



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Robert Bern

Säädökset koskien polttomoottorisen auton muuttamista sähkökäyttöiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

11.2.2021

Tekijä Otsikko	Robert Bern Säädökset koskien polttomoottorisen auton muuttamista sähkökäyttöiseksi
Sivumäärä Aika	38 sivua 11.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	ajoneuvosuunnittelu
Ohjaajat	lehtori Vesa Linja-aho ylitarkastaja Erik Stålhammar, Liikenne- ja viestintävirasto Traficom
<p>Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan säädöksiä, jotka koskevat polttomoottorisen auton muuttamista sähkökäyttöiseksi. Opinnäytetyö tehtiin Liikenne- ja viestintävirasto Traficomille.</p> <p>Säädösten tarkastelussa keskitytään M1- ja N1-luokan ajoneuvoihin. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää nykyisten säädösten soveltuminen sähköautomuunnosten rakentamiseen muutokatsastuksen puitteissa. Opinnäytetyössä tarkastellaan sähköautoksi muutokatsastamista jättäen muut katsastusmuodot tämän tutkimuksen ulkopuolelle.</p> <p>Työ on tehty hyödyntäen kansallisia ajoneuvoteknisiä ja sähköturvallisuuteen liittyviä säädöksiä, EU:n ajoneuvoteknisiä säädöksiä ja Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) ajoneuvojen hyväksyntää koskevia vaatimuksia sekä tutustumalla ajoneuvojen paloturvallisuutta koskeviin tutkimuksiin.</p> <p>Opinnäytetyössä todetaan, että vaikka nykyiset säädökset sopivatkin melko hyvin sähköautomuunnosten muutokatsastamiseen, niissä on myös parannettavaa. Esimerkiksi ajoakku-koteloiden kiinnityksen osalta kaivattaisiin tarkempia määräyksiä, ja vanhojen autojen sähkömagneettisen yhteensopivuuden osalta säännöksiä pitäisi päivittää, minkä lisäksi kaivattaisiin omia säännöksiä sähköautojen polttonestelämmittimien säiliöille.</p>	
Avainsanat	sähköautomuunnos, muutokatsastus, E-sääntö 100

Author Title	Robert Bern Regulations for Converting an Internal Combustion Engine Car to an Electric Car
Number of Pages Date	38 pages 11 February 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Erik Stålhammar, Senior Adviser, Finnish Transport and Communications Agency Traficom
<p>This Bachelor's thesis examines the Finnish regulations concerning the conversion of an internal combustion engine car to an electric car. The thesis was carried out as a research study for the Finnish Transport and Communications Agency Traficom.</p> <p>The regulatory review focuses on vehicles of categories M1 and N1. The purpose of the thesis was to examine the suitability of the existing regulations for the construction of electric car conversions within the framework of the Finnish modification inspection regulations. The thesis examines the modification inspection of an electric car, excluding other forms of inspections.</p> <p>This thesis was carried out by studying technical and electrical safety regulations for Finnish vehicles, technical regulations for vehicles in the European Union, and the requirements for approval of vehicles by the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), as well as by reviewing vehicle fire safety studies.</p> <p>The thesis concludes with the following findings: Although the current regulations are quite suitable for the modification of electric car conversions, there is still much to improve. For example, more detailed regulations would be needed for fastening of traction battery compartments, the electromagnetic compatibility regulations of old cars should be updated, and regulations for tanks of fuel heaters of electric cars would be needed.</p>	
Keywords	electric car conversion, UNECE Regulation No 100

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Muutostyön suorittajaa koskevat säädökset	2
3	Ajoakku ja REESS-järjestelmä	5
3.1	Ajoakun alkuperä	5
3.2	Ajoakun sijainti	6
3.3	Akkukotelon lujuus ja kiinnityksen turvallisuus	7
3.4	Ajoakun aiheuttama massamuutos	8
4	Sähkömoottori	9
4.1	Sähkömoottorin massa ja sijainti	9
4.2	Sähkömoottorin teho	10
4.3	Jarrutusenergian talteenotto sähkömoottorilla	11
5	Polttomoottorin poiston vaikutus muihin järjestelmiin	12
5.1	Ohjaustehostus	13
5.1.1	Ohjaustehostimia koskevat säännökset	13
5.1.2	Ohjaustehostimia koskevat yleiset vaatimukset	15
5.1.3	Ohjaustehostimien vikaantumistapauksia koskevat vaatimukset	16
5.1.4	Kuljettajan varoittaminen ohjauksen energijärjestelmän vioista	17
5.1.5	Ohjauslaitteiden testejä koskevat vaatimukset	17
5.2	Jarrujen tehostus	18
5.3	Luvattoman käytön estävät laitteet ja ajonesto	19
5.4	Hallintalaitteet	20
6	Sähkölaitteiden sijoitus ja suojaus	21
7	EMC-testit	23
8	Sähkökytkentöjen merkinnät	26

9	Pelastusmerkinnät	26
10	Polttonestekäyttöinen lämmitin sähköautomuunnoksessa	27
10.1	Polttonestekäyttöisen lämmittimen asentamiseen liittyvät säädökset	28
10.2	Ajoakun ja polttonestesäiliön yhdistelmän paloturvallisuus	31
11	Muutostyöstä seuraava verotus	33
12	Muutostyön suorittajan vastuu vahinkoon johtavista virheistä	35
13	Yhteenveto	36
	Lähteet	39

Lyhenteet ja käsitteet

Ajoneuvo	Tässä raportissa M1- tai N1-luokan ajoneuvo eli henkilö- tai pakettiauto.
Avoin ajoakku	Nesteakku, johon on lisättävä vettä ja joka tuottaa ilmakehään vapautuvia vetypäästöjä.
Korkeajännite	Tässä raportissa UN/ECE-säännön nro 100 mukaisesti sellainen sähköinen komponentti tai piiri, jonka toimintajännite on $> 60 \text{ V}$ ja $\leq 1\,500 \text{ V DC}$ tai $> 30 \text{ V}$ ja $\leq 1\,000 \text{ V AC}$ (tehoisarvo, rms).
Matalajännite	Tässä raportissa standardin SFS 6002 liitteen U mukaisesti jännite, joka on alle 60 V DC ja 30 V AC , esimerkiksi ajoneuvon 12 V :n akkujännite.
REESS-järjestelmä	Ladattavaa energiavarasto, joka luovuttaa sähköenergiaa sähköiselle käyttövoimajärjestelmälle. Periaatteessa tarkoittaa ajoakkuja, mutta UN/ECE-säännön mukaan REESS-järjestelmä voi sisältää alajärjestelmiä sekä muita fyysisen tukirakenteen, lämmönhallinnan, sähköisen ohjauksen ja kotelointien edellyttämiä järjestelmiä.
Sähköauto	Tässä raportissa vain sähkömoottorin voimalla kulkeva ajoneuvo eikä esimerkiksi hybridiajoneuvo.
Sähköinen alusta	UN/ECE-säännön nro 100 määritelmän mukaan sähköliitännöillä yhteen kytkettyjen johtavien osien muodostama kokonaisuus, jonka potentiaalia käytetään viitearvona.

Sähköinen voimalaite

Virtapiiri, joka sisältää ajomoottorin ja joka voi sisältää REESS-järjestelmän, sähköenergian muunnosjärjestelmän, muuttajat, liittyvät johdinsarjat ja liittimet sekä REESS-järjestelmän lataamisessa käytettävän kytkentäjärjestelmän.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan säädöksiä, jotka koskevat polttomoottorisen auton muuttamista sähkökäyttöiseksi. Opinnäytetyö tehtiin Liikenne- ja viestintävirasto Traficomille.

Säädösten tarkastelussa keskitytään M1- ja N1-luokan ajoneuvoihin. Nämä ajoneuvoluokat ovat henkilö- ja pakettiautoja. Tutkimuksessa tarkastellaan nimenomaan sähköautoksi muutoskatsastamista jättäen muut katsastusmuodot, esimerkiksi yksittäishyväksyntä, tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Muutoskatsastamista käytetään silloin, kun vaihdettujen osien osuus jää alle 50 prosenttiin.

Raportissa ei käsitellä teknisiin vaatimuksiin myönnettäviä poikkeuksia, joista säädetään ajoneuvolaissa sekä valtioneuvoston asetuksessa. Tutkimuksessa ei tarkasteltu ajoneuvon vetotavan muuttamista eikä moottoreiden määrän muuttamista, esimerkiksi pyöräkohtaisten sähkömoottoreiden asentamista.

Sähköautojen suosion kasvaessa autoharrastajat ovat ryhtyneet muuntamaan omia polttomoottorisia ajoneuvoja sähköautoiksi. Muunnettujen ajoneuvojen hyväksyminen muutoskatsastuksessa on osoittautunut käytännössä haastavaksi, koska nykyinen auton rakennemuutosmääräys ei sellaisenaan riitä silloin, kun sitä sovelletaan autoihin, jotka on rakentamalla muutettu polttomoottorisesta sähkökäyttöiseksi. Syynä tähän on se, että alun perin kyseistä rakennemuutosmääräystä ei ollut tarkoitettu sähköautomuunnoksille.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on päättänyt tarkistaa sähköautoksi muuttamisen vaatimuksia, tarvittavia selvityksiä sekä muutostyön suorittajalle säädettyjä vaatimuksia. Tämä opinnäytetyönä tehty tutkimus on osa Traficomien tutkimushanketta.

Työ on tehty hyödyntäen kansallisia ajoneuvoteknisiä ja sähköturvallisuuteen liittyviä säädöksiä, EU:n ajoneuvoteknisiä säädöksiä ja Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) ajoneuvojen hyväksyntää koskevia vaatimuksia sekä tutustumalla ajoneuvojen paloturvallisuutta koskeviin tutkimuksiin.

Tutkimuksessa myös haastateltiin puhelimitse kahta sähköautomuunnosten katsastajaa. Haastattelut suoritettiin avoimina haastatteluina. Niiden tarkoituksena oli saada parempi käsitys nykysäädösten sopivuudesta polttomoottoristen ajoneuvojen muuttamiseen sähkökäyttöisiksi ja löytää mahdollisia puutteita säädöksistä kuuntelemalla itse alan tekijöitä. Tavoitteena oli haastatella useampaa katsastajaa, mutta valitettavasti yli 170 sähköpostitiedusteluun vastasi vain kaksi. Pienestä haastateltujen määrästä huolimatta heidän työkokemuksensa sähköautomuunnosten muutoskatsastamisesta toi tutkimustyöhön sellaisia näkemyksiä aiheesta, joita ei olisi pelkästään lakipykälää lukemalla saatu.

Tutkimustyön edetessä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom antoi uuden automääräyksen toukokuussa 2020. EU:n uusi puiteasetus korvasi syyskuussa 2020 vanhan puitedirektiivin, ja uusi autoverolaki korvasi vanhan autoverolain vuoden 2021 alusta. Nämä muutokset on huomioitu työssä.

2 Muutostyön suorittajaa koskevat säädökset

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom antaman määräyksen autojen ja niiden perävau-
nujen teknisistä vaatimuksista (jatkossa automääräys) kohdassa 3.9 määrätään sähkö-
auton vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta. Siellä sanotaan, että sähköisen voima-
laitteen turvallisuuden vaatimustenmukaisuus muutoskatsastuksessa osoitetaan käyt-
töönottopöytäkirjalla sellaiselta henkilöltä, joka täyttää sähköturvallisuuslaissa
(1135/2016) sähkötöiden tekemiseen säädetyt vaatimukset ja on itse vastannut ajoneu-
von muutostöiden tekemisestä. Tämä koskee sähköautoja, joiden käyttöjännite on tasa-
jännitteellä vähintään 60 voltia ja vaihtojännitteellä vähintään 30 voltia.

Tätä jännitteen tasoa kutsutaan ajoneuvotekniikassa korkeajännitteeksi. Se on määri-
tely UN/ECE-säännön nro 100 kohdassa 2.17. Huomioitavaa on, että näiden jänniteta-
sojen nimitykset eivät täsmää sähköalan standardien mukaisten nimityksien kanssa. Esi-
merkiksi normaaleissa kiinteän asennuksen sähkölaitteistoissa korkeintaan 120 V:n ta-
sajännite ja 50 V:n vaihtojännite ovat nimeltään pienoisjännite (SFS 6002 2018: kappale
3.6.2, kohta 1).

Edellä mainituista sähkötöiden tekemisen vaatimuksista säädetään sähköturvallisuuslain 4. luvussa. Pääpiirteittäin nämä vaatimukset ovat hyväksytysti suoritettu sähköturvallisuustutkinto ja riittävä ammattitaito sähkötöihin. Sähköturvallisuustutkinto määritellään tarkemmin 4. luvun 72 §:ssä:

...tarkoitetaan tutkintoa, jolla osoitetaan sähkötöiden turvallisuuteen liittyvien säännösten, standardien ja ohjeiden tuntemusta.

Riittävä ammattitaito sähkötöihin on laajempi käsite. Sähköturvallisuuslain 4. luvun 73 § luettelee esimerkkejä riittävän ammattitaidon antavista koulutuksista ja työkokemuksista, ja 74 §:ssä viitataan valtioneuvoston asetukseen sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016), joka antaa tarkemmat määritelmät mm riittävästä ammattitaidosta, tarvittavasta työkokemuksesta ja ammattitutkintojen oppisisällöstä.

Sähköturvallisuuslaki uudistui 1.1.2017, ja uudessa laissa säädetään erikseen 56 §:ssä, että 4. luvun 55 §:ssä vaadituista sähkötöiden tekemisen edellytyksistä voidaan poiketa

tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä, jos henkilö on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin.

Vanhan sähköturvallisuuslain aikana sähköajoneuvojen korjaus- ja muutostyöt vaativat sähköturvallisuuslaissa kuvatun sähköpätevyys 3:n tai sähköajoneuvoihin rajoitetun sähköpätevyys 3:n. Voimassa olevan lain mukaan sähköajoneuvon sähkötöiden tekijältä ei edellytetä sähköpätevyydestä eikä urakointi-ilmoituksen tekemistä, vaan ainoastaan riittävä perehtyneisyys kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin, joten erillisiä muodollisia vaatimuksia automääräyksen kohdassa 3.9 vaadittavan käyttöönottopöytäkirjan allekirjoittamiselle ei ole.

