, vaadittava sähkötyökokemus on saatu Tukesin urakoitsijarekisteriin merkityn toiminnanharjoittajan palveluksessa, mutta koska ennen vuotta 2012 autoalan yrityksillä ei ole ollut vaatimusta rekisteröityä Tukesin sähköurakoitsijarekisteriin tehdessään töitä sähköajoneuvojen parissa, hyväksytään kyseiseksi työkokemukseksi myös tavallisten polttomoottorillisten autojen 12 voltin tai 24 voltin sähköjärjestelmien korjaus- ja huoltotyöt. Tällä kyseisellä linjauksella Seti Oy on päättänyt jatkaa, kunnes sähkö- ja hybridiajoneuvot yleistyvät siinä määrin, että on kohtuullista edellyttää sähköalan töistä annetun Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 516/1996 18 pykälässä esitetty työkokemus sähköautojen korjaustöistä Tukesin rekisteröimän korjaamon palveluksessa. (23; 24.)

Sähköturvallisuuslainsäädännön uudistustyö käynnistyi syksyllä 2014 Työ- ja elinkeinoministeriössä, johtuen keväällä 2014 annetuista uusista EU-direktiiveistä, jotka vaativat sähköalan lainsäädännön uudistamisen vuodeksi 2016. Tällä hetkellä voimassa oleva sähköturvallisuuslainsäädäntö on vuodelta 1996, muutamia pieniä päivityksiä lukuun ottamatta, mutta uudistuksen yhteydessä päivitetään myös sähköturvallisuuslainsäädännön sisältö nykyaikaiseksi. Olennaisin muutos sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotöiden nykykäytäntöön verrattuna on se, että ammatillisen perustutkinnon lisäksi vaaditaan nykyisen vuoden sijasta kahden vuoden työkokemus autosähköalan töistä.

4.2 Sähköautopätevyys 3

Autoalan sähköpätevyytenä on rajoitettu sähköpätevyys 3, toiselta nimeltään sähköautopätevyys 3, joka on rajoitettu sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaus- ja huoltotoiminnalle. Rajoitettu sähköpätevyys 3 perustuu KTMp 516 pykälään 18:

Arviointilaitos voi hakemuksesta myöntää hakijan koulutusta vastaavalle sähköalan tehtäväalueelle rajoitetun 14 §:ssä tarkoitettua pätevyyttä osoittavan todistuksen sille, joka on suorittanut tehtäväalueen ammatillisen perustutkinnon, ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aikaisemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vähintään yhden vuoden pituisen työkokemuksen tehtäväalueen sähkötöistä, tai jolla on kahden vuoden työkokemus kyseisestä sähkötyöstä ja riittävät alan perustiedot. (25.)

Kyseisen pätevyyden myöntää Seti Oy henkilölle, joka täyttää seuraavat kriteerit:

1. henkilö on suorittanut koulutuksen, jossa käsitellään autoalan sähköturvallisuustutkinnossa vaadittava asiasisältö ja
2. henkilö on suorittanut hyväksytysti autoalan rajoitetun S3-sähköturvallisuustutkinnon ja
3. henkilöllä on riittävä ammattitaito sähkö- ja hybridiautojen korjaus- ja huoltotöihin.

Kohdassa 1 mainitun koulutuksen tulee olla AKL-Sertifiointi Oy:n eli Autoalan keskusliiton hyväksymän koulutuksen järjestäjän toteuttama. Koulutuksen järjestäjät, esimerkiksi maahantuoja ja oppilaitokset, hakevat erillisellä hakemuksella AKL-Sertifiointi Oy:ltä oikeutta tutkinnon järjestämiseen. Kyseisen koulutuksen suositellaan sisältävän seuraavat aiheet ja osa-alueet:

- sähkötyöturvallisuuden keskeiset säädökset
- sähkötekniikan perusteet
- sähkön vaarat ja tapaturmat
- suojausmenetelmät
- sähköturvallisuuden organisointi
- työskentelykäytännöt
- käyttötoimenpiteet ja toiminnan tarkastukset
- sallitut sähköasennukset
- sähkö- ja hybridiajoneuvojen rakenne
- sähkö- ja hybridiajoneuvojen kolariturvallisuus
- työskentelyturvallisuus.

Kohdassa 3 mainittu ammattitaito muodostuu joko soveltuvasta autosähköalan koulutuksesta ja vuoden pituisesta työkokemuksesta tai kahden vuoden pituisesta työkokemuksesta autosähkötöistä.

Soveltuvaksi autosähköalan koulutukseksi hyväksytään seuraavat koulutukset ja tutkinnot

- autoalan perustutkinto, suuntautumisvaihtoehdon ollessa autosähkö
- henkilöautomekaanikon ammattitutkinto, suuntautumisvaihtoehdon ollessa autosähkö
- raskaskalustomekaanikon ammattitutkinto, suuntautumisvaihtoehdon ollessa autosähkö
- autosähkömekaanikon ammattitutkinto
- automekaanikon erikoisammattitutkinto
- opisto- tai korkeakouluasteen tutkinto autoalalta. (23; 24.)

4.3 SFS 6002 -standardi

Kaikilla sähkö- ja hybridiajoneuvoja huoltavilla ja korjaavilla henkilöillä tulee olla SFS 6002 -standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus. Standardi perustuu eurooppalaisen sähköalan standardisointijärjestön CENELEC:n standardiin EN 50110-1, jonka ensimmäinen painos ilmestyi vuonna 1996. SFS 6002 sisältää sellaisenaan EN 50110-1:n tekstin suomenkielisen käännöksen ja lisäksi Suomen kansalliset lisävaatimukset on kirjoitettu näkyviin. SFS 6002 -standardin kolmannessa painoksessa vuodelta 2015 on lisätty autoalalle oma liitteensä. Kyseinen liite, liite U, on jaettu kolmeen kohtaan, joista ensimmäinen käsittelee yleisesti sähköajoneuvoja koskevia vaatimuksia seuraavasti:

Tässä liitteessä tarkoitetaan sähköajoneuvolla sähkö- tai hybridiajoneuvoa tai työkonetta, jossa on akusta tai vastaavasta energialähteestä syötettävä sähköinen ajovoimajärjestelmä, jonka nimellisjännite on yli 120 V tasajännitettä tai 50 V vaihtojännitettä. Sähköajoneuvoissa käytetään yleisesti termiä matalajännite (en low voltage) tarkoittamaan alle 60 V tasajännitettä ja 30 V vaihtojännitettä eli tavallisesti ajoneuvojen 12 V ja 24 V akkujännitteitä. Ajovoimajärjestelmissä käytettäviä suurempia jännitteitä kutsutaan ajoneuvotekniikassa korkeajännitteiksi (en high voltage). Raja on määritelty Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) säännössä nro 100 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train (versio 2, elokuu 2013) kohdassa 2.17. Tämä liite sisältää sähköajoneuvo- korjaamoja koskevia erityispiirteitä. Sähköajoneuvokorjaamot poikkeavat tavallisista sähkölaitekorjaamoista mm. siten, että ajoneuvokorjaamolla korjattavista autoista vain pieni osa on sähköajoneuvoja ja samoissa korjaamotiloissa työskentelee mekaniikkoja, joilla ei ole sähköalan koulutusta tai kokemusta. Jokaiseen työkohteeseen on nimettävä henkilö valvomaan työnaikaista sähköturvallisuutta. Työkohteena voidaan pitää yhtä korjaamohallia. Jokaisessa toimipisteessä suositellaan olevan oma sähkötöiden johtaja.

Liitteen toisessa osassa käsitellään kilvet ja ohjeet seuraavasti:

Mikäli sähköajoneuvossa tehdään sähkötyötä, on ajoneuvo merkittävä selkeästi esimerkiksi lippusiimalla ja vaarallisesta jännitteestä kertovalla varoituskilvellä, joka sijoitetaan näkyvään paikkaan esimerkiksi ajoneuvon katolle. Korjaamotila ja työntekijöiden sosiaalitila on varustettava ensiapuhjetaululla. Korjaamotilan kaikki henkilökulkutiet on varustettava vaarallisesta jännitteestä varoittavilla kilvillä sekä pääsy asiattomilta kielletty -maininnalla. Sähkö- tai hybridiajoneuvoja huollettaessa ja korjattaessa on työntekijällä aina oltava käytettävissä ajoneuvomallikohtaiset huolto/korjausohjeet, jotka sisältävät ohjeet ajoneuvon jännitteettömäksi tekemiseksi.

