

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen huollon ja korjaamisen
osaamistarpeet 2020-luvulla

Jyrki Tolonen

Teknologiaosaamisen johtaminen koulutusohjelman opinnäytetyö

Ylempi korkeakoulututkinto (YAMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Haluan kiittää henkilöitä, jotka ovat antaneet asiantuntemuksensa, ajatuksensa ja mielipiteensä käytettäväksi tutkimustyöhöni. Kiitän tutkimustyön ohjaajaa Jaakko Ettoa Kemi-Tornion AMK:sta. Esitän suuret kiitokset myös Kajaanin ammattiopiston autotekniikan opettajille, erityisesti lehtori Matti Vataselle. Kiitokset myös Osmo Lukkarille hyvästä yhteistyöstä vuosina 2011-12 kehittäessämme hybridijärjestelmät- kurssia OSAO Myllytullin yksikköön. Kiitokset esimiehilleni Reijo Haapalahdelle ja Esa Kiutulle.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä	Jyrki Tolonen
Opinnäytetyön nimi	Sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjausosaamisen tarpeet 2020-luvulla
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	23.9.2012
sivumäärä	53 + 14 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Jaakko Etto
Yritys	Oulun Seudun Ammattiopisto
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Koulutusjohtaja Esa Kiuttu

Vuonna 2010 Oulussa järjestettiin yhteistyötapaamisia aiheena ajoneuvojen sähkötekniikka ja -elektroniikka. Keskusteluissa nousi usein esille tulevaisuuden osaamisen tarpeet sähkö- ja hybridiajoneuvojen huoltotoiminnassa. Tapaamisissa todettiin, että mahdollisten uusien osaamistarpeiden selvillä saamiseksi asiaa on tutkittava. Osallistujat olivat ajoneuvotekniikan kouluttajia, autokorjaamoiden edustajia sekä Oulun seudun ammattiopiston Myllytullin yksikön tieto- ja tietoliikennetekniikan osaston henkilöstöä.

Tämän tutkimustyön tavoitteena oli selvittää haastattelututkimuksella sähkö- ja hybridiautojen huollon- ja korjausosaamisen tarpeita 2020-luvulla. Tutkimustyössä käsiteltiin sähkö- ja hybridiautojen tekniikkaa, sähkö- ja hybridiautoja koskevia sähköturvallisuusmääräyksiä sekä autoalan tämän hetkistä ammatillista koulutusta. Tutkimuksessa haastateltiin autoalan asiantuntijoita, joiden tulevaisuuden tehtäväkenttään kuuluvat sähkö- ja hybridiautot. Haastattelu toteutettiin ”face to face” -henkilöhaastatteluna. Haastattelu tehtiin kyselylomakkeella.

Tutkimuksen tuloksen perusteella voidaan todeta, että ajoneuvotekniikan ammatillisen osaamisen tarpeet ovat lisääntyneet selkeästi sähkö- ja hybridiajoneuvojen tullessa markkinoille. Tulevaisuudessa sähkötyöturvallisuus tulee olemaan osana autokorjaamoiden arkea. Lisäksi on myös hallittava sähkö- ja hybridiajoneuvojen akkuteknologiaa, sähkömoottoreiden teknologiaa sekä sähkömoottoreiden ohjausteknologiaa.

Autoalan ammatillisen perustutkinnon perusteet uusiutuvat 2015. Tutkimustyössä nousi esille, että uudessa tutkinnon perusteissa tulisi olla sähköajoneuvoasentajan koulutusohjelma, tutkintonimikkeenä sähköajoneuvoasentaja.

Asiasanat: hybridiajoneuvo, sähköajoneuvo, sarjahybridi, rinnakkaishybridi

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Master's Degree in Technology Competence Management
Name	Jyrki Tolonen
Title	Electric and Hybrid Vehicle Maintenance and Needs for Repair Skills in the 2020's
Type of Study	Master's Thesis
Date	23 September 2012
Pages	53 + 14 appendixes
Instructor	Jaakko Etto, MSc, El, Eng
Company	Oulu vocational college
Contact Person/Supervisor from Company	Esa Kiuttu, Director of Education

In 2010, the Oulu Vocational College Myllytulli unit's information and telecommunications department attended co-operation meetings. The meetings were also attended by vehicle technology trainers as well as the representatives from the auto repair shop. The topics of these meetings were vehicles and their electrical engineering technology and electronics. During these meetings discussions about the future skills requirements of electric and hybrid vehicles in service operations often came up. Hereby it was discovered that possible new knowledge needs have to be examined.

The aim of this study was to discover a scenario of electric and hybrid car maintenance - and repair skills needed in the 2020s. The study consists of interviews and the literature review. The study deals with electric and hybrid car technology and also the safety regulations of electric and hybrid cars as well as the current automotive training. The interviewees were automotive experts whose jobs in the future are in the field of electric and hybrid cars. The interviews were conducted as "face to face" interviews based on a questionnaire.

As a result of this study can be concluded that the vehicle technology vocational skills requirements will clearly increase when electric and hybrid vehicles enter the market. Electrical safety is going to be part of everyday life in car repair shops. In the future also the battery technology of electric and hybrid vehicles, electric motor technology and electric motor control technology need to be managed.

The automotive professional qualification criteria will renew in 2015. This study shows that the basics of the new criteria should include the training programme of electric vehicle mechanic.

Keywords: Hybrid vehicle, electric vehicle, series hybrid, parallel hybrid.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOT	3
2.1. Käsitteet	3
2.2. Hybridiajoneuvojen rakenne	4
2.3. Sähköajoneuvojen rakenne	9
2.4. Teknologia	11
2.4.1. Akut	11
2.4.2. Latausjärjestelmät	13
2.4.3. Sähkötömoottorit	16
2.4.4. Sähkötömoottorin ohjaustavat	20
2.5. Ajoneuvojen tiedonsiirtoväylät	23
3. SÄHKÖAJONEUVOJA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET	28
4. SÄHKÖAJONEUVOTEKNIIKAN KOULUTUS	30
4.1. Euroopan talous- ja sosiaalikomitean lausunto aiheesta, Sähköajoneuvojen yleistymisen	30
4.2. Ammatillinen koulutus	31
4.2.1. Autoalan perustutkinto	31
4.2.2. Automekaanikon erikoisammattitutkinto	32
4.2.3. Autosähkömekaanikon ammattitutkinto	33
4.2.4. Sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutus	34
4.3. Ammattikorkea- ja yliopistokoulutus	34
4.4. Autoalan – ja maahantuojien koulutus	34
4.5. Autoalan koulutus Saksassa	35
5. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTON HANKINTA	39
5.1. Tutkimusmenetelmä	39
5.2. Aineiston hankinta	39
5.3. Lomakehaastattelun toteutus	40
6. TUTKIMUKSEN TULOKSET	41
7. YHTEENVETO	46
7.1. Tutkimuksen tulosten analysointi	46
7.2. Arviointi tutkimuksen tuloksista ja tavoitteiden saavuttamisesta	47
7.3. Tutkimuksen tuloksen mahdolliset jatkotoimet	47
8. LÄHDELUETTELO	49
9. LIITELUETTELO	53

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CAN	Controlled Area Network
DTC	Direct Torque Control
ETSK	Euroopan talous- ja sosiaalikomitea
EU	Euroopan-unioni
EV	Electric vehicle
HEV	Hybrid electric vehicle
ICT	Information and communication technologie
LIN	Local Interconneck Network
MDS	Motor Drive System
MOST	Media Oriented System Transport
PHEV	Plug-in hybrid electricvehicle
Plug-in	Verkosta ladattava laite
PMASynRM	Kestomagneettiaivusteinen synkronireluktanssikone
PMU	Power Motor Unit
PWM	Pulssinleveysmodulaatioon
SynRM	Synkronireluktanssikone

1. JOHDANTO

Vuosien 2010–2011 aikana osallistuin työnantajani Oulun Seudun Ammattiopiston edustajana yhteistapaamisiin Oulun Ammattikorkeakoulun koneosaston autotekniikan edustajien ja muutamien Oulun seudun autoliikkeiden edustajien kanssa. Tapaamisten aiheena oli pohtia autotekniikkaa autotekniikan, elektroniikka- ja sähkötekniikan näkökulmista. Yhtenä keskustelun aiheena olivat tulevaisuuden hybridi- ja sähköautojen tuomat haasteet sekä mahdollisuudet ammattiosaamisen näkökulmasta. Aihe herätti mielenkiintoni. Teknisesti hybridi- ja sähköautoja voidaan lähestyä monelta suunnalta: autotekniikan, elektroniikan, sähkötekniikan, tieto- ja tietoliikennetekniikan sekä automaatio- ja konetekniikan suunnalta. Auto on moniulotteinen tekninen tuote, joka sisältää monen alan erikoisosaamista.

Yhteistapaamisten keskustelut olivat ammatillisesti rikkaita. Keskustelujen yhtenä vahvana aiheena olivat tulevaisuuden teknologiat ajoneuvoissa ja pohdinta siitä, kuinka ne tulevat vaikuttamaan tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Tarvitaanko mahdollisesti uutta osaamista, joka on yhdistelmä tämän päivän kahden tai useamman ammattisektorin osaamisesta?

Opinnot ylempään ammattikorkeakoulututkintoon Kemi-Tornion ammattikorkeakoulussa aloitin elokuussa 2010. Osana opintoja on opinnäytetyö. Keskusteluiden tuloksena työnantajani Oulun Seudun Ammattiopiston Myllytullin yksikön kanssa päädyimme ehdottamaan sähköajoneuvoihin liittyvää opinnäytetyötä. Kesäkuussa 2011 Kemi-Tornion AMK:lle ehdotin seuraavaa tutkimusaihetta: ”Tutkimus: Sähkö- ja hybridiajoneuvojen huollon sekä korjaamisen osaamistarpeet tulevaisuudessa.”

Opinnäytetyössä on käsiteltävänä selkeä tutkimusongelma. Mitä uutta osaamista tulevaisuuden ajoneuvot huollon ja korjaamisen osalta tarvitsevat tai tarvitaanko uutta ollenkaan? Riittääkö nykyinen autotekninen osaaminen ja koulutus kattamaan tulevaisuuden tarpeet?

Ajoneuvosektori on suuren murroksen vaiheessa. Akku-, sähkömoottori- ja sähkömoottorihjausteknologioiden kehittyessä perinteinen polttomoottoriin perustuva liikkuminen saa uusia kehittyneitä liikkumisen sovelluksia rinnalleen. Ympäristöystävällisyys ja pyrkimys vähentää liikkumisen ympäristökuormitusta ovat erittäin tärkeitä tavoitteita niin yksilölle

kuin yhteiskunnallekin. Yksi tie vaikuttaa tähän kehitykseen on sähköisen voimansiirron kehittäminen ja saattaminen todelliseksi vaihtoehdoksi. Tällä hetkellä kehitystyö menee todella suurilla askelilla eteenpäin. Myös Suomen valtiovallan taholta on voimakkaasti tuotu esille sähköajoneuvonklusterin kehittämistä, joka mahdollistaa uuden teollisuuden haaran syntymistä. Suomi voi tulevaisuudessa olla merkittävä vaikuttaja joillakin sähköisen voimansiirron osa-alueilla.

Opinnäytetyössä selvitetään sähkö- ja hybridiajoneuvoihin liittyviä teknologioita. Tutkimusongelmaa pyritään selvittämään riittävän laaja-alaisella ”poikkitieteellisellä” haastattelulla. Haastattelun kohteena käytetään sähkö- ja hybridiajoneuvojen eri teknologioihin liittyvien organisaatioiden asiantuntijoita. Tavoitteena on saada haastattelututkimuksen avulla vastaus siihen, millaista uutta osaamista mahdollisesti hybridi- ja sähköjärjestelmät vaativat tulevaisuudessa.

2. SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOT

2.1. Käsitteet

Hybridiajoneuvossa (engl. Hybrid electric vehicle – HEV) kaikki liikkumiseen tai työn tekemiseen käytettävä energia on lähtöisin polttomoottorista. Sähkömoottorin ja akuston avulla pyritään parantamaan voimansiirron kokonaishyötysuhdetta. Esimerkiksi kiihdytystilanteessa käytetään apuna sähkömoottoria tasoittamaan polttomoottorilta vaadittavaa tehohuippua, toisaalta jarrutustilanteessa otetaan sähköenergiaa talteen akustoon seuraavaa kuormitustilannetta varten. /29/

Sähköverkosta ladattavan hybridiajoneuvon (Plug-in hybrid electric vehicle – PHEV) liikkumiseen käytettävästä energiasta osa on ladattu ajoneuvon akustoon. Sähköverkosta ladattun energian loputtua ajoneuvo toimii tavanomaisen hybridiajoneuvon tapaan. /29/

Rinnakkaishybridillä tarkoitetaan hybridiajoneuvon teknistä rakennetta, jossa polttomoottori ja sähkömoottori toimivat rinnakkain. Hybridiajoneuvo voi liikkua pelkästään polttomoottorin avulla tai sähkömoottorin avulla. Käytännössä älykäs ohjaus optimoi tilanteen mitä moottoria käytetään milläkin hetkellä. /29/

Sarjahybridiajoneuvossa polttomoottori toimii generaattorin voimanlähteenä. Liikkumiseen käytettävän voimansiirron energianlähteenä on sähkömoottori. Generaattorin syöttämä energia akustoon ja sähkömoottorille optimoidaan ohjauksella ajotilanteen mukaan. Työkonekäytössä sarjahybridi rakenteella tasataan kuormitushuippuja. /29/

Sähköajoneuvossa (Electric vehicle – EV) kaikki liikkumiseen vaadittava energia on varastoitu akkuihin. Sähköenergia on siirretty sähköverkosta tai muusta ulkoisesta lähteestä. Sähköajoneuvossa ei ole polttomoottoria ja generaattoria. /29/

Polttokenno on laite, jolla tuotetaan sähköenergiaa nestemäisestä tai kaasumaisesta polttoaineesta. Polttokennoajoneuvossa on akusto sähköenergian varastointiin. Sähköenergiaa ladataan akustoon sähköverkosta tai muusta ulkoisesta sähköenergian lähteestä. Ajon aikana polttokenno toimii sähköenergian lähteenä. Yhden skenaarion mukaan tulevaisuudessa polttokennoajoneuvo on seuraava askel ladattavista hybridiajoneuvoista. /29/

2.2. Hybridiajoneuvojen rakenne

Hybridiajoneuvossa liike-energian lähteenä käytetään tyypillisesti polttomoottoria tai sähkömoottoria ja näiden yhdistelmää. Polttomoottorin polttoaineena käytetään yleensä bensiiniä, dieseliä, etanolia tai eri kaasutuotteita (maakaasu, nestekaasu, biokaasu). Hybridiajoneuvossa tärkeänä komponenttina toimii akku. Akkuun varastoidaan sähköenergiaa tilanteeseen, jossa sähköenergia käytetään sähkömoottorissa liike-energian tuottamiseen ja näin liikkumisen kokonaishyötysuhteen parantamiseen. Hybridiajoneuvoilla tavoitellaan seuraavia etuja:

1. Jarrutusenergian palauttaminen takaisin liike-energiaksi. Suurimmat hyödyt saavutetaan kaupunkiajossa. Tasaisessa maantieajossa saavutettava hyöty on pieni.
2. Turhien tyhjäkäyntijaksojen minimointi esimerkiksi, kun ajoneuvo on pysähtynyt liikennevaloissa tai liikenneruuhkissa.
3. Polttomoottorin käyttö- ja toiminta-alueen parantaminen. Sähkömoottorilla paikataan tai korvataan polttomoottorin kuormitustilanteita esimerkiksi äkilliset kiihdytykset liikennetilanteessa, jonoajo pelkällä sähköllä tai kun työkoneissa hydraulikan kuormitushuippuja tasoitetaan sähkökäytöllä jne.
4. Mahdollisuus pienempi kokoiseen polttomoottoriin. /29/

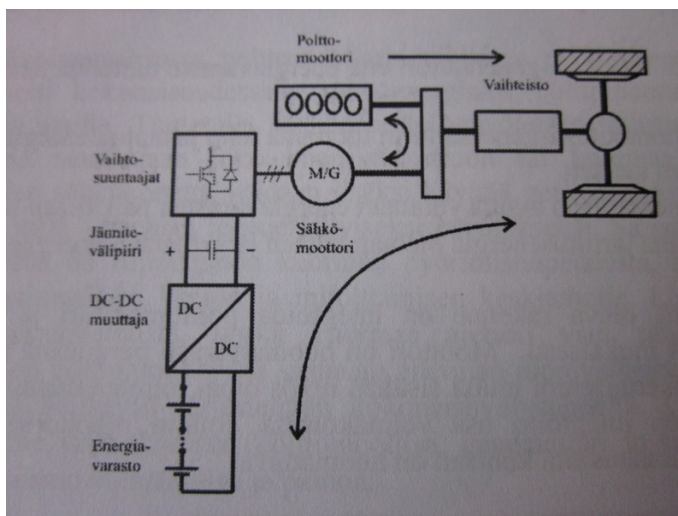
Markkinoilla olevat hybridiajoneuvot voidaan jakaa tekniseltä toiminnaltaan kolmeen luokkaan: rinnakkaishybridi, sarjahybridi ja plug-in –hybridi. Seuraavassa käsitellään hybridejä teknisesti yksityiskohtaisemmin. /10/

Rinnakkaishybridissä sähkömoottori ja polttomoottori tuottavat rinnakkain mekaanista voimaa samalle kuormalle. Hyvin usein sähkömoottori sijoitetaan polttomoottorin vauhtipyörän yhteyteen, tällöin voimakoneet pyörivät samaan tahtiin. Sähkömoottori ja polttomoottori voivat olla kytkettynä momentintasaajalle, josta mekaaninen voima siirtyy yhteiselle vaihteistolle, kuva 1. Sähkömoottorilla ja polttomoottorilla voi olla omat vaihteistot, joista mekaaninen voima siirtyy momentintasaajan kautta kuormalle, kuva 2.