Sähkölaitteille ja sähkölaitteistoille säädöksissä säädetään eri vaatimukset. Muunnossähköauton rakentaminen on perustellusti tulkittavissa sähkölaitteen valmistamiseksi, ja sähkölaitteiden valmistamiseen ei sähköturvallisuuslain mukaan vaadita sähköpätevyyttä. Sähköturvallisuuslain määritelmä sähkölaitteelle löytyy kyseisen lain 4 §:stä. Sen mukaan sähkölaitteen ja sähkölaitteiston ero on muun muassa siinä, että sähkölaite on sähköä toimiakseen tarvitseva valmis laite ja sähkölaitteisto on kiinteä asennus tai muu vastaava sähkölaitteista ja mahdollisesti muista laitteista koostuva toiminnallinen kokonaisuus.

Automääräyksen kohdassa 3.9 sanotaan lisäksi, että osoituksena sähköisen voimalaitteen turvallisuuden vaatimustenmukaisuudesta muutokatsastuksessa hyväksytään myös nimetyn tutkimuslaitoksen, hyväksytyn asiantuntijan tai ilmoitetun laitoksen selvitys tai Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valtuuttaman tarkastuslaitoksen tai tarkastajan lausunto.

Yhteenvedona sähköautomuunnosten muutokatsastuksia varten on, että muunnoksen rakentajan on oltava perehtynyt sähköajoneuvon sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin ja hänen on itse laadittava ja allekirjoitettava käyttöönottopöytäkirja. Jos tarkastuksen suorittaa ulkopuolinen taho, joka ei ole vastannut muutosten teosta, tahon on oltava nimetty tutkimuslaitos, hyväksytty asiantuntija tai ilmoitettu laitos tai Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valtuuttama tarkastuslaitos tai tarkastaja.

Sähköturvallisuuslaissa käytetty termi automääräyksen käyttöönottopöytäkirjalle on käyttöönottotarkastuspöytäkirja, ja sen sisällöstä säädetään valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (1434/2016). Vaikka sähköauto ei ole sähkölaitteisto vaan sähkölaite, voidaan asetusta soveltuvin osin käyttää myös sähköautolle. Asetuksen mukaan tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi

kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolo, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja tai varmennettava se muulla vastaavalla luotettavalla tavalla. (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 2016: 4 §.)

Yllä mainittua sähkötöiden johtajaa ei muunnossähköautojen rakentamisessa tarvita, mutta muuten vaatimukset soveltuvat sellaisenaan muunnossähköauton käyttöönottopöytäkirjalle.

3 Ajoakku ja REESS-järjestelmä

Sähköauton liikuttamiseen käytettävän sähköenergian varastointiin tarkoitetun ajoakun ja REESS-järjestelmän ero on siinä, että REESS-järjestelmä sisältää sekä ajoakkuja että mahdollisia muita alajärjestelmiä, kuten akustonvalvontajärjestelmän, tai fyysisiä tukirakenteita ja kotelointeja (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 2.29). Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in antamassa automääräyksessä määrätään sähköautomuunnosten sähköisen voimalaitteen turvallisuuden osalta noudatettavaksi UN/ECE-sääntöä nro 100. REESS-järjestelmä on osa tätä sähköistä voimalaitetta (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 2.11). UN/ECE-säännössä nro 100 käsitellään koko sähköisen voimalaitteen sekä erityisesti REESS-järjestelmän turvallisuusvaatimuksia. Tässä luvussa kuvataan kyseisen säännön asettamia vaatimuksia REESS-järjestelmille sekä hieman muiden määräysten vaikutusta REESS-järjestelmän asentukseen.

3.1 Ajoakun alkuperä

Kaikki UN/ECE-säännön nro 100 mekaanisen vaikutuksen testit sekä muiden sääntöjen testit, joihin säännössä viitataan, vahingoittavat testattavaa REESS-järjestelmää jollakin tavoin. Näiden testien tarkoituksena on varmistaa muun muassa akkukotelon paikalla pysyminen ja ajoakkujen vuotamattomuus kolarissa sekä paloturvallisuus. Sellaiset testit eivät luonnollisestikaan sovi muutostarkastukseen, koska muunnosauton rakentajalla ei ole varaa suorittaa rikkovia testejä. Kolariturvallisuutta silmällä pitäen ja kyseisen säännön vaatimustenmukaisuutta ajatellen olisi siis sähköautomuunnoksissa käytettävä UN/ECE-säännön nro 100 mukaan tyyppihyväksytyjä REESS-järjestelmiä. Sitä vaaditaan jo itse säännössä, kohdassa 5.2.1, jossa sanotaan, että joko sähköauton REESS-järjestelmän on vastattava säännön kohdassa 6 olevia vaatimuksia (eli siellä määrättyjä testejä) tai sitten REESS-järjestelmän on oltava kyseisen säännön mukaisesti tyyppihyväksyty. REESS-järjestelmälle suoritettavia testejä on kuvattu säännön kohdassa 6 sekä säännön liitteessä 8.

Ajoakkujen kemiaan liittyen ei itse säännössä eikä muissa säädöksissä ole rajoituksia. Kaikki akkukemiat ovat siis sallittuja.

Katsastajien haastatteluissa tuli ilmi, että automääräyksen kohdassa 3.9 vaaditun sähköturvallisuuslausunnon allekirjoittajat eivät aina ymmärrä UN/ECE-säännön nro 100 sisältöä ja hyväksyvät turvallisuuslausunnoissaan sellaisia REESS-järjestelmiä, jotka eivät todellisuudessa täytä kaikilta osin tämän säännön vaatimuksia. Näin käy luultavasti sen takia, että kyseisessä säännössä käsitellyt asiat ovat autotekniikkaan ja kolariturvallisuuden syventyvät eivätkä ole tavallisten kiinteistöalan sähköammattilaisten alaa. Suurimmalla osalla valtuutetuista sähkö tarkastajista ei ole mitään kokemusta autoalalta tai autosähköalan määräyksistä. Lisäksi UN/ECE-säännöt ovat jo muutenkin vaikeata luettavaa jopa autoalan ihmisille, myös katsastajille. Olisi ehkä syytä pohtia ajoneuvoteknisten säädösten muuttamista niin, että sähköajoneuvoihin annettava käyttöönottopöytäkirja tulisi sellaisilta tahoilta, jotka oikeasti tuntevat UN/ECE-säännön nro 100 sisällön. Tätä muutosta harkitessa on syytä huomioida sekin, ettei katsastaja pääse muutokatsastuksessa perehtymään REESS-järjestelmään muuten kuin mainitun sähköturvallisuuslausunnon kautta, koska katsastuksessa ei pureta autoa, jotta nähtäisiin sen sisään.

3.2 Ajoakun sijainti

Vaatimukset ajoakun sijainnille voidaan päätellä UN/ECE-säännön nro 100 vaatimuksesta, jotka koskevat REESS-järjestelmän mekaanisen puristuksen suorituskykyä. Mekaanista puristusta koskeva suorituskyky osoitetaan joko *ajoneuvoon perustuvilla* testeillä tai *osiin perustuvalla* testillä. Ajoneuvoon perustuvat testit ovat käytännössä kolari-testejä, joten muutokatsastuksen kannalta oleellinen on osiin perustuva testi. Kyseinen testi imitoi autoon asennustapaa, se suoritetaan testauspenkissä, eikä se ole autokohtainen. Osiin perustuvalla testillä hyväksytyä REESS-järjestelmää ei saa kuitenkaan asentaa auton puskurialueille. Sen saa asentaa alueelle, joka säännön määritelmän mukaan sijaitsee taimpana kuin 420 mm ajoneuvon etureunasta ja edempänä kuin 300 mm ajoneuvon takareunasta (säännön kohta 6.4.2.2, kappale 2).

Ajoneuvoon perustuvia mekaanista puristusta koskevia testejä vaaditaan takapuskurin alueella olevissa ajoakun asennuksissa, tarkemmin määriteltynä 0 - 300 mm ajoneuvon takareunasta (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 6.4.2.1, kappale 2). Ajoneuvoon perustuvat testit ovat kuitenkin aina autokohtaisia (säännön kohta 6.4.2.1, kappale 3) ja vaativat tietoa puristuksen voimakkuudesta joko todellisista törmäystesteistä tai niiden simulaati-

oista (säännön kohta 6.4.2.1.2, kappale 2). Tämä taas ei ole kovin käyttökelpoista yksityishenkilön suorittamassa sähköautomuunnostyössä. Voidaan todeta, että sähköautomuunnostöissä ajoakut saisi asentaa vain puskurialueiden väliin jäävälle keskialueelle, tarkemmin sanottuna UN/ECE-säännön nro 100 kohdan 6.4.2.2 kappaleessa 2 määrättylle alueelle.

Paikka, johon on sijoitettu *avoin ajoakku*, josta voi vapautua vetykaasua, on vetykaasun kertymisen estämiseksi varustettava tuulettimella tai tuuletuskanavalla (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 5.2.2). Suljettua kemiallista prosessia käyttävien ajoakkujen, esimerkiksi litiumioniakkujen, katsotaan olevan päästöttömiä tavanomaisessa käytössä (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 6.10.1, kappale 2), eikä tämä vaatimus koske niitä.

3.3 Akkukotelon lujuus ja kiinnityksen turvallisuus

Noudattamalla UN/ECE-säännön vaatimusta tyyppihyväksytyjen REESS-järjestelmien käytöstä saadaan sähköautomuunnosten kolariturvallisuutta ajoakkujen puristuksen osalta parannettua, mutta edelleen ongelmalliseksi jää ajoakun kotelon kiinnitys. UN/ECE-säännössä nro 100 ei kerrota, miten ajoakun kotelo pitäisi kiinnittää; siellä ai-noastaan kuvaillaan rikkovia testejä, joilla kiinnitys voidaan testata ja hyväksyä.

Ajoneuvosäädöksiä tutkiessa ei ole tullut vastaan selkeitä ohjeita ajoakun kotelon turvallisen kiinnityksen suhteen. Asia jää niin ikään muutoksastuksen suorittajan vastuulle. Katsastaja voi vaatia asiakasta osoittamaan akkukotelon kiinnityksen kolariturvallisuuden, mutta sitä ei varsinaisesti vaadita missään. Ehkä kansallisiin säädöksiin olisi tarve kehittää muutoksastusta varten vaatimukset, joista selviää ajoakkukotelon kiinnityksen lujuuden arviointiperusteet. Sellaisia perusteita voisivat olla g-voimat tai hidastuvuudet. Kiinnityksen lujuus pitäisi myös pystyä tarkastamaan muutoksastuksessa. Tämä parantaisi kolariturvallisuutta ja selkeyttäisi muutoksastusta etenkin matkustamon puolelle asennettavien akkukoteloiden osalta.

Silloin kun ajoakun kotelo kiinnitetään auton pohjasta läpi tulevilla pulteilla, esimerkiksi pohjan alle asennettavan kiinnityskehikon avulla, olisi otettava huomioon ajoneuvon lakisääteinen maavara. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín (nykyisen Liikenne- ja viestintävirasto Traficomín edeltäjä) antaman auton rakennemuutosmääräyksen kohdan 3.2

kappaleessa 9 määrätään, että auton maavaran on oltava vähintään 80 mm. Näin ollen mitkään ajoakuston kotelon kiinnitysosatkaan eivät saa alittaa tätä maavaran vähimmäisvaatimusta.

Katsastajien haastatteluissa tuli ilmi, että sähköautomuunnosten muutoskatsastuksissa on jouduttu puuttumaan myös sellaisiin ajoakkukoteloiden kiinnityskehysten ulkoneviin osiin, jotka voisivat tarttua kiinni esimerkiksi ajaessa reunakiven yli. Silloin vaarana olisi jopa akkukotelon vaurioituminen. Säädökset eivät varsinaisesti käsittele tällaisia auton pohjan alla olevia ajoakuston kiinnityksen ulkonevia osia. Näihin katsastajat voivat puuttua vetoamalla yleiseen turvallisuuteen esimerkiksi ajoneuvolain (1090/2002) 4 §:ää soveltaen. Muutoskatsastuksia ajatellen ehkä olisi syytä pohtia sellaisen lisäyksen tarvetta autoteknisiin määräyksiin, joka selkeyttäisi käytäntöjä auton alle tulevien ajoakkukoteloiden kiinnitysosien suhteen.

REESS-järjestelmä on asennettava valmistajan ohjeiden mukaisesti ja niin, että asennettuna valmistajan ilmoittamat *järjestelmän olennaiset ominaisuudet* täyttyvät (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 5.2.1.1). Nämä olennaiset ominaisuudet ovat lueteltuna UN/ECE-säännön nro 100 liitteen 6 osassa 2. Kyseisen liitteen tiedot löytyvät aina tyyppihyväksytyyn REESS-järjestelmän hyväksyntäasiakirjoista. Sellaisia olennaisia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi ajoakun kiinnitystä koskevat rajoitukset, jos tarve sellaisiin rajoituksiin on ilmennyt ajoakun mekaanisen puristuksen testissä.

3.4 Ajoakun aiheuttama massamuutos

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin antamassa määräyksessä auton ja sen perävaunun rakenteen muuttamisesta (jäljempänä auton rakennemuutosmääräys) kohdan 1.4 kappaleessa 4 sanotaan, että ajoneuvoon tehtävät muutokset eivät saa oleellisesti lisätä ohjauslaitteisiin, akselistoihin, jarruihin, voimansiirtoon tai kantaviin rakenteisiin ajon aikana kohdistuvia rasituksia. Ajoakun sijainti ja massa pitää siis valita niin, etteivät ajoneuvon ilmoitetut suurimmat akselimassat eikä suurin teknisesti sallittu kokonaisuus ylitä. Muussa tapauksessa alustan rakenteita joutuu vaihtamaan vahvempiin ja/tai auton varusteita siirtämään oikean painojakautuman säilyttämiseksi. Sallittua on myös henkilö- tai tavarankantavuuden pienentäminen. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 2016: kohdan 1.4 kappaleet 4 ja 5.)

Painavia ajoakkuja sisältävien sähköautomuunnosten kannalta erikoista on se, ettei missään säädöksessä tunnu olevan rajoitteita painopisteen korkeudensuuntaisten muutosten suhteen. Sinänsä ajoakkupaketin voisi asentaa vaikka kattokorkeuteen, kunhan kiinnitys on turvallinen ja akselikohtaiset massat pysyvät samana. Tällainen vapaus on kenties kyseenalainen ajoneuvon sivuttaiskiivtyvyksien kannalta. Toisaalta on epätodennäköistä, että kukaan sähköautomuunnoksen rakentaja haluaisi suunnitella ajoakustoa ajoneuvon yläosiin.

4 Sähkömoottori

Sähkömoottori on osa sähköistä voimalinjaa. UN/ECE-säännössä nro 100 käsiteltyjen sähköturvallisuusasioiden lisäksi sitä koskee myös muista säädöksistä tulevat vaatimukset. Tässä luvussa käydään läpi moottorin massa- ja tehoon liittyviä vaatimuksia sekä käsitellään jarrutusenergian talteenottoa koskevia säännöksiä.