Kolmannessa ja viimeisessä liitteen osassa käsitellään tarvittava henkilöstön koulutus seuraavasti:

Hybridi- ja sähköajoneuvoja korjattaessa tämän standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus soveltuvin osin ja tarvittava ajoneuvomallia koskeva koulutus, on annettava kaikille ajoneuvon huolto- ja korjaustoimenpiteitä tekeville. Ne korjaamohallissa työskentelevät, jotka eivät osallistu sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöihin, eivät tarvitse varsinaista sähkötyöturvallisuuskoulutusta. Heille riittää perehdytys sähkön vaaroihin ja toimintaan onnettomuustilanteessa.

Verrattuna standardin aikaisempiin painoksiin, huomataan että, kolmannessa painoksessa on

- virallistettu termit korkeajännite ja matalajännite
- täsmennetty, että työkohteella tarkoitetaan nimenomaan korjaamohallia, ja että työkohteessa on oltava työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja
- suositeltu, että jokaisessa toimipisteessä on nimitetty sähkötöiden johtaja.

Huomioitavaa standardissa on se, että se ei ole laki eikä asetus vaan ohje. Standardista saa poiketa, kunhan menettelystä on laadittu kirjallinen asiakirja, jonka sähkötöiden johtaja on allekirjoittanut. Tietyissä tapauksissa ohjeesta voidaan luultavasti myös poiketa, kuten esimerkiksi sähköajoneuvon renkaanvaihdossa, jossa ei olisi perusteltua vaatia SFS 6002 -koulutusta renkaanvaihtajalta. (26; 27; 28; 29.)

4.4 Ensiapukoulutus

SFS 6002 -standardissa edellytetään, että töissä, jotka suoritetaan sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä, tulee olla riittävä määrä ensiapukoulutettuja henkilöitä. Näiden henkilöiden tulee osata antaa ensiapua sähköiskuissa ja palovammojen hoidossa. Lisäksi suositellaan, että työpaikoilla on olosuhteisiin nähden sopivasti ensiapuohjeita ja -tauluja sekä työntekijöille annetaan opasvihkosia tai turvallisuusohjeita. Ensiapuvalmiutta koskeva yleissäädos löytyy työturvallisuuslaista. Tämän lisäksi on erityisesti huolehdittava ensiapuvalmiudesta sähkön aiheuttamien tapaturmien varalta. Tästä johtuen kaikille sähkötöihin osallistuville sähköalan ammattihenkilöille työnjohdon ja käytönjohdon henkilöt mukaan luettuna sekä näissä töissä avustamaan opastetuille henkilöille on tarpeen antaa ensiapukoulutus, joka voidaan järjestää esimerkiksi seuraavasti:

- Suomen Punaisen Ristin järjestämä nelituntinen hätäensiapukurssi, joka sovelletaan erityisesti sähkötapaturmien ensiapuun.
- Suomen Punaisen Ristin järjestämä laajempi ensiapukurssi, kuten esimerkiksi ensiavun peruskurssi EA1.
- Muu ensiapukoulutus, joka käsittää vähintään palovammoihin sekä ruhje- ja viiltohaavoihin annettavan ensiavun sekä puhallus- ja painantaelvytyksen opettamisen ja niiden käytännön harjoittamisen.

Kyseisiä ensiapuvalmiuksia on tarpeen pitää yllä jatkuvasti, minkä vuoksi elvytystoimenpiteitä on syytä harjoitella vähintään kolmen vuoden välein. Lisäksi ensiapuohjeita antavia tauluja tulee sijoittaa vähintään sähkölaitekorjaamoihin ja sähkölaboratorioihin, joskin näitä suositellaan sijoitettavaksi myös kojeistotiloihin ja sähköalan henkilökunnan oleskelutiloihin. Sähkötapaturmien ensiapuohjeet on esitetty ST-kortissa ST 13.05, kyseisiä kortteja sekä ensiaputauluja myy Suomessa Sähköinfo Oy. (22.)

4.5 Autosähköalan henkilöiden määritelmät

SFS 6002 -standardin mukaan sähkötöitä tekevät henkilöt jaetaan kolmeen eri ryhmään seuraavasti:

- **ammattihenkilö**, henkilö, jolla on soveltuva koulutus ja kokemus, joiden perusteella hän kykenee arvioimaan riskit ja välttämään sähkön mahdollisesti aiheuttamat vaarat
- **opastettu henkilö**, henkilö, jonka sähköalan ammattihenkilöt ovat opastaneet siten, että hän kykenee välttämään sähkön aiheuttamat vaarat
- **maallikko**, henkilö, joka ei ole ammattihenkilö eikä opastettu henkilö. (26; 27; 28; 29.)

5 Sähköpätevyysvaatimukset korjaamoille muissa EU-maissa

Tässä luvussa käsitellään EU-maiden osalta ensin yleiset lait ja standardit liittyen sähköajoneuvoihin ja niiden korjaukseen ja huoltoon. Lopuksi käydään läpi maakohtaiset pätevyysvaatimukset ja -suositukset liittyen sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon.

5.1 Yleistä

5.1.1 EN 50110-1

EN 50110-1, täydelliseltä nimeltään EN 50110-1 Operation of electrical installations, on CENELEC:n eli eurooppalaisen sähköalan standardointijärjestön sähkötyöturvallisuus-standardi, joka käsittelee yleisesti sähköasennuksia koskevia vaatimuksia sekä töitä niiden parissa ja läheisyydessä. Taulukossa 2 on EN 50110-1:sen maakohtaiset versiot Suomelle, Ruotsille, Norjalle sekä Tanskalle. (30.)

Taulukko 2. EN 50110-1:n maakohtaiset versiot Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan osalta (30).

Maa	Standardin numero	Standardin nimi
Suomi	SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
Ruotsi	SS-EN 50110-1	Skötsel av elektriska anläggningar
Norja	NEK EN 50110-1	Sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg
Tanska	DS/EN 50110-1	Drift af elektriske anlæg

5.1.2 UNECE R 100

UNECE R 100 eli Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission sääntö numero 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimajärjestelmään sovellettavien erityisvaatimusten osalta. Säädos käsittelee akkukäyttöisten sähköajoneuvojen hyväksyntää koskevat rakenne- ja turvallisuusvaatimukset sekä vaatimukset sähköajoneuvojen tuotannolle ja hyväksynnälle. Kyseessä on tärkein sähköajoneuvojen turvallisuutta koskeva säädos.

Kyseistä säädöstä sovelletaan kaikkiin M- ja N-luokkiin kuuluviin maantiekäyttöön soveltuviin akkukäyttöisiin sähköajoneuvoihin, joiden suurin rakenteellinen nopeus on yli 25 km/h. Kyseisessä säädöksessä määritellään maantiekäyttöön soveltuva akkukäyttöinen sähköajoneuvo seuraavasti:

Tässä säännössä tarkoitetaan 'maantiekäyttöön soveltuvalla akkukäyttöisellä sähköajoneuvolla' ajoneuvoa, jossa on maantiekäyttöön tarkoitettu korirakenne ja joka saa käyttövoimansa yksinomaan sähkömoottorista, joka puolestaan saa käyttövoimansa yksinomaan ajoneuvon sisään asennetusta ajoakusta.