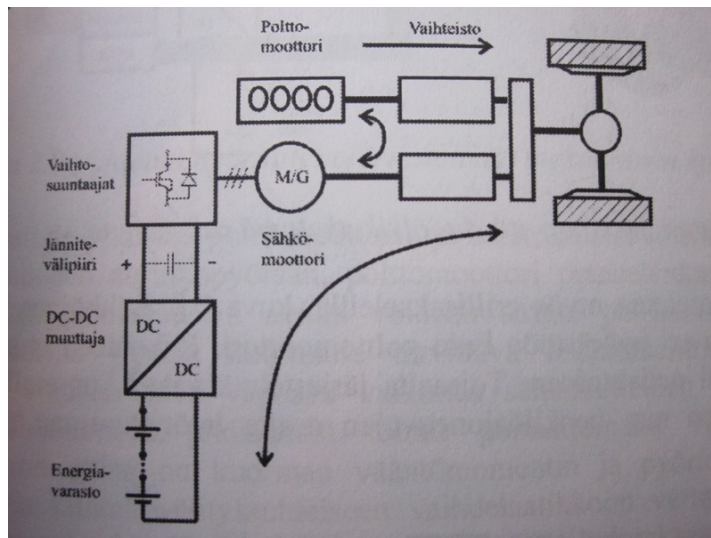
/10/

Rinnakkaishybridillä voidaan toteuttaa kuusi eri toimintatilaa:

- Sähkömoottori toimii yksin ja tuottaa mekaanisen voiman kuormalle. Polttomoottori on sammutettuna.
- Polttomoottori toimii yksin ja tuottaa mekaanisen voiman kuormalle.
- Hybridikäyttö. Sähkömoottori ja polttomoottori tuottavat mekaanisen voiman kuormalle.
- Jaetun tehon tila: Polttomoottorin tuottama mekaaninen voima jakaantuu kuormalle ja energiavarojen lataamiseen. Tässä tilassa sähkömoottorista tulee generaattori.
- Ajoneuvon ollessa paikallaan polttomoottorin käydessä, polttomoottorin mekaaninen voima menee energiavarojen lataamiseen. Tällöin sähkömoottori toimii generaattorina.
- Jarrutusenergian talteenotto energiavarojen lataamiseen. Tällöin sähkömoottori toimii generaattorina. /10/

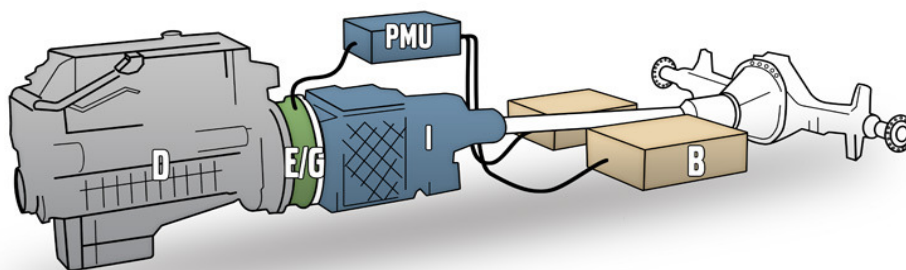


Kuva 1. Rinnakkaishybridin voimansiirron rakenne /10/



Kuva 2. Rinnakkaishybridin voimansiirron rakenne /10/

Kuvassa 3 esitetään Volvo-kuorma-auton rinnakkaishybridin tekniikka. Volvon tekniikassa MDS on dieselmoottori ja kytkin-vaihteistopaketti välissä. MDS on kestopagneettimoottori, joka toimii myös generaattorina. PMU ohjaa sähköenergiaa akkujen ja MDS:n välillä ajotilanteen mukaan. /31/



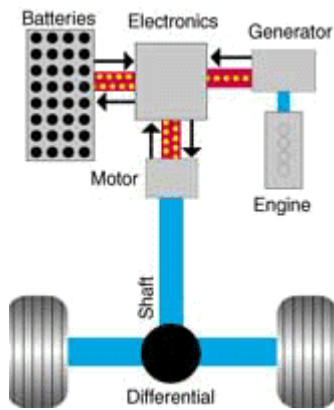
B akut, D dieselmoottori, E energiamuunnin, G Motor drive system eli MDS, I kytkin ja vaihteisto, PMU voimansiirron hallintayksikkö.

Kuva 3. Rinnakkaishybridin /31/

Sarjahybridissä (kuva 4) polttomoottori ja sähkömoottori ovat sarjaan kytkettyjä. Polttomoottoria ei ole mekaanisesti kytketty voimansiirtoon, vaan voimansiirron voimanlähteenä toimii sähkömoottori (ajomoottori). Polttomoottori pyörittää generaattoria, joka syöttää sähköenergiaa suoraan sähkömoottorille ja akustolle tai suoraan sähkömoottorille. Kuormitustilanteen mukaan ohjaus säätelee ja optimoi akuston varaustason sekä sähkömoottorille syötettävän sähkövirran suuruuden tavoitteena saavuttaa mahdollisimman hyvä kokonaisyötysuhde. Jarrutustilanteessa voimansiirron sähkömoottori muuttuu generaattoriksi, jolloin jarrutuksesta saatava liike-energia muutetaan sähköenergiaksi ja varastoidaan akkuun seuraavaa kuormitustilannetta varten. /10/

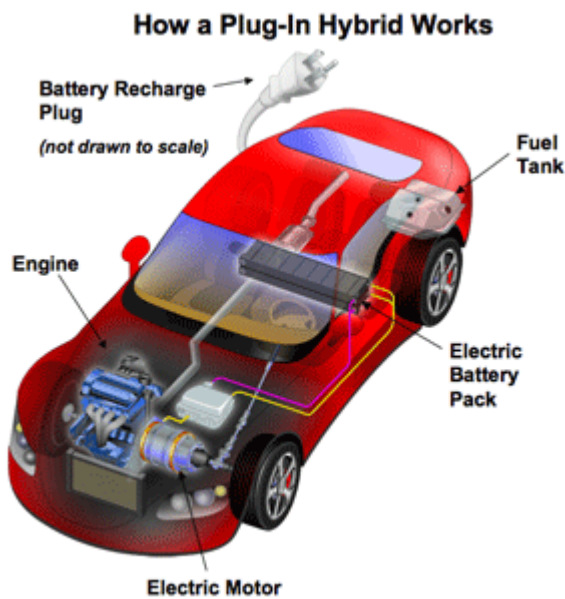
Sarjahybridillä voidaan toteuttaa kuusi eri toimintatilaa:

- Sähkömoottori toimii yksin ja tuottaa mekaanisen voiman kuormalle. Polttomoottori on sammutettuna. Sähkömoottori ottaa energiansa akustosta
- Polttomoottori pyörittää generaattoria ja tuottaa sähköenergian sähkömoottorille. Akustosta ei oteta energiaa sähkömoottorille.
- Hybridikäyttö. Polttomoottori-generaattori yhdistelmä sekä akusto syöttävät sähköenergiaa sähkömoottorille.
- Jaetun tehon tila: Polttomoottori-generaattori yhdistelmän tuottama sähköenergia menee akustolle sekä sähkömoottorille.
- Ajoneuvon ollessa paikallaan polttomoottorin käydessä polttomoottori-generaattori yhdistelmä tuottaa sähköenergiaa akustolle.
- Jarrutustilanteessa ajomoottori (sähkömoottori) muuttuu generaattoriksi ja muuttaa jarrutusenergian sähköenergiaksi joka varastoidaan akkuun. /10/



Kuva 4. Sarjahybridi /13/

Plug-in hybridi, kuva 5, on tekniseltä toiminnaltaan rinnakkaishybridi tai sarjahybridi. Akusto on varauskapasiteetiltään suurempi ja varustettu latausmahdollisuudella ulkopuolisesta virtalähteestä. Kehittyneillä plug-in hybrideillä voidaan tänä päivänä ajaa useita kymmeniä kilometrejä pelkällä sähköenergialla. Käytännössä hyvin monet suomalaiset voivat tulevaisuudessa ajaa päivittäiset matkat pelkällä sähköenergialla, pidemmät ajomatkat suoriutuvat hybridienergialla. /10/,/29/



Kuva 5. Plug-In –hybrdi /16/

2.3. Sähköajoneuvojen rakenne

Sähköajoneuvolla tarkoitetaan ajoneuvoa, jossa kaikki liikkumiseen tarvittava energia on varastoitu akkuun. Kuva 7 esittää sähköajoneuvon teknisen rakenteen.

Sähköajoneuvon etuina voidaan mainita hybridiajoneuvoa yksinkertaisempi tekniikka. Kytöntä ei tarvita, vaihteisto ei ole välttämätön tai voi olla yksinkertaisempi. Öljynvaihto on tarpeeton ja muutenkin huollon tarve on vähäisempi. Hyötysuhde on parempi ja käyttökustannukset ovat alhaisemmat. Ongelmana sähköajoneuvoissa on vielä tällä hetkellä rajallinen ajomatka. Parhaimmilla akuilla päästään tällä hetkellä lähes 400 km:n yhtämittaiseen ajomatkaan. Pikalataus mahdollistaa kohtuullisen lyhyen latausajan, noin 15 minuuttia. /10/,/29/

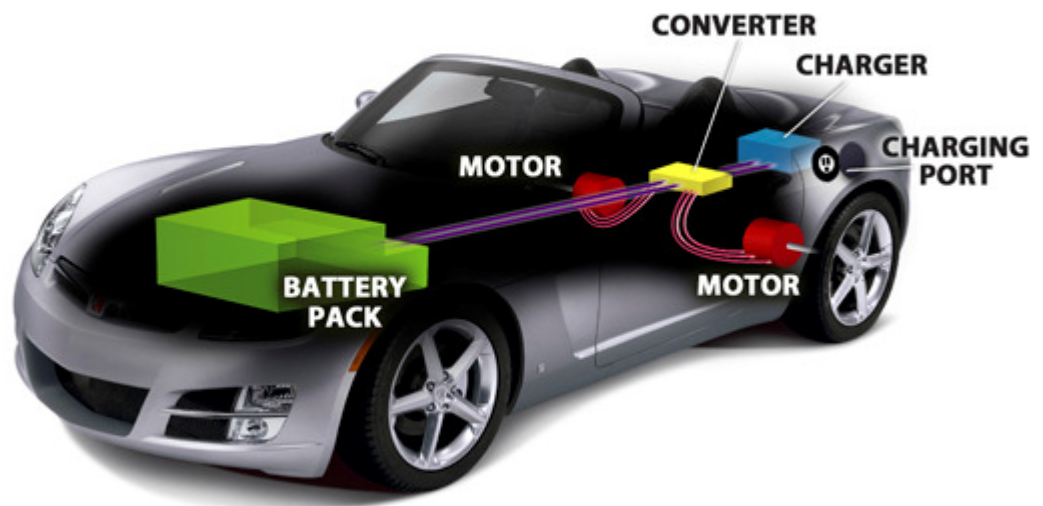
Akkuteknologian kehitys tulee olemaan huimaa, sen osoittaa matkapuhelinten akkuteknologian kehityshistoria, sama tulee toistumaan varmuudella ajoneuvojen akuissa.

Sähkömoottorin mekaaninen kytkentä voimansiirtoon voidaan toteuttaa teknisesti usealla eri tavalla.

1. Sähkömoottori kytketään kytkimen ja vaihdelaatikon välityksellä tasauspyörästöön.
2. Sähkömoottori kytketään vaihdelaatikon välityksellä tasauspyörästöön.
3. Kahdella tai useammalla pyörällä on oma sähkömoottori ja kiinteä välitys vetävään pyörään.
4. Kun sähkömoottori on kytketty kahdella tai useammalla pyörällä suoraan pyörän napaan, puhutaan ns. napamoottorista. Alla on esimerkkinä kuva 6 Münchenistä sähköajoneuvomessuilta syyskuussa 2011, jossa oli esillä Brabus Mercedes-Benz E-sarja täyssähköauto. Auton jokaisessa renkaassa on napamoottori, kokonaistehon ollessa 429 hp ja kokonaisvääntömomentin ollessa 3000 Nm. /10/



Kuva 6. Brabus Full Electric Mercedes-Benz E-serie /33/



Kuva 7. Sähköajoneuvon rakenne /24/

2.4. Teknologia

2.4.1. Akut

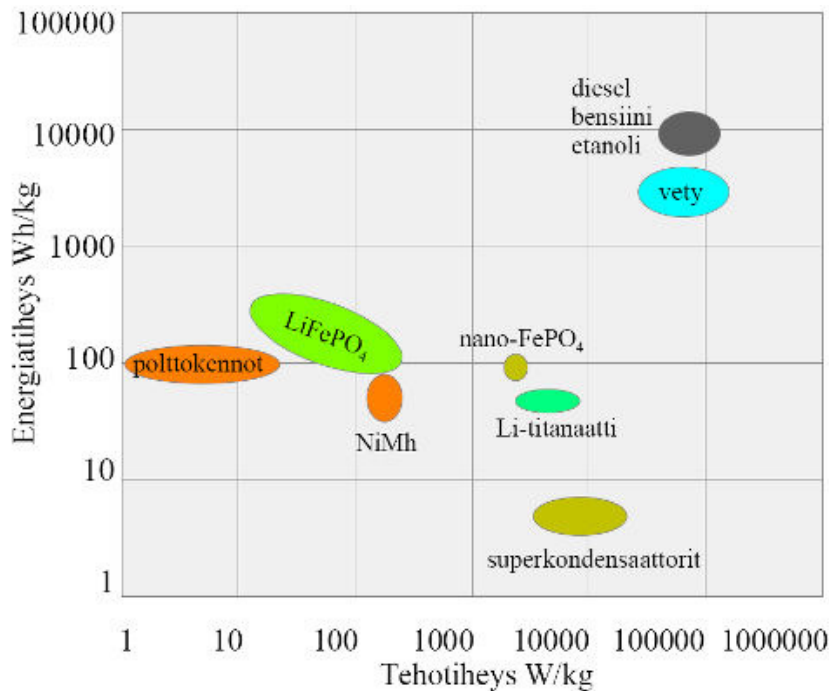
Sähköajoneuvon yksittäinen, tärkein ja vaikuttavin komponentti on akku. Akkuun varastoitavan sähkönenergian määrä ja akun hinta tulevat vaikuttamaan siihen kuinka sähköajoneuvon kehityskaari tulee kulkemaan ja mitä eri teknologioita tullaan käyttämään missäkin kehitysvaiheessa.

Eri akkuteknologioita vertailtaessa seuraavat tekniset määritteet nousevat esille:

1. hinta
2. energiatiheys (Wh/kg tai Wh/l)
3. tehoteiheys (W/kg tai W/l)
4. elinikä: akuston kestoikä vuosissa
5. lataus ja purkaussyklien lukumäärä
6. turvallisuusominaisuudet. /29/

Akkuteknologiassa energiatiheys ja tehoteiheys ovat osittain toisilleen vastakohtaisia ominaisuuksia, toisen teknisen ominaisuuden kasvattaminen heikentää toista teknistä ominaisuutta. Mikäli akkua halutaan käyttää suurilla tehoilla (lataus ja purkaus huiput) täytyy akuston sähkömekaanisen rakenteen olla mitoitettu suurille kuormitusvirroille. Tästä on seurauksena akuston energiatihedyspieneneminen, koska sähköisesti reagoivaa ainetta saadaan mahtumaan pienempi määrä (massa) samaan tilavuuteen. /10/, /29/

Kuvassa 8 on esitetty eri akkutyypin ja energialähteen energia- ja tehotehyyksiä.



