

Jaakko Sorvoja

SFS 6002 autoalan perustutkinnon suorittajille

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jaakko Sorvoja

Työn nimi: SFS 6002 autoalan perustutkinnon suorittajille

Ohjaaja: Ari Saunamäki

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 35

Liitteiden lukumäärä: 1

Ammatillisen koulutuksen opetussuunnitelmat uudistuvat ja muutokset astuvat voimaan 1.8.2015. Uuden opetussuunnitelman myötä sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002:2015 mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus tulee takautuvasti pakolliseksi osaksi autoalan perustutkintoa. Tällöin kaikki kevätlukukaudella 2015 autoalan opiskelijoina olevat tulevat tämän koulutuksen suorittamaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda keskiasteelle koulutusmateriaali tulevaa sähkötyöturvallisuustutkintoa varten. Koulutusmateriaali sisältää myös sähkö- ja hybridiajoneuvojen tekniikkaan perehdyttävän osion. Tekniikkaosio ei ole merkiköhtäinen, vaan yleisesti sähkö- ja hybridiajoneuvoja koskeva.

Tällaista laajempaa sähkö- ja hybridiajoneuvoja koskevaa kurssia ei kuitenkaan vielä valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa ole, joten se joko sulautetaan muihin opintoihin tai järjestetään paikallisesti tarjottavana tutkinnon osana.

Uusi opetussuunnitelma astuu siis voimaan syyslukukaudella 2015, joten kurssia tehdessä sitä ei vielä voinut testata keskiasteella. Opetusmateriaalia tehtiin noin vuoden ajan ja sitä pilotoitiin kouluttamalla autoalan ammattilaisia. Materiaali osoitautui erittäin toimivaksi. Syyslukukaudella 2015 päästään näkemään koulutuspaketin toimivuus ammattiopistolla.

Koulutusmateriaali on itsenäinen kokonaisuus ja se on tämän opinnäytetyön liitteenä.

Avainsanat: ammatillinen koulutus, sähköajoneuvot, hybridiautot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jaakko Sorvoja

Title of thesis: SFS 6002 for the automotive basic degree students

Supervisor: Ari Saunamäki

Year: 2015 Number of pages: 35 Number of appendices: 1

The vocational education programmes are being redesigned and the changes will take effect on 1 August 2015. In the new education programme, the training on safety at electrical work in accordance with the SFS 6002:2015 standard for safety at electrical work will become a compulsory part of the automotive basic qualifications. As a consequence, all students who are studying for the automotive basic degree in the spring semester of 2015 are required to complete this training.

The purpose of this thesis was to create the secondary school educational materials for the forthcoming qualification in safety at electrical work. The educational material also includes a section on the technology of electric and hybrid electric vehicles. The technology section discusses electric and hybrid electric vehicle technology on the general level and is not focused on certain models.

The national education programme does not yet include this kind of extended course on the electric and hybrid electric vehicles so it will be either integrated into other studies or arranged locally as a part of the qualification.

The new education programme will thus enter into force in autumn semester of 2015, due to which it was not yet possible to have the course tested in the secondary training when it was compiled. The training material required approximately a year of work to be completed and it was piloted by training the automotive professionals. The material proved to be a success. The autumn semester of 2015 will show the functionality of the training material in practice in a vocational school.

The training material forms an independent package and it is attached to this thesis.

Keywords: vocational education, electric vehicles, hybrid cars

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Käytetyt termit ja lyhenteet	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Ammatillinen peruskoulutus uudistuu	6
1.2 Työn tavoite	6
1.3 Työn osiot	7
2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS	8
2.1 Standardin SFS 6002:2015 perusta	8
2.2 Standardin sisältö	9
2.3 Lait, asetukset ja päätökset	15
2.3.1 Sähköturvallisuuslaki 410/1996	15
2.3.2 Sähköturvallisuusasetus 498/1996	16
2.3.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 516/1996	17
2.4 Koulutusvaatimus	17
3 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOJEN PERUSTEET	19
3.1 Yleistä	19
3.2 Sähköajoneuvot	20
3.2.1 Täyssähköajoneuvo, BEV	20
3.2.2 Hybridiajoneuvo, HEV	20
3.2.3 Ladattava hybridiajoneuvo, PHEV	20
3.3 Hybridiajoneuvojen luokittelu	20
3.4 Sähköajoneuvojen tärkeimmät järjestelmät	22
3.4.1 Täyssähköajoneuvon pääkomponentit	22
3.4.2 Hybridiajoneuvojen erot täyssähköajoneuvoihin	23
4 SÄHKÖAJONEUVOT SUOMEN TIELIIKENTEESSÄ	25
4.1 Tilanteen kehitys viime vuosina	25
4.2 Tulevaisuuden visiot	26
5 KOULUTUSMATERIAALI	29

5.1 Materiaalin teossa huomioitua	29
5.2 Pedagogiikka	30
5.3 Oheismateriaali	31
6 YHTEENVETO.....	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	35

Käytetyt termit ja lyhenteet

TUTKE 2	Ammatillista perus- ja aikuiskoulutusta koskevat säädösmuutokset, voimaan 1.8.2015
ECVET	European Credit System for Vocational Education and Training, eurooppalainen opintosuoritusten siirtojärjestelmä
osp	osaamispiste, ECVET-piste
ov	opintoviikko, vastaa 40 h opiskelua, sama kuin 1,5 osp
SFS 6002:2015	Suomalainen standardi SFS 6002:2015 sähkötyöturvallisuus
STL	Kansallinen sähköturvallisuuslaki 410/1996
STA	Kansallinen sähköturvallisuusasetus 496/1996
KTMp	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 516/1996
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö, entinen KTM
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, sähköturvallisuusviranomaisen
Seti Oy	Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy, Tukesin nimittämä sähköalan arviointilaitos
BEV	Battery Electric Vehicle, täyssähköajoneuvo
HEV	Hybrid Electric Vehicle, hybridiajoneuvo
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, ladattava hybridiajoneuvo
Range extender	Ladattava hybridiajoneuvo pidennetyllä toimintamatkalla
Moodle	Avoimen lähdekoodin virtuaalinen oppimisympäristö

1 JOHDANTO

1.1 Ammatillinen peruskoulutus uudistuu

Keskiasteen opetussuunnitelma tulee muuttumaan 1.8.2015 alkaen. Muutos perustuu sekä Opetushallituksen ammatillisen koulutuksen tutkintojärjestelmän kehittämishankkeeseen (TUTKE 2) että eurooppalaiseen ECVET-järjestelmään.

TUTKE 2 -säädosmuutokset perustuvat kansalliseen tahtotilaan, työelämälähtöisyyteen ja osaamisperusteisuuteen. Tavoitteena on muun muassa siirtyä vahvempaan osaamisperusteisuuteen, tuoda joustavuutta opintoihin sekä tukea yksilöllisten opintopolkujen rakentamista. (Kärki 2014, 7.)

ECVET-järjestelmän taustalla on Euroopan komission vuonna 2009 antama suositus koskien ammatillisen koulutuksen opintosuorituksien siirtojärjestelmää. Tätä järjestelmää voidaan hyödyntää toisessa Euroopan maassa hankitun osaamisen ja opintosuorituksien tunnustamisessa. ECVET-järjestelmällä on kaksi laajaa pää-tavoitetta; se edistää sekä kansainvälistä liikkuvuutta EU:n alueella että elinikäistä oppimista. (Kärki 2014, 16.)

Muutoksen yhteydessä autoalan perustutkintoon sisällytetään autoalan sähkötyöturvallisuustutkinto perustuen standardiin SFS 6002:2015. Syynä muutokseen ovat ajoneuvojen muuttuvat energiajärjestelmät. Sähkö- ja hybridiajoneuvot yleistyvät, ja näiden ajoneuvojen toimintajännitteet ovat hyvin suuria, jopa satoja voltteja. Opetussuunnitelma ei kuitenkaan sisällä kurssia sähköajoneuvoista.

1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda koulutusmateriaali, joka pitää sisällään sekä sähkötyöturvallisuuskoulutuksen että kurssin sähköajoneuvoista. Valmista koulutusmateriaalia oli heikosti saatavilla, joten koulutuspaketti päätettiin koota itse. Laajennetun koulutuspaketin tulee palvella mahdollisimman hyvin tulevia ajoneuvoasentajia työssään.

Urakka aloitettiin suorittamalla sekä autoalan sähkötyöturvallisuustutkinto SFS 6002 että autoalan rajoitettu S3 sähköturvallisuustutkinto, lisäksi pätevoidytiin kyseisten tutkintojen kouluttajaksi. Työtä auttoi toimiminen osatoteuttajana hankkeessa ”Ansvar – varautuminen muuttuviin energiajärjestelmiin ajoneuvoissa”, jonka puitteissa koottiin laaja materiaalipaketti liittyen sekä SFS 6002 - että S3-koulutuksiin. Tätä materiaalia hyödynnetään koulutuspaketissa.