Kyseisen säädöksen ajoneuvon rakenteellisia ominaisuuksia koskevia vaatimuksia sähköturvallisuuden osalta ovat seuraavat:

- Kaikki jännitteiset osat on suojattava suoralta kosketukselta, ja suojiin on oltava sellaisia, että niitä ei voida avata, purkaa tai poistaa ilman työkaluja.
- Matkustamossa tai tavaratilassa sijaitsevat jännitteelliset osat on suojattava suojausluokan IPXXD mukaisesti.
- Muualla kuin matkustamossa tai tavaratilassa sijaitsevat jännitteelliset osat on suojattava suojausluokan IPXXB mukaisesti.
- Sähköajoneuvossa on oltava huoltokatkaisin eli huoltoerotin, joka voidaan avata, purkaa tai irrottaa ilman työkaluja, on oltava suojausluokan IPXXB mukainen. Huoltokatkaisimella pystytään erottamaan korkeajänniteakusto muusta ajoneuvosta.
- Sähköajoneuvossa on oltava sisäinen erotusresistanssin seuranta-järjestelmä.
- Korkeajännitteiset osat on merkittävä kuvan (kuva 8) mukaisella varoitussymbolilla.
- Korkeajännitekaapelit, jotka eivät ole koteloiden sisällä, on varustettava oranssilla ulkokuorella (kuva 9).
- Sähköiskulta suojaamisen vuoksi kaikki jännitteelle alttiit kosketeltavat osat on liitettävä galvaanisesti sähköiseen alustaan eli ajoneuvojen tapauksessa ajoneuvon koriin, sähköjohtimella tai maajohtimella, hitsaamalla, ruuviliitoksella tai vastaavalla tavalla siten, että vaarallisia potentiaaleja ei pääse muodostumaan.
- Kaikkien jännitteelle alttiiden kosketeltavien osien ja sähköisen alustan välisen resistanssin on oltava pienempi kuin 0,1 ohmia, kun virran voimakkuus on vähintään 0,2 ampeeria.

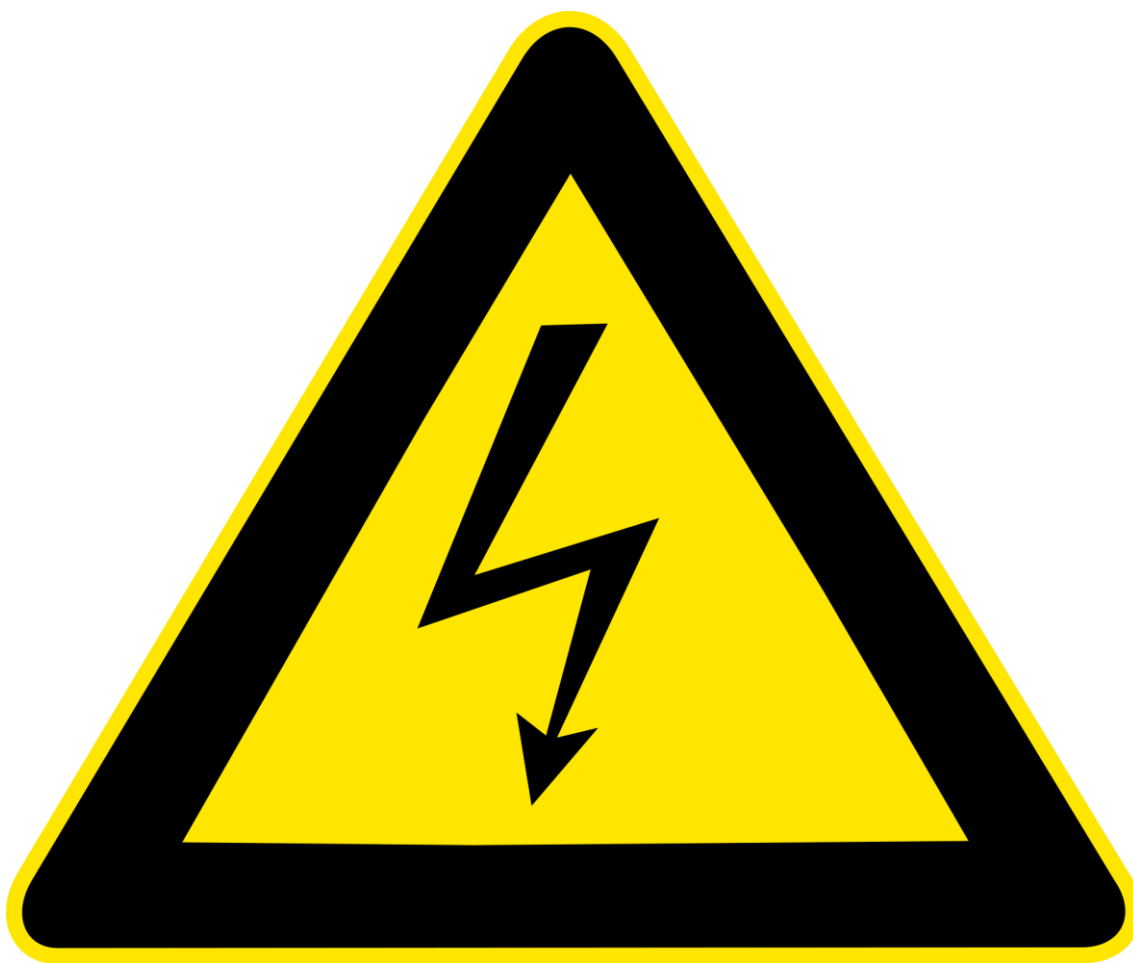
Viimeisen kohdan osalta kiinnitettiin suurta huomiota virheeseen vuoden 2011 suomennuksen osalta. Virheessä on sanottu seuraavaa:

5.1.2.2 Kaikkien jännitteelle alttiiden kosketeltavien osien ja sähköisen alustan välisen resistanssin on oltava pienempi kuin 1,0 ohmia, kun virran voimakkuus on vähintään 0,2 ampeeria. Tämä vaatimus täyttyy, jos galvaaninen liitäntä on muodostettu hitsaamalla.

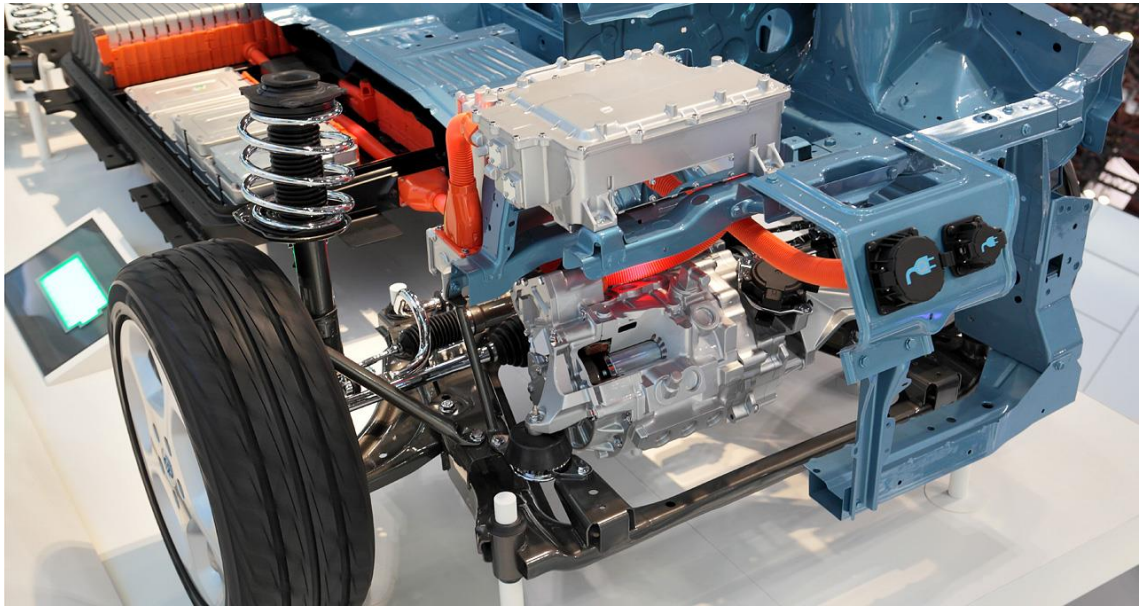
Kuitenkin vuoden 2011, kuten myös uudemmassa vuoden 2013, englanninkielisessä virallisessa versiossa kyseinen kohta on kirjoitettu seuraavasti:

5.1.2.2. The resistance between all exposed conductive parts and the electrical chassis shall be lower than 0.1 ohm when there is current flow of at least 0.2 amperes. This requirement is satisfied if the galvanic connection has been established by welding.

