



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Takamaa

Tuotantotila korkeajänniteajoneuvojen akkukorjaukseen

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK) Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jani Takamaa

Työn nimi alaotsikoineen: Tuotantotila korkeajänniteajoneuvojen akkukorjaukseen

Ohjaaja: Heikki Järvi

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 2

Tällä työllä ei ole varsinaista toimeksiantajaa, vaan työ tehdään omalle toiminimelle ja täysin omasta mielenkiinnosta aiheeseen. Työn aiheena on löytää ratkaisuja ajoneuvoissa nopeasti lisääntyvien korkeajänniteakustojen korjaustyöhön tarkoitettuun tilaan. Työn taustalla on liikenteessä nopeasti lisääntyvien korkeajänniteajoneuvojen akustojen tulevaa korjaustarve tulevaisuudessa.

Työ aloitettiin tutustumalla sähkötyöturvallisuuteen. Tutustuminen aloitettiin sähköopin perusteista ja tästä edettiin sähkövirran aiheuttamiin vaaroihin. Sähköopin perusteiden ja vaarojen esittelemisen jälkeen käydään läpi yleisellä tasolla ajoneuvoissa käytettyjen korkeajänniteakuston sisältämä tekniikka.

Lopputuloksena saatiin kokonaiskuva niistä vaatimuksista, mitä korkeajänniteakustojen korjaustiloissa kuuluisi olla, sisältäen henkilöstön osaamisen. Työ tehtiin pelkästään teoriatasolla, jolloin saatiin aikaan mahdollisimman hyvä skaalautuvuus käytettäviin tiloihin. Lopputuloksen avulla voidaan rakentaa yhden tai useamman yhtäaikaisen korkeajänniteakuston korjauksen mahdollistama tila.

¹ Asiasanat: korkeajänniteakusto, korkeajänniteakku, korkeajänniteajoneuvo, sähköauto, korjaamotila

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Product Engineering

Author: Jani Takamaa

Title of thesis: Production space for high voltage battery repairs

Supervisor: Heikki Järvi

Year: 2024

Number of pages: 39

Number of appendices: 2

The study is done for the author's company and out of personal interest in the subject. The main aim of the thesis was to find solutions for the space intended for the repair of high-voltage vehicle batteries. The background for the thesis was the future need for repairing high-voltage vehicle batteries due to the rapid increase of high-voltage vehicles in traffic.

The project began by familiarizing with electrical safety. The introduction started with the basics of electricity and progressed to the dangers of electric current. After presenting the basics of electricity and associated dangers, the technology contained in high-voltage batteries used in vehicles was introduced at a general level.

As a result, a comprehensive understanding of the requirements for spaces dedicated to the repair of high-voltage batteries was obtained, including the expertise of personnel. The work was executed purely at the theoretical level, aiming to achieve the best scalability to the space. The end results can be used to construct a space that enables the repair of one or more high-voltage batteries simultaneously.

¹ Keywords: High-voltage battery, high-voltage vehicle, electric car, workshop space

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvioluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tausta	8
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne	9
2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS.....	11
2.1 Työturvallisuuslaki	11
2.2 Sähkötyöturvallisuus standardi SFS6002.....	11
2.3 Sähköturvallisuuslaki.....	11
2.4 Sähköopin perusteet	12
2.4.1 Perussuureet.....	12
2.4.2 Ohmin laki	13
2.4.3 Sähköteho ja -työ	14
2.4.4 Kirchhoffin lait	16
2.4.5 Sarjaan- ja rinnankytkentä	16
2.5 Sähkön vaarat	17
2.5.1 Sähköisku	17
2.5.2 Valokaari	18
2.5.3 Tulipalo	18
3 KORKEAJÄNNITEAKKU	20
3.1 Rakenne.....	20
3.1.1 Akkukotelo	20
3.1.2 Kontaktorit.....	21
3.1.3 Akkumoduuli	21
3.1.4 Akkuvalvonta.....	22

3.2	Vaurioitunut akku.....	23
3.3	Esimerkki korjauksesta.....	24
4	TUOTANTOTILA.....	26
4.1	Henkilöstö	26
4.1.1	Vaatimukset korkeajännitetöihin	27
4.1.2	Sähköosaaminen	28
4.2	Talotekniikka	28
4.3	Työkalut, varusteet ja korjaamolaitteet	29
4.3.1	Henkilösuojaimet.....	29
4.3.2	Työkalut	29
4.3.3	Eristysvastusmittari	30
4.4	Työturvallisuus	30
4.5	Korkeajänniteakun komponenttien väliaikainen säilytys.....	30
4.6	Lean 5S.....	31
4.6.1	Lajittelu (Sort, Seiri)	31
4.6.2	Järjestäminen (Store, Seiton).....	32
4.6.3	Puhdistaminen (Shine, Seiso).....	32
4.6.4	Standardointi (Standardize, Seiketsu).....	33
4.6.5	Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke).....	33
4.6.6	Turvallisuus (Safety, Anzen)	34
4.7	Vastuuhenkilö.....	34
4.8	Testaus	34
5	YHTEENVETO	35
6	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39

Kuvioluettelo

Kuvio 1. Vaihtoehtoiset käyttövoimat (Liikenne ja Viestintävirasto, 2023)	8
Kuvio 2. Ohmin lain muistisääntö.....	13
Kuvio 3. Ohmin laki ja sähköteho muistiympyrä.....	15
Kuvio 4. Kirchhoffin jännite- ja virtalaki	16
Kuvio 5. Sarjaan- ja rinnankytkentä	17
Kuvio 6. Akkumoduulin kytkentä, 8s2p	22
Kuvio 7. Jännitetyövälineiden merkintä.....	29

Käytetyt termit ja lyhenteet

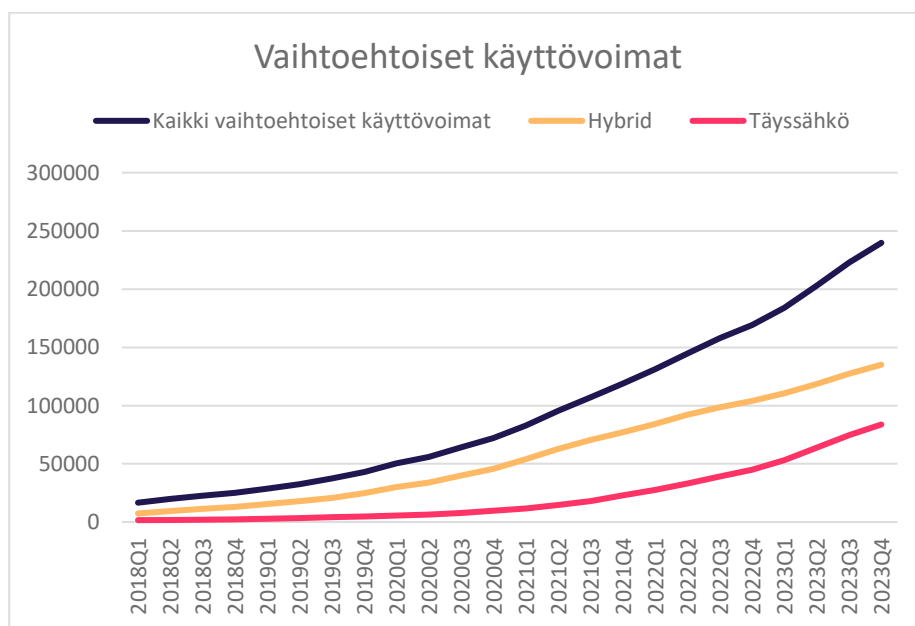
BMS	Battery management system. Korkeajänniteakun valvonnan/hallinnan ohjainlaite.
CCS	Combined Charging System. Jopa 350 kilowatin latausnopeuteen kykenevä pikalatausstandardi.
LEAN	Lean tuotanto pyrkii minimoimaan hukan ja optimoimaan prosessit. Perustuu alun perin Toyota Production -malliin.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Aallon (2022) mukaan liikenteen käyttövoimamurros tapahtuu kiihtyvään tahtiin. Maailman poliittinen tilanne, kansainvälisen CO₂-sääntelyn ja energiamarkkinoiden arvaamattomuus vauhdittavat meneillään olevaa käyttövoimamurrosta. Liikenteen sähköistymistä tukee samanaikaisesti kiristynvä sääntely ja muuttuva kustannusmalli.

Liikenne ja Viestintäviraston (Traficom, 2023) julkaisemasta tilastosta liikennekäytössä olevien henkilöautojen käyttövoimista, päästöistä ja keski-ikästä (kuvio 1) on helppo huomata korkeajänniteajoneuvojen selvä lisääntyminen muutamien viimeisien vuosien aikana. Täyssähköautojen lisäksi myös hybridautot voidaan lukea korkeajänniteajoneuvoiksi, ja tilastosta onkin selvästi nähtävissä, että vaihtoehtoisten käyttövoimien lisääntyminen johtuu pitkälti korkeajänniteajoneuvojen lisääntymisestä.



Kuvio 1. Vaihtoehtoiset käyttövoimat (Liikenne ja Viestintävirasto, 2023)

Kniivilän (2021) mukaan sähköistynvä liikenne haastaa autokorjaamoiden toimintaa. Merkkiliik-
keessä huollettavat ja korjattavat ajoneuvot ovat tyypillisesti korkeintaan viiden vuoden ikä-
isiä, joten tulevaisuudessa ratkaisuja tarvitaan nimenomaan korkeajänniteautoihin liittyviin toi-
hin myös merkkiorganisaatioiden ulkopuolella.

L. Klemetin (henkilökohtainen tiedonanto, 4.2.2024) mukaan autokorjaamon arki on muuttunut selvästi korkeajänniteakustoihin liittyvien töiden lisääntyessä. Erilaiset korkeajänniteakustojen korjaustyöt vaativat kahden henkilön työryhmän, ja tehokas ajankäyttö on tullut tietyissä tilanteissa haastavaksi. Korkeajänniteakustojen työt vaativat myös ajoneuvojen nostolaitteilta tietynlaiset erityispiirteet, ja kaikilla nostolaitteilla ei ajoneuvon nostaminen akun irrottamista varten onnistu. Korkeajänniteakustojen irrottaminen autosta vie yhden huoltopaikan ja korkeajänniteakuston korjaustyö vaatii toisen huoltopaikan, joten korkeajänniteakun korjaustila säästäisi yhden ajoneuvopaikan korjaamolta.

