

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Hinno Üprus

OHUTUS ELEKTRIAUTODE KUSTUTUS- JA PÄÄSTETÖÖDEL

Lõputöö

Juhendaja:

Alar Valge, MA

Kaasjuhendaja:

Kairi Pruul

Tallinn 2012

LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: Mai 2012
Töö pealkiri: Ohutus elektriautode kustutus- ja päästetöödel Töö pealkiri võõrkeeles: Safe fire fighting and rescue works on accidents with electric cars	
Töö autor: Hinno Üprus	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas. Allkiri:
<p>Lühikokkuvõte: Lõputöö on kirjutatud teemal "Ohutus elektriautode kustutus- ja päästetöödel". Lõputöö on kirjutatud 37 leheküljel, töös on 1 tabel, 7 joonist ja 2 lisa. Töö on kirjutatud eesti keeles ja võõrkeelne kokkuvõte inglise keeles.</p> <p>Elektriautode arv Eestis liikluses suureneb aasta aastalt, kuna elektriautode ostuks on võimalik saada toetust. Lõputöö eesmärk on välja selgitada ohud, mis kaasnevad elektriauto kustutus- ja päästetöödel ning välja selgitada esimese tasandi päästetöö juhtide teadmised elektriauto ehitusest ja tegutsemisest antud olukorras. Lõputöös püstitatud eesmärkide saavutamiseks kasutas lõputöö autor küsimustiku ja andmete kogumist. Uuringu tulemusest lähtuvalt jõudis autor järeldusele, et esimese tasandi päästetööde juhte on vaja koolitada ja töötada välja juhendmaterjal ohutuks tegutsemiseks kustutus- ja päästetöödel, milles on osalenud elektriauto.</p> <p>Lõputöö tulemusena tegi autor omapoolsed ettepanekud esimese tasandi päästetöö juhtide teadlikkuse tõstmiseks ja elektriautode ohutute kustutus- ja päästetööde läbiviimiseks.</p>	
Võtmesõnad: Elektriauto, süttimisoht, kõrgepinge, elektrilöök	
Võõrkeelsed võtmesõnad: electric vehicle, ignition hazard, high-voltage, electrical shock	
Säilitamise koht: SKA	
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor:	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja:	Allkiri:

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

CO – Süsihappegaas kustuti, võimaldab kustutada elektriseadmeid.

ELMO – Elektrimobiilsus programm

Hi – Cafs – Kaasaskantav kõrgsurve vahtkustutusseade

IKV – Isikukaitsevahendid

SRS – turvalisussüsteem

V – Volt. Ühik elektrivoolu pinge mõõtmiseks

mA – milli Amper. Ühik elektrivoolu tugevuse mõõtmiseks

Hz – Hertz. Ühik elektrivoolu sageduse mõõtmiseks

SISUKORD

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU.....	3
SISSEJUHATUS	5
1. TEOREETILISED LÄHTEKOHAD	7
1.1 Elektriauto ajalugu.....	7
1.2 Eesti elektromobiilsuse programm ja Eesti müüdavad elektriautod.....	8
1.3 Elektriauto ehitus ja tööpõhimõte.....	8
1.4 Elektriauto jõu ja energiaallika tehniline iseloomustus	10
1.5 Elektrivoolu toime inimesele.....	15
1.6 Päästjate kasutatav varustus sõidukite kustutus- ja päästetöödel	16
1.7 Elektriautode laadimistaristu	17
2. EMPIIRILINE UURING.....	19
2.1 Uuringumetodoloogia	19
2.2 Küsimustiku analüüs.....	20
2.3 Elektriautode ohutusseadmed	23
2.4 Ohutuse tagamine kustutus- ja päästetöödel	25
2.5 Ohutu tegutsemine kustutus- ja päästetöödel.....	26
3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD.....	30
3.1 Järeldused.....	30
3.2 Ettepanekud	31
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY	34
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	35
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	37
Lisa 1. Elektriautokere osad mida ei tohi päästetöödel lõigata.....	38
Lisa 2. Küsimustik	39