Todetaan kuitenkin, että oikea ja virallinen arvo on siis 0,1 ohmia, kuten virallisissa englanninkielisissä versioissa vuosilta 2011 ja 2013. (4, s. 48–49; 31; 32; 33.)



Kuva 8. Varoitussymboli, jolla kaikki korkeajännitteiset osat on merkittävä (31).



Kuva 9. Nissan Leafin oranssilla ulkokuorella varustetut korkeajännitteiset komponentit (12).

5.2 Maat, joista saatiin tietoa

5.2.1 Alankomaat

Alankomaissa ei ole erikseen lainsäädäntöä sähkö- ja hybridi ajoneuvoille. Alankomailla on ainoastaan lisäys koskien sähkö- ja hybridi ajoneuvoja, nimeltään NEN 9140. NEN 9140 pitää sisällään turvallisen työskentelyn sähkö ajoneuvojen parissa koskien niiden sähköasennuksia, oikeanlaisia eristettyjä sähkötyökaluja ja -varusteita sekä toimintatavat. Korjaamalla kaikista sattuneista onnettomuuksista on vastuussa paikan omistaja tai johtaja. Onnettomuuden sattuessa, on vastuussa olevan henkilön näytettävä toteen, että korjaamalla on tehty kaikki onnettomuuksien välttämiseksi, toisin sanoen johtajan on pidettävä huolta, että korjaamolta löytyy henkilösuojaimet, turvallinen työalue sekä muut vaatimukset. Pääkohtana sähkö- ja hybridi ajoneuvojen korjaus- ja huoltotoimenpiteille on taata mahdollisimman turvallinen työskentely. (34.)

5.2.2 Espanja

Espanjassa ei ole vaatimuksia henkilöille, jotka korjaavat sähkö- ja hybridi ajoneuvoja (35).

5.2.3 Kreikka

Kreikasta ei löytynyt Kreikan standardointiorganisaation EAOT:n eli ELOT:n sivuilta tietoa sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon liittyvistä standardeista ja määräyksistä englanniksi tai kreikaksi. Lisäksi sieltä ei vastattu sähköpostitiedusteluihin.

5.2.4 Liettua

Liettuasta saatiin vastaus Liettuan standardointiliitolta, jossa kerrottiin, että sen tiedossa ei ole standardeja liittyen sähkö- ja hybridautojen huoltoon ja korjaukseen liittyvissä asioissa. Lakiasioista standardointiliitto ei tiennyt ja suositteli kääntymään Lithuanian Business Gatewayn puoleen, josta valitettavasti ei vastattu tiedusteluihin. Lisäksi verkkosivuilta ei löytynyt Liettuan lakien osalta lisätietoja englanniksi. (36.)

5.2.5 Norja

Norjan osalta saatiin vastaus ainoastaan Suomen Tesla Motorsilta, jossa kerrottiin, että Norjassa sähköajoneuvoja huoltavalla henkilöllä ei tarvitse olla mitään tiettyä koulutus pohjaa, ja voidakseen toimia sähkötöistä vastaavana henkilönä, täytyy henkilöllä olla viiden vuoden työkokemus. Verkkosivuilta ei löytynyt lisätietoja Norjan pätevyysvaatimusten osalta eikä viranomaistiedusteluihin vastattu ollenkaan. (37.)

5.2.6 Ruotsi

Ruotsissa käytetään tällä hetkellä UNECEN standardia EN 50110-1 ja Ruotsin maakohtaista versiota kyseistä standardista, nimeltään SS-EN 50110-1. BIL Swedenin sivuilta löytyi kattava dokumentti, jossa määritellään autoalan käytäntöihin liittyvät asiat sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoimenpiteiden osalta. Dokumentissa käydään läpi sähköajoneuvot alusta alkaen, edeten tekniikasta aina korjaamotoiminnan lainsäädännöllisiin asioihin. Sähköajoneuvot tulee korjata ja huoltaa ajoneuvovalmistajien ohjeiden mukaan. Sähköturvallisuusviranomaisten määräykset ja ohjeet on kerrottu Ruotsin sähköturvallisuusviranomaisten dokumentissa ELSÄK-FS 2006:1 sekä standardissa SS-EN 50110-1. Määräykset ja ohjeet tulee tietää ennen korkeajännitekomponenttien ajoneuvojen korjaus- ja huoltotoimenpiteitä.

Dokumentissa kerrotaan aluksi, kuinka sähköajoneuvon pystyy tunnistamaan sekä sähköajoneuvojen tekniikkaa, kuten erilaiset komponentit ja variaatiot, joita ajoneuvoissa voi olla. Seuraavaksi edetään erilaisten hybridiajoneuvojen ratkaisuihin ja siihen, kuinka toteutukset on rakennettu. Sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotöiden vastuuosiossa kerrotaan henkilöiden, jotka korjaavat ja huoltavat sähköajoneuvoja, tulee aina olla koulutettuja kyseisiin työtehtäviin ja heidän tulee työskennellä voimassaolevien turvallisuusmääräysten - ja ohjeiden mukaan. Lisäksi henkilöillä tulee olla ajoneuvo-kohtaiset koulutukset suoritettuina, jotta henkilöt voivat työskennellä turvallisesti korkeajännitteisten sähköajoneuvojen parissa. Henkilöt, jotka eivät työskentele sähköajoneuvon korkeajännitekomponenttien parissa, saavat tehdä muita töitä liittyen sähköajoneuvon, kunhan ovat tietoisia korkeajännitejärjestelmästä ja siihen liittyvästä turvallisuudesta. Työpaikoilla, joissa sähköajoneuvon korjauksia ja huoltoja tehdään, tulee olla määriteltynä sähkötyövastaava, jolla on tarvittavat koulutukset ja tietotaito. Sähkötyövastaava on vastuussa siitä, että sähköajoneuvojen parissa työskentelevien henkilöiden turvallisuus on taattu asianmukaisilla työmenetelmillä ja -tavoilla. Henkilöillä tulee olla voimassaolevat koulutukset. Henkilöiden tarvittavat koulutukset on eritelty seuraavasti:

- Sähkötyövastaava, henkilöillä tulee olla automerkkikohtaiset pätevyudet, automallikohtaiset tietotaidot, tietämys velvollisuuksista, tietämys ajankohtaisista lainsäädännöistä, tietämys sähkö- ja hybridiautojen järjestelmistä, tietämys erilaisista hybridiajojärjestelmistä sekä tietämys turvallisuudesta ja riskeistä, jotka liittyvät sähköajoneuvoihin.
- Teknikot ja mekaanikot, henkilöillä tulee olla yleinen tietämys sähköajoneuvoista, olla tietoisia sähköajoneuvoihin liittyvästä turvallisuudesta ja niihin liittyvistä riskeistä, tietämys komponenteista hybridijärjestelmässä, tietämys turvallisuus- ja riskitekijöistä sekä työtehtävistä korkeajännitejärjestelmän parissa, joita saa ja ei saa tehdä ilman todistettua pätevyyttä korkeajännitejärjestelmien parissa työskentelylle.
- Yleinen peruskurssi, jossa käsitellään erilaiset hybridijärjestelmät, niiden turvallisuus- ja riskitekijät sekä mitä saa ja ei saa tehdä ilman todistettua pätevyyttä korkeajännitejärjestelmän parissa työskentelylle.

Seuraavaksi dokumentissa kerrotaan asianmukaisista työkaluista ja -tiloista, joiden tulee noudattaa autovalmistajien ohjeita. Eristettyjä jännitetyökaluja tulee käyttää sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoimenpiteissä. Työtila, jossa korkeajännitteistä sähköajoneuvoa korjataan tai huolletaan, tulee olla selkeästi havaittavissa, esimerkiksi sähköajoneuvoon kiinnitetyillä huomioteipeillä.