4.1 Sähkömoottorin massa ja sijainti

Sähkömoottorin painoa ei rajoiteta säädöksissä millään muulla kuin akseleille sallituilla massoilla. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafifin antaman auton rakennemuutosmääräyksen soveltamisohjeen (kevyt kalusto) kohdan 2.1 kappaleessa 2 sanotaan, että muutoksessa tulee huomioida, etteivät akselikohtaiset kantavuudet ylitä ajoneuvon kuormattuna ollessa ja normaalissa ajokunnossa. Niin ollen mahdollisen lisälämmittimen polttoaine ja ajoakusto pitää myös huomioida.

Vähäinen moottorin sijainnin muutos sallitaan auton rakennemuutosmääräyksen soveltamisohjeen kohdassa 4.5.2. Määräys on tulkittavissa niin, että moottorin sijainnin muutos on sallittu. Sitä mittaavampiin sijainnin muutoksiin edellytetään Liikenne- ja viestintävirasto Traficommin poikkeuslupaa.

4.2 Sähkömoottorin teho

Heikompitehoisen sähkömoottorin vaihtaminen polttomoottorin tilalle on sallittu auton rakennemuutosmääräyksen kohdan 2.1 kappaleen 1 tulkinnan mukaan. Kyseinen määräyksen kohta käsittelee vain polttomoottorin vaihtoa, siellä puhutaan moottorin tehoista ja iskutilavuudesta, mutta se on sovellettavissa sähkömoottoreihin sellaisenaan.

Kun muunnettavassa autossa on vetokoukku ja se halutaan säilyttää, vaihtaessa moottorin tilalle heikompitehoinen sähkömoottori on arvioitava muutetun ajoneuvon mäestälähtökyky. Komission asetuksen (EU) nro 1230/2012 liitteen 1 kappaleessa 5 vaaditaan M1- ja N1-luokille kykyä lähtemään liikkeelle ylämäkeen, jonka kaltevuus on vähintään 12 prosenttia, viisi kertaa viiden minuutin aikana, kuormattuna yhdistelmän suurimmalle teknisesti sallitulle kokonaismassalle. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in antamassa automääräyksessä vapautetaan fyysisen testin tekemisestä. Ajoneuvon mäestälähtökykyä koskevan vaatimuksen täytyminen voidaan osoittaa laskelmin (Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset 2020: kohta 3.12.1).

Tehokkaamman moottorin asentaminen sallitaan, jos auton valmistaja on sen tehoista moottoria tarkoittanut käytettäväksi samassa, tieliikennekäyttöön tarkoitetussa, ajoneuvotyypissä (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 2016: kohdan 2.1 kappale 2). Tehokkaamman moottorin vaihtoon liittyy vaatimus, että ajoneuvon jarrujen, voimansiirron ja akseliston on vastattava vertailumoottorilla varustettua ajoneuvoa - myös vakiovarusteena oleva lukkiutumaton jarrujärjestelmä mukaan luettuna. Vertailumoottorin tehoja saa myös ylittää 20 %:lla, mutta tehojen pitää olla mitattu saman normin mukaan (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 2016: kohdan 2.1 kappaleen 2 alakohta b).

Vaihtaessa moottoria tehokkaampaan on myös otettava huomioon sen nettotehon suhde ajoneuvon omamassaan muutoksen jälkeen. Nettotehon ja omamassan rajat ovat kerrottu auton rakennemuutosmääräyksen kohdan 2.1 kappaleen 2 alakohdassa g. Pääpiirteittäin, muutetun ajoneuvon omamassan suhde moottorin nettotehoon ei saa olla alle 7 kg/kW. Alun perin tehokkailla autoilla, eli vertailumoottorin suhteen ollessa enintään 10 kg/kW, sallitaan omamassan/nettotehon suhteen pienentäminen 30 %, mutta silloinkin sen on oltava vähintään 5 kg/kW. Samassa auton rakennemuutosmääräyksen kohdassa on annettu myös ohjeet omamassan ja nettotehon tarkempaan määrittelyyn.

4.3 Jarrutusenergian talteenotto sähkömoottorilla

UN/ECE-sääntöjen mukaan, jarrutusenergian talteenottoa ajoneuvoissa katsotaan jarruttamiseksi (UN/ECE-sääntö nro 13-H, kohdat 2.6 ja 2.17). UN/ECE-säännössä nro 13-H on paljon toiminnallisia vaatimuksia ja testausohjeita sähköisellä jarrutusenergian talteenotolla varustetuille M1- ja N1-luokille.

Sähköisestä jarrutusenergian talteenotosta (engl. electric regenerative braking) on ainakin vanhemmissa 13-H-sääntöjen suomennoksissa (päivitetyjä käännöksiä ei löytynyt) käytetty termiä sähköinen hyötyjarrutus ja vastaavasti sellaisesta järjestelmästä on käytetty termiä sähköinen hyötyjarrujärjestelmä. Näitä termejä käytetään tässäkin raportissa.

UN/ECE-säännössä nro 13-H sähköiset hyötyjarrujärjestelmät jaetaan kahteen luokkaan sen mukaan, ovatko ne osa käyttöjarrujärjestelmää vai ei (säännön kohta 2.17). Sähköautomuunnosten kannalta oleellisempi on luokka A, jossa hyötyjarrujärjestelmä ei ole osa käyttöjarrua. Luokaksi B määrittelemiseksi, jossa hyötyjarru on osa käyttöjarrua, muunnosautolta vaadittaisiin koko jarrujärjestelmän ja myös ajoneuvon dynaamista stabiiliteettia ohjaavien järjestelmien muuttamista vaatimustenmukaisiksi.

UN/ECE-säännössä nro 13-H on vaatimus, että lukkiutumisenestolaitteella varustetuissa ajoneuvoissa lukkiutumisenestolaitteen on ohjattava sähköistä jarrujärjestelmää (säännön kohta 5.2.18.5). Selvyyden vuoksi todettakoon vielä, että säännön määritelmien mukaan sähköinen hyötyjarrujärjestelmä vastaa sähköistä jarrujärjestelmää (säännön määritelmät, kohdat 2.6 ja 2.17). Näin ollen muutoskatsastuksen puitteissa sähköisen jarrutusenergian talteenoton rakentaminen on mahdollista vain niissä sähköautomuunnoksissa, joissa ei ole ABS-jarrujärjestelmää tai ABS-järjestelmä on ollut ajoneuvossa lisävarusteena. Lisävarusteena olevan ABS-järjestelmän poistaminen on sallittu auton rakennemuutosmääräyksen kohdan 3.4 kappaleen 1 alakohdan f mukaan. Muussa tapauksessa lukkiutumisenestojärjestelmään kajoaminen johtaisi koko jarru- ja lukkiutumisenestojärjestelmän uudelleen hyväksyttämiseen vaatimustenmukaisiksi.

Luokan A sähköiset hyötyjarrujärjestelmät saavat kytkeytyä päälle ainoastaan kaasupolkimen välityksellä ja/tai silloin, kun vaihde on vapaalla (UN/ECE-sääntö nro 13-H, kohta 5.2.18.1.1). Tämän vaatimuksen kohdalla vakionopeudensäätimen ohjainpainikkeiden

rooli on jäänyt epäselväksi, koska alkuperäisessä englanninkielisessä versiossa (sekä revisio 3:ssa, että viimeisimmässä revisio 4:ssa) käytetään termiä accelerator control, kun taas suomenkielisessä käännöksessä puhutaan nimenomaan polkimesta. UN/ECE-säännöissä nro 13/13-H ei ole määritelmää termille accelerator control.

Sähköisille hyötyjarrujärjestelmille on UN/ECE-säännössä määrätty hidastuvuudet, jolloin ajoneuvojen on syytettävä jarruvaloja kaasupoljinta vapauttaessa. Ajoneuvon on syytettävä jarruvalot, jos hyötyjarrujärjestelmän aiheuttama hidastuvuus on yli $1,3 \text{ m/s}^2$. Jarruvalot eivät saa syttyä $0,7 \text{ m/s}^2$ tai sitä pienemmissä hidastuvuuksissa, ja niiden on sammuttava alle $0,7 \text{ m/s}^2$ hidastuvuuksissa. Näiden arvojen väliin jäävillä hidastuvuuksilla jarruvalojen sytyttäminen on autonvalmistajan, tässä tapauksessa muunnosrakentajan, päätettävissä. (UN/ECE-sääntö nro 13-H, kohta 5.2.22.4.)

Magneettiset tai sähköiset kentät eivät saa vaikuttaa haitallisesti sähköisen jarrujärjestelmän toimintaan ja siksi sähkömagneettisen yhteensopivuuden osoittamiseksi vaaditaan UN/ECE-säännön nro 10 muutossarjan 04 vaatimustenmukaisuutta (UN/ECE-sääntö nro 13-H, kohta 5.2.18.4 ja kohdan 5.1.1.4 alakohta b).

UN/ECE-säännöissä nro 13 sekä 13-H molemmissa on kohtien 1.1 viittaustiedoissa maininta, että N1-ajoneuvoluokkaa voidaan hyväksyttää jommankumman säännön mukaan, ja että niiden sääntöjen hyväksynät ovat yhtä päteviä. UN/ECE-säännön nro 13 vaatimukset sähköisen hyötyjarrujärjestelmän osalta ovat sisällöltään samanlaisia säännön nro 13-H kanssa. M1-ajoneuvoluokan sähköinen hyötyjarrujärjestelmä hyväksytään vain säännön 13-H mukaan.

5 Polttomoottorin poiston vaikutus muihin järjestelmiin

Sähköautomuunnostyössä ajoneuvosta poistetaan polttomoottori. Monet autossa tarpeelliset järjestelmät, kuten ohjaus- ja jarrutehostus on usein suunniteltu toimimaan yhteistyössä polttomoottorin kanssa ja sen takia myös niihin joudutaan tekemään muutoksia. Tässä luvussa käsitellään sellaisten järjestelmien muutostöitä koskevia säännöksiä.

5.1 Ohjaustehostus

Tyypillisimmät ohjaustehostinjärjestelmät ajoneuvoissa ovat hydrauliset, sähköiset ja sähköhydrauliset. Sähköiset ja sähköhydrauliset ohjaustehostimet saavat käyttövoimansa ajoneuvon käyttöakusta. Ajoneuvon käyttövoiman muuttuessa niiden kohdalla ei joudu tekemään rakenteellisia muutoksia. Sen sijaan puhtaasti hydraulisella voimalla toimivat ohjaustehostimet saavat energiansa polttomoottorista, joka pyörittää hydraulikkapumppua, jolla luodaan nestepaine ohjausvaihteeseen. Sähköautomuunnostöissä polttomoottorin poiston jälkeen sellaisen ohjaustehostimen hydraulikka menettää käyttövoimansa. Koska hydraulikkapumpun on oltava käynnissä koko ajan, sitä ei voida kytkeä sähköiseen ajomoottoriin. Vaihtoehtoiksi jäävät ohjaustehostuksen poistaminen kokonaan, ohjaustehostinjärjestelmän vaihto sähkökäyttöiseen tai olemassa olevan järjestelmän muokkaaminen sähköhydrauliseksi. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa järjestelmään lisätään sähkömoottori pyörittämään hydraulikkapumppua ja sähkövirta siihen otetaan esimerkiksi käyttöakusta. Seuraavassa tarkastellaan ohjaustehostukseen liittyviä säädöksiä ja niissä esitettyjä teknisiä vaatimuksia.

5.1.1 Ohjaustehostimia koskevat säännökset

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín antaman auton rakennemuutosmääräyksen mukaan ohjaustehostimen saa poistaa ainoastaan, jos ajoneuvo muutoksen jälkeen vastaa ilman kyseistä laitetta hyväksytyä ajoneuvoa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjaustehostimen poisto sallitaan, jos ohjaustehostus tässä automallissa on lisävaruste. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 2016: kohdan 3.3 kappale 3.)

Hydraulisen ohjaustehostimen vaihto sähkökäyttöiseen (sähköiseen, tai sähköhydrauliseen) on mahdollista määräysten puitteissa tietyin edellytyksin. Auton rakennemuutosmääräyksen kohdan 3.3 kappaleessa 2 luetellaan ehtoja ja asennustapoja, joilla ohjausvaihteen vaihtaminen tyyppiin kuulumattomaan on sallittu. Pääpiirteittäin määräyksessä vaaditaan, että asennettava ohjausvaihte vastaa toiminnalliselta mitoitukseltaan ajoneuvon akselistokokonaisuuteen kuuluvaa ohjausvaihdetta ja on tarkoitettu akselimassaltaan kohteena olevaa ajoneuvoa vastaavaan ajoneuvoon. Asennettavan ohjauslaitteen, tai sen osien, on myös osoitettava muutoksen jälkeen täyttävän ajoneuvoa koskevat säännökset, jotka olivat voimassa ajoneuvon käyttöönottoajankohtana.

Edellä mainituille ajoneuvon käyttöönottoajankohdan säädöksille on olemassa toinenkin vaihtoehto. Traficom in antaman automääräyksen liitteessä 1 sanotaan, että sen taulukon mukaisia vaatimuksenmukaisuuden osoittamistapoja voidaan soveltaa myös ajoneuvon ensimmäisenä käyttöönottoajankohtana voimassa olleisiin vaatimuksiin ajoneuvon muutostarkastuksessa. Kyseisen taulukon kohdassa 5 käsitellään ohjauslaitteita. Sen mukaan ohjauslaitteet voidaan hyväksyä UN/ECE-säännön nro 79 vaatimusten mukaisesti.

Samassa taulukon kohdassa viitataan Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) nro 661/2009 sekä neuvoston direktiiviin 70/311/ETY. Asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteessä 4 tarkennetaan, että vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on UN/ECE-säännön nro 79 osalta käytettävä vähintään muutossarjaa 03. Neuvoston direktiivi 70/311/ETY ei ole enää voimassa, mutta asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteen 4 lisäyksessä annetaan vapaus osoittaa ohjauslaitteen vaatimustenmukaisuus kyseisen direktiivin mukaan, jos ajoneuvo on alun perin ollut sen mukaan hyväksytty.