1.3 Työn osiot

Tämä työ koostuu varsinaisesta opinnäytetyöstä ja liitteenä olevasta koulutusmateriaalista (Liite 1). Koulutusmateriaali on itsenäinen kokonaisuus. Opinnäytetyö esittelee työn taustat sekä lyhyesti koulutusmateriaalin tärkeimmät asiat.

Koulutusmateriaali pitää sisällään muun muassa standardin SFS 6002:2015 autoalaa koskevat asiat, sähköön aiheuttamat vaarat, sähkötapaturmat ja laajan tekniikkaosion. Koulutuspaketti rakentuu yhdelle jaksolle. Ajallisesti tämä tarkoittaa noin kuudesta seitsemää viikkoa. Osaamiskokonaisuus on yhteensä kolme osaamispistettä (osp), joka vastaa noin 80 tunnin opiskelua. Kokonaisuudesta itseopiskelua on noin 20 tuntia ja jäljelle jäävä 60 tuntia on lähiopetusta. Lähiopetus pitää sisällään sekä teoriaopintoja että käytännössä tehtäviä harjoitteita. Koulutus pidetään kolmannen vuosikurssin opiskelijoille.

Seuraavassa luvussa kerrotaan tarkemmin standardista SFS 6002:2015, mihin se perustuu ja mitä se pitää sisällään. Lisäksi käsitellään aiheeseen liittyvät lait, asetukset ja säädökset. Luvussa kolme perehdytään sähkö- ja hybridiajoneuvojen perusteisiin. Neljännessä luvussa luodaan katsaus sähköajoneuvojen nykymäärään ja mahdolliseen tulevaisuuden kehitykseen. Viides osio käsittelee koulutusmateriaalia ja pedagogiikkaa. Yhteenveto on kuudennen pääotsikon alla.

2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

2.1 Standardin SFS 6002:2015 perusta

Suomalainen standardi SFS 6002:2015 sähkötyöturvallisuus perustuu eurooppalaisen sähköalan standardisoimisjärjestön CENELEC:n standardiin EN 50110-1:2013 täydennettynä standardissa EN 50110-2:2010 määritellyillä suomalaisilla kansallisilla lisäyksillä (SFS 6002:2015, 1). Standardi on vuodelta 2015 ja siinä on kaksi pääosaa, CENELEC-maissa noudatettavat minimivaatimukset ja maakohtaiset velvoittavat lisävaatimukset ja liitteet. Standardin kansallisessa esipuheessa (SFS 6002:2015, 5) sanotaan muun muassa seuraavalla tavalla:

Suomen kansalliset lisäykset ovat kahden tyyppisiä: kansallisia lisävaatimuksia ja velvoittavia liitteitä, jotka ovat velvoittava osa standardia ja opastavia tietoja ja opastavia liitteitä, jotka antavat lisätietoja standardin soveltamiseen.

Kansalliset lisävaatimukset ja velvoittavat liitteet ovat osa standardin varsinaista sisältöä, ja ne perustuvat suomalaiseen lainsäädäntöön, tai niissä annetaan Suomessa noudatettavat vaatimukset sellaisissa standardin kohdissa, joissa EN 50110-1 jättää vaatimusten antamisen kansalliselle tasolle. Suomessa standardia EN 50110 voidaan soveltaa vain ottamalla huomioon sekä EN-standardin perusvaatimukset että tässä standardissa esitetyt kansalliset vaatimukset. Jos vaatimukset poikkeavat toisistaan, noudatetaan kansallisia vaatimuksia.

Sitovat määräykset sähkötyöturvallisuudesta on esitetty lainsäädännössä. Tämä standardi on säädösten mukainen vahvistettu standardi, jota noudattamalla katsotaan turvallisuusvaatimusten täyttyvän.

Yhtenäistä eurooppalaista käytäntöä ei siis vielä ole koskien sähkölaitteistojen käyttöä ja työturvallisuutta. Tämän standardin kuitenkin uskotaan edelleen olevan ratkaiseva askel Euroopassa noudatettavan sähkölaitteiston käytön ja niissä työskentelyn turvallisuustason asteittaiselle lähentämiselle. Tarkoituksena on tulevaisuudessa määritellä yhtenäinen turvallisuustaso. (SFS 6002:2015, 6.)

2.2 Standardin sisältö

Standardi SFS 6002:2015 on 69-sivuinen kokonaisuus. Eurooppalaisen standardin sisältöä on 48 sivua, johon kuuluu myös opastavia liitteitä ja kansallisia lisävaatimuksia. Lisäksi kansallisia opastavia ja velvoittavia liitteitä on 21 sivua.

Huomionarvoinen seikka on, ettei standardia SFS 6002:2015 ole laadittu sovellettavaksi sähköajoneuvoihin, vaan yleisesti sähköalalle. Kansallinen lisävaatimus kuitenkin velvoittaa soveltamaan standardia muun muassa ajoneuvojen sähkölaitteiden parissa työskenneltäessä (SFS 6002:2015, 7). Aiempaan standardiin (SFS 6002:2005) verrattuna uutta autoalalle on liite U, jossa käsitellään sivun verran sähköajoneuvoja koskevia vaatimuksia (SFS 6002:2015, 50).

Standardi määrittelee lakeja ja asetuksia tarkemmin, minkälaisia toimintatapoja ja -menetelmiä käyttäen lain kirjain ja henki toteutuu. Kuitenkin esimerkiksi ammattitaito- ja pätevyysvaatimukset ovat spesifioitu kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä (P 1.9.1996/516, 11 § ja 12 §).

Standardissa on seitsemän pääotsikkoa, jotka ovat:

- 1 Soveltamisala
- 2 Velvoittavat viittaukset
- 3 Termit ja määritelmät
- 4 Peruseriaatteet
- 5 Käyttöön liittyvät toimenpiteet
- 6 Työskentelykäytännöt
- 7 Kunnossapitokäytännöt.

Seuraavaksi avataan hieman otsikoita ja niiden alaotsikoita.

Soveltamisala on varsin laaja:

Tätä eurooppalaista standardia sovelletaan kaikkeen sähkölaitteistojen käyttöön ja työskentelyyn sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä. Nämä sähkölaitteistot toimivat kaikilla jännitealueilla pienisjännitteistä suurjännitteisiin. (SFS 6002:2015, kohta 1.)

Käytännössä autoalalla standardin soveltaminen alkaa jännitelukemista 50 volttia vaihtojännitettä ja/tai 120 volttia tasajännitettä. Molemmat jännitetasot ylittyvät, kun puhutaan sähköajoneuvoista. (SFS 6002:2015, kohta 6.4.1.2.)

Velvoittavat viittaukset tarkoittavat julkaisuja, joihin viitataan standardin tekstissä tai ovat muuten tarpeellisia standardin soveltamisessa (SFS 6002:2015, kohta 2).

Termien ja määritelmien ensimmäisessä alaotsikossa määritellään *termit*, esimerkiksi riski tarkoittaa yhdistelmää vahingon todennäköisyydestä ja mahdollisista henkilöön kohdistuvien vammojen vakavuudesta. Toisessa osiossa määritellään sähköalan *henkilöstö, organisaatio ja yhteydenpito*, esimerkiksi työsuorituksesta vastaava henkilö tarkoittaa kansallisen lisävaatimuksen mukaan sähkötoiden johtajaa. Kolmannessa alaotsikossa määritellään *työalueet*, esimerkiksi jännitetyöalue tarkoittaa jännitteisten osien ympärillä olevaa tilaa, jonne ulotuttaessa tai tunkeuduttaessa eristystaso sähköiskun välttämiseksi ei ole riittävä ilman suojaustoimenpiteitä. Neljäs osio kattaa *työskentelyn*, esimerkiksi sähkötyö tarkoittaa työtä sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä kuten testaus ja mittaus, korjaus, vaihtaminen, muuttaminen, laajentaminen, asentaminen ja tarkastaminen. Viidennessä alaotsikossa määritellään *suojalaitteet* kuten esimerkiksi suojus, joka tarkoittaa osaa, joka suojaa suoralta koskettamiselta tavanomaisilta suunnilta. Viimeisenä osiona määritellään *nimellisjännitteet*, joita on kolme: pienoislämpö, pienjännite ja suurjännite. (SFS 6002:2015, kohta 3.)