Liikenne on sähköistymässä tällä hetkellä nopeasti ja takuuaikojen loppumisen jälkeen on kysyntä kasvamassa myös merkkiorganisaatioiden ulkopuolella. On kuitenkin selvää, että sähköistyvän liikenteen tuomat ongelmat eivät uuden tekniikan takia tällä hetkellä vielä kokonaisuudessaan ole tiedossa. Korkeajänniteauton kallein yksittäinen komponentti on kuitenkin korkeajänniteakusto ja korkeajänniteakuston korjaaminen on mahdollista monilla eri autovalmistajilla jo nyt. Tulevaisuudessa korkeajänniteakuston korjaukset tulevat mahdollisesti lisääntymään merkittävästi, vaikka tällä hetkellä ne eivät ajankohtaisia vielä olisi.

1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää ratkaisuja korkeajänniteakkujen korjaustyöt mahdollistavaan korjaustilaan, joka täyttää tällä hetkellä voimassa olevat lait ja standardit. Tässä työssä jätetään huomiotta erilaiset ajoneuvovalmistajien vaatimukset, mutta ratkaisut tilaan pyritään löytämään niin, että ajoneuvovalmistajien vaatimukset voidaan täyttää tarpeiden mukaisesti.

Tällä työllä ei ole varsinaista toimeksiantajaa, joten tutkimustyö tehdään itsenäisesti kirjoittajan omasta mielenkiinnosta aiheeseen. Tulevaisuudessa korkeajänniteakkujen korjaustointi lisääntyy, joten tarvittaessa tämän työn avulla työn kirjoittaja voi toimia konsultointiapuna korkeajänniteakun korjaustiloja suunnittelevalle taholle.

1.3 Työn rakenne

Johdannon jälkeen työn luvussa 2 käydään läpi sähkötyöturvalliseen työhön liittyvää teoriaa. Korkeajänniteakustojen korjaustoihin liittyvien lakien ja standardien esittämisen jälkeen

käydään lyhyesti läpi sähkötekniikan perusteet ja sähkövirran ihmiselle aiheuttamat vaarat. Sähkötekniikan perusteet on korkeajännitetöitä tehtäessä osattava hyvin, ja tämä alue kuuluu olennaisena osana työturvallisuuteen.

Työn luvussa 3 käydään läpi korkeajänniteakuston rakenne. On tärkeää ymmärtää korkeajänniteakun perusrakenne ennen varsinaisiin korjaustöihin ryhtymistä. Korkeajänniteakustot ovat rakenteeltaan paljolti valmistajasta riippumattomia, sillä tällä hetkellä useat eri valmistajat käyttävät saman tyyppistä perusrakennetta.

Työn luvussa 4 käydään korjaamotilan tarpeet läpi. Varsinaista pohjapiirustusta ei kuitenkaan lähdetty tekemään. Tilat vaihtelevat todella paljon yrityksien käytössä olevien tilojen mukaan, joten pohjapiirustuksesta jouduttaisiin kuitenkin poikkeamaan käytännössä jokaisessa tapauksessa ja työn tarkoituksena oli kuitenkin miettiä, mitä korkeajänniteakkujen korjaustilassa pitäisi olla ottamatta kantaa esimerkiksi tilassa käytettävissä olevaan korkeuteen.

2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

2.1 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslaissa (23.8.2002/738, 2. luku 8§) määritellään, työturvallisuudesta vastaamisen olevan poikkeuksetta työnantajan vastuulla:

Työnantaja on tarpeellisilla toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Tässä tarkoituksessa työnantajan on otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön samoin kuin työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. Työnantajan on erityisesti otettava huomioon, että työntekijän henkilökohtaiset edellytykset voivat edellyttää yksilöllisiä työsuojelutoimenpiteitä työntekijän turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi.

Korkeajänniteakuston korjaustöissä tehdään jännitetyötä jännitteillä, jotka ovat ihmiselle vaarallisia. Näissä töissä korostuu työturvallisuuden merkitys. Työnantajan vastuu onkin korkeajänniteakustojen korjaustöissä suuri.

2.2 Sähkötyöturvallisuus standardi SFS6002

Suomessa noudatetaan sähkötyöturvallisuuden standardia SFS6002 (Suomen Standardisointiliitto (SFS), 2015). SFS6002 standardi sisältää suomenkielisen käännöksen eurooppalaisesta standardista EN 50110-1 ja EN 50112-2 standardiin perustuvat Suomen kansalliset lisäykset. SFS6002 standardi antaa vaatimuksia sähkölaitteistojen tai niiden lähellä työskenteelyyn ja sähkölaitteistojen käyttöön. SFS6002 standardin liite U (liite 1) ja liite V (liite 2) ovat suoraan autoalalle suunnatut liitteet.

2.3 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 1 luku 1 § määrittelee lain tarkoituksen:

Lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet (Sähköturvallisuuslaki. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus.

Sähköturvallisuuslaissa määrätään sähkötöiden tekemiseen edellytykset, joista kuitenkin voidaan poiketa laissa määrätyn edellytyksin (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 5 luku 56 § 1 mom.):

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

Korkeajännitetoita ajoneuvoihin tekevien yritysten ei siis tarvitse erikseen ilmoittaa sähkötöiden johtajaa Turvallisuuskeskuksen urakoitsijarekisteriin, eikä nimetä sähköpätevyyden omaavaa sähkötöiden johtajaa, vaan suorittavalla henkilöstöllä on oltava riittävät pätevyudet ja osaaminen työn tekemiseen.

2.4 Sähköopin perusteet

Linja-Ahon (2023) mukaan on tärkeää, että autoalalla työskentelevät asentajat ovat perehtyneitä ajoneuvotekniikan lisäksi myös sähkötekniikan perusteisiin. Liikenteen käyttövoimamurros on tuonut ihmiselle vaarallisen korkeajännitteen ajoneuvoihin, ja korkeajännitetyöt tulevat lähitulevaisuudessa lisääntymään autoalalla toimivalla henkilöstöllä.

2.4.1 Perussuureet

Erilaisissa akustoissa vaikuttava jännite on tyypillisesti tasajännitettä (DC) (Ahoranta, 1995, s. 28). Tasajännitteessä plus- ja miinusnapaisuus ei muutu, kun taas vaihtojännitteessä (AC) napaisuus vaihtelee. Sähkösuureita tarkasteltaessa voidaan käyttää vesiputousvertausta. Jännite kuvastaa vesiputouksen korkeutta. Jännitteen suuretunnus kaavoissa on U ja mittausyksikkö on voltti.

Tasajännitteellä (DC) sähkövirta kulkee plusnavasta miinusnavan suuntaan (Ahoranta, 1995, s. 33). Vesiputousvertausta käytettäessä sähkövirtaa kuvaa virtaava veden määrä. Vaihtovirrassa (AC) virran suunta muuttuu napaisuuden muuttuessa. Sähkövirran suuretunnus on I ja mittausyksikkö ampeeri.

Resistanssi kuvaa ominaisuutta, jolla aine vastustaa sähkövirran kulkua (Ahoranta, 1995, s. 35). Varauksen kuljettajien määrä ja niiden liikkuvuus määrittelee aineen resistanssin. Resistanssin suuretunnus on R ja mittayksikkö ohmi (Ω , oomega).

2.4.2 Ohmin laki

Sähkötekniikan teorioista Ohmin laki on yksinkertaisin ja käytetyin teoria (Patrick & Fardo, 2000, s. 96). Saksalainen Georg Simon Ohm on esittänyt tämän sähköopin lain vuonna 1826. Laki selittää jännitteen, sähkövirran ja resistanssin suhteen. Virtapiirissä jännitteen nouseminen nostaa sähkövirtaa resistanssin pysyessä samana. Matemaattisesti Ohmin laki voidaan kirjoittaa kaavalla:

$$R = U/I \quad (2)$$

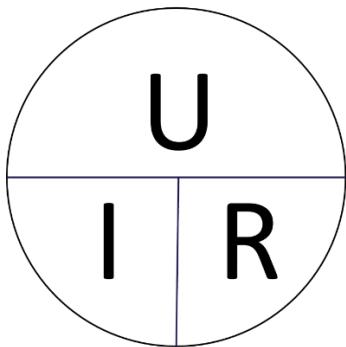
missä

R Resistanssi

U Jännite

I Virta

Ohmin lain ympyrä (Kuvio 1) on laskemista helpottava muistisääntö. Haluttu suure peittämällä saadaan suurelle laskukaava (Patrick & Fardo, 2000, s. 96).



Kuvio 2. Ohmin lain muistisääntö

2.4.3 Sähköteho ja -työ

Sähköteho lasketaan kertomalla jännite ja sähkövirta (Patrick & Fardo, 2000, s. 115). Tehon suureyksikkö on watti.

$$P = U * I \quad (1)$$

missä

P Teho

U Jännite

I Virta

James Joule oli englantilainen tutkija, joka totesi 1840-luvulla, että sähköön liittyy myös energia (Ahoranta 1995, s. 52). Joule havainnoi tehtävää työtä lämmittämällä vettä kahdella erilaisella vastuslangalla. Joule totesi sähkötyön olevan suoraan verrannollinen käytettyyn resistanssiin.

$$W = I^2 * R * t \quad (2)$$

missä

W Työ

I Virta

R Resistanssi

t Aika

Ohmin lakiin sovellettaessa yhtälö voidaan kirjoittaa muotoon:

$$W = U * I * t \quad (3)$$

missä

W Työ

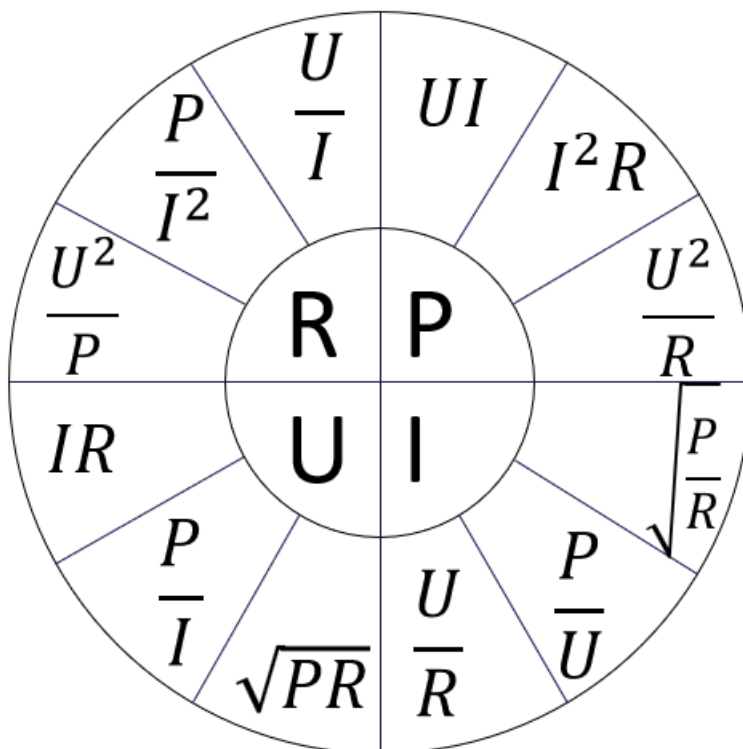
U Jännite

I Virta

t Aika

Näin ollen sähkötyön suureyksiköksi saadaan Joule. Yleisesti sähkötyöstä käytetään yksikköä wattisekunti (Ws) tai kilowattitunti (kWh).