Vaatimustenmukaisuuden osoittamistavan suhteen ohjauslaitteiden osalta automääräyksen liitteessä 1 sanotaan, että hakijan on katsastuksen suorittajaa tyydyttävällä tavalla osoitettava, että säädöksen keskeiset vaatimukset täyttyvät. Mitään tutkimuslaitoksen tai hyväksytyn asiantuntijan selvityksiä ei siis vaadita. Kyseisessä liitteessä kuitenkin korostetaan, että ohjausmekanismin tulee varmistaa kääntöympyrän pysyvyys, jonka voidaan osoittaa suorittamalla UN/ECE-säännön nro 79 kohdassa 6.2.2 kuvattu testi. Tämä samainen testi vaaditaan myös aikaisemmin mainitussa neuvoston direktiivissä 70/311/ETY (direktiivin kohta 5.2.3). Poiketen UN/ECE-säännön vaatimuksesta, automääräyksen liitteessä 1 sallitaan testin suorittaminen kuormaamattomana.

Kompleksisten elektronisten ohjausjärjestelmien kohdalla automääräyksessä on tiukempi vaatimus. Kompleksisina elektronisina ohjausjärjestelminä tarkoitetaan sellaisia järjestelmiä, jotka puuttuvat auton ohjaukseen, esimerkiksi tarkoituksena avustaa kuljettajaa, korjata hänen ohjausvirheitänsä tai välttääkseen kolaria. Joten luonnollista on, että automääräyksen liitteessä 1 vaaditaan kompleksisilta elektronisilta ohjausjärjestelmiltä UN/ECE-säännön nro 79 liitteen 6 vaatimustenmukaisuutta – ei pelkästään sen keskeisten vaatimusten, vaan täyttä vaatimustenmukaisuutta. Kyseisessä säännön liitteessä käsitellään nimenomaan kompleksisten elektronisten ohjausjärjestelmien suunnitteluun liittyviä menettelyjä. Sähköautomuunnostöiden kohdalla on kuitenkin loogista olettaa, että

jos ajoneuvossa on kompleksinen elektroninen ohjausjärjestelmä, se on jo tehtaalta lähtiessä vaaditun UN/ECE-säännön mukainen, eikä siihen joudu edes tekemään muutoksia itse elektronisen ohjausjärjestelmän osalta.

Kuten aikaisemmin on mainittu, muutokatsastuksessa ohjauslaitteiden osalta vaaditaan vain keskeisten UN/ECE-säännön nro 79 vaatimusten täyttymistä. Sellaiset vaatimukset voidaan jakaa neljään ryhmään: yleisesti suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät, vikaantumistapauksia koskevat, kuljettajan varoittaminen energijärjestelmän vioista sekä testaamiseen liittyvät. Sähköautomuunnoksissa ohjaustehostuksen muutostöiden osalta keskeisinä voidaan pitää seuraavia, tämän raportin kappaleissa 5.1.2 - 5.1.5, esitettyjä vaatimuksia.

5.1.2 Ohjaustehostimia koskevat yleiset vaatimukset

UN/ECE-säännössä nro 79 on ajoneuvoille määrätty ohjaukseen tarvittavan voiman enimmäisarvot, jotka löytyvät säännön taulukosta 2, kohdan 6.2.5.2 jälkeen.

Sähkötoimisilla ohjaustehostimilla varustettujen sähköautojen kohdalla vaaditaan, että ohjausjärjestelmä täyttäisi UN/ECE-säännön nro 10 muutossarjan 04 tekniset vaatimukset (säännön kohta 5.1.5).

Ohjauslaitteen ja muiden järjestelmien energiansyöttöön voidaan käyttää samaa energialähdettä (säännön kohta 5.1.10).

Ohjauslaitteiden on oltava rakennettu niin, että ne kestävät ajoneuvon tai ajoneuvojen yhdistelmän tavanomaisen käytön aikana syntyvät rasitukset. Ohjauksen voimansiirron mikään osa ei saa rajoittaa suurinta ohjauskulmaa, jollei osaa ole erityisesti tätä tarkoitusta varten suunniteltu. (Säännön kohta 5.1.4.)

Ohjausta korjaavien järjestelmien suorittama suunnanohjaus on voitava ohittaa enintään 50 Nm ohjausliikkeellä (säännön kohdat 5.1.6.1.3, 5.1.6.2.8, 5.6.2.1.3, 5.6.4.3, ja liitteen 8 kohdat 3.1.2.2, 3.2.3.2 ja 3.5.3.2).

Ajoneuvoa on voitava kuljettaa suoralla tieosuudella ilman kuljettajan epätavallisia korjausliikkeitä ja ilman ohjausjärjestelmän epätavallista tärinää ajoneuvon suurimmalla rakenteellisella nopeudella (säännön kohta 5.1.2).

Ohjauslaitteen käyttösuunnan on oltava sama kuin ajoneuvon suuntaan haluttu muutos. Ohjauslaitteen kääntökulman ja ohjaukskulman välillä on oltava jatkuva yhteys. (Säännön kohta 5.1.3.)

Ajoneuvolla on oltava mahdollista poistua tangentin suuntaan kaarelta, jonka säde on 50 m, ilman ohjauslaitteiden epätavallista tärinää seuraavilla nopeuksilla: luokan M1 ajoneuvot 50 km/h, luokan N1 ajoneuvot 40 km/h (säännön kohta 6.2.1).

5.1.3 Ohjaustehostimien vikaantumistapauksia koskevat vaatimukset

Äsken mainituista yleisistä vaatimuksista kolme viimeistä, eli säännön kohdat 5.1.2, 5.1.3 ja 6.2.1, on täytettävä myös ohjaustehostusjärjestelmän pettäessä, mikäli ajoneuvoa pystytään edelleen kuljettamaan yli 10 km/h nopeudella (säännön kohta 5.3.1.2).

Jos ajoneuvon jarrujärjestelmällä ja ohjausjärjestelmällä on sama energialähde tai energiasyöttö ja tämä energialähde tai -syöttö vikaantuu, ohjausjärjestelmällä on oltava etusija (5.3.1.4).

Jos ohjaustehostus katoaa tai osa ohjauksen voimansiirrosta vikaantuu, ohjaukskulma ei saa muuttua välittömästi. Tämä vaatimus ei koske ohjattavien pyörien, ohjauksenhallintalaitteiden tai ohjauksen voimansiirron mekaanisten osien rikkoontumista. (Säännön kohdat 5.3.2.1 ja 5.3.1.1.)

Ohjaustehostuksen pettäessä ohjauksen hallintaan tarvittavan voiman on oltava korkeintaan säännön taulukossa 2 määrätyn voiman suuruinen, jos ajoneuvoa pystytään edelleen kuljettamaan yli 10 km/h nopeudella (säännön kohdat 5.3.2.1 ja 6.2.5.2).

Kun vika ilmaantuu, keskimääräinen ohjaussuhde saa muuttua, kunhan kohdassa 6.2.6 täsmennettyä ohjausvoimaa ei ylitetä (säännön kohta 5.3.1.3). Kohdalla 6.2.6 on ilmeisesti tarkoitettu kohdan 6.2.5.2 jälkeen tulevaa taulukkoa 2, jossa annetaan ohjaukseen tarvittavaa voimaa koskevat vaatimukset. Itse säännössä kohtaa 6.2.6 ei ole olemassa.

5.1.4 Kuljettajan varoittaminen ohjauksen energijärjestelmän vioista

Kaikista ei-mekaanisista vioista, jotka haittaavat ohjausta, on selvästi ilmoitettava ajoneuvon kuljettajalle (säännön kohdat 5.3.1.3 ja 5.4.1.1).

Jos ohjausjärjestelmä ja muut järjestelmät käyttävät samaa energialähdettä, kuljettajalle on annettava ääni- tai valomerkki, jos varastoidun käyttövoiman tai -aineen taso laskee tasolle, joka todennäköisesti kasvattaa ohjaukseen tarvittavaa voimaa. Jos myös jarrujärjestelmä käyttää samaa energialähdettä, edellä mainittu varoitus voi olla yhdistettynä laitteeseen, joka varoittaa jarrujen vioittumisesta. (Säännön kohta 5.4.1.4.)

5.1.5 Ohjauslaitteiden testejä koskevat vaatimukset

Kun ajoneuvoa ajetaan ympyrää tasaisella vähintään 10 km/h nopeudella sen ohjattujen pyörien ollessa osapuilleen puolivälissä ääriasentoonsa nähden, kääntöympyrän on pysyttävä samana tai kasvettava, jos ohjauslaite vapautetaan (säännön kohta 6.2.2). Tämän samaisen testin suorittamista vaaditaan myös Traficomien antamassa automääräyksessä (Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset 2020: liite 1, taulukon kohta 5).

Kun kyse on sellaisesta ohjaustehostinjärjestelmästä, jossa käytetään pelkästään tai osittain sähköenergiaa, kaikki suorituskykytestit on tehtävä olosuhteissa, joissa käytetään kaikkien saman energijärjestelmän piirissä olevien olennaisten järjestelmien tai niiden komponenttien aikaansaamaa todellista tai simuloitua sähköistä kuormitusta. Olennaisiin järjestelmiin on luettava ainakin valaistusjärjestelmät, tuulilasinpyyhkimet, moottorinhallintajärjestelmä ja jarrujärjestelmä. (UN/ECE-sääntö nro 79, kohta 6.1.4.)

UN/ECE-säännön nro 79 kohdissa 6.2.3 - 6.2.5 annetaan vaatimukset liittyen ohjaukseen tarvittavaan voimaan ohjaustehostinjärjestelmän ollessa sekä kunnossa, että epäkunnossa. Voimat, ohjausaika ja kääntösäde ovat annettu säännön taulukossa 2. Koska muutostarkastuksessa ei oikein voi aiheuttaa vikatilaa ohjauslaitteisiin, niin muutostarkastuksessa suoritettavan tarkastuksen kannalta oleelliseksi jää vain toimintakuntoisen ohjauslaitteen suurin sallittu ohjausvoima.

5.2 Jarrujen tehostus

Jarrujen tehostus on henkilöajoneuvoissa toteutettu alipaineen avulla. Ottomoottorilla varustetuissa autoissa jarrut saavat voimansa moottorin alipaineesta, kun taas dieselmoottorisissa autoissa alipaine joudutaan luomaan erillisellä alipainepumpulla, joka monesti saa voimansa mekaanisen välityksen kautta moottorista. Alipaine ohjataan alipainetoimiselle jarrutehostimelle.

Sähköautomuunnoksiin jarrujen tehostamiseksi joudutaan asentamaan sähkötoiminen alipainepumppu. Teknisesti tämä ratkaisu on kohtalaisen helppo toteuttaa. Tämänhetkiset säädökset tekevät asian hieman monimutkaisemmaksi. Nimittäin sähköisen alipainepumpun asentamisen jälkeen ajoneuvon jarrujärjestelmä ei ole enää alkuperäisen tyyppihyväksynnän mukainen ja se puolestaan vaatii hyväksytyyn testauslaitoksen selvitystä jarrujärjestelmästä.

Ajoneuvolain (1090/2002) 7 §:n 2 momentissa ohjataan katsomaan rakenteen muuttamisen teknisiä vaatimuksia Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín antamasta auton rakennemuutosmääräyksestä. Kyseisen määräyksen kohdassa 3.4 sanotaan, että jarrut, joiden on edellytetty ajoneuvon käyttöönottoajankohtana olevan UN/ECE-säännön tai direktiivin mukaiset, tulee muutoksen jälkeen osoittaa sanotut vaatimukset täyttäviksi. Ajoneuvolain 61 a §:n 3 momentissa ohjataan katsomaan ajoneuvon vaatimustenmukaisuuden teknisiä osoittamistapoja muutostarkastuksessa Liikenne- ja viestintävirasto Traficomín antamasta automääräyksestä. Kyseisen määräyksen liitteessä 1 olevan taulukon kohdassa 9 sanotaan, että vaatimustenmukaisuus osoitetaan hyväksytyin asiantuntijan pätevyysaluettaan vastaavalla selvityksellä. Samassa kohdassa myös määrätään, että käyttöjarrulle on tehtävä UN/ECE-säännön nro 13-H liitteen 3 kohdissa 1.4.2 ja 1.4.3 määritelty tyyppi 0 -testi ja kohdassa 1.5 määritelty tyyppi I -testi. Nämä testit siis tekee hyväksytty asiantuntija. Tämä tarkoittaa, että sähköautomuunnoksen jarrujärjestelmästä on hankittava todistus jarrutestauslaitokselta. Tällä hetkellä Suomessa on kaksi testauslaitosta, jotka ovat hyväksytyjä asiantuntijoita antamaan UN/ECE-säännön nro 13-H vaatimustenmukaisuuslausuntoja (Hyväksytyt asiantuntijat 2021).

5.3 Luvattoman käytön estävät laitteet ja ajonesto

Ajoneuvolain (1090/2002) 25 §:n 3 momentissa vaaditaan M1- ja N1-ajoneuvoluokille laite luvattoman käytön estämiseksi. Itse ajoneuvolaista ei löydy tarkempaa määritelmää kyseiselle laitteelle, taikka mitä sellaisen laitteen tulisi sisältää. Määritelmä luvattoman käytön estäville laitteille löytyy UN/ECE-säännöstä nro 116. Samasta säännöstä löytyy myös määritelmä ajonestolaitteille.

UN/ECE-säännön määritelmien mukaan luvattoman käytön estävät laitteet ja ajonestolaitteet eroavat toisistaan käyttötarkoituksensa ja ominaisuuksiensa mukaan. Luvattoman käytön estävä laite on järjestelmä, jolla estetään ajoneuvon moottorin luvaton käynnistäminen. Sellaiseen järjestelmään pitää kuulua sen lisäksi laite, jolla voidaan lukita jotakin seuraavista: ohjaus, jarrut, vaihteisto tai voimansiirto. Ajonestolaite puolestaan estää ajoneuvon liikkumisen oman moottorinsa avulla, eikä se saa esimerkiksi lukita jarruja, tai estää niitä vapautumasta. (UN/ECE-sääntö nro 116, kohdat 5.1.2, 8.1.1, 8.2.10 ja 8.2.11.)

Ajonestolaitteiden sekä luvattoman käytön estävien laitteiden toiminta aina perustuu ajoneuvon moottorin toiminnan tai moottorin ohjauksen häiritsemiseen. Sähköautomuunnoksissa polttomoottorin poiston jälkeen nämä laitteet lakkaavat toimimasta, koska eivät ole suunniteltu toimimaan siihen asennettavan sähkömoottorin kanssa. Näin ollen, ajoneuvolaissa vaadittava luvattoman käytön estävä laite on rakennettava ja sen on myös oltava vaatimustenmukainen.