SISSEJUHATUS

Autode ajalugu ulatub üleelmise sajandi lõpuaastatesse. Esimesed autod olid oma eelkäijate – tõldade edasiarendused. Käesolevaks ajaks on autotööstus tundmatuseni muutunud. Praegusel ajal on autode ehitusel pööratud rohkem tähelepanu auto turvalisusele ökonoomsusele ja keskkonnasõbralikkusele. On võetud kasutusele uued tehnoloogiad autode ja nende jõuallikate ehitamisel. Üheks endiste tehnoloogiate edasiarenduse põhjuseks võib pidada taastumatute loodusvarade hindade kallinemise. Teisalt tingib uute tehnoloogiate kasutuselevõttu autotootjate rohkus ja konkurents, kuidas antud turusituatsioonis edukalt hakkama saada. Selle tulemusena on ka siinsed automüüjad turule toonud elektriauto. Kindlasti aitas sellele kaasa Eesti saastekvootide müük ja projekt ELMO käivitamine. Kuna Eestis on elektriautod uued, tingis see vajaduse uurida elektriauto ohutust ja selle ehitust lähemalt. Lõputöös on eelkõige vaatluse all sõiduki jõuallika liigist tulenev auto ehitus ja eripärad, millega peab päästja arvestama kustus- ja päästetöödel.

Elektriauto on Eestis uudne kasutatav transpordivahend, mida on meil võimalik soetada. 2011 aastal jõudis Eestisse 507 elektriautot. Päästetööde esimese tasandi juhtidel ja päästjatel puudub kogemus, kuidas tegutseda elektriautoga seotud päästesündmusel. Autori arvates suureneb lähiaastatel liikluses osalevate elektriautode arv. Autode levikut soodustab kindlasti SA Kredexi poolt antav toetus elektriautode ostuks.

Lõputöö eesmärk on välja selgitada ohud, mis kaasnevad elektriauto kustus- ja päästetöödel ning välja selgitada esimese tasandi päästetöö juhtide teadmised elektriauto ehitusest ja tegutsemisest antud olukorras.

Lõputöös püstitatud eesmärgini jõudmiseks on vaja autoril saada vastused järgmistele uurimisküsimustele:

- 1 Milline on elektriauto ehitus ja tööpõhimõte?
- 2 Millised on ohud elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel?
- 3 Millised on päästjate teadmised elektriautost?

Lõputöös on püstitatud hüpotees - Päästetööde esimese tasandi juhtidel on vähesed teadmised elektriautode ehitusest ja ohutute kustutus- ja päästetööde teostamisest.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis autor kirjeldab elektriautode jõudmist Eesti turule, elektriautode mudeleid, elektriautode ehitust, tööpõhimõtet ja elektriautoga seonduvat taristut. Teises peatükis uurib autor uurimiseks püstitatud uurimisküsimusi ja probleeme. Autor kasutab uuringuks kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid uurimismeetodeid. Andmete kogumist ja küsimustiku. Küsimustik sisaldab autori poolt eelnevalt esitatud uurimisküsimustes käsitletud probleeme. Uurimuse tulemustest teeb lõputöö autor kokkuvõtte. Kolmandas peatükis teeb autor omapoolseid ettepanekuid ja järeldusi, milleni jõudis töö kirjutamise käigus. Töö kokkuvõttes toob autor välja püstitatud uurimisküsimuste lahendused. Autor kirjeldab lühidalt, kuidas töö kirjutamise käigus jõudis antud tulemusteni.