Lisäksi on äärimmäisen tärkeää, että sähköajoneuvoa ei saa jättää valvomatta, siten, että korkeajännitejärjestelmän osat ovat avoimesti näkyvillä. Korkeajänniteakusto tulee ladata ja säilyttää autovalmistajien ohjeiden mukaisesti sekä kuivissa tiloissa. Riskienhallintaosiossa todetaan sähköturvallisuuden osalta keskeisimmät asiat sekä riskit, joita sähköajoneuvojen töiden parissa saattaa kohdata. Lopussa dokumentissa todetaan yhteenvetona sähköajoneuvojen korjauksesta ja huollosta

- Sähkötyövastaava on vastuussa suoritettavista sähkötöistä.
- Riskien arviointi tulee tehdä työpaikalle.
- Riskianalyysi tulee suorittaa kaikista sähkövaaroista, joita saattaa syntyä.
- Sähköajoneuvoille tulee olla määritellyt työtilat.
- Sähköajoneuvo tulee tehdä jännitteettömäksi. (38.)

5.2.7 Saksa

Saksasta löytyi työohje Deutsche Gesetzliche Unfallversicherungin verkkosivuilta, joka koski kaikkea työskentelyä korkeajännitejärjestelmien parissa. Työohjeen nimi on DGUV Information 200-005 (Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen), joka aikaisemmin oli nimellä BGI/GUV-I 8686 (Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen). Ohjeessa määritellään ajoneuvo korkeajännitteiseksi, kun tasajännite DC on välillä 60–1500 voltia ja vaihtojännite AC on välillä 30–1000 voltia. Työohjeen viimeisessä kohdassa käsitellään korjaamotyöskentelyä korkeajännitteisten sähköajoneuvojen parissa, jossa määritellään neljän eri tason avulla työtehtävien koulutustasot seuraavasti:

- Bedienen von Fahrzeuge (englanniksi Operation of Vehicles). Kappaleessa käydään läpi, kuinka työntekijät tulee perehdyttää korkeajännitteisen sähköajoneuvon ajoneuvokohtaisiin ominaisuuksiin ja sen käyttötarkoitukseen. Esimerkkeinä kyseisistä töistä, joihin tämä koulutustaso riittää ovat tuulilasinpyyhkimien vaihto ja jokapäiväinen kunnossapito. Tämän tason työntekijät eivät saa tehdä minkäänlaisia työtehtäviä korkeajännitejärjestelmään eivätkä korkeajännitejärjestelmän välittömässä läheisyydessä.

- Nichtelektronische Arbeiten (englanniksi Non-electrical work). Kappaleessa käydään läpi edellisen kappaleen lisäksi, kuinka normaalit huoltotoimenpiteet, kuten jarrupalojen vaihto, ja normaalit autosähkötyöt, maksimissaan 30 voltin vaihtojännitettä tai 60 voltin tasajännitettä, tulee tehdä korkeajännitekomponenttien läheisyydessä. Työntekijöiden tulee olla tietoisia mahdollisista vaaroista aiheuttavista tilanteista, ja osata suojautua asianmukaisilla työmenetelmillä ja työkaluilla.
- Koulutuksen aiheet ja kesto valitaan työtehtävien mukaan sekä ennalta tiedettyjen, työtehtäviin liittyvien potentiaalisten riskien perusteella. Lisäksi, jos suoritetaan työtehtäviä, joihin liittyy hitsaaminen, poraaminen tai hiominen korkeajännitekomponenttien läheisyydessä, tulee kyseisten komponenttien tarkat sijainnit tietää ennen töiden aloitusta. Työntekijöiden tulee olla tietoisia kaikista vaaroista, joita työkalujen käyttö korkeajännitekomponenttien läheisyydessä saattaa aiheuttaa. Työntekijöiden on lisäksi tunnistettava komponenttien erilaiset merkinnät, jotka viittaavat korkeajännitejärjestelmään. Työntekijöiden tulee olla tietoisia, että heillä ei ole lupaa tehdä töitä, jotka liittyvät itse korkeajännitekomponentteihin. Tahattomasti aiheutetuista vahingoista korkeajännitejärjestelmään tulee tehdä aina ilmoitus vastaavalle mestarille. Ohjeiden laiminlyönti saattaa aiheuttaa vaarallisen sähköiskun tai valokaaren.
- Elektronische Arbeiten (englanniksi Electrical work). Kappaleessa käydään läpi, kuinka 30 voltin vaihtojännitetyöt ja 60 voltin tasajännitetyöt tulee erottaa sähköajoneuvon korkeajännitekomponenttien sähkötoista. Koulutuksen laajuus riippuu sähkövaarallisuuden tasosta sähköajoneuvon parissa sekä työntekijän aikaisemmista tiedoista sähköajoneuvojen osalta. Saksassa autoalan koulutukseen sisältyy sähköopin perusteet teoreettisella tasolla ja perinteiset autosähkötyöt, 30 volttiin vaihtojännitettä ja 60 volttiin tasajännitettä asti. Lisäksi sähköisten arvojen mittaus sekä elektronisten komponenttien ja järjestelmien käytännötyöt opetetaan niin autoteollisuustason kuin yritystason koulutuksissa. Henkilöt, joilla ei ole aikaisempaa koulutusta sähköopin perusteista, tulee kouluttaa sähköopin perusteet. Näin on ollut Saksassa vuodesta 1973 lähtien automekaanikoille ja autosähkökorjaajille, ja vuodesta 2002 lähtien korikorjaajille. Henkilön autosähköosaamisen ja -kokemuksen arvioimiseksi järjestetään koe, jotta voidaan olla varmoja aikaisemman tietotaidon riittävydestä hyväksytyyn koulutukseen. Kappale on seuraavaksi jaettu kolmeen ryhmään, joista ensimmäinen käsittelee työskentelyä korjaamoilla, turvallisiksi määriteltyjen korkeajännitejärjestelmien parissa, koskien erityisesti henkilöautoja. Ensimmäinen ryhmä on lisäksi jaettu A-, B- ja C-alaosiin, jotka eroavat toisistaan sähkötoiden aikaisemman kokemuksen ja koulutuksen perusteella. Toinen ryhmä käsittelee työskentelyä korjaamoilla, turvallisiksi määriteltyjen korkeajännitejärjestelmien parissa, koskien erityisesti hyötyajoneuvoja. Toinen ryhmä on jaettu omiin A-, B- ja C-alaosiin. A-alaosa käsittelee henkilöiden, joilla ei ole aikaisempaa sähkötuntemusta, mutta joilla on teknistä koulutusta, koulutuksen pääkohdat. B-alaosa käsittelee henkilöiden, joilla on aikaisempaa sähkötuntemusta autoalalta, kuten autosähkökorjaajien, koulutuksen pääkohdat. C-alaosa käsittelee sähköalan ammattilaisten, kuten teollisuuden elektroniikan asiantuntijoiden, koulutuksen pääkohdat. Kolmas ryhmä käsittelee työskentelyä jännitteellisten laitteiden ja testausasemien parissa.

- Unfallhilfe (englanniksi Accident assistance). Kappaleessa käydään läpi sähköajoneuvot, jotka ovat saaneet vaurioita tai olleet osallisina onnettomuudessa. Koulutus on suunnattu tiepalvelushenkilöstölle ja ensiapuhenkilöstölle. Koulutuksessa käydään läpi korkeajännitekomponenttien sijainnit sähköajoneuvoissa ja niiden eristäminen.
- Verschrotten (englanniksi Scrappage). Kappaleessa käydään läpi sähköiset vaarat ja turvallisuus sähköajoneuvojen romuttamisen osalta. Koulutuksen pääkohtiin kuuluu sähköajoneuvon tunnistaminen ja mahdollisten korkeajännitekomponenttien paikallistaminen. Olennainen osa on korkeajännitekomponentteihin viittaava oranssi ulkokuori sähkökaapeleissa. (39; 40; 41.)

5.2.8 Slovakia

Slovakiasta saatiin vastaus Slovak Ministry of Transport, Construction and Regional Developmentista, jossa kerrottiin, että sen tiedossa ei ole lakeja eikä standardeja, jotka liittyvät sähkö- ja hybridautojen huoltoon ja korjaukseen (42).

5.2.9 Tanska

Tanskasta vastattiin Tanskan standardointiliitosta, että sen tietojen mukaan Tanskassa ei ole lakeja eikä standardeja liittyen sähkö- ja hybridautojen huoltoon ja korjaukseen liittyvissä asioissa (43). Lisäksi Tanskan Robert Boschilta saatiin vastaus, jossa kerrottiin, että Tanskalla ei ole lakeja liittyen sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon (44).