Kuva 8. Eri akkutyypin ja energialähteiden energia- ja tehoitehyksiä /29/

Tällä hetkellä ajoneuvoissa (poltto­moottori­käyttöiset, hybridi- sekä sähköajoneuvot) käytetään teknisesti kolmea erityyppistä akkua: lyijyakut, nikkeliakut ja litiumakut. Seuraavassa on tarkemmin käsitelty eri akkutyyppejä:

Lyijyakut ovat hyvin yleisesti käytössä bensini- ja dieselajoneuvojen sähköjärjestelmien energian lähteenä. Lyijyakusta saatava yhden kennon jännite on noin 2 V, eli 12 V:n akku sisältää 6 kpl sarjaan kytkettyä kennoa. Polttomoottorikäytössä perinteistä akkua, siis akkua jossa elektrolyytinä on tislattu vesi, saa purkaa maksimissaan 50 % kokonaisvarauksesta ilman että aiheutetaan vakavia vaurioita kennostoille. Kun sähköajoneuvokäytössä käytetään lyijyakkua, parempi vaihtoehto on käyttää kiinteäelektrolyyttistä syväpurkausakkua. Syväpurkausakkua käytettäessä akkua on mahdollista purkaa 80 % maksimivarauksesta ilman että aiheutetaan vakavia vaurioita kennoille. Lyijyakuilla on monia negatiivisia ominaisuuksia, jotka heikentävät käytettävyyttä hybridi- ja sähköajoneuvokäytössä. Seuraavassa on lueteltu negatiivisia ominaisuuksia:

- kapasiteetin romahtaminen suurella kuormitusvirralla
- lämpötilan laskiessa akun varauskapasiteetti laskee merkittävästi
- suhteellisen lyhyt käyttöikä, noin viisi vuotta tai 700 lataussykliä. /29/

Nikkeliakut edustavat teknologiaa, jota yleisesti käytetään hybridi- ja sähköajoneuvoissa. Nikkeliakkuja on kahden tyyppisiä: Nikkeli-kadmium- (NICd) ja nikkeli-metallihybridi (NIMH)-akkuja. Nikkeli-kadmium-akut ovat rakenteeltaan avoimia, jolloin niihin huolto- toimenpiteenä täytyy tarkistaa tai lisätä nestettä. Nikkeli-metallihybridi-akut ovat raken- teeltaan suljettuja, joten ne eivät tarvitse huoltotoimenpiteitä. Nikkeliakkujen yhdestä ken- nosta saatava jännite on 1.2 V, joten kennojen määrä on suurempi kuin lyijyakuissa. Seu- raavassa on listattu nikkeliakun ominaisuuksia verrattuna lyijyakuun:

- Kennojen määrä on suurempi verrattuna lyijyakuun.
- Akun käyttöikä on jopa 10 vuotta tai 2000 lataussykliä.
- Sähköautokäytössä akut vaativat jäähdytystä.
- Kylmissä olosuhteissa, lämpötilan laskiessa alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, akut vaativat lämmitystä. /29/

Litiumakut edustavat tämän hetken akkuteknologia kehityksen kärkeä. Litium akun ken- nosta saatava jännite on n. 4 V, tämä jännite on huomattavasti korkeampi verrattuna mui- hin akkutyyppeihin. Valmistuskustannuksiltaan litiumakku on kalliimpi kuin lyijy- ja nik- keliakku. Litiumakku on purkausteholtaan hyvä, sen purkausteho voi olla jopa 5 kertaa suurempi kuin samanpainoisella lyijyakulla.

Seuraavassa on listattu litiumakun ominaisuuksia:

- yksittäisestä kennosta saatava jännite noin 4 V
- suuri purkausteho
- pitkä käyttöikä (ajoneuvokäytössä jopa 200 000 km)
- ei purkaudu käyttämättömänä
- vaatii akun tilaa valvovan elektroniikan. /29/

2.4.2. Latausjärjestelmät

Sähköajoneuvojen eräänä suurena haasteena on saada energiavarastojen täyttäminen yhtä sujuvaksi kuin polttomoottoriajoneuvojen. Kuluttajat ovat sopeutuneet nopeaan tankkauk- seen ja matkan jatkumiseen tankkausvälin ollessa jopa yli 1000 km. Haasteena on akku-

teknologian kehittäminen vastaanottamaan suuria latausenergioita ja latausjärjestelmien rakentaminen vastaamaan sähköajoneuvojen sekä kuluttajien tarpeita.

Akkujen latausteknologian kehitystyötä tapahtuu voimallisesti niin Pohjois-Amerikassa, Kaukoidässä kuin Euroopassakin. Latausteknologian kehityksen jarruttavana tekijänä voidaan pitää lukuisia eri standardeja ja maakohtaisia turvallisuusmääräyksiä.

Pohjois-Amerikassa on tällä hetkellä käytössä SAE J1772 standardin mukainen sähköajoneuvon latauspistoke, joka mahdollistaa 240 V jännitteen ja 80 A virran käytön akuston latauksessa. /29/

Vastaavasti Euroopassa ollaan vielä standardointivaiheessa. Kuitenkin EU:ssa on yhtenäinen näkemys ja tavoite luoda EU:n laajuinen standardi latausinfrastruktuurista. Odotettavissa on, että käyttöön tulee kolmivaiheiseen sähkönsiirtotekniikkaan perustuva latausstandardi. Tämä mahdollistaa suuremman latausjännitteen ja tehonsiirron kuin pohjoisamerikkalainen standardi. /21/

Yksi vaihtoehto latausjärjestelmille on akkujen vaihto. Ajatuksena tämä kuulostaa järkevältä, mutta autossa on suunnitteluvaiheessa huomioitava suuri määrä ajoneuvon ominaisuuksiin ja turvallisuuteen liittyviä määräyksiä. Tämä kaikkialla toimiva akkujen vaihto on käytännössä mahdotonta nykyisellä akkuteknologialla. Lisäksi kaiken todennäköisyyden mukaan vaihtokustannukset nousevat liian korkeaksi verrattuna akussa olevaan sähköenergiaan. Tulevaisuudessa on mahdollista, että akkujen kehityskulku tuo kompaktin kokoiset energiatiheydeltään suuret akut, jotka ovat vaihdettavissa nopeasti vaihtopisteessä. Akkujen vaihto edellyttää yhtenäisiä akkuteknologian standardeja auton valmistajien välillä. /29/

Akkujen latausta tarkasteltaessa on tärkeää huomioida millaisella latausteholla tai -profiililla akku käytännössä pystyy sähkötehoa varastoimaan. Tyypillisesti litium-akkuun pystytään lataamaan sähköenergiaa suurella teholla 80 %:iin asti kokonaisvarauskapasiteetista. Loppu varauskapasiteetti ladataan pienemmällä teholla. Akkuvalmistajilla on suosittelut latausprofiilit eri lataustyypeille. /29/

Lataustyyppien luokittelussa yleisesti käytetään pohjoisamerikkalaista mallia, jossa on kolme eri luokkaa latausvirran perusteella. Samansuuntainen luokittelu on käytössä myös Euroopassa. Lataustyyppit jaotellaan 1) hidas lataus 2) nopea lataus ja 3) pikalataus. Seuraavassa tarkemmin lataustyypeistä: /29/

Hidas lataus tapahtuu pääsääntöisesti kotitalouksien sähköjärjestelmän kautta. Lähtökohtana on, että sähköjärjestelmään ei tarvitse tehdä suuria muutoksia sähköajoneuvon latausta varten. Euroopassa tyypillinen latausjännite on 240 V sähkövirran ollessa 10 A -16 A. Luonnollisesti latausaika on useita tunteja, mutta hyvin usein yöaika riittää lataamaan ajoneuvon akun täyteen varaustilaan. Syytä on myös mainita talotekniikkaan liittyvät eri hybridisovellukset, joilla jokin muu energiamuoto muutetaan sähköenergiaksi. Esimerkiksi autotallin katolla olevat aurinkopaneelit tulevat olemaan osa tulevaisuuden sähköajoneuvon latausjärjestelmää sekä osana talotekniikkaa. /5/

Nopea lataus tarkoittaa akun lataamista kolmivaiheisella sähkönsyötöllä, jännitteen ollessa 400 V vaiheiden välillä. Nopealla latauksella latausteho voi olla 10–20 kW luokkaa, latausajan ollessa muutamia tunteja. /5/

Pikalatauksella tarkoitetaan hyvin nopeaa lataustapaa, jolla tänä päivänä pystytään lataamaan akkuja yli 100 kW:n teholla lähes täyteen varaukseen saakka. Loppuvarauksen aikana (varaus 80 % täyteen lataukseen) lataustehoa joudutaan pienentämään, jotta akun elinikä ei lyhenisi. Pikalataus tapahtuu pikalatausasemasta, tulevaisuuden ”polttoainemittarista”. /29/

Sähköajoneuvokannan kasvaessa on välttämätöntä, että pikalatausasemaverkoston kattavuus on hyvä, jotta voitaisiin saavuttaa sama käytettävyys kuin polttomoottoriautoilla. Myös sähköverkon toimivuuden kannalta laajalti toimiva pikalatausasemaverkosto on välttämätön, tällöin pystytään kontrolloimaan paremmin kuormitushuippuja. /29/

2.4.3. Sähkömoottorit

Ajoneuvossa liikkeellelähtötilanteessa tarvitaan suurta vääntömomenttia ajoneuvon vetävälle pyörälle. Tarvittavan vääntömomentin määrä riippuu ajoneuvon kokonaismassasta, maaston ja tien ominaisuuksista. Yleisesti, kevytrakenteinen auto tarvitsee pienemmän vääntömomentin liikkeellelähtötilanteessa kuin täydessä soralastissa oleva yhdistelmä ylämäkeen lähtiessä. Tarvittava vääntömomentti saadaan moottorista vaihteiston välityksen kautta pyörälle. Hyvin usein ajoneuvon saavuttaessa matkanopeuden moottorin ja voimansiirron välistyssuhde on 1:1. Riippumatta siitä, onko vääntömomentin lähde sähkömoottori vai polttomoottori, tarvitaan ajoneuvon massa ja käyttötarkoitukseen nähden oikein mitoitettu voimansiirto.

Sähkömoottorilla on ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää ajoneuvon voimansiirron suunnittelussa. Yksi merkittävä ominaisuus on, että sähkömoottoria voidaan ylikuormittaa hetkellisesti kiihdytystilanteessa.

Useimmissa sähköisen voimansiirron sovelluksissa käytetään alennusvaihdetta. Alennusvaihteelle saadaan kasvatettua vetävälle pyörälle tulevaa vääntömomenttia. Toisaalta kun käytetään alennusvaihdetta sähkömoottori voi pyöriä korkeilla kierrosluvuilla ja sähkömoottorilta vaaditaan pienempää vääntömomenttia alennusvaihteen ansiosta. /10/

Teknisesti sähkömoottorisovelluksia on lukuisia. Karkeasti jaottelu tehdään DC- ja AC-moottoreihin. DC-moottoreita käytetään yleisesti pienissä sähköajoneuvoissa, kuten sähköskoottereissa. AC-moottori soveltuu raskaampiin ajoneuvoihin. /21/ Sähköajoneuvot Suomessa -selvityksessä professori Juha Pyrhönen käsitteli laaja-alaisesti sähköajoneuvojen moottorivaihtoehtoja: tasavirtakoneet, induktiokoneet, vierasmagnetoidut synkronikoneet, synkronireluktanssikoneet ja kestomagneettitahtikoneet. Seuraavassa yhteenvetoa Juha Pyrhösen selvityksestä:

Tasavirta eli DC-koneet ovat perinteisesti olleet sähköajoneuvojen ajomoottoreina mm: sähkövetureissa. VR:n SR1:ssä on tasavirtakäyttö myös sähköbussseissa sekä raitiovaunuis-

sa. DC-koneissa moottorin ohjaustekniikka voi olla hyvinkin yksinkertainen. Nykyään tasavirtakoneet jaotellaan hiiliharjallisiin ja hiiliharjattomiin DC-moottoreihin. /29/

Hiiliharjalliset DC-moottorit voidaan jakaa kolmeen alaluokkaan: rinnan- tai sarjakäämityihin moottoreihin sekä niiden yhdistelmään eli kompondikäämittyihin moottoreihin. /14/

Sarjakäämittyjen moottorien pyörimisnopeuden säätöominaisuudet ovat kohtalaisen heikot. Mikäli kuormaa ei ole kytkettynä, moottori kasvattaa nopeuttaan hajoamispisteeseen saakka. Kun kuormaa lisätään, kasvaa momentti huomattavasti ja pyörimisnopeus laskee. Käynnistysmomentti on sarjakäämityillä moottoreilla suurempi kuin rinnankäämityillä. /14/

Rinnankäämityillä moottorilla on hyvät pyörimisnopeuden säätöominaisuudet. Mikäli moottoria ei kuormiteta, se kiihdyttää maksiminopeuteensa. Kun moottoria kuormitetaan, nopeus laskee ja momentti kasvaa hetkellisesti. Moottori ei kuitenkaan kuorman lisäämisen jälkeen pysty palaamaan samaan nopeuteen kuin ilman kuormaa. /14/

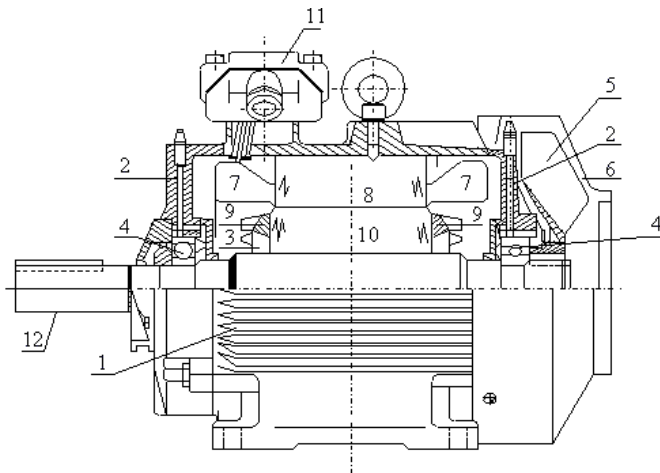
Kompondimoottori on rinnankäämittyä ja sarjakäämittyä moottoria huomattavasti kalliimpi, mutta siitä löytyy molempien mallien parhaat ominaisuudet: korkea käynnistysmomentti ja hyvät säätöominaisuudet pyörimisnopeudelle. /14/

Hiiliharjaton DC-moottori on kestopagneettimoottori, jossa kestopagneetit on kiinnitetty roottoriin ja sähkömagneetit staattoriin. Toiminnallisesti harjattomassa DC-moottorissa virta syötetään staattoriin, kun harjallisessa DC-moottorissa virta syötetään hiiliharjojen kautta roottorin ankkurikäämitykseen. /2/, /14/

Hiiliharjaton DC-moottori kestää ylikuormitusta paremmin ja on hiljaisempi kuin harjallinen. Hinnan ja rajallisen vakioehtoalueen sekä pyörimisnopeuden lisäksi harjallisen moottorin heikkoutena on käyttöturvallisuus. Vapaasti pyörivä tai tyhjäkäyvä moottori on jännitteinen, mikä on erityinen riski, kun moottori toimii nimellisenopeuden yläpuolella. Lisäksi invertterin oikosulku voi saada moottorilla aikaan täydellisen jumitilanteen. /2/, /14/, /29/

Vaihtosähkömoottoreiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään. Jos koneen roottori pyörii samalla nopeudella magneettikentän kanssa, silloin kyseessä on tahti - eli synkronikone. Toisaalta jos koneen roottori pyörii magneettikentän kanssa eri nopeutta, kutsutaan sitä epätahti- eli asynkronikoneeksi. Vaihtosähkömoottoreilla on monia etuja tasasähkömoottoreihin verrattuna, niissä ei ole hiiliharjoja tai kommutaattoria. Niiden huoltoväli on ajallisesti pitkä. Myös vaihtosähkömoottoreilla voidaan toteuttaa peruuttaminen ja regeneroivajarrutus tasavirtamoottoreita helpommin. Tämä on merkittävä etu ajoneuvokäytössä. /2/, /29/

Oikosulku- eli induktiomoottori on kolmivaiheinen epätahtikone, joka on teollisuudessa erittäin yleinen. Sen rakenne on yksinkertainen, toimiva ja se on käytössä todettu kestäväksi. Induktio-moottori on ainoa sähkömoottorityyppi, joka on varastotuotteena useille eri tehoille ja suurista valmistusmääristä johtuen hinnaltaan edullinen. Kuvassa 9 on esitetty induktio-moottorin rakenne. /2/



1 staattorin runko, 2 laakerikilvet, 3 roottori, 4 laakerit, 5 tuuletin, 6 tuulettimen suojus, 7 staattorikäämitys, 8 staattorin levypaketti, 9 roottorin käämitys, 10 roottorin levypaketti, 11 liitäntäkotelo, 12 akseli.