1. TEOREETILISED LÄHTEKOHAD

1.1 Elektriauto ajalugu

Elektriautod on vanemad kui bensiinimootoriga sõidukid. Andmed elektri jõul liikuvatest töldadest pärinevad juba 19. sajandi kolmekümnendatest aastatest (šotlane Anderson, hollandlased Stratingh ja Becker) poolt ehitatud sõidukid. Tõsisemalt võetavad olid ameeriklase Thomas Davenporti ja šotlase (mõnedel andmetel inglase) Robert Davidsoni sõidukid, mis valmisid 19. sajandi neljakümnendatel aastatel. Davidson tootis elektrisõidukeid juba 1873. aastal (13 aastat enne seda, kui sakslased Gottlieb Daimler ning Karl Benz oma bensiinimootoriga välja tulid). 20 sajandi alul polnud veel sugugi selge, millises suunas maailma autotööstus läheb. Esialgu oli huvi elektriautode vastu suur Euroopas, Ameerikas tekkis huvi elektriautode vastu alles 1895. aastal. Kahe aasta pärast jõudsid esimesed elektritaksod New Yorgi tänavatele. 1900. aastal katsetati elektrimootoriga busse, kuid see eksperiment kukkus kiiresti läbi. Tolleaegsed elektriautod, nii nagu sise põlemismootoriga autodki, olid sisuliselt motoriseeritud tõllad. Elektriautode tippaeg saabus 20 sajandi esimesel kümnendil. Firmsid, kes ühel või teisel moel elektriautodega tegelesid, oli nii USA- s kui Lääne-Euroopas. Sise põlemismootorite kiirele arengule jäi elektriautode areng siiski pikaks ajaks toppama. Üheks murdepunktiks elektriautode tahaplaanile jäämise seisukohast oli sise põlemismootoriga autode masstootmise käivitamine Henry Fordi poolt. Algas sise põlemismootoritega autode võidukäik. (Ojala 2005)

1.2 Eesti elektromobiilsuse programm ja Eesti müüdivad elektriautod

Märtsi alguses 2011.aastal otsustas Vabariigi Valitsus sõlmida Mitsubishi Corporationiga lepingu 10 miljoni AAU ulatuses saastekvoodi müügiks, et alata Eesti elektromobiilsuse programm. Programm koosneb kolmest osast: Sotsiaalministeeriumi poolt võetakse näidiskasutusse 507 Mitsubishi iMiev elektriautot, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt töötatakse välja toetuskeem elektriautode soetamise toetamiseks ning rajatakse riiki kattev elektriautode laadimistaristu. Nii toetuskeemi kui ka infrastruktuuri rajamist hakkab haldama SA KredEx. (ELMO tutvustus. 17.03.12)

Programmi perioodiks on 2011-2012 lähtudes Kyoto protokollil alusel toimuva saastekvoodi kaubanduse perioodist. Kokkuleppel saastekvoodi ostjaga kohustub Eesti selle perioodi jooksul programmi ellu viima (ELMO tutvustus. 17.03.12)

Eesti autoesindustes müügil olevad elektriautod (Elektriautode maaletoojad, Seliste 2011):

- Citroen C-zero;
- Mitsubishi i-MiEV;
- Peugeot ion;
- Nissan Leaf.

1.3 Elektriauto ehitus ja tööpõhimõte

Elektriauto tehniline seadmestik on: akud, elektrimootor, mootori kontrollseade, inverter, sagedusmuundur, kõrgepingejuhtmestik. Kontrollerid ja andurid on paigaldatud seadmete omavahelisteks infovahetuseks ja tööprotsessi tagamiseks. (Tehniline koolitus 2011:6)