Automääräyksen kohdan 2 mukaan muutoskatsastuksessa voidaan soveltaa liitteessä 1 olevia poikkeuksia. Määräyksen liitteen 1 taulukon kohdassa 13 käsitellään luvattoman käytön estäviä laitteita. Niiden osalta taulukossa viitataan direktiiviin 74/61/ETY, asetukseen (EY) nro 661/2009 sekä UN/ECE-sääntöihin 18, 97 ja 116. Direktiivi 74/61/ETY ei ole enää voimassa, mutta sitä voi edelleen käyttää osoittamaan UN/ECE-sääntöjen 18, 97 tai 116 vaatimustenmukaisuutta, jos ajoneuvo on alun perin ollut kyseisen direktiivin mukaan hyväksytty. Tämä ilmenee asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteen IV lisäyksestä, sekä automääräyksen liitteen 1 kappaleesta 5. Yllä mainituista kolmesta UN/ECE-säännöstä vain 97 ja 116 koskevat M1- ja N1-ajoneuvoluokkia. Asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteessä IV on luettelo UN/ECE-säännöistä, joiden soveltaminen on pakollista. Luettelosta ilmenee, että UN/ECE-sääntöä nro 97 sovelletaan ajoneuvojen hälytysjärjestelmien

osalta ja sääntöä nro 116 moottoriajoneuvojen luvattoman käytön estävien laitteiden osalta. Näin ollen, M1- ja N1-luokkien sähköautomuunnosten muutoskatsastuksessa luvattoman käytön estävien laitteiden osalta sovelletaan UN/ECE-sääntöä nro 116.

Ajoneuvosäädöksissä vaaditaan M1- ja N1-ajoneuvoluokille luvattoman käytön estäviä laitteita, mutta ajonestolaitteiden osalta selvää vaatimusta ei löydy ainakaan muutoskatsastettavien ajoneuvojen kohdalla. Hämmennystä ajonestolaitteiden pakollisuudesta aiheuttaa AKE:n antama ohje turvavarusteen poistamisesta nro 1024/208/2008. Kyseisen ohjeen kohdassa 1.4 sanotaan, että ajonestojärjestelmää ei saa poistaa 30.9.1998 jälkeen käyttöön otetusta M1-luokan ajoneuvosta. Tämä ei kuitenkaan ole määräys, eikä ohje ole juridisesti velvoittava. Tässäkään ohjeessa ei vaadita ajonestolaitetta N1-luokan ajoneuvoihin.

Luvattoman käytön estävien laitteiden vaatimustenmukaisuuden osoittamistavoista muutoskatsastuksessa määrätään automääräyksen liitteessä 1. Sen mukaan vaatimustenmukaisuus osoitetaan muutoskatsastuksen yhteydessä tehtävässä ajoneuvon tarkastuksessa.

5.4 Hallintalaitteet

Ajoneuvolain (1090/2002) 4 §:ssä säädetään muun muassa hallintalaitteiden käytön helppoudesta ja turvallisuudesta. Hallintalaitteiden on oltava selkeät, eivätkä ne saa poiketa saman luokan muiden autojen hallintalaitteista liian paljon. Ajoneuvolain 4 §:n 2 momentissa sanotaan:

Hallintalaitteiden on oltava siten rakennetut ja sijoitetut, että niiden käyttö ajon aikana on helppoa ja turvallista. Hallintalaitteet, mittarit ja merkkivalot eivät saa poiketa muiden samaan luokkaan kuuluvien ajoneuvojen järjestelmistä siinä määrin, että siitä on haittaa tai vaaraa.

Ajoneuvolain hallintalaitteivaatimukseen kannattaa kiinnittää huomiota. Katsastajien haastatteluissa ilmeni, että sähköautomuunnoksissa on ollut melko vaarallisia hallintalaiteratkaisuja. Esimerkkinä tällaisesta ratkaisusta olkoon alkuperäisen vaihdelaatikon yhdistäminen sähköisesti toteutettuun ajomoottorin (sähkömoottorin) suunnanvaihtajaan, jolloin alkuperäisen vaihteenvaihtimen (eli vaihdekepin) ollessa eteenpäin asennossa pystytään katkaisijasta vaihtamaan ajosuunta taaksepäin. Tällöin vaarana on, että kyseiseen

autoon totuttamaton kuljettaja luulee lähtevänsä ajamaan eteenpäin, mutta auto lähtee-kin taaksepäin.

Hallintalaitemuutoksissa on kiinnitettävä huomiota myös hallintalaitteiden merkintöihin. Vaatimus hallintalaitteiden merkitsemisestä tulee Traficomien antamasta automääräyksestä. Automääräyksen liitteen 1 kohdassa 33 käsitellään hallintalaitteiden, ilmaisimien ja osoittimien sijaintia ja merkintöjä. Kyseisessä kohdassa 33 määrätään noudatettavan UN/ECE-sääntöä nro 121 ja vaatimustenmukaisuuden osoittamistavaksi riittää katsastuksen yhteydessä tehtävä tarkastus. UN/ECE-säännön nro 121 taulukossa on lueteltu ne hallintalaitteet, joiden on oltava merkitty säännössä kuvatulla tavalla ja sen taulukossa annetuilla symboleilla (säännön kohdat 5 ja 5.2.1). Sellaisia hallintalaitteita ovat muutkin, kuin varsinaisesti auton hallintaan tarkoitettavat. Esimerkiksi jos huurteenpoisto- tai ilmastointijärjestelmään tehdään muutoksia, niiden hallintalaitteissa on oltava tällaisen järjestelmän jokaista toimintoa vastaava tunnus (säännön kohta 5.2.8).

6 Sähkölaitteiden sijoitus ja suojaus

UN/ECE-säännön nro 100 osassa 1 käsitellään ajoneuvojen sähköturvallisuusvaatimuksia. Sellaiset vaatimukset ovat mm jännitteellisten osien koskettamisesta suojaaminen, jännitteelle alttiiden osien maadoitusvaatimukset sekä suojakoteloiden suojausluokat.

UN/ECE-säännön nro 100 mukaan matkustamossa ja tavaratilassa korkeajänniteväylän jännitteellisten osien on oltava suojattuja suoralta koskettamiselta suojausluokan IPXXD mukaisesti. Muualla autossa riittää suojausluokka IPXXB. Näiden suojusten, koteloiden, kiinteiden eristimien ja liitäntälaitteiden on oltava sellaisia, ettei niitä voi avata, tai poistaa ilman työkaluja. Irrottamisen suhteen poikkeuksena ovat liitäntälaitteet, kuten ajoneuvon laturin sisääntulo. UN/ECE-säännön nro 100 kohdan 5.1.1 kappaleessa 3 luetellaan ehtoja, joilla liitäntälaitteet voidaan irrottaa ilman työkaluja. Kosteus- tai pölysuojausluokkaan UN/ECE-sääntö nro 100 ei ota kantaa. Kosketussuojaus on testattava säännön liitteessä 3 olevalla menetelmällä ja siellä kuvatuilla työkaluilla.

Huoltoerottimelle riittää suojausluokka IPXXB silloin, kun se avataan ilman työkaluja. Suoralta koskettamiselta suojaamista ja suojausluokkia käsitellään säännön kohdassa 5.1.1.

Jännitteelle alttiit kosketeltavat osat, esimerkiksi sähköä johtavat suojakotelot, on liitettävä galvaanisesti sähköiseen alustaan. Liittäminen voidaan tehdä sähköjohtimella, maajohtimella, ruuviliitoksella, hitsaamalla tai vastaavalla tavalla, kunhan vaarallisia potentiaalieroja ei pääse muodostumaan. Näiden liitettyjen osien ja sähköisen alustan välisen resistanssin on oltava pienempi kuin 0,1 ohmia, kun virran voimakkuus on vähintään 0,2 A. Hitsausliitoksen ollessa kyseessä, tämän resistanssin vaatimuksen katsotaan täyttyvän ilman eri mittausta. (UN/ECE-sääntö nro 100, kohdat 5.1.2.1 ja 5.1.2.2.)

Sähköauton latauksessa käytettävään kytkentäjärjestelmään vaaditaan laite, joka kytkee sähköisen alustan galvaanisesti ulkoisen sähköverkon suojamaahan. Yhteys suojamaahan on muodostettava ennen kuin ulkoinen jännite kytketään ajoneuvoon. Sähköisen alustan yhteyden maahan on säilyttävä, kunnes ulkoinen jännite on kytketty irti ajoneuvosta. (Säännön kohta 5.1.2.3.) Mielestäni tämän voi tulkita niin, että esimerkiksi suojaamaan pidempi liitin, joka saa kosketuksen ensimmäisenä ja irtoaa viimeisenä, riittää täyttämään sellaisen laitteen vaatimuksen.

UN/ECE-säännössä nro 100 vaaditaan myös, että sähköinen voimalaite on eristetty ajoneuvon rungosta. Tämä vaatimus käy ilmi säännön kohdista 2.20 ja 5.1.3. Eristysvaatimus ei koske matalajännitteellä toimivia virtapiirejä (tarkoitetaan ajoneuvotekniikan matalajännitettä, joka on alle 60 V DC ja 30 V AC). Vaaditut eristysresistanssin arvot ja mittaustapa ovat esitetyt säännön kohdissa 5.1.3.1 ja 5.1.3.2. Kuitenkin poiketen UN/ECE-säännössä olevasta vaatimuksesta Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in antamassa automääräyksessä sallitaan ajoneuvon eristysresistanssia koskeva mittaus suorittaa normaalissa ulkoilman kosteudessa ilman vakautusta (Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset 2020: kohdan 3.9 kappale 1). Ajoakun latauksessa käytettävän kytkentäjärjestelmän eristysresistanssivaatimukset löytyvät UN/ECE-säännön nro 100 kohdasta 5.1.3.4.

Ajoneuvossa olevan eristysresistanssin seurantajärjestelmän toimivuus on osoitettava UN/ECE-säännön nro 100 liitteessä 5 kuvatulla menetelmällä.

7 EMC-testit

EMC (engl. Electromagnetic Compatibility) tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta.

Autoissa on paljon sähkö- ja elektronisia laitteita. Huonosti suunniteltuna tai asennettuna ne lähettävät sähkömagneettisia häiriöitä ympäristöönsä ilmaa pitkin (säteilemällä) tai johtoja pitkin (johtuvat häiriöt) tai häiriintyvät itse tavanomaisista sähkömagneettisista häiriöistä. Huonosti suunnitellun ajoneuvon sähkö- ja elektroniset laitteet sekoittavat toistensa toimintaa, ja auto saattaa alkaa käyttäytymään oudosti. Herkät ja heikosti häiriöiltä suojatut elektroniset laitteet voivat rikkoontua toisen laitteen lähettämästä häiriösignaalista, ympäristöstä tulevasta sähkömagneettisesta säteilystä tai ihmisen kosketuksen aiheuttamasta sähköstaattisesta purkauksesta.

EMC eli sähkömagneettinen yhteensopivuus tarkoittaa sähköisten- ja elektronisten laitteiden tai järjestelmien kykyä toimia sekä keskenään, että niiden tarkoittamassa ympäristössä.

Kansallisella tasolla vaatimus sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta tulee ajoneuvolaista. Ajoneuvolain (1090/2002) 28 §:ssä sanotaan, että sähkömagneettiset häiriöt eivät saa tarpeettomasti poiketa ajoneuvon valmistusajankohdan yleisen teknisen tason mukaisten ajoneuvojen vastaavista vaikutuksista. Ajoneuvolain 29 §:n 1 momentissa annetaan valtioneuvostolle valtuutus säätämään tarkemmin energia- ja ympäristövaikutusten (eli muun muassa sähkömagneettisen säteilyn) rajoittamista koskevista liikennekäyttöön hyväksymisen edellytyksistä sekä muista vastaavista hyväksynnän kohteista. Sillä viitataan valtioneuvoston asetukseen ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista (1270/2014). Ajoneuvolain 29 §:n 2 momentissa valtuutetaan Liikenne- ja viestintävirasto antamaan tarkemmat määräykset koskien energia- ja ympäristövaikutusten rajoittamisen teknisiä vaatimuksia. Ajoneuvolaissa sanotaan, että määräysten tulee olla tarpeellisia riittävän kansainvälisen yleisen vaatimustason saavuttamiseksi. Kyseiset tarkemmat määräykset löytyvät Traficomien antamasta automääräyksestä.

Automääräyksen liitteen 1 taulukon kohdassa 10 annetaan määräykset koskien sähkömagneettista yhteensopivuutta. Määräyksen mukaan EMC:n osalta pitää noudattaa UN/ECE-sääntöä nro 10. Taulukossa viitataan myös neuvoston direktiiviin 72/245/ETY

sekä asetukseen (EY) nro 661/2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteen IV taulukossa vaaditaan sähkömagneettisen yhteensopivuuden osalta täyttämään UN/ECE-säännön nro 10 vähintään muutossarjan 05 täydennystä 1.

Ajoneuvotekniikan kehittyessä on Suomessa, kuten Euroopassakin, otettu eri vuosina mukaan lisää vaatimuksia EMC:lle. Itse UN/ECE-sääntö nro 10 on kehittynyt ja sen vaatimustaso on muuttunut, mutta on ollut käytössä myös muita säädöksiä voimassa eri vuosina sääntelemässä ajoneuvojen sähkömagneettista yhteensopivuutta, kuten esimerkiksi ylempänä mainittu automääräyksen liitteen 1 taulukossa osoittama neuvoston direktiivi 72/245/ETY.

Kansallisen EMC-sääntelyn lisäksi sähkömagneettista yhteensopivuutta vaaditaan myös joidenkin ajoneuvojärjestelmien vaatimustenmukaisuutta käsittelevissä UN/ECE-säännöissä. Esimerkiksi UN/ECE-säännössä nro 13-H vaaditaan jarrujärjestelmän osalta täytettävän myös UN/ECE-sääntöä nro 10.

Valtioneuvoston asetuksen ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista (1270/2014) 15 §:n 1 momentissa sallitaan käyttövoiman vaihdon yhteydessä soveltamaan muutetun ajoneuvon ensimmäistä käyttöönottoajankohtaa vastaavia raja-arvoja ympäristövaikutusten rajoittamista koskevien vaatimusten suhteen. Toisin sanoen sähköautomuunnoksiin voidaan soveltaa sen ajoneuvon ensimmäisenä käyttöönottoajankohtana voimassa olevia EMC-säännöksiä sähköisen voimalaitteen osalta. Tämä asetuksen pykälä koskee vain käyttövoiman vaihtoa, eli sähköautomuunnosten kohdalla vain sähköistä voimalaitetta.