Kuva 9. Oikosulkumoottorin rakenne /2/

Tekniseltä rakenteeltaan oikosulkukoneen roottorissa on metallisauvoista valmistettu oikosulkukäämitys, josta tuleekin oikosulkumoottorin nimitys. Sauvat oikosuljetaan molemmista päistään renkaalla, jolloin rakennetta kutsutaan häkkikäämitykseksi. Kun kone

pyörittää kuormaa, staattorin pyörivä magneettikenttä leikkaa roottorin metallisauvoja. Roottorin virtapiireihin indusoituu tällöin virta, joka magnetoit roottorin. /2/

Staattorin napojen magneettikenttä siirtyy eteenpäin napapari kerrallaan. Tämä synnyttää kiertävän magneettikentän staattorin ja roottorin ilmvälisiin. Tämän seurauksena oikosulkukone alkaa pyöriä, kun magnetoitunut roottori lähtee seuraamaan tätä pyörivää magneettikenttää. /2/

Oikosulkukoneen pyörimisnopeus riippuu napapariluvusta ja taajuudesta. Oikosulkumoottorin nopeudensäätöön on tarjolla laaja valikoima taajuusmuuttajia. Oikosulkumoottori on hyvin käyttökelpoinen sähköajoneuvokäyttöön. /2/

Vierasmagnetoitu synkronimoottori pyörii samassa tahdissa moottorin sisäisen magneettikentän kanssa, tästä tulee myös moottorin suomenkielinen nimitys: vierasmagnetoitu tahdimoottori. Tyypillisesti vierasmagnetoituja moottoreita käytetään teollisuuden suurta tehoa vaativissa moottorikäytöissä tai suurten laivojen propulsiomoottoreina. Moottorin säätöön tarvitaan vektorisäätöön tarkoitettu invertteri. Ajoneuvokäytössä vierasmagnetoitua synkronimoottoria voidaan käyttää generaattorina sarjahybridikäytössä. /10/, /29/

Synkronireluktanssikone (SynRM) on monelta osin samantyyppinen kuin induktiomoottori. Poikkeuksena roottori poikkeaa magneettisen epäsymmetrian johdosta merkittävästi induktiokoneen roottorista. Ominaisuutena on myös synkroninen käynti. Suorituskyvyltään synkronireluktanssikone vastaa induktiokoneen suorituskykyä. Heikkoutena ajoneuvokäytössä voidaan pitää vaatimusta pienestä ilmvälisestä, koneen ominaisuudet heikkenevät merkittävästi jos ilmväliä joudutaan kasvattamaan esimerkiksi turvallisuussyistä. Koneen säätöön tarvitaan vektorisäädetty invertteri. Synkronireluktanssikone ei todennäköisesti tule olemaan kovin yleinen ajoneuvokäytössä, mutta yhdistämällä koneen ominaisuuksia kestmagneettikoneen ominaisuuksiin saadaan tämän hetken suosituin moottori hybridi- ja sähköajoneuvokäytössä eli kestmagneettiaivusteinen synkronireluktanssikone (PMA-SynRM). /10/, /29/

Kestomagneettitahtikoneet jaetaan kahteen ryhmään, radiaali- tai aksaalivuokoneiksi, riippuen miten magneettivuo vaikuttaa koneen akselilinjaan nähden. Kestomagneettikoneessa magnetointia ei tehdä sähkövirralla vaan kestopagneeteilla, joten sen roottori on häviön ja tehokerroin parempi kuin induktiokoneella. Kestomagneettikoneet jaetaan magnetoinnin perusteella pintamagneettikoneisiin ja upotetuilla magneeteilla varustettuihin koneisiin. Kestomagneettikoneen ominaisuudet eivät heikkene samalla tavalla napaluvun kasvaessa kuin oikosulkukoneella. Kestomagneettikoneella pystytään saavuttamaan suuria vääntömomenttitiheyksiä pienillä kierrosluvuilla. Kestomagneettikoneet ja erityisesti kestopagneettiavusteinen synkronireluktanssikone ovat erittäin suosittuja moottorityyppejä sähköajoneuvokäytössä. /10/, /29/

2.4.4. Sähkömoottorin ohjaustavat

Aikaisemmin sähkömoottoreita käsittelevässä kappaleessa moottorit jaettiin teknisesti DC- ja AC-moottoreihin. Sähkömoottoreiden ohjaustapoja käsiteltäessä voidaan käyttää samaa jakoa: DC- ja AC-moottoreiden ohjaustavat. Sähköajoneuvojen moottoreiden ohjaamisessa voidaan käyttää samoja teorioita sekä teknisiä ratkaisuja kuin teollisissa prosesseissa. Ajoneuvojen käyttöympäristö ja -olosuhteet asettavat kuitenkin merkittäviä vaatimuksia ajoneuvossa käytettävälle tekniikalle. Lämpötilan ja kosteuden vaihtelut, värinä, pöly, turvallisuus poikkeavissa tilanteissa ja monet muut asiat vaikuttavat sähköajoneuvon moottorin ohjauksen suunnitteluun sekä luotettavuuteen. Seuraavassa on käsitelty sähköajoneuvojen sähkömoottoreiden eri ohjaustapojen teorioita ja nimikkeitä lyhyesti.

DC-moottorin pyörimisnopeuden säätö tapahtuu ohjaamalla ankkurijännitettä. Ankkurivirtaa ohjaamalla voidaan vaikuttaa moottorin vääntömomentin suuruuteen. Tasavirtamoottorien säätö muuttui ja helpottui merkittävästi tyristoritekniikan keksimisen ja niiden sovelusten kehittämisen jälkeen. Pyörimisnopeuden säätö voi myös tapahtua ohjaamalla magnetointijännitettä, mutta suuren magnetoitumisinduktanssin takia säätötapa ei ole nopea ja samalla moottorin vääntömomentin tuottokyky muuttuu. DC-moottoreiden pyörimisnopeuden muutos verrattuna kuormituksen muutokseen riippuu moottorin tyypistä. Erillis-magnetoidun moottorin pyörimisnopeus ei muutu merkittävästi kuormituksen muuttuessa.

Sarjamoottorin pyörimisnopeus muuttuu oleellisesti kuormituksen vaihdella, pienillä kuormilla pyörimisnopeus nousee, jopa ryntää ja suurilla kuormilla pyörimisnopeus pienee. Käytännössä kohteissa, joissa DC-moottori tarvitsee hyvää säädettävyyttä, käytetään erillismagnetoituja DC-moottoreita. Ajoneuvokäytössä DC-moottorin pyörimisnopeuden ohjaus perustuu tasavirran pulssinleveysmodulaatioon (PWM). Ohjausyksikön kautta moottorille syötetään vakiotaajuista kanttiaaltoa. Mitä leveämpi kanttiaaltopulssi on sitä suurempi on moottorin sähköteho ja moottori pyörii myös nopeammin. / 2/, /14/, /29/

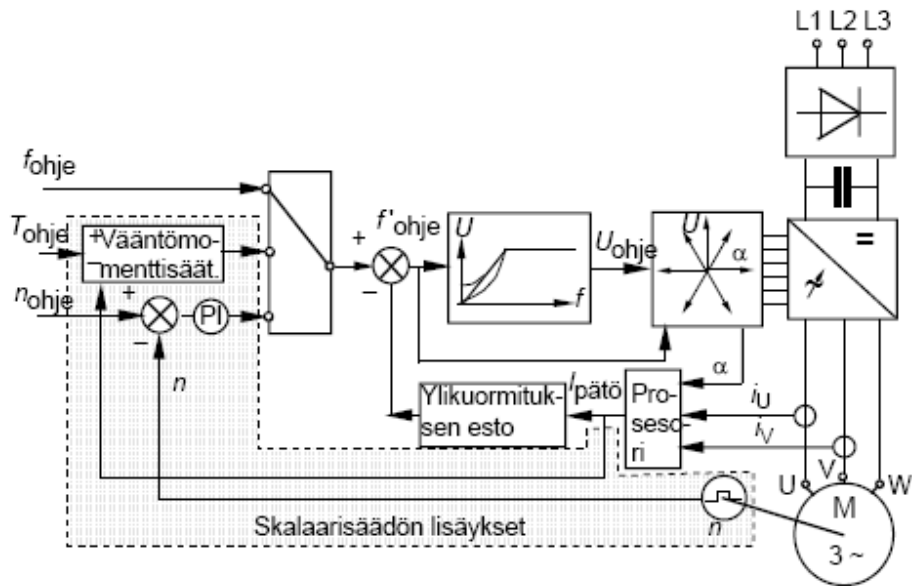
AC-moottorin nopeuden säätö oli teknisesti jälkijunassa. DC-moottorin säädössä tyypillistä oli, että prosesseissa, joissa tarvittiin moottorin nopeuden säätöä, käytettiin DC-moottorikäyttöjä. 1970-luvulla kehitettiin voimakkaasti AC-moottorien nopeuden säätöä, tavoitteena oli saavuttaa DC-moottorin nopeuden säädön taso. Aika on osoittanut, että AC-moottorien nopeuden säädön taso on mennyt ohi DC-moottorien säädön tasosta. Suomi oli ja on AC-moottorien nopeuden säädön kehittämisessä ja tuotteiden valmistamisessa merkittävä edelläkävijä. Tunnettuja valmistajia Suomessa ovat Vacon ja ABB.

Vaihtosähkömoottorin nopeuden säätämiseen ja ohjaamiseen tarkoitettua laitetta kutsutaan taajuusmuuttajaksi. Taajuusmuuttaja ottaa sisäänsä vaihtosähköä, joka tasasuunnataan välipiirissä ja vaihtosuunnataan uudelleen moottorille sopivaksi taajuudeksi. Invertteri on vaihtosähkömoottorin nopeuden säätämiseen ja ohjaamiseen tarkoitettu laite, joka vaihtosuuntaa jännitteen moottorille sopivaksi. /29/

AC-moottorien taajuusmuuttajien ja inverttereiden säätöpiirien toiminta voi olla skalaari-, vektori- tai DTC-säätöön perustuva. Seuraavassa lyhyesti eri säätöpiirien toimintaperiaatteita. /1/

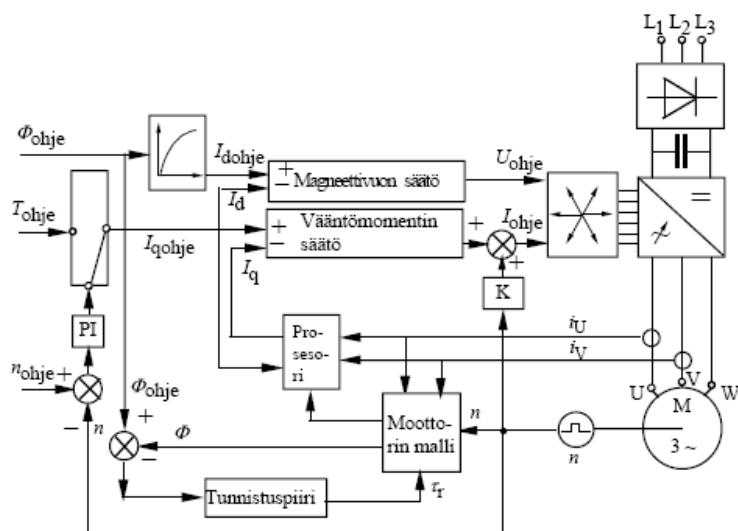
Skalaarisäädössä moottorin käyttöjännitteen jännitettä ja taajuutta säädetään tarvittavan pyörimisnopeuden saavuttamiseksi. Yleensä vaihevirtaa käytetään takaisinkytkentätietona. Skalaarisäätö soveltuu käyttöihin, joissa ei tarvita tarkkaa moottorin käyntitilan tuntemusta.

Kuvassa 10 on esitetty skalaarisäädön lohkokaavio. /1/



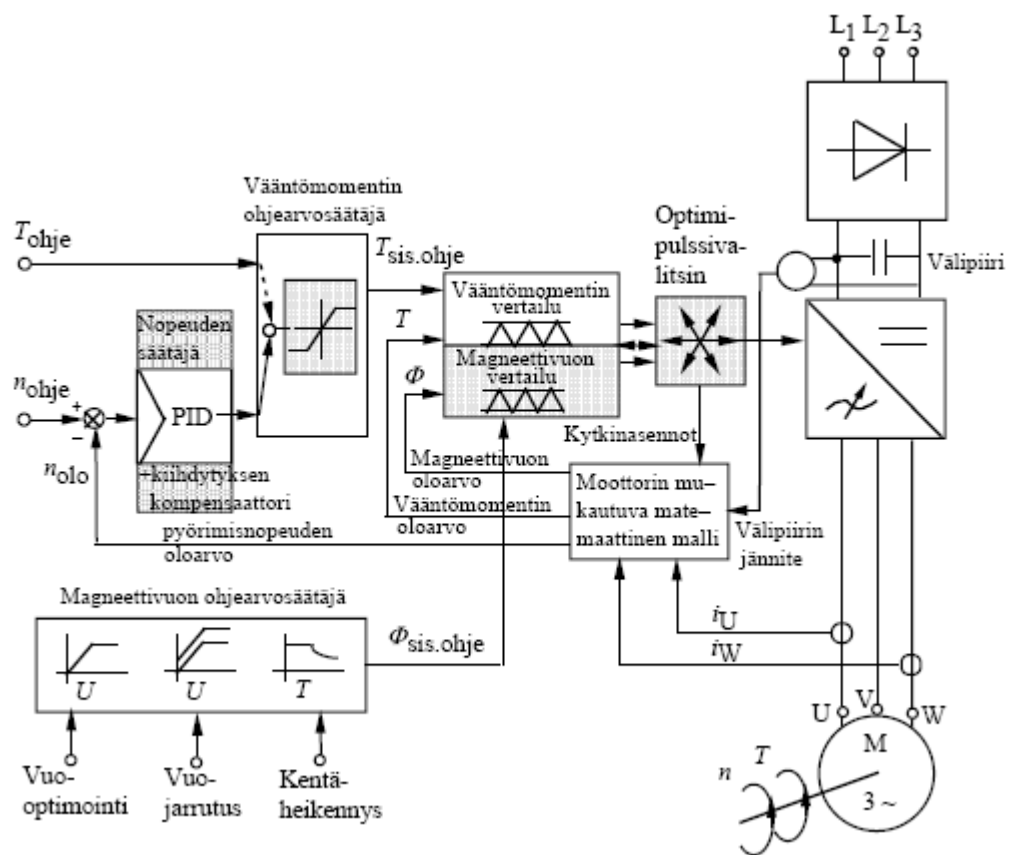
Kuva 10. Skalaarisäädön lohkokkaavio /1/

Vektorisäädössä toiminta perustuu AC-moottorin käämivuon ja vääntömomentin ohjaukseen. Vektorisäädön etuna skalaarisäätöön on mahdollisuus säätää moottorin tilaa haluttuun suuntaan kuormitustilanteen muuttuessa. Vektorisäädössä mitataan reaaliaikaisesti moottorin ottamia vaihevirtoja, joita verrataan matemaattiseen moottorimalliin. Prosessorin suorittaman laskutoimituksen perusteella tiedetään moottorin sen hetkinen magneettinen tila. Kun moottorin matemaattinen tila tiedetään, säädetään moottorin staattorivirtaa haluttuun suuntaan moottorin tavoitetilan saavuttamiseksi. Kuvassa 11 on esitetty vektorisäädön lohkokkaavio. /1/



Kuva 11. Vektorisäädön lohkokkaavio /1/

DTC-säädössä moottorin tilaan vaikuttavat säätösuureet ovat moottorin magneettivuo ja moottorin momentti. Pitkälle kehitetyn moottorin matemaattisen mallin perusteella lasketaan moottorin momentti ilman modulaatiota. DTC-säädössä ei tarvita modulaattoria, takometriä eikä asentoanturia. Myöskään ei tarvita takaisinkytkentää. DTC-säätöä pidetään tämän hetken kehittyneimpänä säätötekniikkana. DTC-säädön momenttivaste on jopa kymmenen kertaa nopeampi kuin minkään muun AC- tai DC-käytön. Nopeustarkkuus on erittäin hyvä. Kuvassa 12 on esitetty DTC-säädön lohkokkaavio. /1/



Kuva 12. DTC-säädön lohkokkaavio /1/

2.5. Ajoneuvojen tiedonsiirtoväylät

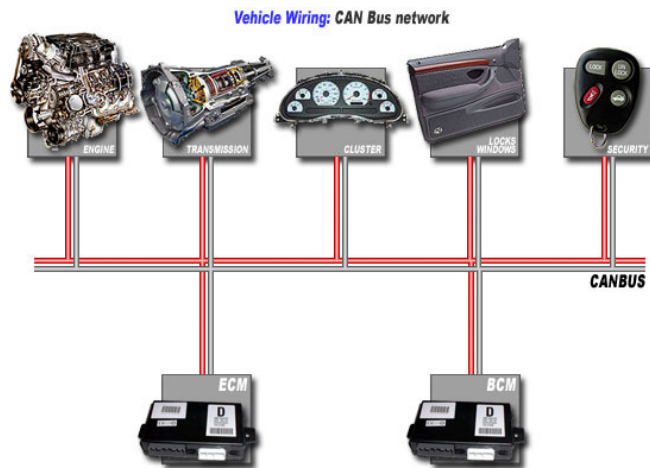
Vielä 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa ajoneuvojen sähköjärjestelmät perustuivat perinteiseen reletekniikkaan, johdotukseen ja elektroniikka oli analogista, peruskomponenteilla

toteutettua. Ajoneuvojen sähköiset järjestelmät olivat tämän päivän ajoneuvoihin verrattuna hyvin yksinkertaisia. 1980-luvulla ajoneuvojen mukavuus- ja turvallisuusominaisuuksien kehittämiseen alettiin tehdä merkittävää kehitystyötä. Esimerkiksi BMW, Mercedes-Benz ja Volvo toivat kalliimman luokan ajoneuvoihin lukkiutumattoman jarrujärjestelmän. Ajoneuvojen kolariturvallisuutta kehitettiin: Turvatyyny ja turvavyön esikiristimet tulivat osaksi auton korielektroniikkaa. 1990-luvulla ajoneuvoihin yleistyivät ajonvakautusjärjestelmät. 2000-luvulla ajoneuvojen navigointi, viihde- ja mukavuusjärjestelmät ovat vakiovarusteita ajoneuvojen sähköjärjestelmissä. /26/

1970-luvulla ajoneuvon sähköjärjestelmien tehon tarve oli alle 1 kW. 2000-luvulle tultaessa ajoneuvon sähköjärjestelmien tehon tarve oli jo tasolla 3-4 kW. Välttämätön kehityskulku oli väyläjärjestelmien käyttöönotto uusien sähköjärjestelmien ohjaustoimintojen toteuttamiseen. Perinteisellä ajoneuvon johdotuksella johtojen lukumäärä olisi kasvanut liian suureksi. Esimerkiksi perinteisellä johdotuksella toteutettu nykyaikaisen ajoneuvon oven sähköistys vaatisi jopa 40 kpl erillistä johdinta. Väyläjärjestelmää käytettäessä ajoneuvon oveen tarvittavien johtimien määrä on ainoastaan 5 kpl. /26/