Sähkötehon ja Ohmin lain kaavoja voidaan myös yhdistellä, jolloin saadaan tiedossa olevien suureiden avulla ratkaistua haluttu suure (kuvio 3). Tämän muistiympyrän avulla voidaan laskea tasavirtapiirissä teho, resistanssi, jännite ja virta pelkästään kahden tiedossa olevan, esimerkiksi mitatun suureen avulla.

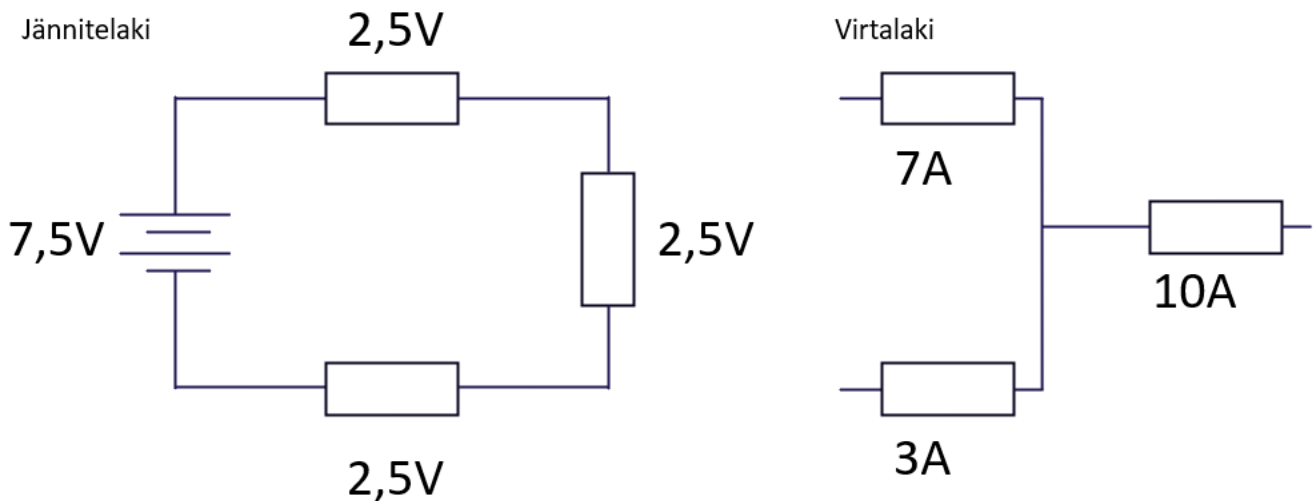


Kuvio 3. Ohmin laki ja sähköteho muistiympyrä

2.4.4 Kirchhoffin lait

Gustav Robert Kirchhoffin oli saksalainen fyysikko, joka tunnetaan erityisesti Kirchhoffin jännite- ja virtalaeista (Patrick & Fardo, 2000, s. 113). Kirchhoffin jännitelaki todistaa, että suljetuun virtapiiriin syötetty jännite on täsmälleen sama, kuin suljetun virtapiirin jännitehäviö on. Kirchhoffin jännitelaki on erityisen hyödyllinen, kun etsitään vikaa tasavirtapiiristä.

Kirchhoffin virtalaki taas todistaa, että mistä tahansa tasavirtapiirin pisteestä mitattuna tuleva virta on täsmälleen sama lähtevän virran kanssa (Patrick & Fardo, 2002, s. 113). Virtapiirin missä tahansa pisteessä tuleva ja lähtevä virta on samansuuruinen.



Kuvio 4. Kirchhoffin jännite- ja virtalaki

2.4.5 Sarjaan- ja rinnankytkentä

Virtapiirin ymmärtämisen yksi tärkeimpiä asioita on ymmärtää sarjaan- ja rinnankytkentä (Linja-Aho, 2021, s. 28). Samankokoisia vastuksia sarjaan kytkettäessä virtapiirin kokonaisresistanssi nousee aina. Kun taas kytketään samankokoisia vastuksia rinnan, kokonaisvastus on pienempi kuin yhden yksittäisen vastuksen resistanssi.

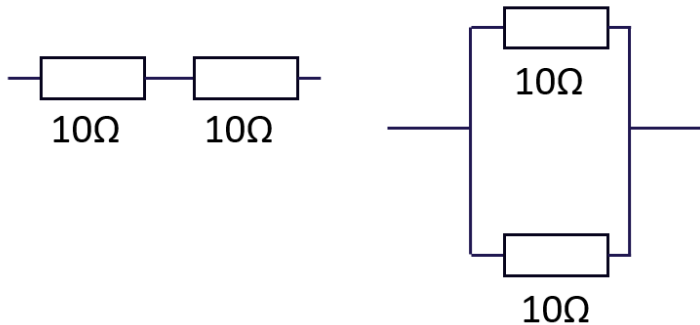
Jännitelähteitä sarjaan kytkettäessä kokonaisjännite on sarjaan kytkettyjen jännitelähteiden summa (Linja-Aho, 2021, s.29). Saman jännitteen omaavia jännitelähteitä rinnan kytkettäessä on kokonaisjännite yksittäisen jännitelähteen jännite. Jännitelähteitä kytketäänkin rinnan suuremman tehontuoton mahdollistamiseksi.

Sarjaankytkentä

$$\text{Kokonaisvastus } 10\ \Omega + 10\ \Omega = 20\ \frac{1}{10\ \Omega}$$

Rinnankytkentä

$$\text{Kokonaisvastus } \frac{1}{\frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega}} = 5\ \Omega$$



Kuvio 5. Sarjaan- ja rinnankytkentä

2.5 Sähkön vaarat

2.5.1 Sähköisku

Sähköturvallisuusstandardissa on määritelty ihmiselle vaarattomat jännitteet pienoisjännitteinä (SFS, s.15). Vaihtovirtajännitteen ylittäessä 50 voltia tai tasavirtajännitteen ylittäessä 120 voltia alkaa jännitetasot olemaan niin korkeita, että ne pahimmillaan on ihmiselle vaarallisia. Edellä mainittujen jänniterajojen alapuolelle jäävissä sähköjärjestelmissä ei tarvita asennuksiin ja korjauksiin erillistä koulutusta.

Ihmisen saadessa sähköiskun ratkaisevina tekijöinä voidaan pitää sähkövirran voimakkuutta ja kestoaikaa (Linja-Aho, 2021, s. 81). Ihmiskehon resistanssia ei kuitenkaan voida määritellä yksiselitteisesti, vaan se vaihtelee todella paljon ja eri ihmiskehoissa on erilainen resistanssi. On kuitenkin huomioitavaa, että ihmiskehon resistanssi vähenee jännitteen kasvaessa, joten Ohmin lain mukaisesti jännitteen kaksinkertaistuessa virran määrä on suurempi kuin kaksinkertainen.

Linja-Ahon (2021, s. 81) mukaan sähkövirraltaan ja kestoaltaan vaaraton sähköisku saattaa kuitenkin aiheuttaa vaaratilanteen ihmisen pelästyessä, ja tämä voi johtaa esimerkiksi kompastumiseen tai pahimmillaan korkeajänniteakuston korjaustöitä tehtäessä isompaan vaaratilanteeseen.

Korkeajänniteakuston korjaustöissä käsitellään pelkästään tasavirtaa, joka on ihmiselle huomattavan paljon vaarattomampi, kuin vaihtojännite (Linja-Aho, 2021, s. 80). Vaihtovirta

aiheuttaa kouristuksen, mistä syystä ihminen ei välttämättä pysty irrottamaan otetta jännitteestä, vaan jää siihen kiinni. Tasavirran tapauksessa otteen irrottaminen on helpompaa. Tasavirtavalokaari ei kuitenkaan sammu niin helposti, kuin vaihtovirtavalokaari ja lisäksi tasavirta aiheuttaa enemmän kemiallisia reaktioita.

Sähköiskujen vaarat ovat hyvin tiedossa ja onnettomuudet tästä syystä harvinaisia (Linja-Aho, 2021, s. 81). On kuitenkin muistettava, että jo 30mA on ihmiselle vaarallinen. Tästä syystä sähkötekniikassa käytetyissä vikavirtasuojissa käytetään 30mA:ia. Korkeajänniteakustoissa ei kuitenkaan vikavirtasuojia ole.

2.5.2 Valokaari

Korkeajänniteakuston napojen koskettaessa toisiaan syntyy valokaari (Linja-Aho, 2021, s. 82). Napojen pinnat alkavat sulaa ja korkeajänniteakuston pienen sisäisen resistanssin takia sähkövirta nousee todella suureksi. Lämpötila nousee ja ionisoituva ilma muuttuu sähköä johtavaksi. ja tämä puolestaan aiheuttaa sen, että vaikka akuston napoja viedään kauemmas toisistaan, valokaari ei sammu.

Linja-Ahon (2021, s.82) linjauksen mukaan korkeajänniteakustossa tapahtuvat valokaaret ovat aina vaarallisia. Valokaareissa oleva voimakas infrapunasäteily aiheuttaa helposti palovammoja ja ultraviolettisäteily on vaarallista silmille.