5.2.10 Viro

Virosta saatiin vastaus Technical Regulatory Authoritystä, jossa kerrottiin, että sähkötöitä tekevillä tulee asianmukaiset taidot, koskien sähkötekniikkaa ja sähköturvallisuutta sekä tarpeeksi kokemusta sähköalan töistä (45).

5.2.11 Yhdistynyt kuningaskunta

Yhdistyneen kuningaskunnan osalta ei löytynyt tietoa lakien ja standardien suhteen verkkosivuilta. Ainoa vastaus lähetettyihin sähköpostiviesteihin saatiin Institute of the Motor Industryltä, jossa kerrottiin, että Yhdistyneellä kuningaskunnalla ei ole lakeja liittyen sähköajoneuvojen korjauksiin ja huoltoihin, ainoastaan tiukkoja määräyksiä, joita ei eritelty sähköpostiviestissä. Lisäksi Institute of the Motor Industryltä kerrottiin pätevyysuositukset, jotka löytyvät National Occupational Standardsin sivustolta. Kyseiset pätevyysuositukset ovat seuraavat:

- IMIEV1, kyseinen pätevyys on henkilöille, jotka työskentelevät sähkö- ja hybridiajoneuvojen kanssa sekä niiden läheisyydessä Tällaisia ammatteja ovat esimerkiksi myyntihenkilöstö, pesuhenkilöstö ja ajoneuvoasentajat. Pätevyys pitää sisällään tarpeellisen tiedon sähkö- ja hybridiajoneuvojen mahdollisista vaaroista sekä varoitoimista, joilla ehkäistä vaaratilanteet. (46.)
- IMIEV2, kyseinen pätevyys on henkilöille, jotka työskentelevät rikkoutuneiden ja kolaroitujen sähkö- ja hybridiajoneuvojen kanssa. Tällaisia ammatteja ovat esimerkiksi tiepalveluhenkilöstä ja ensiapuhenkilöstö. Pätevyys pitää sisällään tarvittavan tietotaidon sekä kelpoisuuden riskien arviointiin sekä turvalliseen työskentelyyn sähkö- ja hybridiajoneuvojen läheisyydessä, joissa saattaa olla vaurioita korkea- sekä matalajännitekomponenteissa. (47.)
- IMIEV3, kyseinen pätevyys on henkilöille, jotka korjaavat sekä huoltavat jännitteettömiä sähkö- ja hybridiajoneuvoja. Pätevyys pitää sisällään tarvittavan tietotaidon sekä kelpoisuuden, jotta henkilö pystyy turvallisesti korjaamaan ja huoltamaan jännitteettömiä korkeaenergisiä sähköjärjestelmiä sekä näiden komponentteja sähkö- ja hybridiautoille. Lisäksi pätevyys varmistaa, että ajoneuvokorjaaja on tietoinen korkeaenergisten sähkökomponenttien vaikutuksista ajoneuvon muihin osa-alueisiin. Pätevyys korostaa töiden jännitteettömyyttä eikä anna pätevyyttä suorittaa korjaus- ja huoltotoimenpiteitä jännitteellisille osille. (48.)
- IMIEV4, kyseinen pätevyys on tämän insinööritöiden tekoaikaan vielä luonnoksena, eikä sitä ole hyväksytty. Luonnos pitää sisällään sähköajoneuvon turvallisesti tekemisen työtehtäviä varten ja sähköajoneuvon palauttamisen normaalitilaan työtehtävien suorittamisen jälkeen. (49; 50.)
- IMIEV5, kyseinen pätevyys on myös tämän insinööritöiden tekoaikaan vielä luonnoksena, eikä sitä ole hyväksytty. Luonnos pitää sisällään jännitteellisen työskentelyn sähköajoneuvon parissa. Sähköajoneuvojen jännitteelliseen työskentelyyn kuuluu korkeaajänniteakuston ja korkeaajännitekomponenttien diagnosointi, testaus ja korjaus. (49; 51.)

Ainoa laillinen vaatimus sähkö- ja hybridaajoneuvojen korjaamoille on, että työntekijät ovat täysin tietoisia kaikista turvallisuusasioista, jotka liittyvät korkeajännitteisiin komponentteihin, jotta sähkötapaturmien mahdollisuudet saataisiin minimoitua.

Kyseisten pätevyyssuositusten perusteella on tehty ammatilliset koulutustasot sähkö- ja hybridautojen korjaaville henkilöille. Kyseiset tasot löytyivät Institute of the Motor Industry verkkosivuilta seuraavasti:

- L1 Award in Electric Vehicle Awareness. Suositellaan ensiapuhenkilöstölle sekä myyntihenkilöstölle. Pätevyys sisältää sähköajoneuvoja koskevat vaarat sekä toimenpiteet, joilla ehkäistä vaaratilanteiden syntyminen. (52.)
- L2 Award in Electrically Propelled Vehicle Hazard Management. Suositellaan henkilöille, jotka ovat tekemisissä kolaroitujen ja rikkinäisten sähkö- ja hybridautojen kanssa, kuten pelastushenkilöstölle sekä tiepalveluhenkilöstölle. Pätevyys sisältää tarpeelliset tiedot, jotta henkilö pystyy työskentelemään turvallisesti sähköajoneuvon korkea- ja matalajänniteosa-alueiden parissa. (53.)
- L3 Award in Hybrid Electric Vehicle Repair and Replacement. Suositellaan henkilöille, jotka huoltavat sähkö- ja hybridaajoneuvoja. Pätevyys sisältää tarpeelliset tiedot, jotta henkilö pystyy työskentelemään turvallisesti sähköajoneuvon korkea- ja matalajänniteosa-alueiden parissa. Suoritettuaan tämän pätevyyden, henkilö pystyy osoittamaan, että hänellä on tarvittavat tiedot sekä taidot korjata ajoneuvoja, joissa on korkeajännitetekniikka. (54.)

6 Sähköpätevyysvaatimukset muissa kuin EU-maissa korjaamoille

6.1 Australia

Australian standardointiliitolta Standards Australialta saatiin vastaus, jossa kerrottiin, että kysely tulisi osoittaa suoraan autoalan järjestöihin ja suositeltiin yhteydenottoa Australian Automobile Associationiin. Kyseinen järjestö ei vastannut sähköpostikyselyihin valitettavasti. Lisäksi verkkosivuilta ei löytynyt lisätietoja aiheeseen liittyen. (55.)

6.2 Kanada

Kanadaan oltiin yhteydessä Electric Mobility Canadaan, josta ei valitettavasti saatu yhtäkään vastausta sähköpostikyselyihin. Lisäksi verkkosivuilta ei löytynyt lisätietoja aiheeseen liittyen.

6.3 USA

USA:sta saatiin ainoastaan vastaus Electric Auto Associationilta, jossa kerrottiin, että kuka tahansa saa korjata sekä huoltaa sähkö- ja hybridiajoneuvoja USA:ssa. Lisäksi suositeltiin sähköajoneuvojen huollot suoritettaviksi ainoastaan valtuutetussa merkkihuollossa, esimerkiksi Tesla Motorsin valmistamien sähköautojen huoltamista ainoastaan valtuutetussa Tesla Centerissä. (56.)

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön pääaiheena oli selvittää sähköajoneuvojen eli täyssähkö- ja hybridautojen pätevyysvaatimuksia korjaukselle ja huollolle EU-maissa. Lisäksi haettiin vastaavia pätevyysvaatimuksia Yhdysvalloista, Kanadasta ja Australiasta, jotta voitaisiin verrata EU-maiden säädöksiä suurimpien englanninkielisten maiden säädöksiin. Opinnäytetyön idea saatiin lehtori Vesa Linja-aholta, joka on aktiivisesti mukana sähköturvallisuutta koskevien kansallisten lakien ja standardien kehitystyössä. Tutkittuja tietoja olivat standardit, lait, työturvallisuusasetukset ja muut sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoihin oleellisesti liittyvät säädökset ja koulutukset.