Peruseriaatteet alkaa kohdalla *turvallinen toiminta*, jossa avainasemassa on ennen sähkötoiden aloittamista tehtävä sähköisten riskien kartoitus. Seuraavaksi annetaan vaatimukset *henkilöstön* osaamiselle, kelpoisuudelle, työvaatetukselle ja opastukselle. Tässä kansallinen lisävaatimus on tiukempi kuin eurooppalainen standardi. Kolmas alaotsikko käsittelee *organisaatiota* lähinnä sähköyhtiöiden näkökulmasta ja se määrittelee muun muassa sähkölaitteiston vastuuhenkilön, ei käyttöä autoalalla. Neljäs osio *yhteydenpito (tiedonkulku)* käsittelee luotettavaa ja varmaa tiedonkulkua sähköalan töissä. Viides alaotsikko määrittelee *työalueen* ja muun muassa sen selkeän merkinnän. Kuudes osio *työkalut, varusteet ja laitteet* määrittelee niiden laatuvaatimukset, oikean käytön ja säilytyksen. Seitsemäs kohta toteaa, että sähkölaitteistoista on oltava käytettävissä ajankohtaiset *piirustukset ja asiakirjat*. Kahdeksas alaotsikko *kilvet* velvoittaa käyttämään varoituskilpiä merkik-

si vaarasta. Viimeinen alaotsikko *hätätoimenpiteet* määrittelee muun muassa ensiapukoulutuksen tarpeen. (SFS 6002:2015, kohta 4.)

Käyttöön liittyvien toimenpiteiden ensimmäinen alaotsikko *yleistä* (SFS 6002:2015, kohta 5) edellyttää käyttämään sopivia työkaluja ja varusteita, joilla estetään henkilöihin kohdistuva sähköinen vaara. Toisessa osiossa määritellään *käyttötoimenpiteet*, joita on kahdenlaisia:

- toimenpiteet, joiden tarkoituksena on muuttaa sähkölaitteiston sähköistä tilaa, käyttää laitetta, kytkeä, erottaa, käynnistää tai pysäyttää laite. Nämä toimenpiteet on tarkoitettu tehtäväksi ilman riskiä niin pitkälle kuin mahdollista.
- laitteiston kytkentä tai erottaminen työskentelyä varten. (SFS 6002:2015, kohta 5.2.1.)

Tässäkin kohdassa kansallinen lisävaatimus on tiukempi kuin eurooppalainen standardi. Asiaan liittyvät niin sanotut jokamiehen sähkötyöt, jotka on määritelty KTMP:ssä 516/1996. Kolmas alaotsikko *toiminnan tarkistukset* sisältää ohjeet turvalliseen sähkölaitteistojen mittaukseen, testaukseen ja tarkastukseen. (SFS 6002:2015, kohta 5.)

Työskentelykäytännöt alkaa kohdalla *yleistä*, missä kansallinen lisävaatimus on velvoittava:

Ennen kuin sähkötyö tai muu työ sähkölaitteistossa aloitetaan, on selvitettävä luotettavasti sähkölaitteiston rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä sähkötyöturvallisuuden kannalta tarvittaviin toimenpiteisiin. (SFS 6002:2015, kohta 6.1.1.)

Lisäksi tämän osion tärkeää antia on sähkötöiden johtajan vastuu siitä, että työtä tekeville henkilöille annetaan täsmälliset ja yksityiskohtaiset ohjeet ennen työn aloittamista ja työn valmistuttua. Autoalalla tämä tarkoittaa muun muassa merkki-kohtaista koulutusta ja opastusta sekä ajan tasalla olevia korjaamokäsikirjoja. Toisenkin alaotsikko *työskentely jännitteettömänä* koskettaa autoalaa. Siinä on muun muassa lueteltu tärkeimmät toimenpiteet, joilla varmistetaan, että työkohde on ja pysyy jännitteettömänä työn aikana. Sähköajoneuvon parissa työskenneltäessä näitä sääntöjä noudatetaan ehdottomasti:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- työmaadoittaminen
- suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta. (SFS 6002:2015, kohta 6.2.1.)

Neljäs kohta ei päde sähköajoneuvoissa, koska niiden energialähteet ovat sähköisesti kelluvia (Ansvär). Viimeinen kohta pätee jännitteettömyyden toteamiseen asti. Kolmas alaotsikko *jännitetyö* ei kosketa autoalaa ainakaan vielä. Jännitetyön tekemisen aikana työntekijä on kosketuksessa paljaiden jännitteisten osien kanssa. Kysymykseen tulisi käytännössä vain akuston kennojen vaihto. Varaosina niitä ei saa, vain kokonaisuutena, ja työ vaatii pätevyyden (Ansvär). Neljäs alaotsikko *työskentely jännitteisten osien läheisyydessä* määrittelee jänniterajat. Työskennellessä yli 50 V AC ja/tai 120 V DC osien läheisyydessä, on varmistuttava, ettei voida koskea jännitteisiä osia tai joutua jännitetyöalueelle. Tämä tehdään esimerkiksi suojuksilla, esteillä, koteloilla, turvallisella etäisyydellä tai eristävillä päällyksillä. (SFS 6002:2015, kohta 6.) Autoalalla työkohteena oleva sähköauto merkitään lippusiimalla ja varoituskilvillä. (SFS 6002:2015, liite U.)

Kunnossapitokäytäntöjen (SFS 6002:2015, kohta 7) ensimmäinen alaotsikko *yleistä* pitää sisällään ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon. Näitä asioita voi soveltaa autoalalle aika lailla suoraan. Määräaikaishuollot voidaan tehdä jännitteellisinä, mutta esimerkiksi voimalinjan komponentin vaihto tehdään jännitteettömänä. Toinen osio *henkilöstö* sisältää toistoa, mutta seuraava on erittäin tärkeä kohta:

Työtä tekevien henkilöiden pitää olla riittävästi opastettuja tai ammattitaitoisia ts. heidän pitää olla päteviä kyseiseen työhön. Työtä tekeville henkilöille pitää olla käytettävissään ja heidän pitää käyttää sopivia työkaluja, mittaus- ja testauslaitteita ja henkilösuojaimia, jotka on pidettävä hyvässä kunnossa. (SFS 6002:2015, kohta 7.2.3.)

Kolmas alaotsikko *korjaustyö* luettelee korjaustyön eri vaiheita:

- vian paikantaminen
- vian korjaaminen ja/tai komponenttien vaihto
- laitteiston korjatun osan ottaminen uudelleen käyttöön. (SFS 6002:2015, kohta 7.3.1.)

Neljäs osio kertoo erilaisista sulakkeiden ja lamppujen *vaihtotöistä* eikä juurikaan kosketa autoalaa. Viides alaotsikko *kunnossapitotyön tilapäinen keskeytys* sekä kuudes osio *kunnossapitotyön lopetus* on tarkoitettu sähköalalle yleisesti eikä kosketa autoalaa. (SFS 6002:2015, kohta 7.)

Liitteitä standardissa on seitsemän kappaletta. Ne ovat:

- Liite A (opastava). Ohjeita eri työskentelykäytännöissä sovellettavista etäisyyksistä.
- Liite B (opastava). Lisätietoja turvalliseen työskentelyyn.
- Liite U (kansallinen opastava). Sähköajoneuvoja koskevat vaatimukset.
- Liite V (kansallinen opastava). Esimerkkejä kielto- ja varoituskylteistä.
- Liite X (kansallinen velvoittava). Henkilöstöä ja sähkötöiden turvallisuuden organisointia koskevat vaatimukset.
- Liite Y (kansallinen velvoittava). Jännitetyön tekeminen.
- Liite Z (kansallinen velvoittava). Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä.

Liite A antaa ohjeita suositeltavista minimietäisyyksistä sekä jännitetyölle että jännitteisten osien läheisyydessä työskentelylle eurooppalaisen standardin niille käyttäjille, joilla ei ole kansallisia vaatimuksia. (SFS 6002:2015, kohta A.1.) Suomessa noudatetaan kansallisia vaatimuksia, jotka ovat liitteissä Y ja Z.

Liite B antaa ensimmäisessä ja toisessa väliotsikossa *esimerkkejä tehtävien jaosta ja jännitetyön soveltamisesta*. Kolmannessa osiossa *ilmastolliset olosuhteet* on huomioitava ja tarvittaessa, esimerkiksi vesisateella, työ on keskeytettävä. Neljäs kohta käsittelee *palosuojelua* ja *palon torjuntaa*. Viidennessä väliotsikossa käsitellään sähkötyökohdetta, jossa on *räjähdysvaara*. Kuudes kohta käsittelee *valokaa-rivaaraa*, jonka vuoksi edellytetään luotettavaa suojausta. Seitsemäs kohta pitää sisällään *hätätoimenpiteet*. Siinä suositellaan, että sähkölaitteiston vastuuhenkilö tekee sähkölaitteiston käyttöä koskevan riskiarvion ja tarvittaessa kehittää ja ottaa käyttöön tarpeelliset menettelyt miten hätätilanteessa toimitaan (SFS 6002:2015, liite B.)