Usein sähköiskun vaarat ovat tiedossa, mutta valokaarta ei välttämättä osata ottaa huomioon. Sekunnin murto-osissa syttyvä valokaari saattaa aiheuttaa myös työtä tekevän henkilön hätäntymisen. Rauhallinen toiminta tilanteesta riippumatta on siis todella tärkeää.

2.5.3 Tulipalo

Autoissa käytettävissä korkeajänniteakustoissa käytetään litiumioniakkukkennoja, jotka eivät ole luontaisesti paloturvallisia (Linja-Aho, 2022, s.78). Monissa muissa akkukemioissa elektrolyytti on vesipohjaista ja niiden yli- tai alilataaminen on vaikeampaa, joka muodostaa luonnollisen paloturvan.

Litiumionikennossa lämpötilan ylittyessä 80°C alkaa eksoterminen hajoamisreaktio (Linja-Aho, 2022, s.76). Hallitsematonta lämpötilan nousua kutsutaan lämpöryntäykseksi. Tätä

reaktiota on vaikea hallita, koska reaktio itsestään tuottaa palamiseen tarvittavan hapen. Sammutusta on miltei mahdoton toteuttaa olemassa olevilla välineillä, ja paloa voidaan hallita pelkästään jäähdyttämällä ja toivoa, että prosessi keskeytyy.

Akkupalon aiheuttajina voivat esimerkiksi olla kennon oikosulku (sisäinen tai ulkoinen), akun väärinkäytöstä johtuva sisäinen ylikuumeneminen, ulkoinen lämmönlähde tai akkuvalvonnan järjestelmävika (Linja-Aho, 2022, s. 77). Suurimmiksi riskeiksi muodostuukin liikenneonnettomuudet tai korjaustöissä tehdyt inhimilliset erehdykset. Korkeajänniteakustot on suunniteltu palojen hillitsemiseksi niin, että kotelot on palo-osastoitu niin, että yksittäiset moduulit eivät ole toisissaan kiinni.

3 KORKEAJÄNNITEAKKU

Korkeajänniteajoneuvojen akustojen korjausmahdollisuuksissa ja -kustannuksissa on merkittäviä eroja (Posa, 2023). Autovalmistajilla on erilaisia käytäntöjä liittyen korkeajänniteakustojen korjaustoimenpiteisiin. Joiltakin valmistajilta on saatavissa hyvät korjausohjeet, kun taas jotkut valmistajat eivät riittäviä tietoja akkujen korjaukseen anna ja tämä johtaa vikatapauksessa jopa koko auton purkamiseen, vaikka pelkästään korkeajänniteakusto olisi viallinen.

Rautiainen (2023) on tutkinut opinnäytetyössään Li-On korkeajänniteakuston akkukemioita kattavasti. Akkukemioita on useita erilaisia ja niitä käytetään saatavuuden ja tarpeen mukaan. Tässä työssä on akkukemiat jätetty käsittelemättä kokonaan, koska akkukemialla ei ole riittävän suurta vaikutusta korkeajänniteakuston korjaustyöhön.

Korkeajänniteakun kapasiteettia kuvataan energian mittaussyksiköllä kilowattitunti (kWh). Kapasiteetti vaihtelee suuresti ajoneuvovalmistajien tarpeiden mukaisesti.

3.1 Rakenne

Korkeajänniteakkujen perusrakenne eroaa valmistajien välillä vain vähän (Schmidt, 2021/2023, s. 98). Korkeajänniteakuston koteloon onkin usein sijoitettu akkumoduulien lisäksi kytkentäkontaktorit, järjestelmän sulakkeet ja korkeajänniteakuston valvontaan liittyvät ohjainlaitteet.

3.1.1 Akkukotelo

Kokkolan Autohuollon (2023b) videolla nähdään hyvin, kuinka korkeajänniteakku on suuren kokonsa vuoksi melkein aina pakko olla auton alustassa. Korjaustöiden jälkeen akkukotelon tiiveys tarkastetaan aina ennen autoon asennusta. Akku on altis sääolosuhteiden muutoksille, koska kokonsa vuoksi se on usein mahdotonta asentaa auton sisätiloihin.

Korkeajänniteakuston sijoittaminen auton ulkopuolelle tarkoittaa sitä, että erilaisiin liikennevahinkoihin on valmistauduttava kotelon rakenteen osalta mahdollisimman hyvin. Akkukotelon rakenne kestääkin hyvin sivuilta ja alhaalta tulevat iskut.

Korkeajänniteakkuja saatetaan lämmittää tai jäähdyttää, joten pelkästään tästä syystä akun sisällä on jonkin verran lämpötilavaihtelua (Volvo Car Corporation, 2023). Lämpötilavaihtelun takia täysin tiiviissä akussa olisi paljon myös paineen vaihtelua. Onkin erityisen tärkeää, että akussa on paineenvaihtelun mahdollistamat venttiilit ulkoilmaan, kuitenkin niin, että ulkoilmasta ei pääse akun sisälle epäpuhtauksia.

Korkeajänniteakun huuhotusventtiilit varmistavat myös korkeajänniteakuston vikaantuessa erilaisten kaasujen ja muodostuvan paineen poiston korkeajänniteakuston sisältä (Schmidt, 2021/2023, s. 105). Esimerkiksi Freudenbergin DIAvent mahdollistaa kaasunpoiston ja paineentasauksen korkeajänniteakuston normaalikäytössä.

3.1.2 Kontaktorit

Korkeajännitteen kytkentään tarvitaan edelleen perinteistä 12 voltin akkuja (Mykkänen ym., 2023). Korkeajänniteakustossa oleva korkeajännite saadaan kokonaisuudessaan erotettua auton muista sähköjärjestelmistä kontaktorien avulla. Kontaktorit myös estävät korkeajännitteen kytkennän, jos korkeajännitejärjestelmässä havaitaan ennen kytkentää jokin vika, minkä takia ei korkeajännitettä haluta kytkeä turvallisuussyistä päälle.

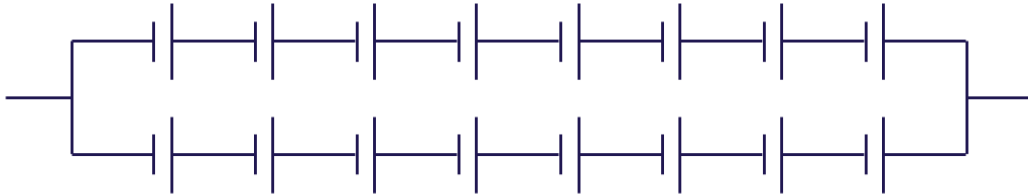
Korkeajänniteakun kontaktorit katkaisevat ja kytkevät korkeajännitteen pois päältä aina, kun korkeajännitteelle ei ole tarvetta, ja joissakin automalleissa kytkennöille on laskuri (Kokkolan Autohuolto, 2024). Kontaktorit voidaan joihinkin automallien akkuihin vaihtaa, jos varaosia vain on saatavilla. Joissakin tapauksissa autovalmistaja ei kuitenkaan varaosia toimita ja rikkinäisten kontaktorien takia joudutaan vaihtamaan koko korkeajänniteakusto.

3.1.3 Akkumoduuli

Korkeajänniteakku koostuu useasta akkumoduulista (Kokkolan Autohuolto, 2023a). Yksittäinen moduuli koostuu useammasta kennosta (esimerkiksi Li-On kenno). Moduulissa on useampi kenno rinnan ja sarjaan kytkettynä, mutta usein yksittäisen moduulin jännite on kuitenkin ihmiselle vaaraton.

Li-On kennon nimellisjännite on tyypillisesti 3,7 voltia (Linja-Aho, 2022, s. 19). Kennoja sarjaan- ja rinnan kytkemällä saadaan siis haluttu moduulin jännite ja tehon tuotto. Esimerkiksi voidaan ottaa akkumoduulin kytkentä, jossa 3,7 voltin Li-On kennoja on kytketty kahdeksan

sarjaan ja tämän jälkeen kaksi kennosarjaa on kytketty rinnan. Tässä tapauksessa on kyse ensin sarjaan topologiasta, ja kytkentä voidaan ilmoittaa lyhyemmin 8s2p (kuvio 6). Tässä tapauksessa akkumoduulin kokonaisjännite on 29,6 voltia ($8 \cdot 3,7V$).



Kuvio 6. Akkumoduulin kytkentä, 8s2p

Ihmiselle vaarattomana pienenjännitteenä pidetään alle 50 voltin vaihtojännitettä ja alle 120 voltin tasajännitettä (SFS, 2015, s. 15). Yksittäisen akkumoduulin tapauksessa 120 voltin tasajännite alittuu useimmissa tapauksissa.

On kuitenkin huomioitavaa, että mahdollisessa oikosulkutapauksessa yksittäisessä moduulissa on kuitenkin iso energiamäärä ladattuna, joten vaikka moduulin jännite ei ihmiselle vaarallinen olisikaan, niin oikosulkutilanteessa purkautuva moduuli syttyy tuleen räjähdyksenomaisesti.

3.1.4 Akkuvalvonta

Akkuvalvonnan ohjainlaite (BMS) tarvitsee toimiakseen perinteisen 12 voltin pienjännitejärjestelmän (Schmidt, 2021/2023, s.77). Ilman 12 voltin jännitettä BMS ei ole toimintakykyinen, vaikka korkeajänniteakuston jännite muuten olisi hyväksyttävä. Turvallisen toiminnan takaamiseksi BMS tarkkailee myös korkeajänniteakuston eristysvastusta ja Interlock-piiriä.

Akkuvalvonnan ohjainlaite (BMS) takaa korkeajänniteakun turvallisen ja luotettavan toiminnan (Stafl System, 2020). BMS tarkkailee yksittäisten kennojen jännitteitä ja lämpötiloja. Tarvittaessa BMS hoitaa yksittäisten kennojen jännitteen tasaamisen. Akkuvalvonnan ohjainlaitteen tehtäviin kuuluu myös korkeajänniteakun kokonaisjännitteen ja virran kulutuksien mitaukset. BMS:n toimintoihin kuuluu laskea myös akun SoH (State of Health) ja SoC (State of Charge).

SoC mittaa akun sen hetkistä varausta (Biologic, 2023). SoC näytetään myös kuljettajalle suoraan prosenttilukemana, toimintamatkanäyttönä tai molempina. SoC:n laskeminen onkin BMS:n yksi tärkeimmistä tehtävistä auton käyttäjälle.