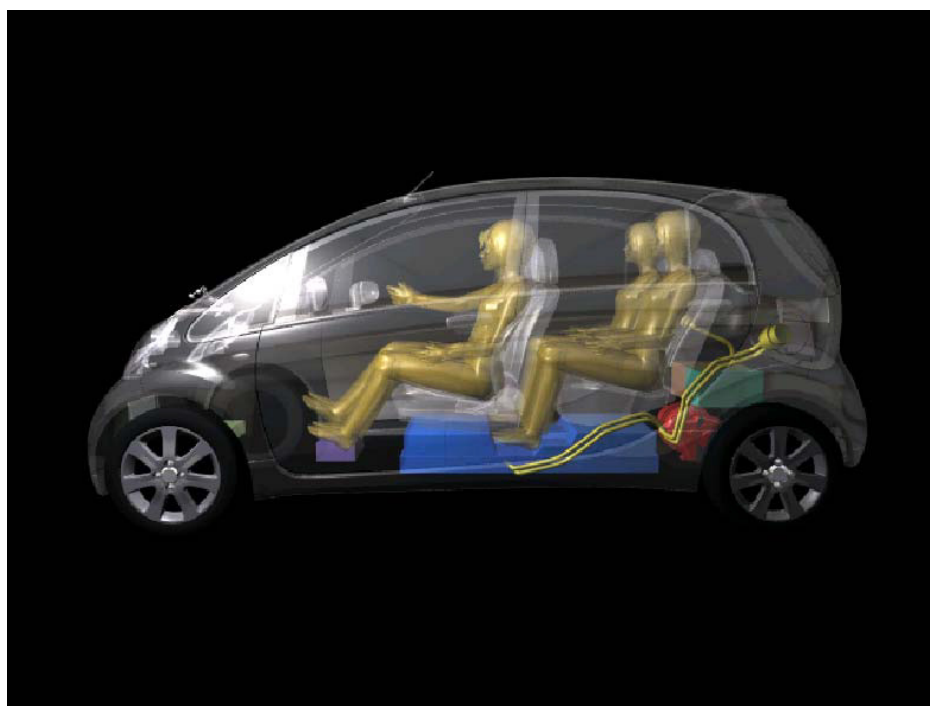
Elektriautode energiaallikaks on liitiumioon alalisvooluaku nimipingega 330V kuni 400V. Aku koosneb 88 elemendist, mis asuvad 12-s moodulis. Liitiumaku eeliseks kergus ja suurem

mahtuvus võrreldes pliikudega. Sellist tüüpi akusid kasutatakse kõikidel Eestis müüdavatel elektriautodel. (Tehniline koolitus 2011:14)

Elektriauto akusid laetakse laadimisseadmete, laadimispistikute ja laadimisjuhtmete abil. Laadimiseks on kaks võimalust; tavalaadimine ja kiirlaadimine. Akudel on oma juhtimisseade ja kontrollseade, mis kontrollib laadimisel akuelementide pinget. (Laadimisseadmete tutvustus 17.03.12)

Elektriauto jõuallikaks on vahelduvvoolu elektrimootor. Mootor koosneb püsिमagnetrootorist, millel on kolm staatorimähist. Elektrimootor saab toite akust, läbi sagedusmuunduri. (Puurand 1996:189)

Kolmefaasilise vahelduvvoolumootori kasutamine alalisvoolumootori asemel on parandanud oluliselt ajami töökindlust ja võimaldab mootori momenti juhtida (valida momendi suuruse vastavalt vajadusele). Selline tehnoloogia sai võimalikuks tänu pooljuhtelektroonika arengule. (Elektriauto tehniline seadmestik 2011:43)



Joonis 1. Elektriauto energia ja jõuseadmed (Tehniline koolitus 2011:5)

Elektriauto mootor saab toite veoakust. Praegu on veoaku elektriauto kõige kallim ja lühiealisem seade. Elektriauto oluline elektriseade on sagedusmuundur (inverter). Akust saadud alalisvool muudetakse kolmefaasiliseks soovitud sagedusega vahelduvvooluks. Selleks kasutatakse sagedusmuundureid. Selline muundamine võimaldab mootoris kõige lihtsamal viisil saada pöörlevat liikumist ja suurt pöördemomenti. Muunduri poolt muundatud voolu sagedusest sõltub mootori kiirus. Paigalt liikumist alustatakse nullsagedusest ja suurendatakse seda järk-järgult. (Elektriauto tehniline koolitus 2011:47)

Tänapäeval kasutatakse muundurites võimsustransistore. Muunduri ja seega ka elektrimootori tööd juhib autojuht kiirus- ja piduripedaali ning režiimivalikute teel. Auto elektrimootor on enamasti kolmefaasiline püsivmagnetitega asünkroonmootor. Need on kõige lihtsamad ja töökindlamad tuntud mootoritest. Sellisel mootoril on liikuvaks osaks ainult rootor, mille võll toetub kahele kuullaagrile. Mootori kasutegur on 80–90 protsenti. Elektrimootor arendab suurt pöördemomenti ka väikestel pööretel ja ei vaja käigukasti, nagu sisepelemismootoriga auto ajam. Elektrijamiga autol on küll reduktor, kuid see vähendab pöörlemiskiirust ja toimib momendi võimendina. Selline lahendus võimaldab kasutada suure kiirusega ja seega väikese massiga mootorit. (Elektriauto tehniline koolitus 2011:87)