Liite U on ainoa, suoraan autoalalle suunnattu asia standardissa. Siinä muun muassa määritellään sähköajoneuvon käsite ja jännitetasot. Liite sisältää sähköajo-

neuvokorjaamoja koskevia erityispiirteitä. Yleensä sähköautokorjaamolla huollettavista ja korjattavista autoista vain pieni osa on sähköajoneuvoja, ja samoissa tiloissa työskentelee mekaanikkoja, joilla ei ole sähköalan koulutusta tai kokemusta. Jokaiseen työkohteeseen on nimettävä työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja. Työkohteena pidetään yhtä korjaamohallia. Jokaiseen toimipisteeseen suositellaan omaa sähkötöiden johtajaa. (SFS 6002:2015, kohta U.1.)

Toinen alaotsikko käsittää *kilvet ja ohjeet*. Jos sähköajoneuvossa tehdään sähkötyötä, ajoneuvo merkitään selkeästi esimerkiksi lippusiimalla ja vaarallisesta jännitteestä kertova kyltti sijoitetaan näkyvään paikkaan, esimerkiksi ajoneuvon katolle. Korjaamo- ja sosiaalitulat on varustettava ensiapuhjetaululla. Korjaamotilan kulkutiet on varustettava vaarallisesta jännitteestä varoittavilla kilvillä sekä asiattomilta pääsy kielletty -maininnalla. Sähköajoneuvojen parissa työskentelevillä on aina oltava käytettävissä mallikohtaiset huolto- ja korjausohjeet, jotka sisältävät ohjeet ajoneuvon jännitteettömäksi tekemiseen. (SFS 6002:2015, kohta U.2.)

Otsikko U.3 käsittelee *henkilöstön koulutusta*.

Hybridi- ja sähköajoneuvoja korjattaessa tämän standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus soveltuvin osin ja tarvittava ajoneuvomallia koskeva koulutus, on annettava kaikille ajoneuvon huolto- ja korjaustoimenpiteitä tekeville.

Ne korjaamohallissa työskentelevät, jotka eivät osallistu sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöihin, eivät tarvitse varsinaista sähkötyöturvallisuuskoulutusta. Heille riittää perehdytys sähkön vaaroihin ja toimintaan onnettomuustilanteessa. (SFS 6002:2015, kohta U.3.)

Liite V antaa esimerkkejä kiello- ja varoituskilvistä. Kilvissä käytetyn tekstin tulee olla työpaikalla käytettävän kielen mukainen. Suomessa käytettävissä kilvissä on oltava suomenkielinen ja/tai ruotsinkielinen teksti. Jos työpaikalla on suomea tai ruotsia taitamattomia henkilöitä, suositellaan englanninkielisten kilpien käyttöä. (SFS 6002:2015, liite V.)

Liite X käsittelee henkilöstöä ja sähkötöiden turvallisuuden organisointia koskevia *vaatimuksia*. Liite on kansallisesti velvoittava, eli suomalaisten säädösten noudattaminen on ensisijaista. Toinen väliotsikko määrittelee *sähkötöiden johtajan tehtävät*, mitkä voisivat helposti sekoittua standardin perustekstissä mainitun nimikkeen

työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan tehtäviin. Kolmas osio eriyttää sähkölaitteiston haltijan ja käytönjohtajan tehtävät. Neljäs väliotsikko määrittelee sähköalan ammattihenkilön ja viides osio sähköalan töihin osallistuvat henkilöt. Kuudes väliotsikko määrittelee työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan ja nimeämistarpeen. Seitsemäs kohta käsittelee työntekijän tehtävät työturvallisuuslain mukaan. Seuraavassa osiossa käydään läpi sähkötyön tekemistä koskeva opastus. Yhdeksänteen väliotsikkoon viitattiinkin eli sähkötyöturvallisuutta koskevaan koulutukseen. (SFS 6002:2015, liite X.)

Liite Y käsittelee jännitetyötä. Autoalalla sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa jännitetyötä ei tehdä, joten tätä osiota ei käsitellä.

Liite Z on velvoittava, ja se käsittelee työskentelyä jännitteisten osien läheisyydessä. Liite määrittelee työalueen eri jännitealueilla, sen rajauksen ja merkinnän. Toinen alaotsikko käsittelee rakennustyötä ja muuta työtä, jotka eivät liity autoalaan. (SFS 6002:2015, liite Z.)

2.3 Lait, asetukset ja päätökset

Kansallisella tasolla sähköajoneuvoihin sovelletaan ensisijaisesti sähköturvallisuuslakia, -asetusta ja KTM:n päätöstä. Standardin 6002:2015 kansalliset lisävaatimukset perustuvat edellä mainittuihin asioihin ja ovat näin ollen standardin varsinaista sisältöä (SFS 6002:2015, 5).

2.3.1 Sähköturvallisuuslaki 410/1996

Lain tarkoitus kerrotaan ensimmäisessä pykälässä:

Sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölait-

teen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. (L 14.6.1996/410, 1 §.)

Laki pitää sisällään seuraavat asiat:

- määrittelyt käsitteille ja eri toimijoille
- vaatimus sähkölaitteiden suunnittelulle, valmistukselle, käytölle ja huollolle (sähköinen ja sähkömagneettinen häiriöttömyys, häiriintymättömyys ja turvallisuus)
- sähköalan töiden teko; vaatimukset pätevistä töiden johtajasta.
- arviointilaitoksen vaatimukset (Seti Oy)
- sähkölaitteiden turvallisuuden varmentaminen; myyjän vastuu todistaa turvallisuus, mutta sähköturvallisuusviranomainen (Tukes) saa puuttua myyntiin ja markkinoille tuontiin erityisistä syistä
- sähkölaitteistojen käyttöönoton vaiheet. Tämä korvaa autoalalla tyyppihyväksynnän vaatimukset. (L 14.6.1996/410.)

2.3.2 Sähköturvallisuusasetus 498/1996

Asetus ei juurikaan kosketa autoalaa. Asetus lyhyesti:

- tarkastus- ja arviointilaitosten, valtuutetun laitoksen tarkastajan, sekä varmennusoikeuden saaneen sähköurakoitsijan nimeämiset
- sähköturvallisuuden neuvottelukunnan nimeäminen (eri asia kuin hybridi- ja sähköajoneuvojen neuvottelukunta)
- vaatimuksia jakeluverkon haltijalle
- STL:n soveltaminen hissi- ja nostinlaitteistoissa
- vakavan sähköonnettomuuden määrittely
- vaatimus arviointilaitoksille julkaista tietoja myönnettyistä pätevyystodistuksista. (A 28.6.1996/498.)

Ainoastaan kaksi viimeistä kohtaa sivuaa autoalaa.

2.3.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 516/1996

Päätös kuvaa sähköturvallisuuslakia tarkemmin sähkötyön organisointia, siihen liittyviä luvanvaraisuuksia ja pätevyysvaatimuksia. Standardin SFS 6002:2015 kansalliset lisävaatimukset ovat suurimmalta osin peräisin KTM:n päätöksestä.

Päätös lyhyesti:

- sähkötyön määritelmä
- sähkötöiden johtajan vastuu, toimenkuva ja mahdollisista rikkomuksista aiheutuvat sanktiot
- sähköalan pätevyysvaatimukset pois lukien jokamiehen sähkötyöt
- sähkötöitä koskevat ilmoitukset, mm. ilmoitus ennen sähkötöiden aloittamista ja ilmoitus muutoksista
- myöhempi lisäys 1194/1999 mm. määrittelee työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan ja antaa muutenkin tarkennuksia työmenetelmiin. (P 1.9.1996/ 516.)

2.4 Koulutusvaatimus

Standardi SFS 6002:2015 pitää sisällään veloitteen koulutuksesta:

Kaikille sähköalan töitä tekeville henkilöille, mukaan luettuna työnjoh-to-, käyttö- ja asiantuntijatehtävissä toimivat henkilöt, on annettava sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka sisältää vähintään seuraavat asiat:

- sähköön aiheuttamat vaarat ja niiltä suojautuminen
- sähkötyöturvallisuutta koskevien keskeisten säädösten periaatteet, säädösten mukaisten vastuuhenkilöiden tehtävät ja standardin SFS 6002 asema
- standardin SFS 6002 sisältö soveltuvin osin.

Koulutuksen sisällössä pitää ottaa huomioon ne tehtävät, joissa koulutukseen osallistuvat henkilöt toimivat. Esimerkiksi suurjännitelaitteistoissa työskenteleville henkilöille suositellaan koulutukseen sisältyvän alalla yleisesti käytössä olevat käyttötoiminnan yhteiset turvallisuusperiaatteet ja sähköajoneuvojen kanssa työskenteleville henkilöille an-

nettavassa koulutuksessa korostetaan tämän standardin liitteen U mukaisia asioita. (SFS 6002:2015, liite X.)