SoH mittaa akun sen hetkistä tilaa verrattuna uuteen vastaavaan akkuun (Biologic, 2023). Korkeajänniteakuston takuuehdoissa on usein määritelty se, minkä alle SoH ei saisi mennä takuuajan puitteissa. Eurooppalaisilla autovalmistajilla SoH-arvo on yleisesti ottaen ollut noin 80 %. Tässä onkin hyvä huomioda, että korkeajänniteakustoa käytettäessä sen kapasiteetti myös hieman pienenee.

Akkuvalvonnan ohjainlaitteen avulla korkeajänniteakusto voidaan liittää aurinkopaneelijärjestelmään esimerkiksi omakotitalossa (Öster. D, 2023). Liikennevahingoissa vaurioituneiden autojen korkeajänniteakustoja onkin jo liitetty onnistuneesti aurinkopaneelijärjestelmiin energiavarastoiksi. Tulevaisuudessa erilaiset korkeajänniteakustot ajoneuvoteollisuuden ulkopuolella vaativat ammattitaitoisia henkilöitä korkeajänniteakustojen huolto- ja korjaustoimenpiteisiin.

Akkuvalvonnanohjainlaitteella (BMS) on merkittävä rooli korkeajänniteakun turvallisen käyttämisen mahdollistamiseen. BMS voidaan asentaa korkeajänniteakuston sisälle tai ulkopuolelle. Henkilöstön erityistä osaamista vaaditaankin tapauksessa, jossa BMS on korkeajänniteakuston sisällä ja täten ei voida todeta ajoneuvon jännitteettömyyttä tai eristysvastusta diagnostisesti.

3.2 Vaurioitunut akku

J. Kankaanpään (henkilökohtainen tiedonanto, 9.2.2024) mukaan suurimmat haasteet korkeajänniteakkujen korjaustöihin tuovat liikenneonnettomuuksissa vaurioituneet autot ja niiden korkeajänniteakustot. Liikenneonnettomuuksissa vaurioituneet autot tarvitsevat erilaista osaamista, kuin autoihin kohdistuvat muut korjaus- ja huoltotoimenpiteet. Tästä syystä vauriokorjaamo on eriytetty muusta korjaamotoiminnasta omiin tiloihin. Yleensä korkeajännitteisiin koulutettu henkilökunta ei työskentele vauriokorjaamolla, vaan huoltokorjaamolla. Huolto- ja vauriokorjaamojen yhteistyö korostuu korkeajänniteajoneuvojen vauriokorjauksessa huomattavasti.

Ajoneuvojen määräaikaikatsastuksessa akkukotelossa havaittu lommo saattaa tuoda ison taloudellisen taakan, vaikka auton toiminta ei millään tavalla olisi häiriintynyt (Pulkkinen, 2023). Vauriotapauksissa korostuukin korkeajänniteakustojen korjattavuus. Valmistajakohtaisen ohjeistuksen mukaan mentäessä edessä saattaa olla pelkän pohjalevyn vaihdon sijaan koko akuston vaihto. Tämän työn kirjoittajan mielestä korkeajänniteautoa ostettaessa olisi syytä ottaa huomioon eritoten korkeajänniteakun korjausmahdollisuudet.

Liikenneonnettomuudessa olleen ajoneuvon korkeajänniteakusto ei kaikissa tapauksissa ole diagnosoitavissa (Schmidt, 2021/2023, s. 157). Tällöin tarvitaan manuaalista korkeajänniteakuston eristysvastusmittausta. Eristysvastusmittauksella lisätään työturvallisuutta ennen korkeajänniteakuston varsinaisia korjaustöitä.

3.3 Esimerkki korjauksesta.

M. Sukuvaaran (henkilökohtainen tiedonanto, 22.1.2024) mukaan autoalan työtehtävät ovat lisääntyneet korkeajänniteakkujen korjaustöiden osalta merkittävästi viime vuosina. Normaalisti korkeajänniteautojen korkeajännitejärjestelmän korjaustyöt tehdään jännitteettömään järjestelmään, eli auto kytketään valmistajan ohjeiden mukaisesti jännitteettömäksi. Korkeajänniteakun korjaustyössä kuitenkin tulee vastaan tilanteita, että työ pitää tehdä jännitteelliseen järjestelmään. Seuraavaksi on käyty läpi esimerkin mukaisesti korkeajänniteakun moduulin vaihtotyö, tämä esimerkkilista ei käy sellaisenaan korjausohjeeksi.

Korkeajänniteakun moduulin vaihto:

- Auto ajetaan sisälle korjaamoon
- Auto merkitään lippusiimoin ja kyltein
- Auton diagnoosijärjestelmä tarkastetaan korkeajännitejärjestelmään liittyvien vikakoodien osalta
- Auton korkeajännitejärjestelmä kytketään jännitteettömäksi
- Korkeajänniteakku irrotetaan
- Korkeajänniteakkuun suoritetaan tiiveystarkastus
- Korkeajänniteakun kansi avataan
- Korkeajänniteakulle suoritetaan eristysvastusmittaus
- Moduulin irrotus
- Uuden moduulin jännitteen tasapainotus

- Uuden moduulin kiinnitys
- Eristysvastusmittaus
- Korkeajänniteakun sulkeminen
- Korkeajänniteakun tiiveysmittaus
- Korkeajänniteakun kiinnitys autoon
- Auton korkeajännitejärjestelmän jännitteen kytkeminen
- Ajoneuvon diagnoosijärjestelmän tarkastaminen
- Auton koeajo ja toiminnan tarkastus

Korkeajänniteakkuun vaihdettavan osan vaihtotyö on siis vain yksi työvaihe pitkässä listassa. Käytännössä työvaiheista ei jää pois kuin moduulin tasapainottaminen, mutta minkä tahansa muun komponentin vaihto vaatii muiden kohtien läpikäymisen. Voidaankin siis todeta, että korkeajänniteakun korjaustyöhön kuluva aika on pitkä ja sisältää aina monta eri vaihetta.

4 TUOTANTOTILA

Erillistä tilaa korkeajänniteakkujen korjaustöihin suunniteltaessa on otettava huomioon niin lain, kuin autovalmistajienkin vaatimukset. Tässä työssä ei ole otettu huomioon autovalmistajien vaatimuksia. On kuitenkin huomioitava, että kansallinen laki menee aina autovalmistajien vaatimuksien edelle, joten ensiksi on täytettävä kansalliset lait ja standardit ja vasta sen jälkeen autovalmistajien vaatimukset.

Linja-Ahon (2023) mukaan sähköturvallisuusstandardia ollaan päivittämässä tällä hetkellä. Nykyisessä standardissa ei kuitenkaan määritellä korkeajänniteakkujen korjaustiloille mitään ohjeistuksia tai vaatimuksia. On kuitenkin odotettavissa, että pian uudistuvaan standardiin lisäyksiä olisi tulossa tilojen suhteen, mutta näitä tulevia uudistuksia ei ole tässä työssä otettu huomioon, vaan on käytetty voimassa olevaa SFS6002 standardia.

Tuotantotila on merkittävä kokonaisuudessaan sähkötyötilaksi ja tila on hyvä sijoittaa sellaiseen paikkaan, mistä ei ole esimerkiksi läpikulkua. Työtilan on oltava riittävän suuri, sillä korkeajänniteakustot ovat kuitenkin suuria. On otettava myös huomioon tulevaisuudessa lisääntyvä tarve. On mahdollista, että tulevaisuudessa tilassa korjataan samaan aikaan useampaa akkua.

4.1 Henkilöstö

Henkilöstön tulisi osata perinteisen automekaanikon työn lisäksi myös sähköalan perusteet. Korkeajännitetöiden takia mekaanikoiden sähkötekniikan perusteiden osaaminen tulee autoalalla työskenteleville mekaniikoille hyödylliseksi.

Erilaisten vaatimuksien lisäksi korkeajänniteakustoissa tehtävät korjaustyöt vaativat erityistä huolellisuutta. Tehtävissä töissä on huomioitava sähkötyöturvallisuuden, voimassa olevien lakien ja standardien lisäksi myös autovalmistajan ohjeistus. Asennustarkkuus, puhtaudesta huolehtiminen ja huolellinen ohjeiden noudattaminen on tärkeää korjaustöitä tehtäessä. Työnantajan olisi siis syytä antaa korkeajänniteakustojen korjaustyöt osaaville ja huolellisille henkilöille.

4.1.1 Vaatimukset korkeajännitetöihin

Autoalan Keskusliiton (AKL, i.a.) mukaan korkeajänniteautojen kanssa työskentely vaatii mekaanikoilta poikkeuksetta SFS6002 -koulutuksen ja tämä koulutus onkin ammatillisissa oppilaitoksissa jo sisällytetty pakolliseksi osaksi autoalan perustutkintoja. Ilman SFS6002 koulutusta korkeajänniteajoneuvojen kanssa ei yksiselitteisesti saa työskennellä. SFS6002 koulutus on voimassa viisi vuotta.

Autoalalle suunnatussa SFS 6002 sähkötyöturvallisuuskoulutuksen tarkoituksena on perehtyä korkeajänniteajoneuvojen erityispiirteisiin, sähköturvallisuuteen liittyvään lainsäädäntöön ja standardeihin (Takk, i.a.). Autoalalle suunnatussa koulutuksessa painotetaan nimenomaan autoalan erityispiirteitä SFS6002 standardissa, joten autoalalla toimivalle on tärkeää, että koulutus on alalle räätälöity.

Autoalalla valmistajien tavat toteuttaa sähköjärjestelmät ja näiden korjausohjeistus poikkeavat merkittävästi toisistaan ja tämän takia mekaanikoilta vaaditaan myös mallikohtainen perehtyminen ajoneuvoon (AKL, i.a.). Omavalmisteajoneuvon tapauksissa on työntekijällä oltava perehtyneisyys korkeajännitetöiden vaarojen välttämiseen.

Korkeajänniteakuston avaamisen jälkeen työskennellään aina jännitteellisessä järjestelmässä (AKL, i.a.). Jännitetöihin liittyy aina erillinen koulutus, joka voidaan suorittaa esimerkiksi ajoneuvovalmistajien akkukorjauskursseilla. Jännitetyökoulutus on kerrattava, ellei henkilö ole tehnyt töitä kolmen vuoden aikana. Koulutuksen väli on kuitenkin korkeintaan viisi vuotta. Annettavassa kertauksessa voidaan ottaa huomioon henkilön kokemus jännitetöistä.