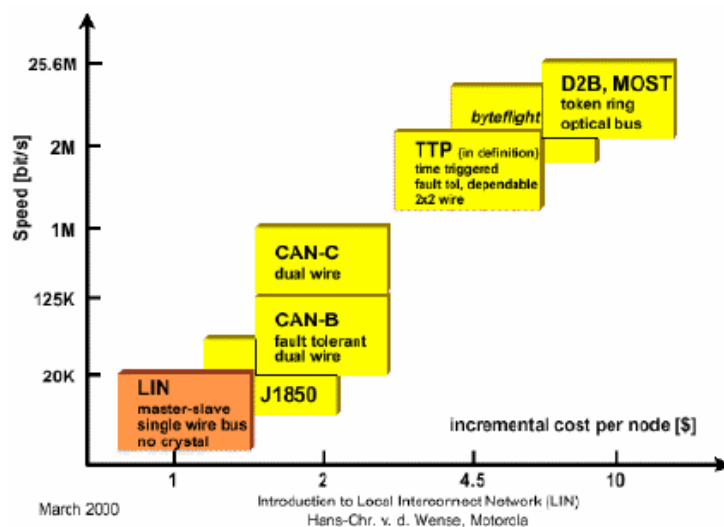
Ajoneuvoissa käytetään yleisesti seuraavia väyläjärjestelmiä:

CAN-väylä (Controlled Area Network). CAN-väylä on rakenteeltaan lineaarinen parikiertetty kaapeli. Jokainen väylään liitetty toimilaite tai ohjainlaite on samanarvoinen. Solmukohta, kohta johon toimilaite tai ohjainlaite on liitetty, lähettää viestiä väylään tai vastaanottaa viestiä väylästä. Solmukohtia CAN-väylässä voi olla maksimissaan 200 kpl. Viesteillä on tarkka sovittu prioriteettijärjestys. Data-siirto CAN-väylässä on asynkroninen eli tahdistamaton. CAN-väylän tiedonsiirtonopeus on 1 Mb/s. CAN-väylään liitetään ajoneuvon voimansiirron-, moottorin-, turvajärjestelmien- valaistuksen- ja yksinkertaisten mukavuusjärjestelmien (esimerkiksi istuimen sähköisäätö) antureita ja toimilaitteita. Kuvassa 13 on esitetty CAN-väylän rakenne ajoneuvossa. /26/



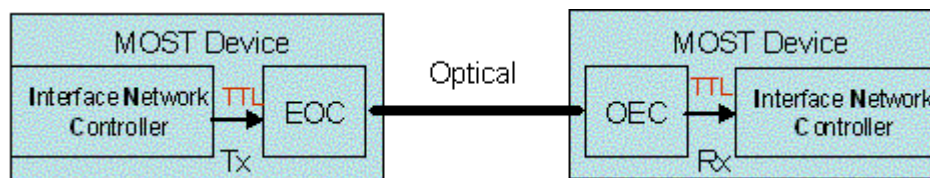
Kuva 13. CAN-väylä ajoneuvossa /4/

LIN-väylä (Local Interconnect Network) kehitettiin 1990-luvun lopussa edullisemmaksi vaihtoehdoksi CAN-väylälle. LIN-väylä on yksinkertaisempi rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan kuin CAN-väylä. LIN-väylä on rakenteeltaan yksijohtiminen lineaarinen kaapeli. LIN-väylän tiedonsiirtonopeus on 20 kb/s. LIN-väylään lähetetään tyypillisesti katkaisijalta tulevia tietoja ja ohjataan yksittäisiä moottoreita esimerkiksi peilin säätämiseen tarkoitettua moottoria. Kuva 14 osoittaa eri väylävaihtoehtojen hintaa verrattuna väylävaihtoehtoihin. LIN-väylä on edullisin vaihtoehto pienillä tiedonsiirtonopeuksilla. /26/



Kuva 14. Eri väylävaihtoehtojen kustannustehokkuus verrattuna tiedonsiirtonopeuteen /17/

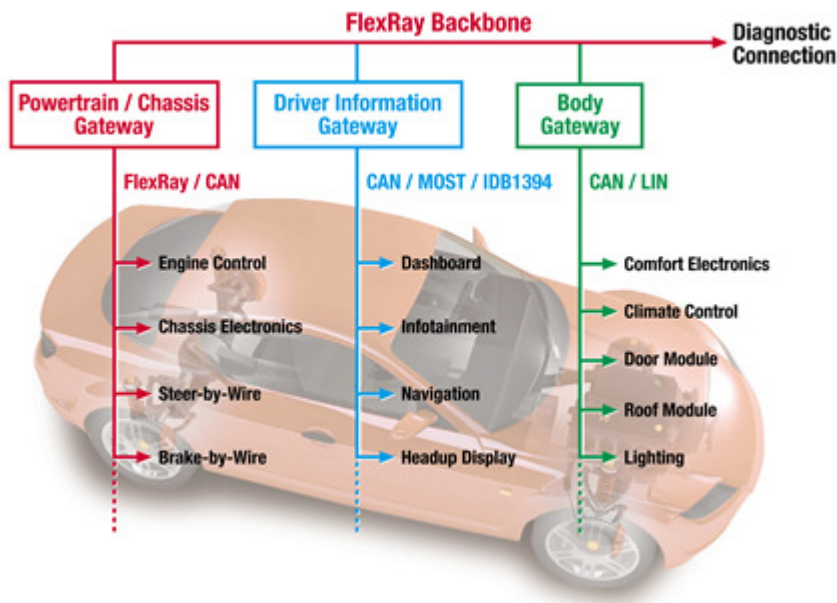
MOST-väylä (Media Oriented System Transport) kehitettiin 1990-luvun lopussa ajoneuvon mukavuusjärjestelmien tarpeisiin. Nykyaikaisissa ajoneuvoissa on tarpeen liikkuvan kuvan ja äänen näyttäminen esimerkiksi DVD, peruutuskamera, navigointilaitte. MOST-väylä on rakenteeltaan valokuitu- tai kuparikaapelilla toteutettu renkastopologia. MOST-väylän tiedonsiirtonopeus on 25 Mb/s. Tiedonsiirto on synkroninen tai asynkroninen. Kuvasta 15 näkee Most-väylän toimintaperiaatteen. /26/



Kuva 15. Most-väylä /19/

FlexRay-väylän syntyhistoria juontaa vuodelle 2000 jolloin BMW:n ja DaimlerChryslerin yhteenliittymä lähti kehittämään nopeaa, vikasietoista synkronoitua ajoneuvoväylää. Nykyään FlexRay – väylän kehitystyössä on mukana useat suuret autonvalmistajat sekä Bosch. FlexRay-väylä on tulevaisuuden väyläratkaisu, siinä voidaan siirtää turvallisuusjärjestelmien-, mukavuusjärjestämien- ja korielektronikan antureiden sekä toimilaitteiden informaatiota. /26/

FlexRay-väylä mahdollistaa monia rakennevaihtoehtoja. Rakenne voi pohjautua kuparikaapeliin, parikierrettyyn johtimeen tai valokaapeliin. FlexRay-väylä on mahdollista rakentaa seitsemällä eri topologialla. Käytetyin rakenne on lineaarinen rakenne. FlexRay-väylän tiedonsiirtonopeus 10 Mb/s. Kuvassa 16 on esitetty ajoneuvon FlexRay-väylän rakennetta. /26/



Kuva 16. FlexRay-väylä ajoneuvon rakenteena /8/

Bluetooth-väylän syntyhistoria on peräisin matkapuhelin alalta. 1990-luvulla suuret matkapuhelinvalmistajat alkoivat kehittää standardia langattomaan radioaalloilla toimivaan tiedonsiirtoon, jota voidaan käyttää mobiiliteknologian sovelluksissa. Teknisesti Bluetooth-tiedonsiirto käyttää 2.4 GHz:n taajuutta. Tiedonsiirtonopeus on 1-3 Mb/s. Ajoneuvoikäytössä Bluetooth-väylään voidaan liittää matkapuhelimet ja niiden lisälaitteet, navigaattori ja lähitulevaisuudessa iPod/ iPad-laitteet sekä niiden sovellukset.

Tulevaisuudessa ajoneuvon väylät ja niiden eri sovellukset mahdollistavat suunnattomat visiot ajoneuvoille. Tällöin ajoneuvot todennäköisesti keskustelevat keskenään yhdessä tulevaisuuden älyteiden kanssa. Ajoneuvon kuljettaja ei välttämättä ole niin aktiivisessa asemassa kuin tänään, kenties ajoneuvo valvoo välillä itseään ja toisia ajoneuvoja.

3. SÄHKÖAJONEUVOJA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

Suomessa sähköturvallisuusmääräyksiä ja -lakeja tehtäessä lähtökohtaisesti kohteena on ollut sähkönjakelujärjestelmät, teollisuuden sähköjärjestelmät ja kiinteistöjen sähköjärjestelmät sekä niihin liitettävä laitteet. Erikseen on sähköturvallisuusmääräyksiä esimerkiksi hissien asennuksiin ja huoltotöihin sekä laivojen sähköasennuksiin. Sähkö- ja hybridautojen huolto- sekä korjaustöitä tehtäessä niitä koskee kaikki voimassa olevat sähköturvallisuuslait ja -määräykset.

Maaliskuun 2012 lopussa Jyväskylässä pidetyssä Opetuksen Uudet Tuulet – seminaarissa keskityttiin sähkö- ja hybridautojen teknologiaan. Seminaarissa Kajaanin ammattiopiston autotekniikan lehtori Matti Vatanen piti esitelmän sähkö- ja hybridautojen sähköturvallisuudesta. Matti Vatanen on asiantuntijajäsenenä työryhmässä, jossa on sähkö- ja työturvallisuudesta päättäviä viranomaisia (Tukes ja Seti), autotekniikan asiantuntijoita, AKL:n edustaja ja ajoneuvojen maahantuojaedustajia. Työryhmän tavoitteena on ollut luoda sähkö- ja hybridaajoneuvoja koskevat määräykset. Työryhmän esitys etenee lähiaikoina lakiesitykseksi. /30/

Kun sähkölaitteen käyttöjännite ylittää 120 VDC (50 AC), sen korjaaminen on luvanvaraista ja edellyttää sähköpätevyys 1-3 oikeuksia. Lisäksi UNECE R100 määrittää sähkö- ja hybridautojen vaatimustenmukaisuuden ja turvallisuuden minimitason. Sähkö- ja hybridautojen huolto- ja korjaustöitä tekeviltä henkilöiltä työryhmän mukaan edellytetään sähkö- ja hybridautoihin rajattua sähköpätevyyttä. Tutkintomikkeenä on hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu sähköturvallisuustutkinto 3. /30/,/32/

Työryhmän esityksen mukaan pätevyys muodostuu seuraavasti:

Pätevyys muodostuu sekä aikaisemmasta sähkötekniikan osaamisesta että sähköturvallisuuteen liittyvien säännösten sekä itse hybridi/sähköautotekniikan tuntemuksesta. Ennen pätevyyskoetta oletetaan, että autosähkötekniikka ja siihen liittyvä diagnostiikka on tuttua. Kyse on edelleen

laitteesta, minkä ohjausjärjestelmät toimivat ”perinteisesti”, ts 12 V järjestelmällä. Sopiva esitutkinto on henkilöautomekaanikon sähköpainotteinen tai automekaanikon erikoisammattitutkinto. Ammattiopintojen lisäksi tarvitaan autosähköasentajan työkokemusta yleensä min 2 vuotta. Näihin verrattavat maahantuojien pätevydet ovat myös erittäin hyvä lähtökohta toimia kyseisen tekniikan kanssa turvallisesti. /30/

Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu sähköturvallisuustutkinto 3:ssa edellytetään seuraavien asioiden hallintaa:

- *Sähköturvallisuuslaki (410/1996) myöhempine muutoksineen*
- *Sähköturvallisuusasetus (498/1996) myöhempine muutoksineen*
- *Ktm:n päätös sähköalan töistä (516/1996) myöhempine muutoksineen (mm. 351/2010)*
- *Tukes-ohje S7-98 Sähkötöitä koskeva toimintailmoitus*
- *SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus (pl. suurjänniteosiot)*
- *D1-2009 käsikirjasta luvut 1 (asennuksia koskeva) ja 2 (Sähkövirran vaikutus) eli olennaiset turvallisuusvaatimukset ja sähkövirran vaikutus ihmiseen.*
- *UNECE R 100 eli EU:n virallisessa lehdessä 14.2.2009 (L45/17) julkaistu YK:n Euroopan talouskomission sääntö nro 100 - akkukäyttöisten sähköajoneuvojen vaatimukset rakenteen ja toimintaturvallisuuden osalta.*
- *SFS-EN 50272-3 Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, osa 3: ajovoima-akut (sähköturvallisuuden osalta)*
- *ahtaat johtavat tilat, standardi sfs 6000-7-706*
- *sähkökorjaamot*
- *yleinen sähköauto- ja hybridiautotekniikka. /30/*

4. SÄHKÖAJONEUVOTEKNIIKAN KOULUTUS

4.1. Euroopan talous- ja sosiaalikomitean lausunto aiheesta, Sähköajoneuvojen yleistyminen

Heinäkuussa 2010 Euroopan talous- ja sosiaalikomitea (ETSK) antoi lausunnon ”Sähköajoneuvojen yleistyminen ” (2011/C44/08). Lausunnossa ETSK antaa lukuisia suosituksia Euroopan unionin jäsenmaille sähköajoneuvojen käyttöönoton lisäämiseksi unionin jäsenmaissa. Suositukset kattavat laajasti sähköajoneuvojen kaikkia sektoreita ja tekijöitä, jotka ovat vaikuttamassa sähköajoneuvojen kehittämiseen, valmistamiseen, markkinointiin, huoltoon, koulutukseen, infrastruktuurin kehittämiseen ja ajoneuvojen akuissa tarvittavien mineraalien etsintään. / 6/

Lausunnon kohdissa 1.6 ja 3.32 ETSK kiinnittää huomiota sähköajoneuvojen koulutukseen. Alla on esitetty ETSK:n lausunnon kohdat 1.6 ja 3.32 /6/

1.6 Nopea siirtyminen käyttämään sähköajoneuvoja vaatii autoteollisuudelta, latausinfrastruktuurien uusilta tarjoajilta sekä julkiselta sektorilta suuria yhteisiä ponnistuksia alan sääntelijöinä, standardien asettajina, kannustajina ja kouluttajina. Lisäksi kansalaisten on oltava mukana uuden teknologian valvotuneina, kiinnostuneina mutta vaativina kuluttajina. ETSK kehottaa Euroopan unionia ja sen jäsenvaltioita käynnistämään mittavan yhteisen hankkeen tämän erittäin tärkeän siirtymän edistämiseksi kaikin niiden käytettävissä olevin keinoin sekä varmistamaan, ettei Eurooppa jää jälkeen tällä keskeisellä alalla jatkuvasti kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa. ”

3.3.2 ETSK kannattaa varauksetta komission ehdotusta korkean tason CARS 21 -ryhmän toiminnan käynnistämisestä uudelleen siten, että sen osallistujakuntaa laajennetaan sidosryhmiin ja että sille annetaan tehtäväksi tarkastella tekijöitä, jotka vaikeuttavat uusien teknologioiden käyttöönottoa. ETSK suo-

*sittaa, että samassa yhteydessä olisi perustettava erityinen sosiaalikäytön-
sää pohtiva työryhmä ja että olisi ryhdyttävä välittömiin toimenpiteisiin alan
koulutusrakenteiden suuntaamiseksi uudelleen, jotta ne vastaisivat sähköajo-
neuvoteknologian synnyttämiä uusia osaamistarpeita.*

Tutkimustyötä tehdessäni olen perehtynyt tämän hetken sähköajoneuvokoulutuksen tilanteeseen niin Suomessa kuin Saksassa, johon tein vierailun huhtikuun lopussa 2012 tutustumalla sähköajoneuvo-opetukseen Berliinissä.

4.2. Ammatillinen koulutus

Suomessa autoalan koulutusta voidaan suorittaa ammatillisena perustutkintona ammatillisissa oppilaitoksissa, tutkintonimike on autoalan perustutkinto /12/. Autoalan tutkintoja voidaan suorittaa myös näyttötutkintoina. Tutkintonimikkeinä voi olla: autoalan perustutkinto, automekaanikon erikoisammattitutkinto tai autosähkömekaanikon ammattitutkinto. /20/,/21/, /22/,/23/

Suomessa sähkö- ja hybridi ajoneuvoihin liittyvää ammatilliseen tutkintoon johtavaa koulutusta ei ole. Tampereen ammattiopiston aikuiskoulutus on alkanut järjestämään sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutusta.

4.2.1. Autoalan perustutkinto

Autoalan perustutkinnon perusteet ovat opetushallituksen määräys autoalan perustutkinnon sisällöstä. Tutkinnon perusteet määräävät autoalan perustutkinnon tavoitteet ja tutkinnon muodostumisen. Autoalan perustutkinnon laajuus on 120 ov. Tutkinto muodostuu ammatillisista, ammattitaitoa täydentävistä ja vapaasti valittavista tutkinnon osista. Koulutuksen järjestäjän on noudatettava tutkinnon perusteita. /20/

Autoalan perustutkinto jakaantuu kuuteen koulutusohjelmaan:

1. autotekniikan koulutusohjelma, ajoneuvoasentaja
2. autokorinkorjauksen koulutusohjelma, autokorinkorjaaja
3. automaalauksen koulutusohjelma, automaalari
4. automyynnin koulutusohjelma, automyyjä
5. varaosamyynnin koulutusohjelma, varaosamyyjä
6. moottorikäyttöisten pienkoneiden koulutusohjelma, pienkonekorjaaja. /20/

Autoalan perustutkinto voidaan suorittaa myös näyttötutkintona. Näyttötutkinto muodostuu ammatillisista ja kaikille valinnaisista tutkinnon osista. Ammatilliset tutkinnon osat ovat:

1. autotekniikan osaamisala
2. autokorinkorjauksen osaamisala
3. automaalauksen osaamisala
4. automyynnin osaamisala
5. varaosamyynnin osaamisala
6. moottorikäyttöisten pienkoneiden korjauksen osaamisala. /20/

Näyttötutkinto suoritetaan osoittamalla tutkinnon perusteissa vaadittava osaaminen tutkintotilaisuuksissa. Tutkintotilaisuuksissa osaaminen osoitetaan hyvin käytännön läheisissä autoalan työtehtävissä. Tutkintotilaisuuksissa osaamista arvioivat koulutuksen järjestäjän, työntekijäpuolen ja työnantajan edustaja. Osaamisen arviointi tapahtuu kolmikantaperiaatteella. /20/

LIITE 2:ssa on kuvattu autoalan perustutkinnon rakenne.