3 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOJEN PERUSTEET

3.1 Yleistä

Autoilun alkuvaiheessa sähköauto oli jopa polttomoottorikäyttöistä suositumpi, varsinkin Yhdysvalloissa. 1900-luvun alkupuolella akkukäyttöinen sähköauto oli helpompi käyttää, hiljainen ja saasteeton. (Motiva 15.7.2014.)

Polttomoottoristen autojen asema markkinoilla parani huomattavasti, kun ne kehittivät helppokäyttöisemmiksi ja luotettavimmiksi. Asiaan vaikutti oleellisesti myös polttoaineen hinnan laskeminen ja saatavuuden paraneminen. Sähköautot hävisivät kilpailun polttomoottoria vastaan, koska ne olivat kalliimpia, toimintasäde oli vain muutamia kymmeniä kilometrejä ja maanteiden infrastruktuuri parani. Pelkän paikallisliikenteen rinnalle tuli pidempien matkojen siirtymät. (Motiva 15.7.2014.)

Nykyään liikenteen energiankulutusta ja päästöjä halutaan vähentää. Auto- ja ajoneuvoveron sitominen CO₂-päästötasoon onkin yhtenä kuluttajia ohjaavana keinona. Siten noin sadan vuoden polttomoottoreiden ylivallan jälkeen ollaan taas siirtymässä sähköajoneuvojen suuntaan.

Akkuteknologian kehittymisen myötä ajosuorite on parantunut, nykyään täyssähköautolla päästään tyypillisesti n. 150–200 km toimintamatkaan. Tämä on kaupunkiolosuhteissa monestikin täysin riittävää. Kuitenkin sähköautojen suurimpana ongelmana pidetään edelleen energiakapasiteetin vähyyttä. Käytännössä ongelmallista on yhdistää suuri kapasiteetti, pieni paino ja hinta. (Motiva 15.7.2014.)

Hybridiautot tulivat markkinoille 1990-luvulla. Ne pyrkivät yhdistämään polttomoottorikäyttöisen auton toimintamatkan, sähkömoottorin hiljaisuuden sekä hyvän hyötysuhteen. (Toyota.) Niitä pidetäänkin siirtymävaiheen tuotteina edettäessä kohti pitemmän toimintamatkan sähköautoja (Linja-aho 2012, 41).

3.2 Sähköajoneuvot

Sähköajoneuvoja on useita tyyppiä. Määritelmät liittyvät sähköenergian tuottoon ja varastointiin. Lisäksi ajoneuvossa voi olla kaksi voimanlähdettä. (Ansvar.) Seuraavaksi esitellään yleisimpien määritelmät.

3.2.1 Täyssähköajoneuvo, BEV

Täyssähköajoneuvossa ei ole polttomoottoria. Ajoneuvon voimanlähteenä on sähkömoottori, ja kaikki sen tarvitsema sähköenergia on varastoitu akkuihin. Energia on peräisin joko sähköverkosta tai muusta ulkopuolisesta lähteestä. (Biomeri Oy.)

3.2.2 Hybridiajoneuvo, HEV

Hybridiajoneuvo on nimensä mukaan yhdistelmä. Siinä on kaksi erillistä voimanlähdettä, esimerkiksi otto- ja sähkömoottori. (Motiva 20.1.2014.) Polttokennon ja sähkömoottorin yhdistelmää voidaan myöskin nimittää hybridiksi. Polttokennoajoneuvoja ei kuitenkaan käsitellä tässä työssä harvinaisuutensa vuoksi.

3.2.3 Ladattava hybridiajoneuvo, PHEV

Tällä tarkoitetaan hybridiajoneuvoa, jonka akuston voi ladata ulkopuolisesta sähköverkosta. Akuston koko on yleisesti suurempi kuin tavallisessa hybridiautossa, jolloin esimerkiksi lyhyehkö työmatka voidaan ajaa kokonaan sähköllä käyttämättä lainkaan polttomoottoria. (Linja-aho 2012, 44.)

3.3 Hybridiajoneuvojen luokittelu

Hybridiajoneuvot voidaan jakaa kahteen luokkaan voimansiirron toteutustavan ja hybridisointiasteen perusteella. Sarjahybridin voimalinja on toteutettu sarjaan siten, että polttomoottori käyttää generaattoria, joka syöttää virtaa akkuun ja sähkö-

moottorille. Polttomoottorilla ei ole suoraa yhteyttä vetäviin pyöriin. Tällaisessa rakenteessa polttomoottori voidaan optimoida käymään taloudellisimmalla kierrosalueella vähentäen näin polttoaineenkulutusta. Sarjahybridin vahvinta osa-aluetta onkin paljon pysähdyksiä ja liikkeelle lähtöjä vaativa kaupunkiajo. Kuitenkin maantiejajo osoittaa tekniikan huonon puolen; hyötysuhde heikkenee verrattuna polttomoottoriseen ajoneuvoon, koska energian muunnoksessa ja kuljettamisessa syntyy häviöitä. Sarjahybriditekniikkaa on yleisesti käytetty myös laivoissa ja sähködieselvetureissa. (Linja-aho 2012, 42.)

Rinnakkaishybridissä voimanlähteet ovat rinnan, eli ajoneuvon liikuttamiseen on mahdollista käyttää joko sähkömoottoria, polttomoottoria tai molempia yhdessä. Etuja saadaan maantiejajoon, koska tällöin voidaan käyttää suoraan polttomoottoria. Myöskin poltto- ja sähkömoottori voidaan mitoittaa pienemmiksi kuin sarjahybridissä, jossa molempien on tuotettava maksimiteho. (Linja-aho 2012, 43.)

Tekniikat yhdistämällä saadaan molempien edut käyttöön. Toyota nimittää näitä hybridimallejaan täyshybrideiksi, joissa sähköinen ja mekaaninen voimalinja on yhdistetty toisiinsa planeettavaihteistolla. Tästä tekniikasta voidaan käyttää myös nimityksiä power-split -hybridi tai sarjarinnakkaishybridi. (Linja-aho 2012, 43.)

Toinen hybridiajoneuvojen luokitustapa on hybridisointiaste. Kevyin näistä on mikrohybridi, joka on lähinnä vain kaupan nimi pysäytys-käynnistysautomaatiikalle ja jarrutusenergian talteenotolle. Kyseessä ei siis ole oikea hybridiauto, vaan perinteinen polttomoottorilla varustettu ajoneuvo. (Linja-aho 2012, 43.)

Kevythybridissä sähkömoottorin tarkoituksena on ainoastaan avustaa kiihdytyksissä. Pelkän sähkömoottorin avulla ei pystytä liikkumaan. (Linja-aho 2012, 43.)

Täyshybridi voi liikkua joko poltto-, sähkömoottorilla tai molempien yhdistelmällä (Linja-aho 2012, 43). Pyrkimyksenä on kuitenkin käyttää sähkömoottoria mahdollisimman paljon.

Plug-in-hybridi on ladattava hybridiauto. Suurempi energiavarasto on toteutettu yleensä Li-ion-akustolla (Ansvär). Katso kappale 3.2.3.

Range extender tarkoittaa sähköajoneuvoa, jonka toimintamatkaa on pyritty kasvattamaan esimerkiksi käyttämällä PHEV-tekniikkaa ja kasvattamalla akuston ka-

pasiteettia. Polttomoottoria käytetään vain poikkeustapauksissa, esimerkiksi satojen kilometrien matkoilla. (Linja-aho 2012, 44.)

3.4 Sähköajoneuvojen tärkeimmät järjestelmät

Sähkö- ja hybridiajoneuvot eroavat merkittävästi tavanomaisista polttomoottori-käyttöisistä autoista muutamien komponenttien ja osajärjestelmien osalta. Varsinaisessa opetuksessa näihin asioihin pureudutaan tarkemmin, tässä lyhyt katsaus eri järjestelmiin.

3.4.1 Täyssähköajoneuvon pääkomponentit

Täyssähköajoneuvon (EV) tärkeimmät komponentit ovat:

- korkeajänniteakku ja sen ohjausyksikkö
- invertteri
- ajomoottori
- lämmityslaite
- latauslaite
- DC/DC -muunnin
- matalajänniteakku.

Korkeajänniteakku on suurikokoinen ja painava (noin 240–300 kg), tämän vuoksi se sijoitetaan yleensä auton keskivaiheille alustaan. Akusto on Li-ion-tyyppinen ja muodostuu useista sarjaan kytketyistä kennoista. Ohjausyksikkö valvoo kennojen lämpötilaa ja jännitettä. (Ansvar.)