Sähkötyöturvallisuusstandardissa SFS6002 (SFS, 2015, Liite X) määritellään myös, että sähkötöihin osallistuvat henkilöt ovat saaneet ensiapukoulutuksen. Kurssin vähimmäisvaatimuksena on määritelty palovammojen, viilto- ja ruhjahaavojen ensihoidon, puhallus- ja painantaelvytyksen harjoittelu käytännössä. Riittäväksi koulutukseksi voidaan katsoa hätäensiapu- tai EA1-kurssi.

Korkeajänniteakustoissa tapahtuvat työt on määritelty SFS6002 standardissa perustason jännitetöiksi suuren oikosulkuvirran takia (SFS, 2015, Liite Y.8). Tällöin henkilöllä tulee olla työmenetelmää koskeva jännitetyökoulutus ja työryhmässä on kaksi koulutettua henkilöä. Autokorjaamoissa kahden henkilön työryhmät ovat olleet harvinaisia ennen korkeajännitetöitä.

Voidaankin todeta, että lait ja vaatimukset täyttävät korkeajännitetöitä tekevän henkilön koulutusvaatimukset ovat perinteisen ajoneuvomekaanikon vaatimuksia merkittävästi laajemmat. Koulutuksille ovat myös ominaisia erilaiset voimassaoloajat, esimerkiksi viiden vuoden voimassaoloaika SFS6002 -koulutukselle ja kolmen vuoden voimassaoloaika ensiapukoulutukselle. Työnantajan on siis todella erityisen tärkeää ylläpitää osaamisrekisteriä, että koulutukset tulevat ajallaan suoritetuksi uudelleen.

4.1.2 Sähköosaaminen

Linja-Ahon (2023) linjauksen mukaan, olisi erityisen tärkeää, että korkeajänniteajoneuvojen kanssa työskentelevillä henkilöillä olisi perusosaaminen myös sähkötekniikan perusteista. Sähköosaamista voi lisätä erilaisilla kursseilla, ja pidempiäkin koulutuksia olisi tieteentyypisiä töitä tekevien hyvä käydä.

Tietyt sähkötekniikan peruslait tuntemalla pääsee ajoneuvoihin liittyvissä töissä jo todella pitkälle. Sähkötekniikan tuntemus lisää myös osaamista ajoneuvojen perinteisempien sähköjärjestelmien vianhaun suorittamiseen, joten työnantajan puolelta koulutukseen panostamiseen sähköosaamisen puolelle on hyötyjä perinteisemmässäkin ajoneuvojen korjauksessa. Viimeaikainen tekniikan lisääntyminen myös perinteisimpiin järjestelmiin luo haasteita.

4.2 Talotekniikka

Tässä työssä ei ole otettu huomioon rakennusteknisiä lakeja ja määräyksiä. Rakennustekniikka rajattiin täysin työn ulkopuolelle. Työn tekijän mielestä on kuitenkin huomioitava rakennustekniikkaan muutama asia ja ne käydään läpi tässä luvussa.

Korkeajänniteakun korjaustilassa olisi hyvä olla lattiakaivo siivousta helpottamaan. Korkeajänniteakku on usein asennettu auton ulkopuolelle, joten kotelossa on hiekkaa ym. likaa, jota työtä tehtäessä varmasti myös kulkeutuu lattialle asti. On kuitenkin ensiarvoiseen tärkeää, että lattiakaivo on tukittavissa helposti niin, että mahdolliset elektrolyyttivuodot eivät päädy yleiseen viemäriverkostoon.

Korkeajänniteakku saattaa painaa useita satoja kiloja. On siis huomioitava kuormitus joka lattiaan kohdistuu töitä tehdessä. Olisi myös suotavaa, jos tilasta löytyisi nostamiseen ja siirtämiseen nostolaite, esimerkiksi siltanostin.

Tilan hätätuuletus on hyvä järjestää myös tehokkaalla tuuletuslaitteella. Akkupalossa syntyvät palokaasut ovat ihmiselle erittäin myrkyllisiä. Erillinen tila on ensiarvoisen tärkeää akkujen korjaustöissä juuri tämän takia. Mahdolliset savukaasut saadaan johdettua suljetusta tilasta pois päästämättä niitä aiheuttamaan lisävahinkoja muualle kiinteistöön.

Korkeajänniteakku olisi hyvä saada tilasta mahdollisimman nopeasti pois akkupalon sattuessa. Tilasta pitää olla riittävän suuri ovi ulos akun evakuoinnin helpottamiseksi. Ovi pitäisi olla mahdollisimman nopeasti avattavissa ja akun olisi tästä syystä hyvä olla alustalla jossa on pyörät alla nopean liikuttelun mahdollistamiseksi.

4.3 Työkalut, varusteet ja korjaamolaitteet

4.3.1 Henkilösuojaimet

Korkeajänniteakuston korjaustyöt vaativat myös erilaisia henkilösuojamia (SFS, 2015, s. 19). Jännitetyössä kädet suojataan käsineillä, jotka täyttävät standardin SFS-EN 60903. Jännitetyöissä käsineiden lisäksi käytetään myös muuta jännitetyöhön sopivaa vaatetusta, esimerkiksi kypärä, kasvosuojain, jalkineet ja työvaatteet.

4.3.2 Työkalut

Korkeajänniteakuston korjaustöitä tehtäessä on työkalujen oltava jännitetyöhön sopivia (SFS, 2015, s. 62). Pienjännitteellä (alle 1000V) jännitetyövälineille on säädetty standardi SFS-EN 60900 ja käytettävät jännitetyökalut pitää olla valmistettu standardin mukaisesti. Jännitetyökalut ovat tunnistettavissa punaisesta väristä ja 1000V merkinnästä. Standardin täyttävät työkalut ovat merkitty myös kaksoiskolmiolla (kuvio 7).



Kuvio 7. Jännitetyövälineiden merkintä

Käytettäessä jännitetöihin sopivia työkaluja, jotka ovat eristettyjä 1000V asti on kuitenkin huomioitavaa, että tämä ei poista tarvetta käyttää jännitetyökäsineitä (SFS, 2015, s.32).

4.3.3 Eristysvastusmittari

Eristysvastusta mitattaessa on huomioitava, että mittauslaite on ammattimaiseen käyttöön tehty ja täyttää voimassa olevat säädökset (Schmidt, 2021/2023, s. 155). Eristysvastuksenmittalaitteille on olemassa monenlaisia ja -tasoisia tavarantoimittajia. Laitteet tulevat kuitenkin yleissähkötekniikasta ja ovat parhaillaan autoalalle räätälöityjä. Jotkut laitteet on jatkokehitetty yleissähkötekniikasta autoalalle autovalmistajien toimesta. Autovalmistajan räätälöimä eristysvastusmittari onkin kaikista paras vaihtoehto mittauksien suorittamiseen, koska tämän tyyppiselle laitteelle on olemassa myös autovalmistajan laatima ohjeistus.

4.4 Työturvallisuus

Lait ja asetukset täyttämällä ei kuitenkaan välttämättä töitä tehdä työturvallisesti (Linja-Aho 2022, s. 99). Henkilöstön sitoutuminen tiettyihin pelisääntöihin on pakollista. Korkeajänniteakuston korjaustöissä pitäisi pystyä välttämään rutiinien muodostumista. Eilen mitattu työkalu on syytä tarkistaa myös tänään. Työvaatteiden on syytä olla puhtaita ja kuivia. Irrotuksen jälkeen korkeajännitejohtimet suojataan heti, vaikka tämän jälkeen tuleva työvaihe olisi kuinka lyhyt tahansa.

Autoalalla henkilöstöllä on usein käytössä palkkaustapa, joka saattaa yllyttää osittain tiettyihin oikomisiin työvaiheissa. Tämä on kuitenkin korkeajänniteakustojen korjaustöissä väärä tyyli. Työt on syytä aina tehdä sen hetkisillä ohjeilla jokaista vaihetta tarkasti noudattaen. Korkeajänniteakustojen korjaustöihin nimettyjen henkilöiden palkkaustapaa olisi syytä miettiä yrityksissä työturvallisuuden parantamisen kannalta. Onko suoritepalkkaus välttämätöntä ja onko tasavertaisuus huomioon ottaen mahdollista palkkausta muuttaa erilaiseksi, kuin muilla asentajilla.

4.5 Korkeajänniteakun komponenttien väliaikainen säilytys

Korkeajänniteakustojen korjaustöissä irrotetaan akustosta erilaisia komponentteja. Esimerkkinä käytetty moduulin vaihtotyö vaatii pöytätilaa kohtuullisen paljon. Kun tasapainotetaan

uutta moduulia akustossa jo olevien moduulien tasolle, voidaan jo viallinen moduuli irrottaa valmiiksi, jos pöytätilaa on riittävästi. Erilaiset siirrettävät pöydät varustettuna kumimatoilla, jotka eivät johda sähköä ovat erityisen hyvä ratkaisu tähän.

Vialliset moduulit tai kokonaiset akustot toimitetaan kierrätykseen. On kuitenkin huomioitava, että vialliset moduulit tai akustot joudutaan säilyttämään kuljetuksen saapumisen ajaksi. On myös mahdollista, että korjauksen aikana on akun sisällä havaittu esimerkiksi vioittunut johdinsarja, minkä tilauksen ajan akustoa on syytä pystyä säilyttämään turvallisesti. Säilytykselle onkin syytä hankkia hyllykkö, joka kestää isojenkin akkujen painon ja mahdollisuuksien mukaan on eristetty myös kumimatojen erilaisten oikosulkujen välttämiseksi.

4.6 Lean 5S

5S on japanilainen työympäristön organisointimenetelmä, jonka kehitti Hiroyuki Hirano yhtenä osana hänen kokonaisvaltaista lähestymistapaansa tuotantojärjestelmiin (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). 5S:n tarkoituksena on poistaa työpisteeltä turhat tavarat, pitäämään tarpeelliset tavarat järjestyksessä ja mahdollistaa siisti ja tehokas työympäristö. 5S on tehokas työkalu työpisteen järjestyksen ylläpitoon.

5S ei ole työpisteen parannuskampanja, siivousohjelma tai yksittäinen parannuskampanja (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Väärinkäytettynä 5S on vain yksi lisätehtävä, ja siinä tapauksessa se ei tuota toivottua tulosta. Keskeisin asia 5S:n käyttöönotossa onkin, että turhien virtausta hidastavien asioiden poistamisen jälkeen järjestelmää myös ylläpidetään, ja tämä vaatii jokaiselta työntekijältä sitoutumista.