4.2.2. Automekaanikon erikoisammattitutkinto

Erikoisammattitutkinnoissa osoitetaan ammattialan vaativien työtehtävien osaaminen. Erikoisammattitutkinnoissa vaaditaan alalta usean vuoden työkokemus ennen tutkinnon suorittamista. Erikoisammattitutkinnot suoritetaan näyttötutkintoina.

Automekaanikon erikoisammattitutkinnon näyttötutkinnon osaamisen tason määrittävät tutkinnon perusteet. Automekaanikon erikoisammattitutkinto muodostuu yhdestä kaikille yhteisestä osasta sekä neljästä osaamisalan perusteella valittavasta osasta. Automekaanikon erikoisammattitutkinto jakaantuu henkilöautotekniikan sekä kuorma- ja linja-autotekniikan osaamisalueisiin. /21/

LIITE 3:ssa on kuvattu automekaanikon erikoisammattitutkinnon rakenne

4.2.3. Autosähkömekaanikon ammattitutkinto

Autosähkömekaanikon ammattitutkinto suoritetaan näyttötutkintona. Tutkinnon suorittaminen edellyttää neljän tutkinnon osan hyväksytyä suorittamista. Tutkinto muodostuu kolmesta kaikille yhteisestä tutkinnon osasta, joita ovat:

1. autosähkömekaanikon yleistaidot
2. autotekniikka
3. autosähkötekniikka ja elektroniikka.

Valinnaisista tutkinnon osista on suoritettava hyväksyttävästi yksi tutkinnon osa, joita ovat:

1. henkilöautojen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä ottomoottorin polttonestelaitteiden asennus ja korjaus.
2. kuorma- ja linja-autojen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden asennus ja korjaus.
3. työkoneiden sähkö- ja elektroniikkalaitteiden asennus ja korjaus.
4. vapaavalintainen yrittäjyysosa. /22/

LIITE 4:ssä on kuvattu autosähkömekaanikon ammattitutkinnon rakenne.

4.2.4. Sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutus

Tampereen seudulla on sähköajoneuvoihin liittyvää yritystoimintaa ja projekteja, esimerkiksi Evelina (Valtakunnallinen sähköajoneuvojen testiympäristö Evelina) sekä koulutuksellisiin asioihin liittyvää toimintaa. Tampereen ammattiopisto on alkanut järjestämään sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutusta. Koulutus on tarkoitettu auto-, kone- ja sähköalan ammattilaisille, jotka ovat kiinnostuneet kouluttamaan itseään sähköajoneuvojen asennus ja huoltotöihin.

/28/

LIITE 5:ssä on kuvattu sähköajoneuvoasentajan- ja huoltajakoulutuksen sisältö

4.3. Ammattikorkea- ja yliopistokoulutus

Suomessa ajoneuvotekniikan korkeakoulu opetusta annetaan kuudessa ammattikorkeakoulussa ja kahdessa yliopistossa/15/. Näistä varsinaisesti sähkö- ja hybridiajoneuvotekniikkaan suuntautunut yksikkö on Helsingin Metropolia ammattikorkeakoulu. Metropolia ammattikorkeakoulu on saavuttanut suurta mainetta rakentamallaan ERA -sähköurheiluauton. Myös Kajaanin ammattikorkeakoulussa on ajoneuvojen tietojärjestelmiin suuntautunut koulutuslinja. /15/, /25/

4.4. Autoalan – ja maahantuojien koulutus

Suomessa autoalan luonteesta johtuen autojen maahantuojat, autoliikkeet, autoalan koulutuksen järjestäjät sekä opetushallitus toimivat tiiviissä yhteistyössä autoalan koulutuksen kehittämisessä. Autoalan Keskusliitto ry (AKL) edustaa autoalan yrityksiä ja sen tehtävä on edistää yritysten toimintaympäristöä. AKL alaisuudessa toimii myös Autoalan Ammattikoulutuksen Edistämissäätiö. /3/

Maaliskuun lopussa 2012 järjestetyssä Opetuksen Uudet Tuulet – seminaarissa käsiteltiin sähköajoneuvojen tulemistä markkinoille ja sen vaikutusta koulutukseen. Seminaarissa kävi monissa puheenvuoroissa ilmi, että autoala on vahvasti ja vakavasti ottanut huomioon sähköajoneuvojen tuleamisen tulevaisuuden ajoneuvoalan koulutuksia suunniteltaessa.

4.5. Autoalan koulutus Saksassa

Saksan sähköajoneuvokoulutukseen tutustuin vierailullani Ecartec-sähköajoneuvomessuilla Münchenissä marraskuussa 2011. Huhtikuussa 2012 vierailin Berliinissä sijaitsevassa autoalan ammatillisessa oppilaitoksessa sekä autoalan yliopistossa.

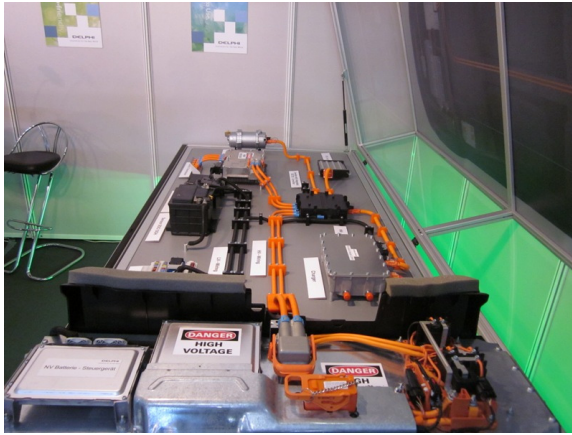
Saksassa ammatillisen koulutuksen rakenne on erilainen Suomeen verrattuna. Oppilaat ovat tiiviimmässä suhteessa työpaikkoihin kuin Suomessa. Opiskelusta 2/3 osaa voi tapahtua työpaikalla ja loppu 1/3 osaa oppilaitoksessa. Opiskelussa on ajatus ”mestari-kisälli” oppimisesta. /27/

Koska Saksa on auton valmistuksen ja kehityksen suunnannäyttävä, oli yllättävää kuinka vähän ammatilliset oppilaitokset ovat varautuneet opetuksessaan sähkö- ja hybridiajoneuvojen tulemiseen. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen opetuksen osuus koko opetuksen määrästä oli erittäin vähäistä. Tämä asia oli hyvin tiedossa oppilaitoksen opetushenkilöstöllä. Tähän on osasyynä saksalaisen ammatillisen koulutusjärjestelmän kankeus reagoida nopeisiin muutoksiin koulutusohjelmissa uusien teknologioiden tullessa markkinoille. /27/

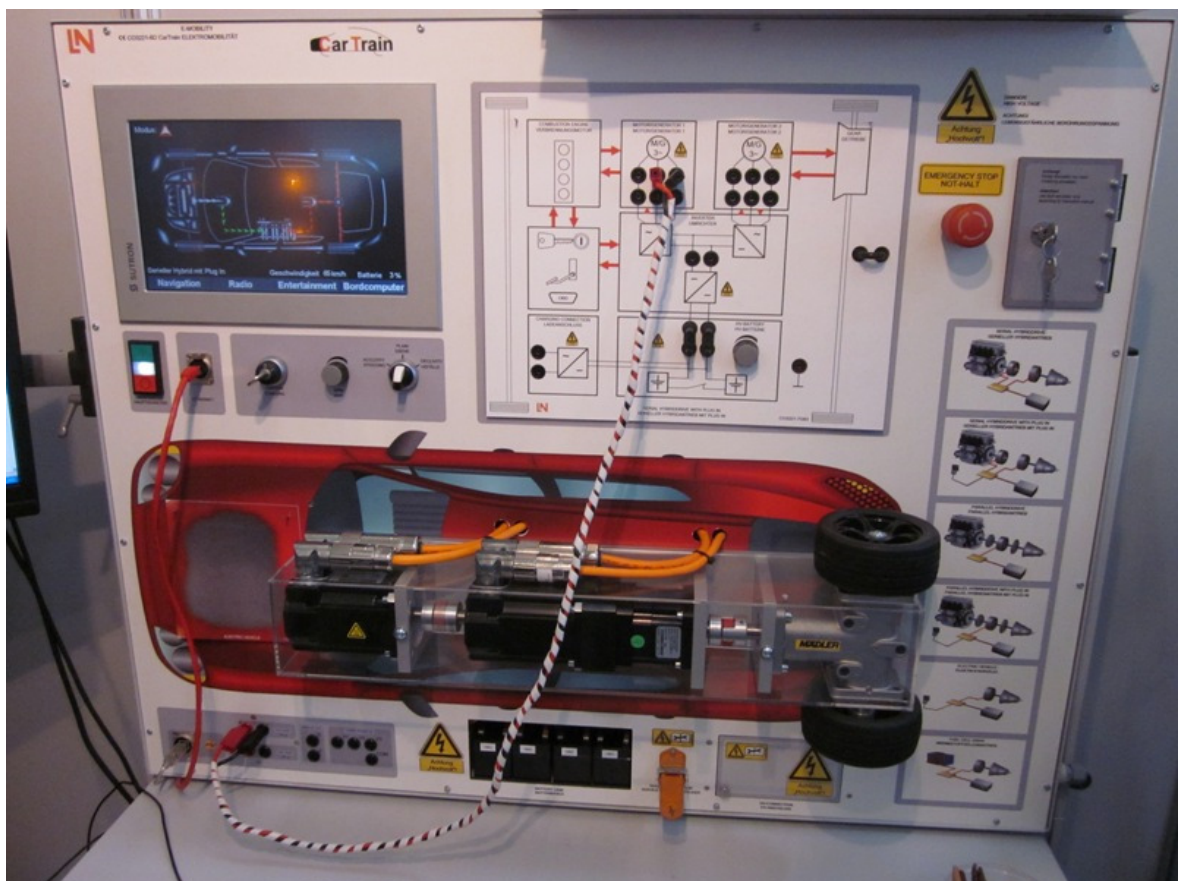
Ajoneuvotekniikan yliopisto-opetuksessa on tällä hetkellä meneillään suuria panostuksia sähkö- ja hybridiajoneuvotekniikan opetuksen kehittämiseen. Opetuksessa on useita opiskelijaprojekteja esimerkiksi Formula Student Electric. Lisäksi Berliini on valittu yhdeksi sähkö- ja hybridiajoneuvotekniikan osaamisen innovaatiokeskittymäksi. Yliopistolla on hyvin selkeä ja tavoitteellinen strategia sähkö- ja hybridiajoneuvo osaamisen kehittämiseen. /18/

Saksa on autoteollisuuden mahtimaa kaikessa mittakaavassa. Saksassa on myös suuri määrä ajoneuvokoulutukseen tarkoitettujen oppimisympäristöjen ja -välineistöjen valmistajia.

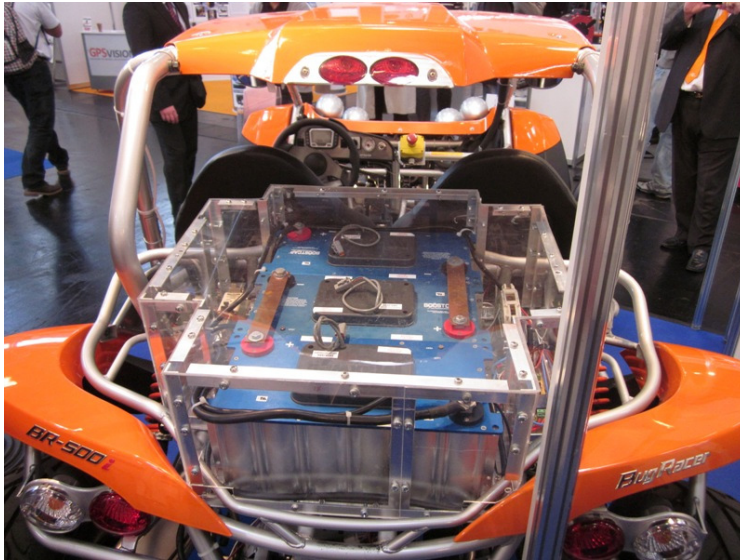
Ecartec-sähköajoneuvomessuilla oli esillä useita sähköajoneuvo opetukseen tarkoitettuja opetusvälineistöä ja niiden valmistajia. /5/



Kuva 17. Delphi hybriajoneuvo opetusympäristö, Ecartec 2011



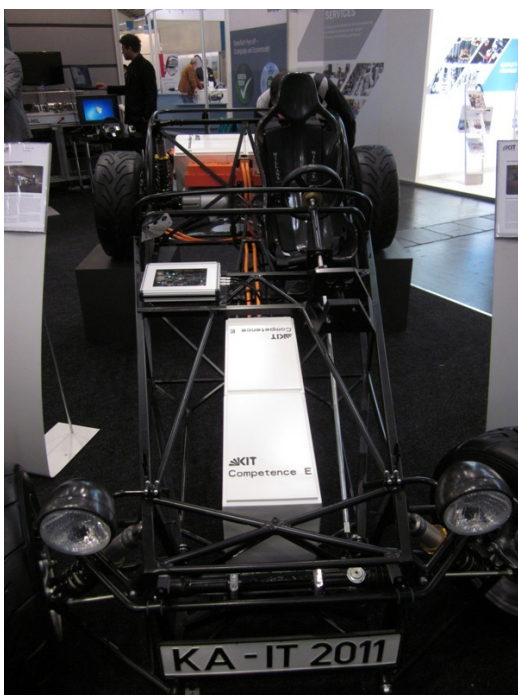
Kuva 18. Car Train hybriajoneuvo opetusympäristö, Ecartec 2011



Kuva 19. Auto- ja sähkötekniikan opiskelijoiden yhteistyöprojekti sähköauto, Ecartec 2011



Kuva 20. Brusa sähköautokonversio, Ecartec 2011



Kuva 21. KIT Competence E e-car platform, Ecartec 2011

5. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTON HANKINTA

5.1. Tutkimusmenetelmä

Hirsijärven mukaan tutkimusmenetelmiä ovat teoreettinen tutkimus, soveltava tutkimus ja empiirinen tutkimus. Teoreettisen tutkimuksen tutkimuskohteena on tieteenalan käsitteisiin, näkökulmiin tai teoriaan liittyvä ongelma. Soveltavan tutkimuksen tutkimuskohteena on löytää ongelmaratkaisu johonkin käytännön ongelmaan. Empiirisessä tutkimuksessa tutkimuskohteena on jokin reaali maailman ilmiö. Empiirinen tutkimus jaetaan kvantitatiiviseen (määrälliseen) ja kvalitatiiviseen (laadulliseen) tutkimukseen. /11/

Empiirisen tutkimuksen menetelmiä ovat:

- kartoittava tutkimus
- selittävä tutkimus
- ennustava (skenaario) tutkimus
- kehittämistutkimus
- konstruktiivinen tutkimus. /11/

Tämä tutkimustyö on empiirinen tutkimus, koska tutkimusongelmaa havaitaan ja mitataan. Tutkimusmenetelmänä tutkimuksessa käytetään ennustavaa tutkimusta, halutaan saada skenaario tulevaisuuden osaamisen tarpeista. Tutkimus on kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen, koska tutkimusaineistoa esitetään numeerisessa ja sanallisessa muodossa. /11/

5.2. Aineiston hankinta

Tutkimuksen kohderyhmän muodostivat henkilöt, joilla on työn, koulutuksen ja ammatillisen työkokemuksen kautta skenaario tutkimusongelmaan eli tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Tutkimusaineisto hankittiin haastattelemalla. Haastattelumenetelmänä oli lomakehaastattelu. Haastattelun toteutustapana käytin yksilöhaastattelua.

Haastattelulomakkeen (Liite 1) kohdat 1-8 ovat monivalintakysymyksiä, joihin vastausvaihtoehtona olivat kyllä, ei tai ehkä. Lisäksi kohtiin 1-8 voitiin lisätä kommentteja kysymykseen liittyen. Haastattelulomakkeen kohdat 9-10 olivat sanallisia kysymyksiä.

5.3. Lomakehaastattelun toteutus

Lomakehaastattelu toteutettiin 23.3 - 30.4.2012 välisenä aikana. Suurin osa haastateltavista osallistui haastatteluun Opetuksen Uudet Tuulet -koulutuspäivillä Jyväskylässä, jonne oli kokoontunut iso joukko autoalan asiantuntijoita. Loput haastattelut tehtiin Oulussa ja Kajaanissa.

6. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Lomakehaastattelun alussa haastateltavalta kysyttiin työtehtävää ja koulutusta. Taulukosta 1 nähdään, miten työtehtävät jakaantuivat haastateltavien kesken ja taulukosta 2, millainen koulutus haastateltavilla on. Taulukoista 3-10 nähdään haastattelukysymysten 1-8 kysymysten vastausten jakautumisen.

Taulukko 1. Työtehtävä

Työtehtävä					
Autoala	Sähkö/ICT	Autoalan koulutus	Sähkö/ICT alan koulutus	Viranomainen	yht (henkilö)
1	1	8	2	1	13

Taulukko 2. Koulutus

Koulutus			
Ammatillinen	AMK	Ylempi korkeakoulu	yht(henkilö)
4	8	1	13

Taulukko 3. Kysymys 1 vastausten tulokset

kysymys 1		painoarvo			ka.	
		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		
Lisääkö sähkö- ja hybridiajoneuvojen yleistymisen uuden teknisen osaamisen tarvetta ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa?	vähän			100 %	paljon	3

Taulukko 4. Kysymys 2 vastausten tulokset

		painoarvo				
kysymys 2		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		ka.
Sähkö- ja hybridiajoneuvot sisältävät akuston ja latausjärjestelmän, joita tarvitaan energian varastointiin sekä hallintaan. Tarvitaanko uutta osaamista ajoneuvon akuston ja latausjärjestelmän huolto- ja korjaustoiminnassa?	vähän		7,70 %	92,30 %	paljon	2,92

Taulukko 5. Kysymys 3 vastausten tulokset

		painoarvo				
kysymys 3		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		ka.
Sähkö- ja hybridiajoneuvojen voimansiirto sisältää teknisesti eri sähkömoottorityyppejä. Tarvitaanko ajoneuvojen voimansiirron huolto- ja korjaustoiminnassa eri sähkömoottorityyppien teknisen toiminnan ymmärtämistä ?	vähän	15,40 %	7,70 %	76,90 %	paljon	2,62

Taulukko 6. Kysymys 4 vastausten tulokset

		painoarvo				
kysymys 4		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		ka.
Sähkö- ja hybridiajoneuvossa sähkömoottoria ohjataan moottoriohjaimella. Tarvitaanko ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa moottoriohjaimien toiminnan ymmärtämistä?	vähän	7,70 %		92,30 %	paljon	2,84

Taulukko 7. Kysymys 5 vastausten tulokset

		painoarvo				
kysymys 5		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		ka.
Sähkö- ja hybridiajoneuvojen voimansiirron komponenteissa on suuria virtoja ja jännitteitä. Tarvitaanko huolto- ja korjaustoiminnassa esimerkiksi sähköpätevyys 3 edellyttämiä tietoja sekä taitoja?	vähän	7,70 %		92,30 %	paljon	2,84

Taulukko 8. Kysymys 6 vastausten tulokset

kysymys 6		painoarvo				ka.
		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		
Tarvitseeko ajoneuvoasentajan koulutuksen saanut henkilö merkittävää sähköalan lisäosaamista sähkö – ja hybriajoneuvojen huolto sekä korjaustehtävissä?	vähän			100 %	paljon	3,00

Taulukko 9. Kysymys 7 vastausten tulokset

kysymys 7		painoarvo				ka.
		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		
Tarvitaanko tulevaisuudessa sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjaustehtäviin oman koulutuksen saanut ammattihenkilö, esimerkiksi yhdistelmä nykyisen ajo-neuvoasentajan ja sähköasentajan osaamista?	vähän		7,70 %	92,30 %	paljon	2,92

Taulukko 10. Kysymys 8 vastausten tulokset

kysymys 8		painoarvo				ka.
		1 (ei)	2(ehkä)	3(Kyllä)		
Lisääntyvätkö työturvallisuusriskit ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa, kun sähkö- ja hybridiajoneuvot tulevat osaksi ajoneuvokantaa ?	vähän	7,70 %		92,30 %	paljon	2,84

Lomakehaastattelussa annettiin kysymyksiin 1-10 seuraavia kommentteja.

Kysymys 1:

“Tärkeää on merkkiohjeiden saatavuus, laitehankinnat ja niiden oikea käyttäminen sekä koulutus”

“Korkeajännitteen turvallisuusriskit on tiedostettava”

“Korkeajännite järjestelmien osaaminen”

Kysymys 2:

“Järjestelmissä sekoittuu useat jännitetasot, eli osaamista tarvitaan”

“Tulevaisuudessa akun kennot tullaan vaihtamaan huollossa”

Kysymys 3:

“Ajoneuvokohtainen itsediagnoosi ja testilaitteisto hoitaa vikojen paikallistamisen”

“Pääperiaatteet moottoreista”

Kysymys 4:

”Pitää tietää, mikä toiminnallinen seikka vaikuttaa mihinkin”

“Tämänkin hoitaa testeri”

Kysymys 5:

”Osataan toimia merkkiohjeiden mukaan ja tunnetaan vaarat”

Kysymys 6:

”AC-tekniikan perusteet”

”Sähkö vaarat, sähkön vaikutus ihmiseen, verkkosähkön olemus, suojaustavat”

Kysymys 7:

”Tarvitaan sähköajoneuvoasentajan koulutus”

Kysymys 8:

”Suomen lainsäädäntö ei salli turvallisuusriskejä”

”Jännitteet suuria, virrat suuria. Automekaanikon pitää oppia uusi ajattelu-tapa”

Kysymys 9:

”Perusasiat kuntoon sähkötekniisen osaamisen kohdalta. Sähköturvallisuus-koulutus kuntoon, mekaanisten toimintojen ymmärrys tärkeää”

”Sähköosaaminen perustutkinnosta lähtien”

”Eriyttää sähköautomekaanikon koulutus, kuten automaalari ja korikorjaaja koulutus on tänä päivänä hoidettu”

”Nyt ollaan hyvissä ajoin liikkeellä, ei olla myöhästetty vielä mistään. Autoalan opetussuunnitelma päivittyy 2015”

7. YHTEENVETO

7.1. Tutkimuksen tulosten analysointi

Tutkimuksen kohderyhmän pääjoukon muodostivat henkilöt, jotka ovat Suomessa merkittäviä autoalan osaajia. Pieni osa kohderyhmästä muodostui henkilöistä, joilla on sähkö/ICT alan osaaminen ja työn kautta yhteys ajoneuvotekniikkaan. Kriittisesti arvioitaessa tutkimuksen kohderyhmän sähkö / ICT alan osaajien määrä, joilla on yhteys ajoneuvotekniikkaan, olisi saanut olla suurempi. Ongelmana tässä teknisen murroksen vaiheessa on tällaisten osaajien löytäminen.

Lomakehaastattelun toteuttaminen ”face to face” -keskusteluna oli onnistunut menetelmä. Haastattelun toteuttaminen muulla keinoin olisi heikentänyt tutkimuksen laatua. Haastattelutilanteiden sopiminen oli haastavaa, mutta jokaisen haastateltavan kanssa saatiin sovittua sopiva ajankohta ja haastatteluun oli riittävästi aikaa.

Tutkimuksessa kysymysten 1- 8 vastaukset tilastoitiin matemaattisesti taulukkoihin 4-11. Kohderyhmän vastauksista voidaan todeta, että sähkö- ja hybridiajoneuvojen osuuden kasvassa ajoneuvokannasta uuden teknologian osaajien tarve kasvaa selkeästi. Uusi teknologia tuo sähkötyöturvallisuuden ja sähköteknisen osaamisen osaksi autokorjaamoiden arkipäivää.

Kysymys 9. ”2020-luvulla sähkö- ja hybridiajoneuvojen osuus ajoneuvokannasta on suurempi. Miten ja millä tavoin ajoneuvoalan koulutukseen tulisi reagoida nyt jotta saavutetaan laadukas osaamisen taso ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa 2020-luvulla?” Kysymys herätti pitkiä keskusteluita siitä kuinka sähkövoimatekniikan osaaminen tulee tärkeäksi osaksi autoteknisestä osaamisesta. Keskusteluissa nousi esille vuonna 2015 uudistettavan autoalan opetussuunnitelman laatiminen siten, että se vastaa tulevaisuuden osaamisen tarpeisiin. Useat haastateltavat toivoivat uudessa opetussuunnitelmassa olevan sähköajoneuvoasentajan ammattitutkinnon nimikkeen.

7.2. Arviointi tutkimuksen tuloksista ja tavoitteiden saavuttamisesta

Tutkimuksen tavoitteena oli saada skenaario autoalaa koskevista uusista osaamisen tarpeista 2020-luvulla sähkö- ja hybridiajoneuvojen yleistyessä ajoneuvokannassa. Tutkimuksen tulokset osoittavat selkeästi, että sähköajoneuvojen sähkötekniikan huolto- ja korjausosaaminen sekä sähkötyöturvallisuusosaaminen tulevat olemaan osana ajoneuvokorjaamoiden arkipäivää. Tutkimus saavutti tavoitteensa, eli yksi selkeä skenaario tulevaisuuden osaamisen tarpeista saatiin.

Tutkimuksen tuloksia arvioitaessa tuloksia voidaan pitää laadukkaina, koska haastattelun kohdejoukkona oli kokeneita, laajan ajoneuvoalan työkokemuksen omaavia henkilöitä. Kohdejoukolla on myös näkemystä tulevaisuuden ajoneuvojen teknisiin vaihtoehtoihin.

7.3. Tutkimuksen tuloksen mahdolliset jatkotoimet

Tutkimuksen tulosten perusteella ajoneuvoala on suuren murroksen kynnyksellä. Sähköinen voimansiirto tulee lisääntymään joka tapauksessa ennemmin tai myöhemmin. Sähkötekniinen osaaminen tulee olemaan osa tulevaisuuden ajoneuvoasentajan ammattitaitoa. Tutkimuksen tuloksen perusteella yksi skenaario on, että tulevaisuudessa sähköajoneuvoasentajan koulutus on eriytetty kuten automaalarin koulutus tai autokorikorjaajan koulutus

Vuonna 2015 autoalan perustutkinnon tutkinnon perusteet ammatillisessa koulutuksessa tulee uusiutumaan. Tutkimukseni tulos tulee suosittamaan, että uudet tutkinnonperusteet sisältävät: sähkötekniikan, sähköajoneuvoissa käytettävien akkujen akkutekniikan, sähköajoneuvoissa käytettävien sähkömoottoreiden sähkömoottoritekniikan, sähkömoottoreiden ohjaustekniikan sekä sähkötyöturvallisuuden opetusta. Tutkinnonperusteet tulisivat sisältää sähköajoneuvotekniikan koulutusohjelman, tutkintonimikkeenä sähköajoneuvoasentaja. Voimassa oleva autoalan perustutkinto ei sisällä tutkinnonosia, jotka vastaisivat sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa tarvittaviin uusiin osaamisen tarpeisiin.

Suomessa on tehty muutamia auto- ja kuljetustekniikan ammatillisen koulutuksen kehittämiseen liittyviä opinnäytetöitä. Tapio Hanhilampi tutki vuonna 2008 julkaistussa opinnäytetyössään Pirkanmaan ammattiopiston auto- ja logistiikka-alan autosähkötekniikan opetuksen parantamismahdollisuuksia työelämälähtöisemmäksi. Tutkimuksessa selvisi, että autokorjaamoalan henkilöstön mielestä vastavalmistuneiden ajoneuvoasentajien autosähkötekniikan osaamisen taso on heikko. Tämän tutkimuksen tulos on samansuuntainen oman tutkimukseni tuloksen kanssa eli autoalan tutkinnoissa sähkötekniikan osaamisen taso on nostettava vastaamaan tämän päivän ja tulevaisuuden vaatimuksia.

Ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen sähköajoneuvokoulutuksen kehittämiseen tämä tutkimus ei ota kantaa.

8. LÄHDELUETTELO

/1/ ABB, TTT-käsikirja, Sähkömoottorikäytöt, 2000.

/2/ Aura, Lauri, Tonteri, Antti, Sähkömiehen käsikirja 2: Sähkökoneet, WSOY, 1986.

/3/ Autoalan keskusliitto ry, Autoalan ammattikoulutuksen edistämissäätiö, http://www.akl.fi/autoala_ammattina/koulutus/autoalan_ammattikoulutuksen_edistamissaatio/, 19.3.2012.

/4/ Can-bus kit, Canbuskit, <http://canbuskit.com/what.php>, 15.9.2012.

/5/ Ecartec , <http://www.ecartec.de/>, 20.9.2011.

/6/ Euroopan talous- ja sosiaalikomitea (ETSK), lausunto ”Sähköajoneuvojen yleistyminen” (2011/C44/08), 2010.

/7/ Formula Student, Formula Student Electric, <http://www.formulastudent.de/fse/>, 15.4.2012.

/8/ Flex-ray , http://mcu.emea.fujitsu.com/mcu_product/overview_FlexRay.htm, 20.9.2012.

/9/ Hanhilammi, Tapio, opinnäytetyö, Autosähkötekniikan oppimisympäristön kehittäminen Pirkanmaan ammattiopistossa, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2008.

/10/ Hietalahti, Lauri, Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka, Tammertekniikka , 2011.

/11/ Hirsijärvi, Sirkka, Remes, Pirkko, Sajavaara, Paula, Tutki ja kirjoita, Tammi, 2010.

/12/ Hermia, sähköajoneuvojen testiympäristö,

<http://www.hermia.fi/evelina/partnerit/tampereen-aikuiskoulutuskeskus/>, 18.3.2012.

/13/ Hybrid car, Serie hybrid,

http://www.greencarcongress.com/2004/10/new_heavyduty_s.html, 20.1.2012.

/14/ Hämäläinen, Eero, Juhala, Matti, Suominen, Matti, Tammi, Kari, Moottorialan sähköoppi, Autoalan koulutuskeskus, 1995.

/15/ Kajaanin ammattikorkeakoulu, ajoneuvojen tietojärjestelmät, <http://www.kajak.fi/atj>, 2.4.2012.

/16/ Keetsa, How a Plug-in Hybrid works, <http://keetsa.com/blog/auto/public-get-glimpse-of-phev/>, 20.1.2012.

/17/ LIN-bus , Sorion-group,

<http://www.sorion-group.com/about-sorion/skills-technologies/lin-local-interconnect-network/#>, 10.9.2012.

/18/ Lindemann, Michael, Prof, Dr, -Ing, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, tutustumismatka sähköajoneuvokoulutukseen Saksassa 21–24.4.2012.

/19/ Most bus, Interfacebus, http://www.interfacebus.com/MOST_Bus_Interface.html, 8.9.2012.

/20/ Opetushallitus, autoalan perustutkinto,

http://www.oph.fi/download/110502_Autoalan_perustutkinto_2009.pdf, 20.4.2012.

/21/ Opetushallitus, automekaanikko erikoisammattitutkinto,

http://www.oph.fi/download/110929_automekaanikko_erikoisammattitutkinto.pdf /, 20.4.2012.

/22/ Opetushallitus, autosähkömekaanikon ammattitutkinto

http://www.oph.fi/download/110931_autosahkomekaanikko_ammattitutkinto.pdf,
20.4.2012.

/23/ Opetusministeriö, liikennealan korkeakoulutuksen ja t&k toiminnan kehittämistarpeet,

http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2006/liitteet/opm_7_tr09.pdf?lang=fi, 5.3.2012.

/24/ PRWeb, Internal diagram of AMP Electric car,

<http://ww1.prweb.com/prfiles/2008/05/23/463434/crosssection.jpg>, 20.12.2011.

/25/ Raceabout, ERA-sähköurheiluauto, <http://www.raceabout.fi/era>, 1.4.2012.

/26/ Robert Bosch GmbH. 2007, Ajoneuvojen verkottuminen, Suomenkielinen käännös, Autoalan koulutuskeskus Oy, 2008.

/27/ Ronald, Rahmig, ajoneuvokouluttaja, Oberstufenzentrum Kraftfahrzeugtechnik, tutkimismatka sähköajoneuvokoulutukseen Saksassa 21-24.4.2012.

/28/ Tampereen aikuiskoulutuskeskus, sähköajoneuvoasentaja koulutus,

<http://www.tredea.fi/electricity/?x19479=289755>, 18.3.2012.

/29/ Työ- ja elinkeinoministeriö, Biomeri Oy, Sähköajoneuvot Suomessa –selvitys, Biomeri Oy, 2009.

/30/ Vatanen, Matti, Kajaanin ammattiopisto autoalan lehtori, Autoalan rajoitettu sähköpätevyys 3, 2012.

/31/ Volvo Trucks, FE-Hybridi, <http://www.volvotrucks.com/trucks/finland-market/finland/trucks/VOLVO-FE-HYBRID/Pages/volvo-fe-hybrid.aspx>, 23.1.2012.

/32/ Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE), sääntö nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimajärjestelmään sovellettavien erityisvaatimusten osalta, 2010.

/33/ Zemotoring.com, Brabus Full Electric,
<http://www.zemotoring.com/news/2011/09/brabus-4wd-full-electric-430-hp-and-2360-lb-ft-of-torque>, 6. 12.2011.

9. LIITELUETTELO

LIITE 1	Haastattelututkimuksen haastattelulomake
LIITE 2	Autoalan perustutkinto
LIITE 3	Autoalan perustutkinto näyttötutkinto
LIITE 4	Automekaanikon erikoisammattitutkinto
LIITE 5	Autosähkömekaanikon ammattitutkinto
LIITE 6	Sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutus

Haastattelututkimus: Sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- sekä korjaus-osaamisen uudet tarpeet 2020-luvulla verrattuna vuoteen 2012.