Invertterin tehtävänä on muuntaa korkeajänniteakun tasajännite ajomoottorille sopivaksi vaihtojännitteeksi. Toisaalta se toimii myöskin konvertterina, eli muuntaa moottorijarrutuksessa syntyvän vaihtojännitteen tasajännitteeksi ja syöttää sen korkeajänniteakkuun. (Ansvar.)

Ajomoottori toimii kolmivaiheisella vaihtovirralla ja sen tehtävänä on luonnollisestikin tuottaa ajovoima vetäville pyörille. Se toimii myös latausgeneraattorina moottorijarrutuksissa. (Ansvar.)

Lämmityslaite toimii joko korkeajänniteohjatuilla vastuksilla tai lämpöpumpulla. Vastukset kuluttavat paljon energiaa ja lyhentävät näin ollen ajomatkaa. Lämpöpumppu on taloudellisempi ratkaisu, sitä käyttää muun muassa uusin Nissan Leaf. (Ansvar.)

Autossa on yleensä kaksi erilaista latausmenetelmää; hidas- ja pikalataus. Hidaslatauksessa auton akku ladataan mukana tulleella johdolla verkkovirrasta tai käytetään erillistä latauspistettä. Tätä latausta valvoo auton oma latauslaite. Pikalatauksessa lataaminen tapahtuu tasajännitteellä ja suurella virralla, mikä vaatii erillisen pikalatausaseman. Nämä ovat yleistymässä hiljalleen. (Ansvar.)

Korkeajänniteakusta saatavalla jännitteellä ladataan matalajänniteakku. Lataus tapahtuu DC/DC-muuntimen avulla. DC/DC-muuntimen tehtävänä on siis muuntaa korkeajännite matalajänniteakulle sopivaksi tasajännitteeksi. (Ansvar.)

Matalajänniteakku ohjaa auton perinteisiä toimintoja, kuten valoja ja mukavuuselektroniikkaa. Korkeajännitejärjestelmää ohjataan matalajännitteellä, muutoin ne eivät ole tekemisissä keskenään. (Ansvar.)

3.4.2 Hybridiajoneuvojen erot täyssähköajoneuvoihin

Hybridiajoneuvoista löytyvät samat pääkomponentit kuin sähköautostakin, selkeimpänä lisänä on polttomoottori. Käytössä on sekä otto- että dieselmoottoreita, jotka rakenteen mukaan joko vain lataavat korkeajänniteakku tai osallistuvat suoraan voimansiirtoon. (Ansvar.)

Lataaminen tapahtuu latausgeneraattorin avulla. Tarvittava voima saadaan pääsääntöisesti polttomoottorilta. Moottorijarrutuksen aikaan myöskin ajomoottori toimii laturina. Plug-in-hybridiautot voidaan ladata verkkovirrasta, mutta ei pikalatauksella. (Ansvar.)

Hybridiauton korkeajänniteakku on yleensä kapasiteetiltään huomattavasti pienempi kuin täyssähköauton. Tällöin se pienempänä ja kevyempänä mahtuu esimerkiksi tavaratilaan takapenkin selkänojan taakse. (Ansvar.)

4 SÄHKÖAJONEUVOT SUOMEN TIELIIKENTEESSÄ

4.1 Tilanteen kehitys viime vuosina

Suomessa kulutetusta energiasta liikenteen osuus on viidennes. Öljyllä tuotetun energian kulutuksesta noin 40 % kuuluu liikenteelle. Vaikkakin tieliikenteen pakokaasupäästöjä on saatu alennettua jo 1970-luvulta lähtien, hiilidioksidipäästöt (CO₂) eivät ole laskeneet, vaan jopa kasvaneet viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Hiilidioksidi on kasvihuonekaasu ja sitä syntyy puhtaan palamisen tuloksena, kun hiilipitoinen polttoaine ja happi yhtyvät. (Motiva 7.4.2015.) Hiilidioksidipäästöjä ei voida puhdistaa tai poistaa pakokaasuista. Ainoina keinoina hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen ovat polttoaineen kulutuksen vähentäminen, hiilipitoisuuden laskeminen polttoaineessa ja vaihtoehtoiset energiamuodot. (Motiva 7.2.2013.)

Polttomoottoreita kehitetään edelleen päästömääräysten kiristyessä. Positiivisesta kehityksestä huolimatta palamistuloksena tulee aina olemaan päästöjä. Lisäksi polttomoottoreiden hyötysuhde on auttamatta huono. Ottomoottorilla hyötysuhde on noin 20–25 % dieselmoottorin ollessa muutaman prosenttiyksikön parempi. (Motiva 19.12.2013.)

Sähkömoottoreilla saavutetaan jopa yli 90 %:n hyötysuhde itse autoilun ollessa nollapäästöistä. Sähköntuotannon ollessa uusiutuvaa sähköautoilun voi todeta olevan todella ekologista. (Ansvar.)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín tilastojen mukaan täyssähköajoneuvojen määrä tieliikenteessä vuoden 2014 lopussa oli yhteensä 1 627 kpl, mistä henkilöautojen osuus oli 360 kpl. Määrä on vielä alhainen, vaikkakin kasvua edellisvuodesta oli tullut jopa 113 %. (Trafi 31.12.2014.) Määrää rajoittaa vielä julkisten latauspisteiden vähäinen määrä (kirjoitushetkellä 142 kpl) sekä niiden sijoittuminen Etelä-Suomen suurimpiin kaupunkeihin (Sähköinen liikenne).

Hybridikäyttöisiä henkilöautoja oli vuoden 2014 lopussa tieliikenteessä 11 517 kpl. Kasvua edellisvuoteen oli tullut 32 %. Ladattavia eli plug-in-hybridejä oli 569 kpl,

kasvua edelliseen vuoteen saatiin jopa 92 %. Toyotan osuus kokonaismäärästä on todella suuri, 8 066 kpl eli 70 %. (Trafi 23.2.2015.)

4.2 Tulevaisuuden visiot

Tieliikenteen sähköistyminen lisää merkittävästi liikenteen energiatehokkuutta. Sähköajoneuvot ovat siten yksi energiatehokas ratkaisumalli öljyn riittävyyden, sen hintakehityksen ja tieliikenteen päästöjen aiheuttamiin haasteisiin. (Sähköajoneuvot Suomessa.)

EU:n energia- ja ilmastopöytäkirja edellyttää kasvihuonekaasujen vähentämistä 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Vuoteen 2050 mennessä visio on vähentää kasvihuonepäästöjä 60–80 %. Tällä hetkellä tieliikenteessä on henkilöautoja noin 2,6 miljoonaa kpl, joten sähkö- ja hybridi-autojen osuus on vielä todella pieni, vain noin viisi promillea. Onneksi osuus on kuitenkin kasvava. Vuoden 2050 tavoitteiden täyttymisessä sähköajoneuvoilla on jo luultavimmin suuri rooli. (Sähköajoneuvot Suomessa.)

Tuotteen hinta ohjaa luonnollisestikin kuluttajia. Esimerkiksi perheautoluokkaan kuuluva täyssähköauto Nissan Leaf maksaa perusversiona noin 36 000 €. Hinta on pienehkölle autolle varsin suolainen. Auto- ja ajoneuvovero ohjautuu jo CO₂-päästöjen mukaan ja näin ollen suosii täyssähköajoneuvoa. Kuluttajia ohjaavana keinona voitaisiin käyttää julkisen sektorin tukea hankintaan ja käyttöön. Esimerkkinä USA:ssa BEV:n hankintaa tuetaan suoraan 7 500 dollarilla, samansuuntaista ympäristötekoa voisi suositella meillekin (Biomeri Oy).

Ajoneuvoveroon kuuluvan käyttövoimaveron kanto sähkö- ja hybridi-autoista aiheuttaa kiivasta keskustelua. Käyttövoimaveroa kannetaan siis kaikista sellaisista ajoneuvoista, joiden käyttövoimana on jokin muu kuin moottoribensiini. Vuoden 2013 alusta käyttövoimaveron perusteita kuitenkin eriytettiin käyttövoiman mukaan. Dieseliä verotetaan edelleen raskaimmin. Mutta seuraavaksi verotetuin onkin hybridi, jonka polttoaineena on dieselöljy. Tätä voidaan pitää erittäin harmillisenä asiana. Täyssähköautoja verotetaan vähiten ja bensiinikäyttöistä hybridiä toiseksi vähiten. (Kuvio 1.)

Käyttövoima	Snt/pv/ alkava 100kg
Diesel	5,5
Sähkö	1,5
Sähkö ja moottoribensiini	0,5
Sähkö ja dieselöljy	4,9
Metaanipolttoaine	3,1

Kuvio 1. Henkilöautojen käyttövoimaveron määräytyminen (Trafi).