Tässä työssä ei ole tarkoituksenmukaista käydä syvällisesti 5S -järjestelmää läpi kokonaisuudessaan, vaan tarkoitus on se pinnallisesti läpi ja antaa perustelut käyttöönoton tärkeydelle.

4.6.1 Lajittelu (Sort, Seiri)

Lajittelulla tarkoitetaan ylimääräisten tavaroiden poistamista työpisteeltä (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Työn kannalta vain välttämättömät asiat pidetään työpisteellä. Ylimääräinen tavara hidastaa työn tekemistä.

Uutta tilaa rakennettaessa lajittelu on hyvä tehdä ennen kuin tilaan siirretään mitään työkaluja. Korkeajänniteakun korjaukset vaativat omat työkalut ja laitteet, joita ei muissa toimenpiteissä autokorjaamoilla käytetä. Tilaan siis ei kannata viedä kuin ne työkalut ja korjaamolaitteet, jotka on tarkoitettu korkeajänniteakun korjaukseen, ja tällä tavoin välttää turhalta työltä. Tämän työvaiheen ennakosuunnittelu on todella tärkeää tehdä mahdollisimman hyvin.

4.6.2 Järjestäminen (Store, Seiton)

Kaikille asioille järjestetään paikka ja merkitään se (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Tarpeelliset asiat pidetään omilla merkityillä paikoillaan ja helposti saatavilla. Käytön jälkeen asiat palautetaan takaisin merkitylle paikalleen. Parhaan mahdollisen käyttöjärjestyksen löytäminen vaatii säännöllistä päivittämistä.

Tarvittavien työkalujen ja korjaamolaitteiden listaamisen jälkeen ne viedään työtilaan ja mietitään jokaiselle yksittäiselle asialle oma paikkansa tarkoin. Paras tapa olisi tähän, että henkilöt, jotka tilassa tekevät töitä, miettivät tarkoin erilaiset työvaiheet ja kokeilevat mahdollisimman tehokasta järjestystä. Taloudellisesti haastavien korkeajänniteakkujen korjaustöiden tehokkuus kasvaa huomattavasti, kun työkalujen ja laitteiden etsimiseen ei tarvitse käyttää aikaa ja ne ovat käsillä oikealla hetkellä. On kuitenkin hyvä muistaa, että järjestämisen aikana ei välttämättä ole hyvä tehdä korkeajänniteakuston korjaustyötä samaan aikaan työn tekemisen laadun takaamiseksi.

4.6.3 Puhdistaminen (Shine, Seiso)

Työalue pidetään mahdollisimman siistinä (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Laitteet ja työkalut puhdistetaan tarvittaessa käytön jälkeen. Työkalujen lisäksi myös puhtaat ja ehjät työvaatteet ovat käytettävissä.

Korkeajänniteakuston korjaustyöt vaativat ehdotonta puhtautta. Pienetkin epäpuhtaudet esimerkiksi moduulien liitoksissa aiheuttavat suurien käytössä olevien sähkövirtojen takia ongelmia nopeasti ja pahimmillaan johtavat paloriskeihin korkeajänniteakuston sisällä.

Ylimääräiset tavarat poistetaan tilasta heti töiden loputtua. Työturvallisuus ja työn tehokkuus nousevat huomattavasti, kun tilassa ei ole ylimääräistä tavaraa. Korkeajänniteakun

korjaustyön aikana myös osien järjestely ja tarkastus helpottuu, kun ylimääräisiä asioita tilassa ei ole.

4.6.4 Standardointi (Standardize, Seiketsu)

Asioiden järjestämisen jälkeen on tehtävä selkeät merkinnät, että järjestelmän ylläpito helpottuu (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Visualisoidaan ohjeet värien, infotaulujen ja kylttien avulla. Hyvät merkinnät auttavat henkilöitä pitämään asiat järjestyksessä.

Työkalujen ja korjaamolaitteiden paikkojen hahmottamisen ja työtilan toimivuuden toteuttamisen jälkeen paikat merkitään hyvin ja mahdollisuuksien mukaan käytetään esimerkiksi värikoodausta. Merkitsemisen jälkeen suoritetaan yksityiskohtainen dokumentointi. Dokumentoinnin on kuitenkin syytä olla mahdollisimman selkeä, että kaikki sen ymmärtäisivät mahdollisimman hyvin. Ajantasaista dokumentointia pidetään näkyvissä ja helposti saatavissa.

Työntekijöiden havainnoimista puutteista ja laiterikoista pidetään listaa paikassa, johon kaikilla asianosaisilla on helppo pääsy. Lista voidaan toteuttaa esimerkiksi seinällä olevalla valkotaululla tai digitaalisella vaihtoehdolla. Puutteen kirjaamisen lisäksi listassa pitäisi olla puutteen kirjaajan tunnistetieto, päivämäärä ja arvioitu korjausaika. Esimerkiksi viallisen työkalun tilaamisen jälkeen saadaan toimitusaika, ja tämä toimitusaika on syytä laittaa kaikkien nähtäville.

4.6.5 Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke)

Sitoutuminen on 5S:n tärkein ja myös vaikein asia (Quality Knowhow Karjalainen, 2013). Tämän epäonnistuessa kaikki edellä mainitut kohdat epäonnistuvat. 5S:n käyttöönoton jälkeen kaikkien työntekijöiden tulisi sitoutua toimimaan ennalta sovitusti ja pitämään tavarat ja paikat järjestyksessä.

Korkeaajänniteakkujen korjaustilassa työskentelevät on sitoutettava 5S:ään jollakin tavalla. Tilan siisteys on tarkastettava riittävän usein ja kriteerien täytyessä tilassa työskentelevät työntekijät on syytä palkita erikseen sovitun bonusjärjestelmän mukaisesti.

4.6.6 Turvallisuus (Safety, Anzen)

5S järjestelmässä tulee kaupan päälle myös kuudes ”ässä”, turvallisuus (Quality Knowhow Karjalainen (2013)). Työskentelyolosuhteet pysyvät turvallisina ja joka päivä samanlaisina. Tämän takaa työpisteen siisteys ja järjestys. Ongelmat tulevat helposti havaittaviksi, kun jokaisella asialla on oma paikkansa, ja kun puutteet voidaan nähdä nopeasti.

Oikein toteutettuna 5S on todella tehokas työkalu korkeaajänniteakustojen korjauksiin tarkoitettun tilan järjestyksessä pitämiseen ja työturvallisuuden ja -tehokkuuden parantamiseen. 5S on yksi tärkeimmistä asioista ottaa käyttöön heti, kun uutta tilaa otetaan käyttöön. Tässä kohdalla käytetty aika tulee moninkertaisena tulevaisuudessa takaisin.

4.7 Vastuhenkilö

Korkeaajänniteakustojen korjaustilassa on paljon työkaluja, jotka vaativat kunnossapitoa ja esimerkiksi erilaisia kalibrointeja (mittalaitteet). Korjaustilan käyttöönoton yhteydessä on syytä valita vastuhenkilö, joka reagoi huomattuihin puutteisiin mahdollisimman nopeasti. Tiettyjen korjaamolaitteiden epäkunnon tai puuttumisen takia saattaa asiakastyö viivästyä, vaikka kaikki prosessissa muuten olisi mennyt suunnitellusti.

4.8 Testaus

Korkeaajänniteakuston korjauksen jälkeen tarkastetaan aina akuston toimivuus esimerkiksi koeajolla. Koeajolla kuitenkin on vaikea kuormittaa akkua pitkiä aikoja suurella virranotolla, ja tehokkaat sähkömoottorit ja Suomessa käytössä oleva tieliikennelaki ei mahdollista suurta kuormitusta ajotilanteessa pitkään. Korkeaajänniteakuston latausta olisi hyvä kokeilla korjauksen jälkeen CCS-latauksella. Tällä tavoin voidaan kuormittaa akkua helposti vähän pidemmän aikaa ja mahdolliset virheet saadaan esille ennen loppuasiakkaalle luovuttamista.

Korkeaajännitelatureiden hinnat ovat kuitenkin korkeita, että taloudellisesti ei missään nimessä ole kannattavaa sellaista investoida korjaamotilan yhteyteen. Pikalatauksia tarjoaa useampi palveluntarjoaja ja korkeaajänniteakustojen korjaustöitä tekevän yrityksen olisikin syytä sopia pikalatauksen palveluntarjoajan kanssa mahdollisuudet testilatauksien suorittamiseen.

5 YHTEENVETO

Työturvallisuus nousee ensimmäisenä asiana esiin, kun mietitään korkeajänniteakustojen korjaustilaa. Työt suoritetaan ihmiselle vaarallisen jännitteen omaavissa akustoissa ja jännitteen pois kytkeminen korkeajänniteakustojen sisäisissä töissä on mahdotonta. Työturvallisuutta onkin syytä ylläpitää henkilöstön ajantasaisilla koulutuksilla, oikein valituilla henkilöillä, vastuuhenkilöiden nimeämisellä ja mahdollisimman tehokkailla ja siisteillä työtiloilla.

Henkilöstö on avainasemassa, kun aloitetaan tekemään korkeajänniteakustoille korjaustöitä. Henkilöstölle on todella paljon erilaisia vaatimuksia ja autoalalle korkeajännitteen kanssa tehtävät työt ovat uusia ja erityyppisiä verrattuna perinteisenpään auton korjaukseen. Henkilöstön rauhallisuus ja tarkkuus korostuvat näissä töissä, sillä pienikin virhe saattaa johtaa isoihin taloudellisiin kustannuksiin tai jopa henkilövahinkoihin.

Tilat korkeajänniteakkujen korjaustöihin poikkeavat merkittävästi perinteisistä autokorjaamon tiloista. Tarvittava siisteys ja järjestelmällisyys tulevat olennaiseksi osaksi tilaa, jossa korkeajänniteakustoja korjataan. Nykyaikaisen autokorjaamon toki sinällään jo kuuluisi olla siisti, mutta silti se on ympäristö, jossa esimerkiksi ajoneuvojen alustatöiden parissa epäpuhtauksia on ilmassa pakostakin ja korkeajänniteakuston sisälle ei saisi epäpuhtauksia päästää.