Vanhempaan ajoneuvoon pohjautuvaan sähköautomuunnokseen tulee muutostyön yhteydessä todennäköisesti asennettua sellaisiakin järjestelmiä, joita koskevissa säädöksissä vaaditaan noudattamaan tiukempia, eli uudempia, EMC-säännöksiä. Esimerkiksi sähkökäyttöisten ohjaustehostimien osalta UN/ECE-säännössä nro 79 vaaditaan UN/ECE-säännön nro 10 muutossarjaa 04. Periaatteessa ristiriitaa valtioneuvoston asetuksen (1270/2014) 15 §:n 1 momentin kanssa tässä ei synny, koska sähköiseen voimalaitteeseen voidaan soveltaa vanhempia, eli ajoneuvon ensimmäisenä käyttöönottopäivänä voimassa olleita EMC-vaatimuksia, kun muihin järjestelmiin taas niiden vaatiman tason mukaisia.

UN/ECE-säännön nro 10 mukaan ajoneuvo voidaan hyväksyttää joko testaamalla sitä yhtenä kokonaisuutena tutkimuslaitoksella (ajoneuvoasennuksen hyväksyntä), tai käyttämällä säännön mukaan hyväksytyjä SE-asennelmia (sähkö–elektroniikka-asennelmia) ja näyttämällä toteen niiden vaatimustenmukaisuus (UN/ECE-sääntö nro 10, kohdat 4.1.1.1 ja 4.1.1.2).

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteen IV lisäyksessä sanotaan, että UN/ECE-sääntöä nro 10 voidaan korvata neuvoston direktiivillä 72/245/ETY, jos ajoneuvo on alun perin ollut sen mukaan hyväksytty. Neuvoston direktiivi 72/245/ETY ei ole enää voimassa ja on hyvin pintapuolinen EMC-vaatimusten osalta verrattuna UN/ECE-sääntöön nro 10. Neuvoston direktiivissä 72/245/ETY ei esimerkiksi oteta huomioon REESS-järjestelmää, joten se ei sovellu sähköautomuunnoksille.

Erikoisessa asemassa ovat vanhat autot, joiden ensimmäistä käyttöönottopäivää vastaavissa säädöksissä käsitellään ainoastaan ottomoottorisen ajoneuvon sähkömagneettista yhteensopivuutta, tai niitä eivät koskeneet EMC-vaatimukset silloin lainkaan. Esimerkiksi ennen vuotta 1996 käyttöönotettujen ajoneuvojen kohdalla ei ole erillisiä EMC-vaatimuksia. Jos sellaisiin ajoneuvoihin sovelletaan valtioneuvoston asetuksen ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista (1270/2014) 15 §:n 1 momenttia, niin silloin niiden sähköistä voimalaitetta ei tarvitsisi testata sähkömagneettisten häiriöiden osalta lainkaan. Tämä voisi johtaa aikamoiisiin "radiohäiriöihin" liikenteessä.

Vanhojen autojen pohjalle tehtyjen sähköautomuunnosten osalta voi todeta, että niitä koskevat EMC-vaatimukset ovat puutteelliset sekä melko kirjavat, eli vaihtelevat suuresti ensimmäisen käyttöönottopäivän mukaan.

Sähköautomuunnosten kannalta on kaksi ajoneuvojärjestelmää, joihin todennäköisesti joutuu tekemään muutostyöt ja joiden tyyppihyväksynnässä vaaditaan sähkömagneettisen yhteensopivuuden testaamista. UN/ECE-säännön nro 13-H kohdassa 5.1.1.4 vaaditaan UN/ECE-säännön nro 10 muutossarjaa 04 (tai uudempaa) osoittamaan, etteivät magneetti- tai sähkökentät vaikuta haitallisesti jarrulaitteiston tehoon. Sähkökäyttöisille ohjaustehostimille UN/ECE-säännön nro 79 kohdassa 5.1.5 vaaditaan UN/ECE-säännön nro 10 muutossarjaa 04 (tai uudempaa).

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi automääräyksen liitteessä 1 vaaditaan sähkö-elektronikka-asennelmien osalta nimetyn tutkimuslaitoksen (taikka muun ETA-valtion ilmoittaman tutkimuslaitoksen) selvitystä.

8 Sähkökytkentöjen merkinnät

REESS-järjestelmän korkeajännitteisten osien merkintöjä ja niiden johtojen varoitusvärejä käsitellään UN/ECE-säännössä nro 100.

Korkeajännitteiseen REESS-järjestelmään, tai sen lähelle, on kiinnitettävä *korkeajännitelaitteen symboli*. Symboli on kolmio, jossa on salaman kuva (nuolikuviö). Symbolin taustan on oltava keltainen, kolmion reunuksen ja nuolikuviön mustat. Varoitussymbolin malli esitetään UN/ECE-säännön nro 100 kohdassa 5.1.1.4.1. Tämän symbolin on oltava näkyvissä myös koteloissa ja suojuksissa, joiden poistaminen paljastaisi korkeajännitepiirien jännitteellisiä osia. Merkintä ei ole pakollinen silloin, kun suojuksat tai kotelot sijaitsevat ajoneuvon lattian alla, tai kun niitä ei voida koskettaa fyysisesti, avata tai poistaa ilman että ajoneuvon osia joutuisi poistamaan työkaluja käyttämällä. Korkeajänniteväylillä olevissa liitäntälaitteissa tämän merkin käyttö on valinnaista. (UN/ECE-sääntö, kohta 5.1.1.4.)

Koteloimattomien korkeajänniteväylän kaapeleiden ulkokuoren on oltava oranssi (UN/ECE-sääntö nro 100, kohta 5.1.1.4.3).

9 Pelastusmerkinnät

Nykyisissä ajoneuvosäädöksissä ei vaadita sähköautomuunnoksille eikä tehdasvalmisillekaan sähköautoille minkäänlaisia pelastusmerkintöjä kolaritilanteita varten taikka ulospäin näkyviä korkeajännitteisen auton varoitusmerkintöjä. UN/ECE-säännön nro 100 merkintävaatimukset eivät ole äsken mainittujen merkintöjen luontaisia.

Vuonna 2017 kumotussa liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista (1248/2002) sähköautojen kohdalla oli vaatimus,

jonka mukaan muun kuin voimansiirtojärjestelmältään muuttamattoman EY-tyyppihyväksytyn ajoneuvon piti palo- ja pelastustilanteita varten olla varustettu ajoneuvosta ulospäin näkyvällä riittävän selkeällä sähkökäyttöä ilmaisevalla merkinnällä (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus 1248/2002, 18 a §). Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin automääräyksen perustelumuihistiosta vuodelta 2017 nähdään hyvä perustelu sille, miksi tämä vaatimus on jätetty pois automääräyksestä:

Tällaisia merkintöjä ei edellytetä eikä niitä ole yleisesti käytössä EY-tyyppihyväksytyissä sähkökäyttöisissä autoissa, joten merkinnän vaatimisella muihin sähkökäyttöisiin autoihin ei saavuteta liikenneturvallisuushyötyä.

Tehtaalta tulevien autojen, eli äskeisessä perustelumuihistiossa mainittujen EY-tyyppihyväksytyjen autojen, kohdalla pelastushenkilöstö pystyy yleensä tunnistamaan sähköauton joko automallin perusteella, tai autossa olevasta mallin nimestä, tai logon hybridiväreistä. Polttomoottorisesta automallista muunnetun sähköauton kohdalla tunnistaminen korkeajännitteiseksi ajoneuvoksi on käytännössä mahdotonta kolaripaikoilla tai muissa pelastustehtävissä, ellei tarkista ensin ajoneuvon käyttövoimatyyppi rekisteritiedoista. Tässä piilee hengenvaarallisen sähköiskun vaara pelastajille.

Sähköautomuunnosten kohdalla ei ole myöskään vaatimusta ohjeiden laatimiselle ajoneuvon virrattomaksi saamiseksi, mikä varmasti olisi tarpeen monissa pelastustilanteissa tai autokorjaamokäynneillä.

10 Polttonestekäyttöinen lämmitin sähköautomuunnoksessa

Polttomoottorin poiston seurauksena sähköautomuunnoksissa menetetään hukkalämmön lähde, jolla on tähän asti lämmitetty matkustajatilaa ja pidetty tuulilasia sulana. Sähköauton lämmitys voidaan hoitaa siihen asennettavilla sähkövastuksilla. Tämä on helppo ja painon kannalta edullinen ratkaisu. Jatkuva vastuksilla lämmittäminen talvella kuitenkin kuluttaa auton sähkövarastoa ja lyhentää sähköauton ajokantamaa. Toinen ratkaisu sähköauton lämmittämiseen on polttonestekäyttöinen lämmitin. Monesta suomalaisesta polttomoottorisesta autosta sellainen löytyykin jo valmiiksi – lisälämmittimenä. Seuraavassa tarkastellaan polttonestekäyttöisen lämmittimen asentamiseen liittyviä säädöksiä, lähinnä polttonestesäiliöiden osalta, ja pohditaan ajoakun ja polttonestesäiliön yhdistelmää ajoneuvoissa paloturvallisuuden näkökulmasta.

10.1 Polttonestekäyttöisen lämmittimen asentamiseen liittyvät säädökset

Polttonestekäyttöisen lämmittimen asentaminen autoon Suomessa sallitaan ilman muutokatsastusta, kunhan se asennetaan lämmittimiä koskevia säädöksiä noudattaen. Asiasta määrätään Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín antaman auton rakennemuutosmääräyksen kohdissa 1.5.1 ja 1.5.2. Määräyksen kohdassa 1.5.1 sallitaan tiettyjen varusteiden asentaminen ja muuttaminen ennen ajoneuvon ensimmäistä käyttöönottoa, sillä ehdolla, että muutoksen jälkeen ajoneuvo täyttää muutoskohteiden osalta niitä koskevan säädöksen vaatimukset. Kohdassa 1.5.2 sallitaan nämä varustemuutokset myös ajoneuvon ensimmäisen käyttöönoton jälkeen. Lisälämmittinlaitteet ovat kohdassa 1.5.1 lueteltujen sallittujen varusteiden listalla. Samassa kohdassa myös määrätään, ettei asentaminen vaadi muutokatsastusta.

Auton rakennemuutosmääräyksessä ei tarkenneta sen kummemmin, oletetaanko tässä lisälämmittimen ottavan polttonestettä ainoastaan jo olemassa olevasta polttoainetankista, vai sallitaanko lisälämmittimelle oman polttonestesäiliön asentaminen.

Auton rakennemuutosmääräyksen kohdassa 1.5.1 mainitsema lisälämmittintä koskeva säädös löytyy Liikenne- ja viestintävirasto Traficomín antaman automääräyksen liitteestä 1. Liitteessä 1 olevassa taulukossa on lueteltuna ajoneuvojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa sovellettavat säädökset. Lisälämmittimien asentamiseen liittyen automääräyksen taulukosta löytyvät sellaiset kohteet kuin polttonestesäiliöt (taulukon kohta 3) sekä lämmitysjärjestelmät (taulukon kohta 36). Taulukon jälkeen määräyksessä kuitenkin huomautetaan, ettei taulukon kohtaa 3 sovelleta sähkökäyttöiseen ajoneuvoon, jossa ei ole polttomoottoria. Näin ollen sähköautoon asennettavaa lämmityslaitetta koskee vain taulukon kohta 36. Kyseisessä kohdassa määrätään lämmityslaitteiden vaatimustenmukaisuuden osalta noudattamaan direktiiviä 2001/56/EY, asetusta (EY) nro 661/2009 sekä UN/ECE-sääntöä nro 122.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/56/EY ei ole enää voimassa ja viittauksia tähän direktiiviin on pidettävä viittauksina Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) nro 661/2009 (asetus (EY) nro 661/2009, artikla 19). Direktiivin 2001/56/EY:n mukaan tyyppihyväksytyjen lisälämmittimien osalta on edelleen sovellettavissa kyseinen kumottu säädös (asetus (EY) nro 661/2009, liitteen IV lisäys). Koska

kumottu direktiivi ei ole sisällöltään ristiriidassa UN/ECE-säännön nro 122 kanssa, ainakaan polttonestekäyttöisten lämmittimien osalta, voidaan se sähköautomuunnosten tapauksessa unohtaa kokonaan.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) nro 661/2009 on tässä tärkeä siksi, että asetuksessa säädetään direktiivin 2001/56/EY ja UN/ECE-säännön nro 122 soveltamisesta polttonestekäyttöisten lämmittimien osalta. Sen lisäksi asetuksessa säädetään UN/ECE-säännön nro 34 soveltamisesta palovaaran torjumisen osalta nestemäisten polttoaineiden säiliöiden tapauksessa. Asetuksen liitteessä IV luetellaan UN/ECE-sääntöjä, joiden soveltaminen on pakollista vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa sekä niiden sääntöjen käytettävät muutossarjat tai täydennykset. Kyseisessä asetuksen liitteessä säädetään, että palovaaran torjumisen osalta on käytettävä UN/ECE-säännön nro 34 muutossarjan 03 täydennystä 1, ja ajoneuvojen lämmitysjärjestelmien osalta UN/ECE-säännön nro 122 alkuperäisversion täydennystä 1.

UN/ECE-säännön nro 122 osalta kaikki on siis selvää. Sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in antamassa automääräyksessä, että Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa määrätään noudatettavan kyseistä UN/ECE-sääntöä.

UN/ECE-säännössä nro 122 ei kuitenkaan käsitellä polttonestesäiliöiden asentamista. Ainoastaan polttonestesäiliön täyttöaukon sijainnin ja merkinnän suhteen on vaatimuksia. Täyttöaukko ei saa sijaita matkustamossa, ja se on varustettava tiiviillä tulpalla polttoaineen läikkymisen estämiseksi. Kun kyse on lämmittimestä, jonka polttoaineensyöttö on ajoneuvon polttoaineensyötöstä erillinen, polttoainetyyppi ja täyttöaukko on merkittävä selvästi. Täyttöaukkoon on myös kiinnitettävä ilmoitus siitä, että lämmitin on kytkettävä pois päältä ennen täyttöä. (UN/ECE-sääntö nro 122, kohdat 5.3.3.1 - 5.3.3.3.)

Niin kuin ylempänä on jo mainittu, toinen Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) nro 661/2009 liitteessä IV mainittu UN/ECE-sääntö, jota voisi kuvitella soveltavan polttonestekäyttöisten lämmittimien asennuksissa on sääntö nro 34. Sitä sovelletaan palovaaran torjumiseen nestemäisten polttoaineiden säiliöiden osalta. Se on myös sama sääntö, joka mainitaan Traficom in antaman automääräyksen liitteen 1 taulukon kohdassa 3, jonka osalta määräyksessä sanotaan, ettei kyseistä kohtaa sovelleta sähkökäyttöiseen ajoneuvoon, jossa ei ole polttomoottoria. Syy tähän ristiriitaan säädöksissä sähköautojen polttonestesäiliöiden kohdalla löytyy itse UN/ECE-säännöstä nro 34.