Olen Jyrki Tolonen, tämän haastattelututkimuksen tekijä. Haastattelututkimus on osa ylemmän ammattikorkeakoulun tutkintoon kuuluvaa opinnäytetyötäni. Kehitystehtävässäni käsittelen mm. sähkö- ja hybridiajoneuvojen tekniikkaa, koulutusta, turvallisuusmääräyksiä. Tutkimusongelmana kehitystehtävässäni on sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjausosaamisen uudet tarpeet 2020-luvulla verrattuna vuoteen 2012. Haastattelu käydään puolistrukturoituna haastatteluna. Haastatteliija jakaa haastateltavalle lomakkeen, joka on keskustelun runko. Haastatteliija täyttää lomakkeen keskustelun kuluessa. Vastausvaihtoehdot ovat Kyllä, **Ei** tai **Ehkä**. Kommenttikenttään haastatteliija kirjoittaa tarvittaessa huomioita keskustelusta. Opinnäytetyö tehdään Oulun seudun ammattiopiston Myllytullin yksikön tieto- ja tietoliikennetekniikan osastolle. Työn valvojana toimii lehtori Jaakko Etto Kemi-Tornion AMK.

Alkutiedot:

Työtehtävä:	Autoala	Sähköala/ICT	Autoalan
	koulutus		
	Sähkö/ICT alan koulutus		Viranomainen
Koulutus:	Ammatillinen		AMK
	Korkeakoulu		Ylempi korkeakoulu

1. Lisääkö sähkö- ja hybridiajoneuvojen yleistymisen uusien teknisen osaamisen tarvetta ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa? Kyllä Ei Ehkä

Kommentti:

2. Sähkö- ja hybridi ajoneuvot sisältävät akuston ja latausjärjestelmän, joita tarvitaan energian varastointiin sekä hallintaan. Tarvitaanko uutta osaamista ajoneuvon akuston ja latausjärjestelmän huolto- ja korjaustoiminnassa? Kyllä Ei
Ehkä

Kommentti:

3. Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen voimansiirto sisältää teknisesti eri sähkömoottorityyppejä. Tarvitaanko ajoneuvojen voimansiirron huolto- ja korjaustoiminnassa eri sähkömoottorityyppien teknisen toiminnan ymmärtämistä? Kyllä Ei
Ehkä

Kommentti:

4. Sähkö- ja hybridi ajoneuvossa sähkömoottoria ohjataan moottoriohjaimella. Tarvitaanko ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa moottoriohjaimien toiminnan ymmärtämistä? Kyllä Ei Ehkä

Kommentti:

5. Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen voimansiirron komponenteissa on suuria virtoja ja jännitteitä. Tarvitaanko huolto- ja korjaustoiminnassa esimerkiksi sähköpätevyys 3 edellyttämiä tietoja sekä taitoja? Kyllä Ei Ehkä

Kommentti:

6. Tarvitseeko ajoneuvoasentajan koulutuksen saanut henkilö merkittävää sähköalan lisäosaamista sähkö – ja hybridi ajoneuvojen huolto sekä korjaustehtävissä?

Kyllä Ei Ehkä

Kommentti:

7. Tarvitaanko tulevaisuudessa sähkö- ja hybridi ajoneuvojen huolto- ja korjaustehtäviin oman koulutuksen saanut ammattihenkilö, esimerkiksi yhdistelmä nykyisen ajoneuvoasentajan ja sähköasentajan osaamista? Kyllä Ei

Ehkä

Kommentti:

8. Lisääntyvätkö työturvallisuusriskit ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa, kun sähkö- ja hybridi ajoneuvot tulevat osaksi ajoneuvokantaa? Kyllä Ei
Ehkä

Kommentti:

9. 2020-luvulla sähkö- ja hybridi ajoneuvojen osuus ajoneuvokannasta on suurempi. Miten ja millä tavoin ajoneuvoalan koulutukseen tulisi reagoida nyt jotta saavutetaan laadukas osaamisen taso ajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminnassa 2020-luvulla? Haastattelija kirjaa käydyn keskustelun

10. Muuta esille nousevaa ajatusta käydyn haastattelun johdosta? Haastattelija kirjaa käydyn keskustelun

Autoalan perustutkinto, 120 ov ammatillisessa peruskoulutuksessa. Ammatilliset tutkinnon osat, 90 ov .Tutkinnon osiin sisältyy työssäoppimista vähintään 20 ov, yrittäjyyttä vähintään 5 ov ja opinnäyte vähintään 2 ov

4.1 Autotekniikan koulutusohjelma, ajoneuvoasentaja

4.1.1 Auton tai moottoripyörän huoltaminen, 30 ov

4.1.2 Auton korjaaminen, 30 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.1–4.7.10 tai 4.7.26–4.7.29; joista 10 ov voi olla tutkinnon

osista 4.8.1–4.8.5

4.2 Autokorinkorjauksen koulutusohjelma, autokorinkorjaaja

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt, 20 ov

4.2.2 Pintavauriotyöt, 20 ov

4.2.3 Mittaus- ja korivauriotyöt, 20 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.7–4.7.10 tai 4.7.26–4.7.29; joista 10 ov voi olla tutkinnon

osista 4.8.1–4.8.5

4.3 Automaalauksen koulutusohjelma, automaalari

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt, 20 ov

4.3.1 Pohjustustyöt, 20 ov

4.3.2 Ruiskumaalaustyöt, 20 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.8–4.7.13 tai 4.7.26–4.7.29; joista 10 ov voi olla tutkinnon

osista 4.8.1–4.8.5

4.4 Automyynnin koulutusohjelma, automyyjä

4.4.1 Myynti ja tuotetuntemus, 30 ov

4.4.2 Markkinointi ja asiakaspalvelu, 20 ov

4.4.3 Osto- ja hankintatoiminta, 10 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.14–4.7.20 tai 4.7.26–4.7.29; joista 10 ov voi olla tutkinnon

osista 4.8.1–4.8.5

4.5 Varaosamyynnin koulutusohjelma, varaosamyyjä

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt, 20 ov

4.5.1 Varaosamyyntityö ja asiakaspalvelu, 20 ov

4.5.2 Varastonhallinta, 20 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.1, 4.7.2, 4.7.5, 4.7.8–4.7.10 tai 4.7.18–4.7.20 tai

4.7.27–4.7.29; joista 10 ov voi olla tutkinnon osista 4.8.1–4.8.5

4.6 Moottorikäyttöisten pienkoneiden korjauksen koulutusohjelma, pienkonekorjaaja

4.1.1 Auton tai moottoripyörän huoltaminen, 30 ov

4.6.1 Pienkoneiden korjaaminen, 30 ov

Lisäksi valittava 30 ov tutkinnon osista 4.7.18, 4.7.21–4.7.25 tai 4.7.27–4.7.29; joista 10 ov voi olla

tutkinnon osista 4.8.1–4.8.5

Ammatillisessa peruskoulutuksessa kaikille valinnaiset tutkinnon osat

- 4.7.1 Sähkövarusteiden mittausta ja korjaus, 10 ov
- 4.7.2 Rengastyöt, 10 ov
- 4.7.3 Kuorma-auton alusta- ja hallintalaitteiden korjaus, 10 ov
- 4.7.4 Moottorin ja voimansiirron huolto ja korjaus, 10 ov
- 4.7.5 Hydraulikka- ja pneumatiikkajärjestelmien korjaus, 10 ov
- 4.7.6 Paineilmajarrujen testaus ja korjaus, 10 ov
- 4.7.7 Maalauksen esikäsittelytyöt, 10 ov
- 4.7.8 Auton turvavarustetyöt, 10 ov
- 4.7.9 Auton korin sähkövarustetyöt, 10 ov
- 4.7.10 Auton lisävarustetyöt, 10 ov
- 4.7.11 Eri materiaalien korjaus- ja maalaustyöt, 10 ov
- 4.7.12 Autokorintyöt, 10 ov
- 4.7.13 Kuviomaalaustyöt, 10 ov
- 4.7.14 Ajoneuvomyyntityö, 10 ov
- 4.7.15 Uusien autojen myyntityö, 10 ov
- 4.7.16 Käytettyjen autojen myyntityö, 10 ov
- 4.7.17 Hyöty- ja erityisajoneuvojen myyntityö, 10 ov
- 4.7.18 Vapaa-ajan ajoneuvojen sekä niiden varaosien myyntityö, 10 ov
- 4.7.19 Lisävaruste- ja tarvikemyyntityö, 10 ov
- 4.7.20 Rengas- ja vannemyynti, 10 ov
- 4.7.21 Maastoajoneuvojen, mopojen ja mopoautojen huolto ja korjaus, 20 ov
- 4.7.22 Moottoripyörien huolto ja korjaus, 20 ov
- 4.7.23 Venemoottoreiden ja varusteiden asennus, huolto ja korjaus, 20 ov
- 4.7.24 Uusien tuotteiden varustelu luovutuskuntoon, 10 ov
- 4.7.25 Varaosavaraston hoitaminen, 10 ov
- 4.7.26 Varaosatyö ja varaston hallinta, 10 ov
- 4.7.27 Paikallisesti tarjottavat tutkinnon osat, 0–10 ov
- 4.7.28 Tutkinnon osat ammatillisista perustutkinnoista, 0–10 ov
- 4.7.29 Tutkinnon osa ammattitutkinnoista

4.8 Muut valinnaiset tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa, 0–10 ov

4.8.1 Työpaikkaohjaajaksi valmentautuminen, 2 ov

4.8.2 Yrittäjäyys, 10 ov

4.8.3 Ammattitaitoa syventävät ja laajentavat tutkinnon osat, 0–10 ov

4.8.4 Ammattitaitoa täydentävät tutkinnon osat (yhteiset opinnot), 0–10 ov

4.8.5 Lukio-opinnot

4.8 Muut valinnaiset tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa, 0–10 ov

4.8.1 Työpaikkaohjaajaksi valmentautuminen, 2 ov

4.8.2 Yrittäjäyys, 10 ov

4.8.3 Ammattitaitoa syventävät ja laajentavat tutkinnon osat, 0–10 ov

4.8.4 Ammattitaitoa täydentävät tutkinnon osat (yhteiset opinnot), 0–10 ov

4.8.5 Lukio-opinnot

4.9 Ammatillista osaamista yksilöllisesti syventävät tutkinnon osat (perustutkintoa laajentavat tutkinnon osat)

4.9.1 Yritystoiminta, 10 ov

4.9.2 Tutkinnon osat ammatillisista tutkinnoista

(perustutkinnoista, ammattitutkinnoista ja erikoisammattitutkinnoista)

4.9.3 Ammatillista osaamista yksilöllisesti syventävät paikallisesti tarjottavat tutkinnon osat

ammatillisessa peruskoulutuksessa

Autoalan perustutkinto

Näyttötutkinnossa

4. Ammatilliset tutkinnon osat

4.1 Autotekniikan osaamisala, ajoneuvoasentaja

4.1.1 Auton tai moottoripyörän huoltaminen

4.1.2 Auton korjaaminen

Lisäksi valittava kolme osaa tutkinnon osista 4.7.1–4.7.10 tai 4.7.26 tai 4.7.28–4.7.29

4.2 Autokorinkorjauksen osaamisala, autokorinkorjaaja

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt

4.2.2 Pintavauriotyöt

4.2.3 Mittaus- ja korivauriotyöt

Lisäksi valittava kolme osaa tutkinnon osista 4.7.7–4.7.10 tai 4.7.26 tai 4.7.28–4.7.29

4.3 Automaalauksen osaamisala, automaalar

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt

4.3.1 Pohjustustyöt

4.3.2 Ruiskumaalaukset

Lisäksi valittava kolme osaa tutkinnon osista 4.7.8–4.7.13 tai 4.7.26 tai 4.7.28–4.7.29

4.4 Automyynnin osaamisala, automyyjä

4.4.1 Myynti ja tuotetuntemus

4.4.2 Markkinointi ja asiakaspalvelu

4.4.3 Osto ja hankintatoiminta

Lisäksi valittava kolme osaa tutkinnon osista 4.7.14–4.7.20 tai 4.7.26 tai 4.7.28–4.7.29

4.5 Varaosamyynnin osaamisala, varaosamyyjä

4.2.1 Huolto- ja korjaustyöt

4.5.1 Varaosamyyntityö ja asiakaspalvelu

4.5.2 Varastonhallinta

Lisäksi valittava kolme osaa tutkinnon osista 4.7.1, 4.7.2, 4.7.5, 4.7.8–4.7.10 tai 4.7.18–4.7.20 tai 4.7.28–4.7.29

4.6 Moottorikäyttöisten pienkoneiden korjauksen osaamisala, pienkonekorjaaja

4.1.1 Auton tai moottoripyörän huoltaminen

4.6.1 Pienkoneiden korjaaminen

Lisäksi valittava joko kolme osaa tutkinnon osista 4.7.18, 4.7.24–4.7.25 tai 4.7.28–4.7.29 tai yksi osa

tutkinnon osista 4.7.21–4.7.23 sekä yksi osa tutkinnon osista 4.7.18, 4.7.24–4.7.25 tai 4.7.28–4.7.29

Näyttötutkinnossa**4.7 Kaikille valinnaiset tutkinnon osat**

- 4.7.1 Sähkövarusteiden mittaaminen ja korjaus
- 4.7.2 Rengastyöt
- 4.7.3 Kuorma-auton alusta- ja hallintalaitteiden korjaus
- 4.7.4 Moottorin ja voimansiirron huolto ja korjaus
- 4.7.5 Hydraulikka- ja pneumatiikka järjestelmien korjaus
- 4.7.6 Paineilmajarrujen testaus ja korjaus
- 4.7.7 Maalauksen esikäsittelytyöt
- 4.7.8 Auton turvavarustetyöt
- 4.7.9 Auton korin sähkövarustetyöt
- 4.7.10 Auton lisävarustetyöt
- 4.7.11 Eri materiaalien korjaus- ja maalaustyöt
- 4.7.12 Autokorintyöt
- 4.7.13 Kuviomaalaustyöt
- 4.7.14 Ajoneuvomyyntityö
- 4.7.15 Uusien autojen myyntityö
- 4.7.16 Käytettyjen autojen myyntityö
- 4.7.17 Hyöty- ja erityisajoneuvo myyntityö
- 4.7.18 Vapaa-ajan ajoneuvojen sekä niiden varaosien myyntityö
- 4.7.19 Lisävaruste- ja tarvikemyyntityö
- 4.7.20 Rengas- ja vannemyynti
- 4.7.21 Maastoajoneuvojen, mopojen ja mopoautojen huolto ja korjaus
- 4.7.22 Moottoripyörien huolto ja korjaus
- 4.7.23 Venemoottoreiden ja varusteiden asennus, huolto ja korjaus
- 4.7.24 Uusien tuotteiden varustelu luovutuskuntoon
- 4.7.25 Varaosavaraoston hoitaminen
- 4.7.26 Varaosatyö ja varaston hallinta
- 4.7.28 Tutkinnon osat ammatillisista perustutkinnoista
- 4.7.29 Tutkinnon osa ammattitutkinnoista

**AUTOMEKAANIKON ERIKOISAMMATTITUTKINNOSSA
VAADITTAVA AMMATTITAITO****KAIKILLE YHTEINEN PAKOLLINEN OSA**

Automekaanikon yleistaidot

HENKILÖAUTOTEKNIIKAN OSAAMISALA

Jarrut, ohjauslaitteet, alusta ja ajovakauden hallintajärjestelmä

Voimansiirto

Moottorin ja polttonestejärjestelmien huolto ja korjaus

Sähkötekniikka ja elektroniikka

KUORMA- JA LINJA-AUTOTEKNIIKAN OSAAMISALA

Jarrut, ohjauslaitteet ja jousitus

Moottorin ja voimansiirtolinjan huolto ja korjaus

Päällirakenteet

Sähkötekniikka ja elektroniikka

Yrittäjyys

**AUTOSÄHKÖMEKAANIKON AMMATTITUTKINNOSSA
VAADITTAVA AMMATTITAITO**

Autosähkömekaanikon yleistaidot
Autotekniikka
Autosähkötekniikka ja elektroniikka
Henkilöautojen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä ottomoottorin polttonestelaitteiden asennus ja korjaus
Kuorma- ja linja-autojen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden asennus ja korjaus
Työkoneiden sähkö- ja elektroniikkalaitteiden asennus ja korjaus
Yrittäjyys

Sähköajoneuvoasentaja- ja huoltajakoulutus Tampereen ammattiopisto, aikuiskoulutus.

Koulutuksen sisältö

- Opiskeluun orientoituminen ja osaamiskartoitus
- Tietotekniikka ja työnhakuvalmennus
- Työturvallisuuskorttikoulutus
- Sähkötyöturvallisuuskorttikoulutus
- Jännitetyökoulutus
- Ensiapukortti EA1
- Tulityökorttikoulutus
- Trukkikurssi
- Automekaniikka
- Autosähkötekniikka
- Sähkötekniikan perusteet
- Sähkömekaniikka
- Sähköajoneuvon rakenne
- Sähköajoneuvon komponentit
- Sähköajoneuvon lataus ja sähkönjakelu
- Mittaus- ja säätötekniikka 1
- Mittaus- ja säätötekniikka 2
- Sähköajoneuvon muunnostyö
- Sähköajoneuvon testaus
- Sähköajoneuvon katsastus
- Sähköajoneuvon ajaminen
- Sähköajoneuvon huolto
- Ajoneuvon mekaaninen asennus
- Muun sähköajoneuvon huolto ja asennus