Kõigi elektriautode üks eelis on rekuperatiivpidurduse võimalus. Auto pidurdamisel töötab elektriauto mootor generaatorina ja auto liikumisenergia muundub akude laadimiseks sobivaks elektrienergiaks. Seega pidurdamisel ei muudeta auto kineetilist energiat enam pidurites soojuseks, mis õhku haihtuks, vaid akude elektrienergiaks. (Võrk 1989:285)

1.4 Elektriauto jõu ja energiaallika tehniline iseloomustus

Aku- elektriseadeldis elektrienergia salvestamiseks, selle hilisema kasutamise eesmärgil. Salvestamisel muundub elektrienergia keemiliseks energiaks, kasutamisel aga keemiline energia elektrienergiaks. Aku mahtuvus akumulaatori võime salvestada elektrienergiat. Aku mahtuvust mõõdetakse laengu suurusega, mida laetud aku võib anda tühjenemisel. (Pütsepp 2008:22)

Liitium-ioonaku elektrolüüdilahuse omadused (Õnnetuspaika saabuja juhend 2012):

- värvitu;
- magusa lõhnaga;
- veega sarnase viskoossusega;
- nahka ärritav;
- silmi ärritav ;
- kergestisüttiv.

Õhus oleva veeauru ja elektrolüüdivedeliku või elektrolüüdiaurude kokkupuutumisel tekib oksüdeerunud aine. See aine võib nahka ja silmi ärritada. Sellistel puhkudel loputage rohke veega ja pöörduge viivitamatult arsti poole. Kuna liitium-ioonaku koosneb paljudest väikestest isoleeritud akuelementidest, ei tohiks elektrolüüdilahust suurtes kogustes lekkida. (Õnnetuspaika saabuja juhend 2012)

Liitium-ioonakud

Liitium-ioonakud (Li-Ion) leiutati teadlase Bell Labs'i poolt, kes avastas et grafiitne süsinik omab pöörduvat liitiumi mahtuvust, samal aastal sai idee ka patendi vääriliseks (USA patent US4304825) aastast 1981. Järgnevad fundamentaaluuringud teadlaste grupi poolt eesotsas John Goodenough'ga (tol ajal Oxford University, nüüdne University of Texas, Austin), päädisid esimese töötava liitiumioon aku tootmisega Sony poolt aastal 1991. (Akude omadused. 02.05.12)

Li-Ion akud erinevad eelmistest akutüüpidest seetõttu, et nendes kasutatav elektrolüüt koosneb veevabast orgaanilisest lahustist ja lahustunud liitiumi soolast. Seetõttu on selline süsteem suletud hermeetiliselt, et vältida õhuniiskuse ja hapniku juurdepääsu. Veevaba elektrolüüdi kasutamine lubab üksikelemendi tööpinge tõsta üle 4,0 V. Elektroodi materjalidena kasutatakse negatiivsel poolel grafiitset süsinikku (C) ja positiivsel poolel mõnda sobivat metallide oksidi näiteks LiMn_2O_4 , LiCoO_4 , jt. Liitiumaku laadimisel toimub Metalloksiid elektroodil (+) liitiumi lahustumine, ehk ioniseerumine Li^+ iooniks ja grafiit - elektroodil (-) liitiumi ionide uuesti neutraliseerumine vabaks liitiumiks. Aku tühjenemisel leiab aset pöördprotsess. Nende protsesside pöörduvaks toimumiseks (aku laitmatuks töötamiseks) on oluline

komponentmaterjalide kõrge puhtus ja hoolikalt kontrollitud töörežiimid. Mõlemate faktorite koosmõju on olnud pikemat aega üheks Li-ioonakude kasutust pidurdavaks teguriks. Li-ioonaku isetühjenemine on 5% kuus. Aku eluiga sõltub temperatuurist, laetuse astmest ja ajast, st: aku kaotab oma mahtuvust ka laetuna seismisel. (Akude omadused. 02.05.12)