Vaikka kyseisen säännön soveltamisala onkin ajoneuvoluokkien M, N ja O hyväksyntä polttonestesäiliöiden osalta, sen määritelmässä selvästi sanotaan, että säännössä käsiteltävät säiliöt ovat suunniteltu pitämään sisällään ensisijaisesti ajoneuvon voimanlähteenä käytettävää polttonestettä (UN/ECE-sääntö nro 34, kohta 4.4). Toisin sanoen, UN/ECE-säännössä nro 34 käsitellään ainoastaan ajoneuvon liikuttamiseen tarkoitettujen polttonestesäiliöiden vaatimuksia. Auton lämmittämiseen tarkoitettujen polttonestesäiliöt eivät kuulu tämän säännön piiriin.

Kansallisista tai EU:n säädöksistä ei löydy muita säännöksiä, joita voisi soveltaa polttonestekäyttöisten lämmittimien säiliöihin. Polttonestekäyttöisten lämmittimien säiliöitä ei käsitellä missään ajoneuvoteknisissä säädöksissä erillisinä säiliöinä. Tämän takia polttonestekäyttöisten lämmittimien asentaminen sähköautoihin on ongelmallista. Kysymyksiä herää esimerkiksi asennettavan säiliön litratilavuuden osalta. Sitä ei rajata missään säädöksessä. Tällä hetkellä lämmittimen polttonestesäiliön kokoa rajoittaa vain akseli-kohtaiset sallitut massat. Myös lämmittimen polttonestesäiliön sijoittamiseen liittyvät vaatimukset ovat epäselviä. Säiliöiden kestävyydellekään ei varsinaisesti säädetä vaatimuksia, jos niitä ei hyväksytä UN/ECE-säännön nro 34 mukaan. Mainitussa UN/ECE-säännössä esimerkiksi muovisäiliöitä testataan mm törmäys- ja palonkestävyydelle. Polttonestesäiliön asentamisen turvallisuus jää myös kyseenalaiseksi. Esimerkiksi sähköstaattisten purkausten eliminointi on käsitelty UN/ECE-säännössä nro 34, muttei muissa polttonestelämmittimiä koskevissa säädöksissä.

Säännösten kannalta helpoin ratkaisu sähköautomuunnosten tapauksessa olisi jättää paikoilleen ajoneuvon alkuperäinen polttoainesäiliö, jolloin ajoneuvon tyyppihyväksyntä säiliön osalta säilyisi ja sieltä saisi johdettua lämmittimen tarvittava polttonesteen syöttö. Kolariturvallisuuden ja painopisteen vuoksi on alkuperäisen polttoainetankin viemä tila joskus paras sijoituspaikka myös ajoakulle. Tässä tapauksessa alkuperäisen polttoainetankin joutuisi vaihtamaan pienempään säiliöön. Pienempään säiliöön vaihtaminen sähköautossa olisi järkevää myös painonsäästösyistä. Iso nestetankki on painava ja turhaan kuluttaa sähköauton ajokantamaa. Polttonestekäyttöiset lämmittimet eivät tarvitse kovin isoja säiliöitä, koska niiden kulutus on puolen litran luokkaa tunnissa ja auton lämmentyä sitäkin vähemmän lämmittimen siirryttyä ylläpitoliekillä (Yleisiä Webasto-lisälämmittimiin liittyviä kysymyksiä 2020; Polttoainetoiminen lisälämmitin korvaamassa lohkolämmittimet 2018). Pieneen säiliöön vaihtaessa sähköautomuunnoksessa vaihtoehtoina ovat vanhan polttoainetankin tilan jakaminen ajoakun ja polttonestesäiliön kesken, tai säiliön

sijoittaminen uuteen paikkaan. Etenkin ensimmäisessä tapauksessa, selvien säädösten puuttuessa herää luonnollisesti kysymys paloturvallisuudesta. Sitä tarkastellaan seuraavaksi.

10.2 Ajoakun ja polttonestesäiliön yhdistelmän paloturvallisuus

Tutkimuskirjallisuudesta käy selväksi, että sähköautojen osalta maailmalla tehdään paljon palotestejä. Osassa on testattu ajoakuston palokäyttäytymistä yksinään, ilman muiden ajoneuvon komponenttien vaikutusta siihen, osassa taas on poltettu kokonaisia sähköautoja ja jopa hybridejä, joissa on sekä polttoainesäiliö että ajoakusto. Siitä huolimatta vielä ei näytä olevan tarjolla palotestejä tai selvää tutkimustietoa, joissa keskityttäisiin nimenomaan polttonestesäiliöiden ja ajoakustojen yhteiseen vaikutukseen ajoneuvon paloturvallisuuteen.

Tutkimusten valossa näyttää siltä, että ajoakkujen ja polttonestesäiliöiden palokuorma autopaloissa on samaa luokkaa. Vertailevissa tutkimuksissa on osoitettu, että sähkö- ja polttomoottoriautojen palokäyttäytyminen ja paloteho on sama. Esimerkiksi Ranskassa vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa poltettiin kahden eri autovalmistajan ajoneuvoja, kummaltakin yksi sähköauto ja yksi vastaavanlainen dieselauto (Lecocq ym. 2012). Testissä simuloitiin palon leviämistä matkustamon tiloista, eli sytytettiin matkustamo tuleen. Testissä todettiin, että palokäyttäytyminen oli samanlaista sähkö- ja dieselautossa. Palotehon ja lämmön kokonaisvapautumisasteen todettiin myös olevan samaa luokkaa.

Kanadalaisessa vertailevassa tutkimuksessa on poltettu kahta bensiinikäyttöistä autoa, kolmea sähköautoa ja kahta ladattavaa hybridiä (Lam ym. 2016). Kokeessa simuloitiin auton alle valuneen polttoaineen palamista 2,4 x 1,2 metrin kokoisella propanipoltinalustalla. Tässä palotestissä havaittiin, että kahden ladattavan hybridiauton palo oli samanlaista testeissä olleiden muiden ajoneuvojen kanssa lämpövirran tiheyden (heat flux) ja palotehon (heat release rate) osalta. Kummatkin testissä olleet hybridit olivat myös bensiinikäyttöiset, toisella muovinen ja toisella metallinen polttoainesäiliö. Tämän tutkimuksen valossa näyttäisi, ettei ajoneuvon paloturvallisuus muutu, ainakaan paljon, asentamalla ajoakku ja polttonestesäiliö samaan autoon.

Kun kyse on lämmittimien polttonestesäiliöistä, jotka ovat yleensä tavallisia polttoainetankkeja pienemmät, niiden vaikutus sähköautopalossa on sitäkin pienempi. Hyvä esimerkki tästä on japanilainen vertaileva tutkimus, jossa sytytettiin sähköauto ja bensiinikäyttöinen auto tuleen (Watanabe 2012). Sähköautossa oli 24 kWh:n ajoakku ja toisessa autossa vain 10 litraa bensiiniä. Sähköauto sytytettiin takapuskurista, koska se oli lähellä ajoakkua ja bensiiniauto sytytettiin takalokasuojasta, jonka luona sijaitsi polttoainesäiliön täyttöaukko. Paloteho (heat release rate) ja lämpövirran tiheys (heat flux) olivat bensiinikäyttöisessä autossa pienempiä kuin sähköautossa. Bensiinikäyttöisen auton paloteho oli vain 2,1 MW, kun sähköauton oli 6,3 MW. Tämän sähköauton arvot olivat kuitenkin samalla tasolla muiden bensiinikäyttöisten sedan-mallisten autojen kanssa aikaisemmin saman tutkijaryhmän tehdyissä palokokeissa.

Ajoakuista mahdollisesti aiheutuvaa palovaaraa lämmityslaitteiden polttonestesäiliöille voitaisiin minimoida soveltamalla UN/ECE-sääntöä nro 34. Säännössä olevat palonkestävyysvaatimukset metallisäiliöille ja palotestit muovisäiliöille antavat matkustajille riittävästi aikaa poistua ajoneuvosta palon syttyä vaikka suoraan säiliöidenkin alla. UN/ECE-säännössä nro 34 on paljon muitakin tärkeitä turvallisuusvaatimuksia polttonestesäiliöiden osalta, kuten sähköstaattisten purkausten eliminointi, polttonesteen ylivuotojen oikeanoppinen ohjaaminen ja ajoneuvon törmäysvyöhykkeiden huomiointi säiliön asennuksissa. UN/ECE-säännössä nro 34 olevat törmäysvyöhykkeiden huomiointi ja mekaanisten rasitusten testit suojaisivat myös ajoakkuja vähentämällä autopalojen riskiä valuneesta polttoaineesta kolaritilanteissa.

Polttonestesäiliöistä ajoakuille mahdollisesti aiheutuvaa palovaara säädöksissä minimoidaan UN/ECE-säännöllä nro 100. Tässä säännössä ajoakkuja – tai REESS-järjestelmän tyyppejä – vaaditaan testattavaksi itsesyttymisen varalta simuloimalla oikosulun ja törmäyksen tilanteita, mutta myös suoraan liekkeihin upottamalla. Testeissä ajoakut eivät saa räjähdellä ja syttymisestäkin merkkejä saa ilmetä vasta reilut kaksi minuuttia avo- liekeissä olemisen jälkeen. UN/ECE-säännössä nro 100 ajoakkujen tulenkestävyyttä testataan, jotta matkustajilla olisi riittävästi aikaa poistua ajoneuvosta, esimerkiksi ajoneuvon alle valuneen polttoaineen syttyä tuleen.

Sähköautojen ajoakkuja testataan jo nytkin ottaen huomioon polttoainesäiliön olemassaolo samassa ajoneuvossa (UN/ECE-sääntö nro 100, liitteen 8E kohta 1). Aikaisemmin esitettyjen vertailevien autopalotutkimusten valossa ja huomioiden UN/ECE-säännön

nro 100 vaatimukset voidaan väittää, että ottamalla UN/ECE-sääntö nro 34 käyttöön myös polttonestekäyttöisten lämmittimien säiliöiden osalta tai luomalla niitä varten oma vastaava säädös polttonestekäyttöisillä lämmittimillä varustetut sähköautot olisivat yhtä turvallisia kuin polttomoottori- tai sähköautot yleensäkin.

11 Muutostyöstä seuraava verotus

Suomessa ajoneuvoa verotetaan uudestaan, jos vähintään 50 % ajoneuvon osista vaihdetaan. Sen takia sähköautokonversioiden kohdalla on tärkeä tarkastella vaihtoa vaativien osien määrää muutostöissä.

Veron suorittamisvelvollisuudesta ja vaihdettujen osien 50 %:n rajasta säädetään autoverolain (777/2020) 3 §:n 3 momentissa. Jos ajoneuvon alkuperäisistä osista vaihdetaan 50 % tai enemmän, ajoneuvolle annetaan myös uusi valmistenumero (rakennettu ajoneuvo) ja se on esitettävä rekisteröintikatsastukseen hyväksyttäväksi (ajoneuvolaki 2002: 7 a §).

Ajoneuvon osien ja osakokonaisuuksien osuuksista ajoneuvosta säädetään tarkemmin valtioneuvoston asetuksella. Ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista annetun valtioneuvoston asetuksen (1270/2014) liitteestä löytyy lueteltuna tyypillisimpien osien prosenttiosuudet koko ajoneuvosta. Kyseisen liitteen mukaisesti laskettuna sähköautomuunnoksissa vaihdettavien osien osuus näyttäisi jäävän alle 40 %. Laskuesimerkki on esitetty taulukossa 1. Laskuesimerkissä on laskettu mukaan myös ajovalojen osuudet, koska muutostyön yhteydessä mahdollisesti halutaan vaihtaa energiataloudellisiin ajovaloihin.

Taulukko 1. Vaihnettavien osien osuus koko ajoneuvosta sähköautomuunnostöissä. Osuudet ovat valtioneuvoston asetuksen 1270/2014 liitteen mukaisia.

Vaihdeettava osa	Osuus ajoneuvosta
lämmityslaite	2 %
moottori apulaitteineen (sisältää vaihteiston ja voimansiirtoakselin, jäähdyttimen, polttoainesäiliön)	26 %
etu- tai taka-akselisto	4 %
kojelauta	2 %
etuvalaisimet	2 %
takavalaisimet	2 %
<i>yhteensä:</i>	38 %

Myös katsastajien haastatteluista ilmeni, etteivät sähköautomuunnosten vaihto-osien prosenttiosuudet ole koskaan olleet ongelmana muutoksikatsastuksissa.

Valtioneuvoston asetuksen (1270/2014) 18 §:n 1 momentin mukaan liitteessä mainitsemattomien osien ei katsota vaikuttavan kanta-ajoneuvosta peräisin olevien osien osuuteen. Asetuksen liitteessä ei mainita ajoakkaa tai koko REESS-järjestelmääkään, joten niitä ei lasketa mukaan. Jos asetusta joskus päivitetään vastaamaan nykyaikaa niin, että siihen lisätään REESS-järjestelmä ja sille annetaan oma prosenttiosuus, saattaa silloin sähköautokonversioiden muutoksikatsastaminen hankaloitua verotussyistä.

Muutostyöstä aiheutuvaa verotusta tarkastellessa kannattaa erikseen mainita niin kutsutut korjatut ajoneuvot. Ajoneuvolain (1090/2002) 7 a §:n 1 momentin mukaan, korjattu ajoneuvo on liikennevahingon, korroosion tai muun syyn takia vaurioitunut ja sen jälkeen kunnostettu, tai muuten osista rakennettu ajoneuvo, jonka alkuperäisistä osista vähintään 25 prosenttia on vaihdettu. Korjatun ajoneuvon rekisteriin merkitään tieto vaihdetuista osista ja niiden prosenttiosuuksista sekä huomautus "KORJATTU AJONEUVO" (valtioneuvoston asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista 2014: 19 §).

Jos korjatun ajoneuvon aikaisemmin vaihdetuksi merkityt osat ovat eri osia kuin sähköautomuunnostyössä vaihdettavat, kerryttää se helposti kanta-ajoneuvon vaihdettujen osien kokonaisuutta yli 50 % ja näin ollen aiheuttaa veroseuraamuksia.

12 Muutostyön suorittajan vastuu vahinkoon johtavista virheistä

Sähköautojen rakentelu saattaa herättää kysymyksiä vastuista mahdollisten sähkötapaturmien tai -palojen osalta ajoneuvon omistajan vaihduttua.

Lainsäädännön näkökulmasta sähköauto on sekä ajoneuvo, että sähkölaite. Siihen sovelletaan sekä ajoneuvoja, että sähkölaitteita koskevia lakeja.