Opinnäytetyö suoritettiin selvitystyönä, jossa oltiin ensin yhteydessä sähköpostitse eri maiden sähköturvallisuus-, standardointi- ja autojärjestöihin. Lisäksi tehtiin kattava kirjallisuustutkimus eri maiden osalta, käyttäen maakohtaisia verkkosivustoja lähteinä, joihin kuuluivat sähköturvallisuus-, standardointi-, laki- ja koulutussivustot.

Opinnäytetyön alussa käsitellään ensiksi pääaiheeseen olennaisesti liittyvät sähköajoneuvot, niiden luokittelu ja tekniikka, sekä sähkötöiden vaarat, kuten virran fysiologiset vaikutukset ja ensiapu tällaisten sähkötapaturmien varalta. Seuraavaksi esitellään Suomen pätevyysvaatimukset sähköajoneuvojen korjauksen ja huollon osalta. Lopuksi esitellään maiden, joista tietoja saatiin sähköpostitse ja verkkosivuilta, vaatimukset sähköajoneuvojen korjauksen ja huollon osalta.

Huolimatta vastauksien vähyydestä, joita saatiin sähköpostikyselyihin, onnistuttiin silti keräämään erittäin kattavasti muiden maiden pätevyysvaatimuksia tai niiden puutteita sekä vertaamaan niitä Suomen pätevyysvaatimuksiin liittyen sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon.

Tietojen selvittämisen jälkeen pohdittiin, miksi sähköpätevyysvaatimukset ja sähköturvallisuus, turvalliseen työskentelyyn sähköajoneuvojen osalta, ovat edelleen niin huonosti määriteltyjä ja jopa kokonaan määrittelemättä eri puolilla maailmaa. Pohdinnassa päädyttiin siihen, että useimmat maat ovat vasta aloittaneet kehitystyön sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoiminnan koulutuksien, standardoinnin sekä lakien osalta.

Lopputuloksena saatiin erittäin kattava kokonaisuus, jossa käsitellään perusteellisesti sähköajoneuvot ja niihin liittyvä tekniikka, sähkötöiden vaarat työskenneltäessä sähköajoneuvojen parissa ja lisäksi eri maiden pätevyysvaatimukset liittyen sähköajoneuvojen korjaukseen ja huoltoon. Lisäksi opittiin samalla itse paljon uutta koko opinnäytetyön aihealueesta, jota ei ollut opetettu ammattikorkeakoulun kursseilla, kuten lait, sähköajoneuvojen tekniikkaa sekä sähkötöiden mahdolliset vaarat.

Opinnäytetyötä voidaan jatkossa käyttää tietolähteenä, esimerkiksi opiskeluiden yhteydessä tai työelämässä. Opinnäytetyötä voidaan jatkossa käyttää vertailulähteenä, jos tehdään aloite EU-tasolla sähköajoneuvojen korjauksen yhtenäistämistä lainsäädännön tai koulutuksen osalta. Lisäksi insinööriyöstä on hyötyä autosähköalan ammattilaisille ja autosähköalasta kiinnostuneille. Opinnäytetyö sopii myös erinomaisesti sähköajoneuvoista kattavasti kertovan kurssin lähtökohdaksi, jossa käsitellään sähköajoneuvot perusteellisesti, niiden korjaukseen ja huoltoon liittyvät vaatimukset eri puolilla maailmaa sekä sähkötöiden vaarat.

Lähteet

- 1 Sähköautot valtasivat viidenneksen Norjan automarkkinoista. 2014. Verkkodokumentti. Yleisradio. <http://yle.fi/uutiset/sahkoautot_valtasivat_viidenneksen_norjan_automarkkinoista/7170687>. Luettu 2/2015.
- 2 2014 Model S Emergency Response Guide. 2014. Verkkodokumentti. Tesla Motors. <http://www.teslamotors.com/sites/default/files/downloads/en_EU/model_s_2014_emergency_response_guide.pdf?201503>. Luettu 3/2015.
- 3 History of Electric Vehicles. 2015. Verkkodokumentti. The About Group. <<http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>>. Luettu 3/2015.
- 4 Linja-aho, Vesa. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Autoalan koulutuskeskus Oy.
- 5 Fisker Karma Hybrid Could Be Resurrected as the 2016 Elux Karma. Verkkodokumentti. AutoEvolution. <<http://www.autoevolution.com/news/fisker-karma-hybrid-could-be-resurrected-as-the-2016-elux-karma-92610.html>>. Luettu 3/2015.
- 6 Tesla Model S. 2015. Verkkodokumentti. Tesla Motors. <http://www.teslamotors.com/en_EU/models>. Luettu 3/2015.
- 7 Sähköt vuodeksi kulutuksesta riippumatta vain 99 € (arvo 190,80 €). 2015. Verkkodokumentti. Groupon Finland. <http://www.groupon.fi/deals/dealbank_fi_fi/220-energia-oy-1/38842856>. Luettu 3/2015.
- 8 Sähkön hinta. 2015. Verkkodokumentti. Vantaan Energia. <<http://www.vantaan-energia.fi/fi/sahko/s%C3%A4hk%C3%B6nhinta/Sivut/default.aspx>>. Luettu 4/2015.
- 9 Nickel-based Batteries. 2015. Verkkodokumentti. Battery University. <http://batteryuniversity.com/learn/article/nickel_based_batteries>. Luettu 1/2015.
- 10 Lithium-based Batteries. 2015. Verkkodokumentti. Battery University. <http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries>. Luettu 1/2015.
- 11 Types of Lithium-ion. 2015. Verkkodokumentti. Battery University. <http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion>. Luettu 1/2015.
- 12 Nissan at the Tokyo Motor Show 2009. 2013. Verkkodokumentti. Wikimedia Commons. <http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Nissan_at_the_Tokyo_Motor_Show_2009>. Luettu 3/2015.

- 13 Gallery – Tesla Motors / Electric Cars. 2014. Verkkodokumentti. The Human Adventures in Space Exploration. <<http://www.humansinspace.org/tesla-motors/>>. Luettu 3/2015.
- 14 Battery Management Systems. Verkkodokumentti. The Electropaedia. <<http://www.mpoweruk.com/bms.htm>>. Luettu 3/2015.
- 15 Sähköautomuunnoksen akustonvalvonnan vaatimukset. 27.1.2014. Verkkodokumentti. Sähköautot - Nyt!. <<http://www.sahkoautot.fi/wiki:saehkoeautomuunnoksen-akuston-valvonnan-vaatimukset>>. Luettu 3/2015.
- 16 Korpinen, Leena. Sähkökoneet, osa 1. Verkkodokumentti. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf>. Luettu 4/2015.
- 17 Korpinen, Leena. Sähkökoneet, osa 2. Verkkodokumentti. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf>. Luettu 4/2015.
- 18 Sähköajoneuvokanta kipuaa ylöspäin. 10.10.2014. Sähköinen liikenne. <<http://www.sahkoinenliikenne.fi/uutiset/sahkoautokanta-kipuaa-ylospain>>. Luettu 3/2015.
- 19 Korpinen, Leena. Sähköturvallisuus. Verkkodokumentti. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf>. Luettu 2/2015.
- 20 Sähkötapaturmat ja tapaturmien ehkäiseminen, sähkövirran vaikutus ihmiseen. 2013. Verkkodokumentti. Lappeenranta University of Technology. <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCgQFjAB&url=https%3A%2F%2Fnoppa.lut.fi%2Fnoppa%2Fopin-tojakso%2Fbl10a3000%2Fluennot%2Fluento2-tapaturmat_virran_fysiologiset_vaikutukset-2013.pdf&ei=0loZVbCgDoXsaOHBgNAO&usq=AFQjCNEscBqK-sOqv1Callb0A68xfRvP5-w&sig2=BHR4q0XEi6XefZ7Do0b3GA&bvm=bv.89381419,d.d2s>. Luettu 2/2015.
- 21 Sähköturvallisuus fysiikan demonstraatioissa. 2005. Verkkodokumentti. Helsingin yliopisto. <<http://www.courses.physics.helsinki.fi/ope/opelab/turva/sahko-turva.htm>>. Luettu 2/2015.
- 22 Sähkötapaturmien ensiapu. 14.2.2012. Verkkodokumentti. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<http://www.tukes.fi/fi/toimialat/sahko-ja-hissit/sahkolaitteistot/sahko-tapaturmien-ensiapu>>. Luettu 3/2015.
- 23 Sähköautopätevyys 3. Verkkodokumentti. Seti Oy. <<http://setifi.asiakkaat.sigmatic.fi/index.php?k=20805>>. Luettu 2/2015.
- 24 Sähkökäyttöisten autojen huolto- ja korjaustoiminnan pätevyysvaatimukset. Verkkodokumentti. Autoalan Keskusliitto ry. <http://www.akl.fi/akl-sertifiointi_oy/sahkotyoturvallisuus_s3_ja_sfs_6002>. Luettu 2/2015.