Li-ioonaku eriliik on Liitium- polümeeraku (LiPo), kus elektrolüüdiks on polümeer. Nende energiamahutavus on u. 20% suurem kui Li-ioonakudel ja ligi 3 korda suurem kui NiCd ja NiMH akudel. Pinge on 2,7(väga tühi aku) kuni 4,23V. (Akude omadused. 02.05.12)

Elektriautol on akud tavaliselt paigutatud tagaistme taha või selle alla (sedaani puhul) või siis tagumises pakiruumis sportautode puhul. NiMH akudel on tavaliselt alalisvool 144V kuni 330 Volti. Üksikud elemendid on koondatud pulkadeks ning need omakorda on mooduliks, mille suurus on umbes nagu D suurusel patareil. Need on kuivad elemendid ja ei loeta maha voolavaks reostusohuks. Elektrolüüt, mis koosneb kaaliumist ja naatriumhüdroksiidist on imendatud elementide plaatidesse ja moodustab geeli, mis ei tohiks lekkida isegi kokkupõrkel. Siiski kui aku puruneb, on oht et elektrolüüt võib lekkida. (Elektrolüüdi omadused. 24.04.2012)

Elektriautot Mitsubishi-MiEV testiti Saksa Autoklubi poolt. Testi käigus põrkas auto 64 km/h kiiruse ja 40% nihkega laupkokkupõrke, samuti 80 km/h tagant kokkupõrke 1400 kg tõkke poolt, nihkega 70%. Mitsubishi esindaja ütles, et kui kokkupõrge toimus, oli i-MiEV võimeline koheselt ära tundma kokkupõrke ja automaatselt välja lülitama auto kõrgepinge elemendid, säilitades reisijatele turvalisuse auto sõitjate ruumis ning jättes aku ja selle 88 elementi terveks. (Akude turvalisus. 24.04.2012)

Elektriajam - mitmesuguste töömasinate või abimehhanismide käitamiseks ettenähtud elektrimehaaniline süsteem, mis koosneb elektrimootorist, jõuülekandest, toitemuundurist ja juhtseadmetest. Elektriajami põhifunktsiooniks on liikumise juhtimine (Agur 1984:7)

Inverter - alalis / vahelduv voolumuundurid, mis muudavad alalis - sisendpinge reguleeritava suuruse -ja sagedusega väljund-vahelduvpingeks. (Muundab liitium-ioonakusse salvestatud alalisvoolu kolmefaasiliseks vahelduvvooluks (Õnnetuspaika saabuja juhend 2012:8)

Sagedusmuundur - seade vahelduvvooluenergia parameetrite (sageduse, pinge ja voolu) muundamiseks, mida kasutatakse kolmefaasiliste enamasti püsikiirusel töötavate vahelduvvoolumootorite juhtimiseks. (Agur 1984:205)

Pinge - töö, mida tuleb teha laengute ümberpaigutamiseks ühest punktist teise. (Vörk 1989:5)

Reduktor - mehhanism, mida kasutatakse mootori ühendamiseks töömasinaga. Reduktori abil on võimalik muuta pöörlemise suunda ja kiirust, mõjuvat pöördemomenti. Elektriautodel kasutatakse reduktoriga käigukasti. (Õnnetuspaika saabuja juhend 2012)

Transistor - Transistor on elektrilise signaaliga juhitud pooljuhtlüliti. Transistor juhib elektrilist signaali. (Kasatski 1974:212)

Täiturmehhanism ehk täitur – mehaanilise süsteemi osa, mis reageerides käsule (kõige tihedamini on selleks elektriline signaal) toob kaasa muutuse füüsilises süsteemis (väljundis) kas jõu, liikumise, soojuse või muu rakendamise tulemusena. Tavaliselt töötavad täiturmehhanismid koostöös energiaallika ja ülekandemehhanismiga. (Vörk 1989:160)

Vahelduvvool konverter - See komponent koosneb vahelduvvool tüüpi konverterist ja kõrgepinge-harukarbist. Harukarp suunab liitium-ioonakudest tuleva elektri kõigisse kõrgepingekomponentidesse. vahelduvvool tüüpi konverter alandab liitium-ioonaku pinget, et varustada toitega 12 V akut, mis hoiab käigus sõiduki elektrikomponente (sõidutuled, helisüsteem). (Õnnetuspaika saabuja juhend 2012)