Lean on tärkeä työkalu tilan siisteyden ylläpitoon. Samalla henkilöstö sitoutuu pitämään huolen korkeajänniteakustojen korjaamotilojen siisteydestä ja näin ollen lisää työturvallisuutta entisestään.

6 POHDINTA

Opinnäytetyö toi todella hyvät lähtökohdat lähdeittäessä perustamaan korkeajänniteakustoille suunnattua korjaamotilaa. Työn edetessä huomasin, että itse tila ei kuitenkaan ole tärkeimmässä asemassa, vaan oikeasti motivoitunut henkilöstö takaa työturvallisuuden. Korkeajänniteakustojen korjaustila on kuitenkin oltava erillinen tila, ja häiriötekijöiden poistaminen lisää työturvallista tekemistä ja vähentää keskeytyksien määrää.

Taloudellinen kannattavuus luo haasteita. Korkeajänniteakustoissa on pitkät ajoneuvovalmistajien antamat takuuajat ja korkeajänniteakuston sisällä tehtävä jännitetyö vaatii lakien ja standardien mukaisesti kaksi henkilöä. Ajoneuvovalmistajat eivät välttämättä kompensoi kahden henkilön käyttämää aikaa takuuveloituksissa ja lähtökohtaisesti takuutuntihinta on alhaisempi, kuin kuluttajalle tarjottava tuntihinta. Tulevaisuudessa korkeajänniteakustoja tullaan käyttämään esimerkiksi omakotitalojen energiavarastoina lisääntyvien aurinkopaneelijärjestelmien käytön tehostamiseksi. Tämä saattaa tuoda myös autoalalle töitä, jotka eivät ole suoraan ajoneuvoihin liittyviä.

LÄHTEET

- Aalto, A. (3.8.2022). *Liikenteen murroksen vaatima teknologia on täällä, nyt katseet kääntyvät kustannuksiin, kuluttajiin ja kaupunkeihin.*
<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/liikenteen-murroksen-vaatima-teknologia-taalla-nyt-katseet-kaantuvat>
- Ahoranta J. (1995). *Sähkötekniikka*. WSOY.
- Autoalan Keskusliitto (AKL). (i.a.). *Sähkötyöturvallisuudesta vastuu on työnantajalla*
<https://akl.fi/palvelut/sahko-ja-hybridiajoneuvojen-korjaukset/sahko-ja-hybridiajoneuvojen-korjaamiseen-liittyvat-muutokset/>
- Kniivilä, K. (18.3.2021). *Liikenne sähköistyy – mitä tapahtuu korjaamolla? Auto, tekniikka ja kuljetus.* <https://www.boy.fi/atk/etusivu/12-ajankohtaiset/976-liikenne-sahkoistyy-mita-tapahtuu-korjaamolla.html>
- Biologic (6.8.2023). *Battery states: State of charge (SoC), State of Health (SoH). Electrochemistry basics series.* <https://www.biologic.net/topics/battery-states-state-of-charge-soc-state-of-health-soh/>
- Kokkolan Autohuolto (19.8.2023a). *Tesla Model S akkumoduulin testaus* [Video]. TikTok.
<https://www.tiktok.com/@kokkolanautohuolto/video/7269007601529031968>
- Kokkolan Autohuolto. (30.11.2023b). *Tesla akku* [Video]. TikTok.
<https://www.tiktok.com/@kokkolanautohuolto/video/7307243926468021536>
- Kokkolan Autohuolto. (10.1.2024). *Mercedes GLC hybrid akkuvika* [Video]. TikTok.
<https://www.tiktok.com/@kokkolanautohuolto/video/7322579335775341857>
- Liikenne- ja Viestintävirasto (Traficom). (22.8.2023). *Liikennekäytössä olevat henkilöautot - käyttövoimat, päästöt ja keski-ikä.* Haettu 14.1.2024.
<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-henkiloautot-kayttovoimat-paastot-ja-keski-ika>
- Linja-Aho V. (2021). *Sähkö- ja hybridiautojen sähkötyöturvallisuus*. Suomen Autoteknillinen liitto. (3. painos)
- Linja-Aho V. (2022). *Litiumioniakkutekniikka*. Suomen Autoteknillinen Liitto.
- Linja-Aho V. (28.11.2023). *Säköturvallisuusstandardin uudistuswebinaari* [webinaari]. Suomen Autoteknillinen Liitto Ry. <https://satl.fi/ajankohtaista/sfs-6002-webinaarin-tallenne/>
- Mykkänen T., Kortejärvi P., Pratsch H. *Autoalan työsuojeluopas*. Työturvallisuuskeskus.
<https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/03/Autoalan-tyosuojeluopas.pdf>

Patrick, D. P., Fardo S. W. (2000). *Understanding DC Circuits*. Butterworth-Heinemann.

Posa H. (23.3.2023). Lähes uusia autoja romutetaan pienen akkuvaurion takia – Sähköautojen ekologisuutta arvostellaan. *Iltaalehti*.
<https://www.iltalehti.fi/sahkoautot/a/27967151-56e6-4171-bfed-705273dae4e9>

Pulkkinen J. (12.1.2023). Katsastuksiin tuli uusi sääntö, pieni lommo sähköauton akkukotelossa voi vaatia kalliin remontin. *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009323390.html>

Quality Knowhow Karjalainen (15.1.2013). *Viiden ässän kehitystyökalu*. Haettu 22.1.2024.
<https://sixsigma.fi/5s-kehitystyokalu/>

Rautiainen S. (2021). *Sähköautojen erilaiset akkukemiat - nyt ja tulevaisuudessa*. [AMK-opinnäytetyö, Turun Ammattikorkeakoulu]. Theseus.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/754744/Rautiainen_Samuli.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Schmidt T. (2023). *Hybridi- ja sähköajoneuvot: Tekniikkaa, huoltoa, testausta*. (T. Saari, käänt.; 4. painos). Suomen Autoteknillinen Liitto Ry. (Alkuperäinen teos julkaistu 2021).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2015). *Sähkötyöturvallisuus*. (SFS6002:2015).

Stafl System (9.7.2020). *What is a Battery Management System?* [Video] Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=GXYJ1xC10j4>

Säköturvallisuuslaki 1135/2016. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Tampereen Aikuiskoulutuskeskus (TAKK). (i.a.). *Autoalan sähkötyöturvallisuus SFS 6002*. Haettu 4.2.2024 <https://www.takk.fi/fi/koulutus/brochure/autoalan-sahkotyoturvallisuus-sfs-6002?0=&cHash=900bdfd3d15ba171274cd22442dcd75c>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L2P8>

Volvo Car Corporation. (15.11.2023). *Recommendations for high voltage battery*. Haettu 9.2.2024. <https://www.volvocars.com/cy/support/car/xc40-recharge-pure-electric/article/bd79b9d8f5cb406ec0a801516e61d3b1>

Öster D. (23.5.2023). *The EASIEST way to connect used EV packs to grid!* [Video] Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=XHZWGLzT7gg>

LIITTEET

Liite 1. SFS6002 -standardi Liite U

Liite 2. SFS6002 -standardi Liite V

Liite 2. SFS 6002 Liite V

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFS

SFS 6002

51

Liite V
(kansallinen opastava)
Esimerkkejä kiello- ja varoituskilvistä

Sähötyöturvallisuuteen liittyvät kilvet perustuvat vaatimuksille, jotka on annettu standardissa SFS-EN ISO 7010:2015 Kuvatusuhteet ja piirrosmerkit. Turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit. Rekisteröidyt turvallisuusmerkit. Kiello- ja varoituserkkejä voidaan täydentää selvästä tekstistä esim. kuvien V.3–V.5 mukaisesti. Pelkkiä merkkejä voidaan käyttää, jos merkkiä täydentää ohjekirja, ohjeet tai koulutus.

Kilvissä käytettävien tekstien on oltava työpaikalla käytettävän kielen mukainen. Suomessa käytettävissä kilvissä on käyttöpaikasta riippuen oltava suomenkielinen ja/tai ruotsinkielinen teksti. Jos työpaikalla on henkilöstä, jotka eivät ymmärrä suomea tai ruotsia, suositellaan myös englanninkielisten kilpien käyttöä.

Vanhon käytäntöjen mukaisia kiello- ja varoituskilpiä voidaan edelleen käyttää, ellei niistä aiheudu väärinkäsityksen vaaraa.

Alla esitetään esimerkkejä yleisimmistä käytetyistä kiello- ja varoituskilvistä. Eri tilanteissa esim. sähkölaitteiston käyttöönoton tai erilaisten syöttötilanteiden aikana on tarpeellista käyttää myös numeerisia merkintöjä ja kilpiä. Muut kilvet eivät saa olla perusvaatimuksiin verrattuna harhaanjohtavia.



Kuva V.1 Varoitusmerkki: Vaarallinen jännite (ISO 7010-W012)



Kuva V.2 Kieltomerkki: Kytkimien asennon muuttaminen kielletty (ISO 7010-P031)



Kuva V.3 Varoituskilpiä, joissa on kilven ja tekstin yhdistelmä:
Hengenvaara-tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esim. pylväissä, sähköalueen aidoissa ja sellaisten tilojen ovissa, joissa on kosketussuojaamattomia osia. Jännitteinen tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esim. käyttöön otetuissa keskuksissa, joissa on vaarallinen jännite



Kuva V.4 Kilven ja tekstin yhdistelmä, joita voidaan käyttää
esim. sähkötilojen ja sähkökorjaamoiden ovissa



Kuva V.5 Kaksipuolinen kielto- ja varoituskilpi, jota käytetään varoittamaan käynnissä olevasta työstä ja kieltämään kytkimen asennon muuttamisen työn aikana

Standardin SFS-EN ISO 7010 mukaan kielto- ja varoituskilpit ovat pyöreitä ja varoituskilpit kolmiokkaita. Standardissa on esitetty kuvan V.2 mukainen kielto- ja varoituskilpi, jota käytetään "Älä kytke. Työ käynnissä" -kilvessä. Aikaisemmin tällaista kielto- ja varoituskilpiä ei ole ollut standardisoitu ja tällä käytettiin sähköalasta varoittavaa varoituskilpiä. Kielto- ja varoituskilpi ei kuitenkaan kiellä kytkimen käyttöä hätätilanteissa. Vanhojen käytäntöjen mukaisia kilpiä saa edelleen käyttää, ellei niiden käyttöä ole kielletty jollain sitovalla määräyksellä.