Ajoneuvoveron perusvero pohjautuu myöskin CO₂-päästöihin. Perusvero tulee nousemaan 1.1.2016 alkaen, ja suuntaus on todella huolestuttava; päästöttömän täyssähköauton veron määrä nousee jopa 62 %. Euromääräisesti korotus ei ole järin suuri, alle 30 euroa. (Trafi.) Kyseessä on kuitenkin kuluttajia ohjaava periaatetekijä, ja siten julkishallinnon antama signaali ei ole toivottavan kaltainen. Samalla tavalla epäonnistutaan ladattavan hybridi-auton, esimerkiksi Toyota Priuksen kanssa. Kyseinen automalli on todella vähäpäästöinen CO₂-lukeman ollessa vain 49 g/km (Toyota), ja sen perusvero tulee nousemaan noin 54 % (Trafi). Muiden vähäpäästöisten Toyotan hybridimallien perusveron korotus tulee olemaan noin 24–39 %. (Toyota; Trafi.)

Vuonna 2009 ennusti Työ- ja elinkeinoministeriön asettama sähköajoneuvot Suomessa -työryhmä, että ensin yleistyvät ladattavat hybridi-autot ja sitten täyssähköautot. Tarkasteltava aikajakso on lyhyt, mutta suuntaus näyttää oikealta. Työryhmä esitti kannustimia sähköajoneuvon hankintaan muun muassa autoveron progressiivisuuden lisäämistä vähäpäästöisyyttä suosien ja hankinnan suoraa tukea. Käyttöä tuettaisiin siten, että ajoneuvoveron perusosan progressiivisuutta lisättäisiin samalla tavoin kuin autoverossakin. Lisäksi esitettiin käyttövoimaveron poistamista kokonaan sähköajoneuvoilta. (Biomeri Oy.) Näillä toimenpiteillä sähköajoneuvojen määrä tulisi luultavimmin kasvamaan. Ensi vuoden ajoneuvoveron korotukset kuitenkin vaikeuttanevat skenaarion toteutumista (Kuvio 2).

	vuosi	Osuus uusista autoista		Kumulatiivinen myyntimäärä (kpl)		Osuus henkilöautojen liikennesuoritteesta	
		PHEV	EV	PHEV	EV	PHEV	EV
Perus-skenaario	2020	10 %	3 %	66 000	13 000	3 %	0,6 %
	2030	50 %	20 %	480 000	160 000	19 %	7 %
Nopea skenaario	2020	40 %	6 %	190 000	26 000	8 %	1 %
	2030	60 %	40 %	960 000	450 000	38 %	19 %
Hidas skenaario	2020	5 %	2 %	38 000	12 000	2 %	0,5 %
	2030	20 %	10 %	207 000	92 000	8 %	4 %

Kuvio 2. Skenaariot sähköajoneuvojen yleistymiselle vuosille 2020 ja 2030 (Bio-meri Oy).

Epävakaa ja heikko taloustilanne on haaste autokaupalle. Talouden näkymät Suomessa ovat vaikeat, mutta kirjoittajan mielestä julkishallinnon tulisi kuitenkin tarttua työryhmän esittämiin kannustimiin. Tällöin tieliikenne siirtyisi nopeammin turvallisempiin ja vähäpäästöisempiin ajoneuvoihin. Tunnetusti uuden tekniikan yleistymisen saa aikaan myös nopeampaa kehitystä, esimerkiksi akkuteknologiaan panostaminen olisi tulevaisuuden kannalta ensiarvoisen tärkeää.

5 KOULUTUSMATERIAALI

5.1 Materiaalin teossa huomioitua

Koulutusmateriaalia aloitettiin tekemään alkuvuodesta 2014. Jo tuolloin oli tiedossa, että lähes kymmenen vuoden ikäinen SFS 6002:2005 -standardi tulee uudistumaan vuoden 2015 aikana. Uudistus tapahtui huhtikuussa 2015. Materiaali koottiin tämä uudistus huomioiden. Uudistus oli tervetullut, koska edellisessä standardissa autoalaa ei huomioitu mitenkään. Kansallinen lisävaatimus kuitenkin edellyttää standardin soveltamista autoalallakin. Uudistuneessa standardissa autoalaa koskevat asiat ovat kootusti omassa liitteessään, ja tällöin tulkinnanvaraisuus vähenee (Linja-aho 2014).

Sähköturvallisuuslaki on vuodelta 1996. EU-direktiivit vaativat lainsäädännön uudistamista, ja uudistustyö on parhaillaan käynnissä Työ- ja elinkeinoministeriössä. Autoalan uudistukset tulevat koskemaan pätevyysvaatimuksia sähkö- ja hybridi-ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa. Tällä hetkellä vaadittavat koulutus- ja pätevyysvaatimukset ovat tulkinnanvaraisia, ja tulevassa laissa nämä vaatimukset täsmennetään. Uusi laki astuu voimaan vuonna 2016. (Linja-aho 2015.)

Koulutusmateriaalin tulee olla helposti muokattavissa nopeasti muuttuvan tiedon vuoksi. Koulutettavien osaamistasot ja ryhmäkoot vaihtelevat, joten materiaalin tulee vastata näihin haasteisiin. Materiaalissa onkin huomioitu esimerkiksi erilaiset osaamistasot. Osaamisen minimitasona voidaan pitää sähkötyöturvallisuustutkinnon läpäisyä. Hyvänä osaamistuloksena voidaan pitää laajempaa ymmärtämistä sähkö- ja hybridi-ajoneuvotekniikasta. Materiaali antaa valmiudet suoriutua autoalan rajoitetun S3 sähköturvallisuustutkinnon tekniikkaosiosta.

Materiaali on paperimuodossa jaettavaa teoriapainotteista tietoa, jota täydennetään luokassa pidettävillä luennoilla. Osa koulutuksesta on verkko-opintoina suoritettavaa, välittömän palautteen antavaa opetusta. Virtuaalisena opetusympäristönä käytetään Moodlea.

5.2 Pedagogiikka

Pedagogisesti kurssista tulee haastava. Koulutetuilla autoalan ammattilaisillakin on ollut vaikeuksia sähköalan käsitteiden kanssa. Kupias ja Koski (2012, 32) toteaakin, että monimutkaisten asioiden pohtiminen ja vatvominen on turhaa, jos niitä ei jakseta, viitsitä tai haluta ymmärtää. Keskiasteen opiskelijoiden kohdalla voikin olla tärkeää, että vain olennaiset asiat käydään läpi. Kauaskantoisempaa tietysti olisi, jos kiinnostusta olisi tietää myös asioiden taustoista ja toimintatavoista. Hyvän opettajan pitäisikin voida sekä valottaa taustoja että rohkaista pohtimaan asioita. (Kupias & Koski 2012, 32.)

Koulutusmateriaali on koostettu siten, että se on monipuolinen, tukee oppimista sekä huomioi yksilöllisten oppijoiden erilaiset oppimistyylit. Kupias ja Koski (2012, 74) kirjoittavat, että ”materiaalin merkitys on usein erittäin suuri itse koulutuksen etenemisen ja onnistumisen kannalta.”

Kurssilla tullaan huomioimaan erilaiset oppimistyylit muun muassa siten, että käydään läpi konkreettisia esimerkkejä ja asioita perustellaan. Lisäksi materiaalissa on paljon yksityiskohtaista tietoa, jos opiskelija kaipaa tarkennusta jo oppimiinsa asioihin. Tärkeää kurssilla on myös käytännön osio, jossa opiskelijat pääsevät tekemään asioita itse. (Kupias & Koski 2012, 36–37.)

Oppiminen ei tapahdu ainoastaan koulutusmateriaalin tai kurssin kautta, vaan opiskelijan motivaatiolla on suuri merkitys oppimistuloksiin. Ulkoisena motivaationa kurssilla on työturvallisuuskoulutuksen suorittaminen hyväksyttävästi, joka on edellytys myös ajoneuvoasentajaksi valmistumiselle. Opiskelijoiden sisäistä motivaatiota voi opettaja ohjata omalla toiminnallaan. Tehtävien ja oppimistilanteiden tulee huomioida opiskelijoiden kyvyt ja kiinnostuksen kohteet. (Vilkko-Riihelä 1999, 346.) Tästä johtuen jokainen pidettävä kurssi tulee olemaan hieman erilainen. Koulutusmateriaali on rakennettu siten, että se on helposti muokattavissa opiskelijoiden kykyjen mukaan. Muokattavuus on tärkeää myös sen vuoksi, että alalla tapahtuu jatkuvaa kehitystä – koulutusmateriaalin tulee pysyä ajan tasalla.