- 25 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996 myöhempien muutoksineen. 2011.
- 26 SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. Verkkodokumentti. Sesko ry. <http://www.sesko.fi/portal/fi/standardeja_ja_direktiiveja/valikoituja_standardisarjoja/sahkoasennukset/sfs_6002/>. Luettu 2/2015.
- 27 Sähköajoneuvojen korjaaminen. 12.2.2013. Verkkodokumentti. Vesa Linja-aho. <<http://www.slideshare.net/linjaaho/shkajoneuvojen-korjaaminen>>. Luettu 3/2015.
- 28 Uusi SFS 6002 (3. painos) ottaa autoalan huomioon. 27.10.2014. Verkkodokumentti. Vesa Linja-aho. <<http://www.slideshare.net/linjaaho/uusi-sfs-6002>>. Luettu 3/2015.
- 29 SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuusstandardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 30 Kinnunen, Minna. 2013. Electrical Accident Hazards in the Nordic Countries. Master of Science Thesis. Tampere University of Technology.
- 31 Kansainvälisillä sopimuksilla perustettujen elinten antamat säädökset. 2.3.2011. Verkkodokumentti. Yhdistyneet kansakunnat. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:057:0054:0085:FI:PDF>>. Luettu 3/2015.
- 32 Acts adopted by bodies created by international agreements. 2.3.2011. Verkkodokumentti. Yhdistyneet kansakunnat. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:057:0054:0085:EN:PDF>>. Luettu 3/2015.
- 33 Agreement Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescriptions. 12.8.2013. Verkkodokumentti. Yhdistyneet kansakunnat. <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R100r2e.pdf>>. Luettu 3/2015.
- 34 Sähköpostikeskustelu. 2015. Robert Bosch Netherlands.
- 35 Sähköpostikeskustelu. 2015. Robert Bosch Spain.
- 36 Sähköpostikeskustelu. 2015. Lithuanian Standards Board.
- 37 Sähköpostikeskustelu. 2015. Tesla Motors Finland.
- 38 Branschpraxis. Verkkodokumentti. BIL Sweden. <<http://lib.hpublication.com/publication/62cb7e4c/>>. Luettu 3/2015.

- 39 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen. Verkkodokumentti. BGHM – Berufsgenossenschaft Holz und Metall. <http://bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/Informationen/200_005.pdf>. Luettu 3/2015.
- 40 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen. Verkkodokumentti. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. <<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8686.pdf>>. Luettu 3/2015.
- 41 Training for work on vehicles with high voltage systems. Verkkodokumentti. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-8686_e.pdf>. Luettu 3/2015.
- 42 Sähköpostikeskustelu. 2015. Ministry of Transport, Construction and Regional Development of the Slovak Republic.
- 43 Sähköpostikeskustelu. 2015. Danish Standards Foundation.
- 44 Sähköpostikeskustelu. 2015. Robert Bosch Danmark.
- 45 Sähköpostikeskustelu. 2015. Republic of Estonia Technical Regulatory Authority.
- 46 IMIEV1 – Carry out non high energy electrical system work on or near electric and hybrid vehicles. Verkkodokumentti. National Occupational Standards. <<http://nos.ukces.org.uk/PublishedNos/IMIEV1.pdf#search=imiev1>>. Luettu 3/2015.
- 47 IMIEV2 – Carry out work on broken down and damaged electric and hybrid vehicles. Verkkodokumentti. National Occupational Standards. <<http://nos.ukces.org.uk/PublishedNos/IMIEV2.pdf#search=imiev2>>. Luettu 3/2015.
- 48 IMIEV3 – Service and repair non-live electric and hybrid vehicle systems. Verkkodokumentti. National Occupational Standards. <<http://nos.ukces.org.uk/PublishedNos/IMIEV3.pdf#search=imiev3>>. Luettu 3/2015.
- 49 Electric and Hybrid Vehicle NOS Development. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <<http://www.theimi.org.uk/standards-and-qualifications/electric-and-hybrid-vehicle-nos-development>>. Luettu 3/2015.
- 50 NOS Title – IMIEV4 Isolate and Re-instate an Electric and Hybrid Vehicle – DRAFT. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <http://www.theimi.org.uk/sites/default/files/documents/308358_2.pdf>. Luettu 3/2015.

- 51 NOS Title: IMIEV5 Diagnose, test and repair electric and hybrid vehicle high voltage batteries. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <http://www.theimi.org.uk/sites/default/files/documents/308359_1.pdf>. Luettu 3/2015.
- 52 L1 Award in Electric Vehicle Awareness. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <<http://www.imiawards.org.uk/Qualifications/L1-Award-in-Electric-Vehicle-Awareness>>. Luettu 3/2015.
- 53 L2 Award in Electrically Propelled Vehicle Hazard Management. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <<http://www.imiawards.org.uk/Qualifications/L2-Award-in-Electrically-Propelled-Vehicle-Hazard-Management>>. Luettu 3/2015.
- 54 L3 Award in Hybrid Electric Vehicle Repair and Replacement. Verkkodokumentti. Institute of the Motor Industry. <<http://www.imiawards.org.uk/Qualifications/L3-Award-in-Hybrid-Electric-Vehicle-Repair-and-Replacement>>. Luettu 3/2015.
- 55 Sähköpostikeskustelu. 2015. Standards Australia.
- 56 Sähköpostikeskustelu. 2015. Electric Auto Association.

Research of the Legislation and Laws Concerning the Repairs of Electric Vehicles and Hybrid Electric Vehicles in Your Country for My Bachelor's Thesis

Hello,

I am working on my Bachelor's Thesis at Helsinki Metropolia University of Applied Sciences in Finland and doing extensive ground research related to it. The purpose of my research is to find out the legislation and laws concerning repairs of electric vehicles and hybrid electric vehicles in your country.

Here in Finland, repairs of electric vehicles and hybrid electric vehicles with voltages higher than 120 VDC or 50 VAC require a special permission for the automobile repair shop, which includes naming a single person as the head of the electric work, who must have a qualification that consists of a safety examination, 1-2 years of work experience and/or a degree in automotive electronics.

Would you be so kind and answer the following questions regarding your nation's legislation, laws and policies on this matter?

Electric Vehicles and Hybrid Electric Vehicles, Maintenance and Repairs. Who is legally entitled to carry out these sorts of repairs and based on which laws and qualifications needed?

Qualification of the Enterprises Performing the Repairs? What is needed from them and why?

Requirements Related to Electrical Contracting Personnel? The degree or degrees of professional certificates needed?

Technical Standards, for example how is safety ensured when working with electric vehicles and hybrid electric vehicles?

Inspection of Electric Vehicles and Hybrid Electric Vehicles, how is this done and by whom and the degree of education needed for these inspections?

Are there any registrations that the enterprise needs to have before working as a legal electrical repair and/or maintenance for electric vehicles and hybrid electric vehicles?

Please tell me also if there are any other legislations, laws and policies that are related to the following matter in your country. If you have any other documents and/or web links/pages in English or in your country's languages, would you please attach them to your reply?

The procedure is similar to the survey of regulations of electric installations in buildings. Now we are finding out if other countries have different kind of regulations concerning the maintenance and repairs of electric vehicles and hybrid electric vehicles.

Sincerely Yours with Great Gratitude,

Alexandros Binios.