Yksittäisen sähköautomuunnoksen rakentaja ei aina täytä laissa olevia valmistajan määritelmiä, eikä häntä aina koske kaikki ne vaatimukset ja velvoitteet, jotka ovat laissa säädetty valmistajille. Esimerkiksi sähköturvallisuuslain (1135/2016) määritelmän mukaan valmistaja on se, joka valmistaa taikka suunnitteluttaa tai valmistuttaa sähkölaitetta ja markkinoi kyseistä sähkölaitetta nimellään tai tavaramerkillään varustettuna (sähköturvallisuuslaki 2016: 4 §:n kohta 9). Kuitenkin sähköautomuunnoksen rakentajaakin, vaikkei hän olisikaan valmistaja, koskevat samat sähkölaitteisiin liittyvät yleiset vaatimukset sekä velvoite osoittaa sähkölaitteen vaatimuksenmukaisuus, jos hän aikoo luovuttaa sähkölaitteen, tässä tapauksessa rakentamansa sähköauton, toiselle käyttäjälle. Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 6 §:ssä säädetään muun muassa, ettei sähkölaitetta saa luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön, ellei se ole suunniteltu ja rakennettu niin, ettei siitä aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Saman lain 7 §:ssä vaaditaan, että sähkölaitteen valmistaja (tässä tapauksessa rakentaja) pystyy osoittamaan 6 §:n vaatimusten täyttymisen, jos sähkölaite luovutetaan myös muiden käyttöön.

Vastuukysymyksissä tärkeään rooliin nousee ajoneuvon sähköisen voimalaitteen käyttöönottotarkastuksen pöytäkirja. Sitä vaaditaan automääräyksen kohdassa 3.9 ja sillä voidaan osoittaa sähköturvallisuuslain pykälien 6 ja 7 vaatimusten täytyminen. Käyttöönottopöytäkirja vakuuttaa sähköautomuunnoksen olevan korkeajännitteisten järjestelmien osalta turvallinen ja vaatimustenmukainen muunnostyön valmistuttua. Tämä asettaa myös pöytäkirjan allekirjoittajan vastuuseen muunnostyön rakentamisen virheistä, eli vaatimustenvastaisuudesta.

Ajoneuvolain mukaan vastuu ajoneuvon kunnosta on kuitenkin ajoneuvon haltijalla (ajoneuvolaki 2002: 9 §). Myös sähköturvallisuuslain 99 §:ssä sanotaan, että vahinkoa aiheuttaneen sähkölaitteen haltija on tuottamuksesta riippumatta velvollinen korvaamaan sähkövahingon. Tosin tätä korvausvastuuta rajoitetaan saman lain pykälissä 100 - 105.

Vastuun rajoittaminen koskee esimerkiksi sellaisia tilanteita, joissa sähkövahinko on aiheutunut toiselle sähkölaitteelle tai -laitteistolle, jonka nimellisjännite on yli 400 voltia, tai jos vahingon kärsinyt on myötävaikuttanut vahinkoon taikka jos muu sähkölaitteeseen kuulumaton seikka on myös ollut vahingon syynä. Kun autokaupan yhteydessä omistajuus siirtyy, silloin uusi omistaja on vastuussa ajoneuvosta. Sähköauton omistajalla ei tarvitse olla sähköpätevyyttä, mutta hän voi huolehtia vastuustaan huollattamalla ja korjauttamalla ajoneuvoa siihen pätevyityneillä ammattihenkilöillä.

Jos vahingon sattuessa voidaan jälkikäteen varmuudella osoittaa vahingon johtuneen siitä, ettei sähköauton muunnostyötä tehty säädösten vaatimusten mukaisesti, lankeaa vastuu muunnostyön tai käyttöönottotarkastuksen tekijälle. Muussa tapauksessa, esimerkiksi jos vaatimusten vastaisen sähkökytkennän tekijää ei pystytä varmuudella osoittamaan, vastuu on sähköautomuunnoksen haltijalla. Tästä ei kuitenkaan vielä ole oikeuskäytäntöä.

13 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu säädöksiä, jotka koskevat polttomoottorisen auton muuttamista sähkökäyttöiseksi. Työ tehtiin hyödyntäen kansallisia ajoneuvoteknisiä ja sähköturvallisuuteen liittyviä säädöksiä, EU:n ajoneuvoteknisiä säädöksiä ja Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) ajoneuvojen hyväksyntää koskevia vaatimuksia sekä tutustumalla ajoneuvojen paloturvallisuutta koskeviin tutkimuksiin. Tutkimusta varten myös haastateltiin puhelimitse kahta sähköautomuunnosten katsastajaa tarkoituksena selvittää nykyisten säädösten sopivuus sähköautomuunnosten muutoskatsastamiseen ja löytää mahdollisia puutteita säännöksistä muunnossähköautojen osalta.

Nykyiset säädökset soveltuvat sähköautoiksi muuntamiseen kohtuullisen hyvin. Sähköautomuunnoksia koskevien säännösten tulkitsemista hankaloittaa niiden oleminen ripoteltuna eri määräyksiin, UN/ECE-sääntöihin ja EU:n säädöksiin. Auton rakennemuutosmääräyksessä ei edes käsitellä sähköajoneuvojen muuttamista millään tavoin. Automääräyksessäkin vain viitataan sähköautojen vaatimustenmukaisuuden osalta suoraan UN/ECE-sääntöön.

Sähköautomuunnosten sähköisten voimalaitteiden sähkö- ja kolariturvallisudessa on ilmeisesti parannettavaa. Kyse ei ole niinkään säännösten puutteellisuudesta vaan siitä, ymmärtävätkö sähköturvallisuuslausunnon allekirjoittajat varmasti koko UN/ECE-säännön nro 100 vaatimukset ja allekirjoittamisen tuoman vastuun. Sähköautomuunnosten katsastajien haastatteluista sai käsityksen, että alalla on muodostunut sellainen mieliala, etteivät kaikki sähköisen voimalaitteen turvallisuuslausunnon allekirjoittajat ymmärrä UN/ECE-säännön nro 100 sisältöä täydellisesti. Kyseinen ajoneuvojen REESS-järjestelmien turvallisuutta käsittelevä sääntö on melko vaikeaselkoinen, eivätkä lausuntoa allekirjoittavat sähköalan ammattilaisetkaan ole tottuneet käsittelemään sellaista aihepiiriä työkseen.

Vaikka UN/ECE-sääntö nro 100 parantaa kolariturvallisuuksi ajoakkujen puristuksen ja sähköiskujen varalta, jää edelleen ongelmalliseksi ajoakun kotelon kiinnityksen kolariturvallisuus. Ajoneuvosäädöksiä tutkiessa ei ole tullut vastaan selkeitä ohjeita ajoakun kotelon turvallisen kiinnityksen suhteen. Kansallisiin säädöksiin olisi hyvä kehittää muutoskatsastusta varten vaatimukset, joista selviää ajoakkukotelon kiinnityksen lujuuden arviointiperusteet, kuten g-voimat tai hidastuvuudet. Tämä parantaisi kolariturvallisuuksi etenkin matkustamon puolelle asennettavien akkukoteloiden osalta.

Muutoskatsastuksia ajatellen olisi syytä myös pohtia sellaisen lisäyksen tarvetta autoteknisiin määräyksiin, joka selkeyttäisi käytäntöjä auton alle tulevien ajoakkukoteloiden kiinnitysosien suhteen.

Sähköautojen, kuten henkilöautojen yleensäkin, polttonestekäyttöisten lämmittimien säiliöiden osalta tarvittaisiin tarkempia säännöksiä. Säiliöiden sisältämä polttoneste ei ole ajoneuvon liikuttamiseen tarkoitettu, minkä takia niihin ei voida soveltaa polttoainetankkeja koskevia nykyisiä säädöksiä. Niiden kuitenkin voidaan ajatella olevan osa ajoneuvojen turvallisuutta (huurteenesto). Polttonestelämmittimet myös parantavat sähköautojen ajokantamaa kovilla pakkasilla sekä ovat yksinkertaisesti mukavuusvaruste – molemmat ovat tärkeitä asioita meidän pohjoismaisessa ilmastossamme. Polttonestekäyttöisten lämmittimien säiliöille ei välttämättä tarvitse luoda tilavuusrajoituksia, koska sähköautossa sopivan asennustilan ahtaus rajoittaa jo säiliön tilavuutta itsessään, mutta määräyksissä olisi hyvä selvyyden vuoksi tarkentaa tätäkin asiaa.

Sähköautomuunnosten rakentajilta ei vaadita yksinkertaistenkaan sähköajoneuvon käyttöohjeiden laatimista. Ohjeiden laatiminen esimerkiksi ajoneuvon virrattomaksi saamiseksi olisi varmasti tarpeen pelastustilanteissa tai autokorjaamokäynneillä.

Vanhempien autojen – vaikkapa 2002 ja sitä vanhempien – pohjalle tehtyjen sähköautomuunnosten osalta voi todeta, että niitä koskevat sähkömagneettisen yhteensopivuuden vaatimukset ovat puutteelliset ja vaihtelevat suuresti ensimmäisen käyttöönottopäivän mukaan. Niiden kohdalla kaivattaisiin nykyaikaisempia ja selkeämpiä sääntöjä. Juuri ennen työn hyväksymistä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom julkaisi päivitetyn version auton ja sen perävaunun rakenteen muuttamisesta, jossa on täsmennetty EMC-vaatimustenmukaisuuden osoittamisen vaatimuksia eri ikäisille autoille. 21.8.2002 tai sitä myöhemmin käyttöön otetun auton tulee sähkökäyttöiseksi muutettaessa täyttää UN/ECE-säännön nro 100 vaatimukset, mutta sähkömagneettisen yhteensopivuuden osoittamiseksi riittää muutossarjan valmistajan antama todistus soveltuvuudesta muutoksen kohteena olevaan ajoneuvoon, tai kaikista korkeajännitelaitteiden osista osoitus EMC-yhteensopivuudesta (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 2021: kohdan 6.1 kappale 1).

Lähteet

Ajoneuvolaki. 2002. 11.12.2002/1090.

Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset. (Automääräys.) 2020. TRAFICOM/420030/03.04.03.00/2019.

Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset. Perustelumustio. 2017. TRAFI/437519/03.04.03.00/2017.

Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen. (Auton rakennemuutosmääräys.) 2016. TRAFI/66404/03.04.03.00/2015.

Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen. 2021. TRAFICOM/194495/03.04.03.00/2019

Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttamisesta annetun määräyksen 2 kohdan muuttaminen. 2018. TRAFI/162823/03.04.03.00/2018.

Auton rakennemuutosmääräyksen soveltamisohje (kevyt kalusto). 2016. TRAFI/176770/03.04.03.03/2016.

Autoverolaki. 2020. 777/2020.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) nro 661/2009. 2009. Moottoriajoneuvojen, niiden perävaunujen sekä niihin tarkoitettujen järjestelmien, osien ja erillisten teknisten yksiköiden yleiseen turvallisuuteen liittyvistä tyyppihyväksyntävaatimuksista.

Hyväksytyt asiantuntijat. 2021. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/hyvaksytyt-asiantuntijat?toggle=Traficom%20hyv%C3%A4ksym%C3%A4t%20hyv%C3%A4ksytyt%20asiantuntijat&toggle=Traficom%20hyv%C3%A4ksym%C3%A4t%20asiantuntijat>>. Päivitetty 13.01.2021. Luettu 24.1.2021.

Komission asetukset (EU) nro 1230/2012. 2012. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 661/2009 täytäntöönpanosta moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen massojen ja mittojen tyyppihyväksyntävaatimusten osalta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2007/46/EY muuttamisesta.

Lam, Cecilia; MacNeil, Dean; Kroeker, Ryan; Loughheed, Gary & Lalime, Ghislain. 2016. Full-Scale Fire Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles. Teoksessa: Proceedings from 4th International Conference on Fires in Vehicles – FIVE 2016, s. 95 – 106. Baltimore: SP Technical Research Institute of Sweden.

Lecocq A.; Bertana M.; Truchot B. & Marlair G. 2012 Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. Teoksessa Proceedings from 2nd International Conference on Fires in Vehicles - FIVE 2012, s. 183 – 194. Chicago: SP Technical Research Institute of Sweden.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista. 2002. 19.12.2002/1248. (Kumottu säädös.)

Polttoainetoiminen lisälämmitin korvaamassa lohkolämmittimet. 2018. Verkkoaineisto. Tuulilasi. <<https://www.apu.fi/artikkelit/polttoainetoiminen-lisalammitin-korvaamassa-lohkolammittimet>>. Luettu 10.12.2020.

SFS 6002:2015 + A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. 2018. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto

Säköturvallisuuslaki. 2016. 16.12.2016/1135.

Turvavarusteen poistaminen. 2008. AKE. 1024/208/2008.

Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista. 2014. 18.12.2014/1270.

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista. 2016. 21.12.2016/1434.

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä. 2016. 21.12.2016/1435.

Vaurioituneen ja kunnostetun tai osista kootun ajoneuvon katsastus. 2011. TRAFI/8468/03.04.03.03/2011.

Watanabe, Norimichi; Sugawa, Osami; Suwa, Tadahiro; Ogawa, Yoshio; Hiramatsu, Muneyuki; Tomonori, Hino; Miyamoto, Hiroki; Okamoto, Katsuhiko & Honma, Masa-katsu. 2012. Comparison of fire behaviors of an electric-battery-powered vehicle and gasoline-powered vehicle in a real-scale fire test. Teoksessa: Proceedings from 2nd International Conference on Fires in Vehicles - FIVE 2012, s. 195–205. Chicago: SP Technical Research Institute of Sweden.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 100. 2019. Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimalaitteeseen sovellettävien erityisvaatimusten osalta. Mukaan lukien täydennys 4 muutossarjaan 02.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 13-H. 2019. Henkilöautojen jarrulaitteiden hyväksyntää koskevat yhdenmukaiset määräykset. Mukaan lukien revisio 4 täydennys 1.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 116. 2020. Moottoriajoneuvojen luvattoman käytön estäviä laitteita koskevat yhdenmukaiset tekniset vaatimukset. Säännön alkuperäisen version täydennys 7.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 10. 2016. Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähkömagneettisen yhteensopivuuden osalta. Mukaan lukien täydennys 01 muutossarjaan 05.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 122. 2019. Luokkien M, N ja O ajoneuvojen hyväksyntää niiden lämmitysjärjestelmien osalta koskevat yhdenmukaiset tekniset vaatimukset. Mukaan lukien täydennys 5 säännön alkuperäiseen versioon.

Yleisiä Webasto-lisälämmittimiin liittyviä kysymyksiä. 2020. Verkkoaineisto. Webasto. <<https://webastolammitys.fi/yleisimmat-kysymykset/>>. Luettu 10.12.2020.