Kupias ja Koski (2012, 78) mainitsevat, että oppimisen edellytyksissä ”motivaation kolme tyypillistä osatekijää ovat: asian tärkeys itselle x onnistumisen todennäköi-

syys x tekemisen ilo.” Näistä kolmesta osatekijästä myös tekemisen ilon tulee olla koulutuksessa mukana, eikä sitä voi konkreettisesti lisätä materiaaliin. Sen tekevät opettaja ja opiskelijat yhdessä.

Oppimisteorioista kurssilla käytetään pääosin konstruktivismista lähestymistapaa. Tämän näkemyksen mukaan ihminen rakentaa tiedon aiemmin opittua hyödyntäen. Osa oppimisesta on kuitenkin behavioristisen oppimiskäsityksen mukaista mekaanista oppimista, sillä osa asioista on ulkoa opeteltavia käsitteitä. Oppimiskäsityksiä ei pidä laittaa yhteen muottiin tai käyttää vain yhtä teoriaa. Oppimismenetelmät ovat sidoksissa myös opiskelijan aiempaan osaamiseen, motivaatioon sekä oppimistilanteeseen. (Vilkko-Riihelä 1999, 317–338.)

5.3 Oheismateriaali

Oheismateriaalilla on tärkeä rooli opetuksessa. Suurin osa näistä välineistä ja tarvikkeista ovat yleisesti käytössä sähkö- ja hybridautoja huoltavilla ja korjaavilla yrityksillä. Oheismateriaalina toimivat muun muassa seuraavat asiat:

- sähkö- tai hybridaajoneuvo
- testeri ja mittauslaitteet; jännitteenkoetin, eristysvastusmittari ja CAT III yleismittari
- suojaruusteet; teollisuussuojakypärä kasvojen suojaamalla, jännitesuojakäsineet, eristävät kengät
- tolpat ja lippusiima, eristävä kumimatto
- jännitetyökalut
- ensiapuhjeet ja -välineet
- hiilidioksidisammutin
- suuret taulut, joissa opetetaan tunnistamaan sähköajoneuvot sekä kerrotaan yleiset toimintatavat niiden kanssa (tehdään opiskelijoiden kanssa).

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe selkeni samoihin aikoihin, kun toimiminen osatoteuttajana hankkeessa "Ansvar - varautuminen muuttuviin energijärjestelmiin ajoneuvoissa" alkoi. Hankkeen taustalla oli tarve ennakointitiedon hankkimiselle hybridi- ja sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnasta sekä niihin liittyviin koulutustarpeisiin vastaaminen. Hanke oli varsin työelämälähtöinen. Koulutusmateriaalia aloitettiin keräämään heti hankkeen alussa. Tuolloin elettiin helmikuuta 2014.

Hankkeen ensimmäisinä kuukausina kirjoittaja suoritti sekä SFS 6002 sähkötyöturvallisuustutkinnon että autoalan rajoitetun S3 sähköturvallisuustutkinnon. Nämä koulutukset syvensivät tietämystä antaen uutta näkökulmaa asioihin. Koulutusmateriaalin tekemistä jatkettiin, kunnes ensimmäinen SFS 6002 -pilottikoulutus pidettiin omalla materiaalilla 28.–29.3.2014. Koulutus pidettiin kaksipäiväisenä. Paikkana oli Oulun seudun ammattiopisto OSAO, Haukiputaan yksikkö. Koulutettavia oli sekä pienistä korjaamoista että isommista merkkiliikkeistä, lisäksi paikalla oli palo- ja pelastusviranomaisia. Koulutettavia oli yli kymmenen, ja kaikki läpäisivät Auto- ja kuljetusalan keskusliitto ry:n ylläpitämän kokeen. Koulutusmateriaali osoittautui siis toimivaksi, mutta kehitettävää ja muokattavaa riitti muun muassa kurssipalautteiden kautta.

Seuraavat koulutukset parannetulla materiaalilla pidettiin 15.12.2014 ja 19.1.2015. Kyseiset koulutukset pidettiin yksipäiväisinä, koska työnantajapuolella oli vaikeuksia järjestää työtoiminta kahden päivän koulutuksen ajalle. Kurssipalautetta kysyttiin jälleen ja sitä myöskin saatiin positiivisen paljon. Tältä pohjalta materiaali viimeisteltiin, ja sillä olikin antoisaa pitää viimeinen pilottikoulutus hankkeeseen liittyen. Koulutus pidettiin Nivalassa 13.4.2015, ja siihen osallistui suurehkon merkkiliikkeen asentajia sekä keskiasteen opettajia.

Kirjoittaja toimii viidettä vuotta autotekniikan opettajana ammattiopistossa. Opettajakokemuksen avulla koulutusmateriaaliin oli helppo tehdä pieniä sopeutuksia ja muutoksia, jotta se sopisi entistäkin paremmin keskiasteelle. Ammatillisessa koulutuksessa materiaalia ei ole vielä voitu testata, mutta neljä pilottikoulutusta kuitenkin tukee näkemystäni koulutusmateriaalin hyvästä laadusta.

LÄHTEET

A 28.6.1996/498. Sähköturvallisuusasetus.

Ansvar. 19.1.2015. Varautuminen muuttuviin energiajärjestelmiin ajoneuvoissa - projekti. Ei saatavana.

Biomeri Oy. 6.8.2009. Sähköajoneuvot Suomessa -selvitys. [Verkkajulkaisu]. Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 31.3.2015]. Saatavana: https://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf

Kärki, S.-L. 2014. Osaamisperusteisuus todeksi – askelmerkkejä koulutuksen järjestäjille. [Verkkajulkaisu]. Opetushallitus. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: http://www.oph.fi/julkaisut/2014/osaamisperusteisuus_todeksi_askelmerkkeja_koulutuksen_jarjestajille

Kupias, P. & Koski, M. 2012. Hyvä kouluttaja. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

L 14.6.1996/410. Sähköturvallisuuslaki.

Linja-aho, V. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. 2. painos. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.

Linja-aho, V. 2014. Sähköturvallisuusstandardi uudistuu: autoala paremmin huomioon. Suomen Autolehti 81 (7), 70–71.

Linja-aho, V. 2015. Sähköturvallisuuslaki uudistuu. Suomen Autolehti 82 (4), 14.

Motiva. 7.2.2013. Moottoritekniikka. [Verkkosivusto]. [Viitattu 17.4.2015]. Saatavana: http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka

Motiva. 19.12.2013. Moottoritekniikka: bensiinimoottori. [Verkkosivusto]. [Viitattu 17.4.2015]. Saatavana: http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/bensiinimoottori

Motiva. 20.1.2014. Moottoritekniikka: hybridautot. [Verkkosivusto]. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavana: http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/hybridautot

- Motiva. 15.7.2014. Moottoritekniikka: sähköautot. [Verkkosivusto]. [Viitattu 30.3.2015]. Saatavana: http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot
- Motiva. 7.4.2015. Liikenteen energiankulutus ja pakokaasupäästöt. [Verkkosivusto]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavana: http://www.motiva.fi/liikenne/perustietoa_liikenteesta_ja_ymparistosta/liikenteen_energiankulutus_ja_pakokaasupaastot
- P 1.9.1996/516. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä.
- SFS 6002:2015. 2015. Sähkötyöturvallisuus. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- Sähköajoneuvot Suomessa. 6.8.2009. [Verkkojulkaisu]. Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 4.4.2015]. Saatavana: http://www.tem.fi/files/25826/TEM_9_2010.pdf
- Sähköinen liikenne. Ei päiväystä. Suomen julkiset latauspisteet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.4.2015]. Saatavana: <http://www.sahkoinenliikenne.fi/suomen-julkiset-latauspisteet>
- Toyota. Ei päiväystä. 7 miljoonaa hybridiä. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.4.2015]. Saatavana: <http://www.toyota.fi/ajankohtaista/uutiset/7-miljoonaa-hybridia.json>
- Trafi. 31.12.2014. Liikennekäytössä olevat ajoneuvot käyttövoimittain. [Verkkosivusto]. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavana: http://www.trafi.fi/filebank/a/1424697964/877b04c44539e16724893dbb0ae77930/16929-Liikennekayttoiset_ajoneuvot_kayttovoimittain_31122014.pdf
- Trafi. 23.2.2015. Hybridikäyttöiset henkilöautot merkeittäin ja malleittain. [Verkkosivusto]. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavana: http://www.trafi.fi/filebank/a/1424682867/32fbba0ad5128242444ff2bca1a5e273/16926-Hybridiautot_31122014_kanta.pdf
- Trafi. Ei päiväystä. Veron rakenne ja määrä. [Verkkosivusto]. [Viitattu 4.4.2015]. Saatavana: http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara
- Vilkko-Riihelä, A. 1999. Psykye: psykologian käsikirja. Helsinki: WSOY

LIITTEET

Liite 1. Koulutusmateriaali.pdf (208 s.)