Alalisvool

Kui voolu suurus, ega suund küllalt pika ajavahemiku kestel ei muutu, siis nimetatakse seda alalisvooluks. (Lahtmets 2002:6)



Joonis 2. Alalisvoolu graafik (Lahemets 2011:6)

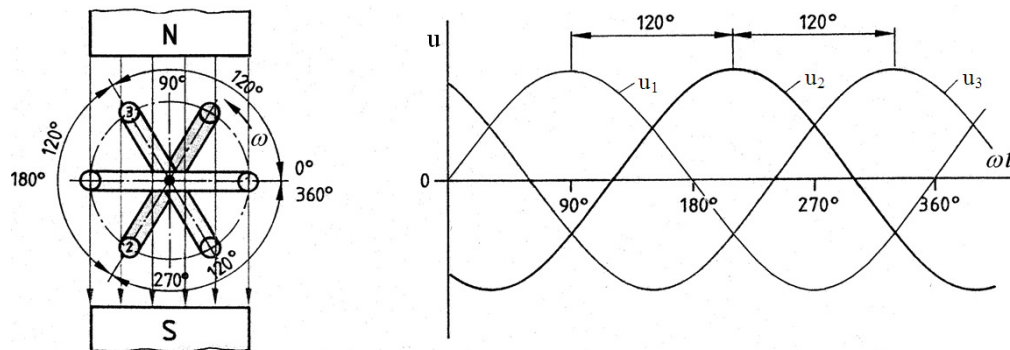
Vahelduvvool

Vahelduvvooluks nimetatakse sellist voolu, mille suund ja tugevus ajas perioodiliselt muutub. Vahelduvvoolu piltlikustamiseks kasutatakse muutuvate suuruste kõverate muutumist ajateljel. Vahelduvvoolu kuju võib olla väga erinev (saehammas, siinus, kolmnurk). (Lahtmets 2002:3)

Kolmefaasiline vahelduvvool

Kolmefaasiline süsteem saadakse kolmest ühefaasilisest süsteemist generaatori mähiste vastava ühendamise tulemusena. Tavaliselt on kasutusel sümmeetrilised siinuselised kolmefaasilised pingesüsteemid. (Popov 1984:178)

Tänapäeval kasutatakse elektrienergia ülekandmisel kolmefaasilist voolusüsteemi, kus iga faasi elektromotoorjõu kõverad on teineteise suhtes nihutatud 120° võrra. Kolmefaasilise voolu peamiseks eeliseks on ökonoomsem elektrienergia ülekanne ja võimalus saada pöördmagnetvälja. Võimsuse edastamise ning lihtne pöörleva magnetvälja tekitamise võimalus, mida on tarvis kolmefaasiliste mootorite toiteks. Pöördvälja loomiseks piisab faaside arvust, mis on suurem 1- st. Vastavalt ülekandmisviisile võib kolmefaasiline süsteem olla kolme- või neljajuhtmeline. (Mägi 1989:64-65)



Joonis 3. Kolmefaasiline vahelduvvoolusüsteem (Lahtmets 2002)

Elektrimootorite ehitus

Elektrimootorid on elektromehaanilised täiturmehhanismid, mis muundavad elektrienergiat mehaaniliseks energiaks, et panna sellega liikuma töomasinat. Elektrimootor on energia tarviti. Elektrimootorid koosnevad paigalseisvast staatorist ja pöörlevast rootorist. Staatoris tekitatakse pöörlev magnetväli, mis on vajalik rootori pöörlema panemiseks. Rootor pöörleb laagritele toetuval võllil, mille külge on omakorda ühendatud mehhanism. Staatori ja rootori vahel eksisteerib õhupilu, mille kaudu toimub magnetvälja penetratsioon staatorist rootorisse. Elektrimootorid on tänapäeval kõige levinumad elektromehaanilised täiturmehhanismid. (Puurand 1996:189; Pütsep 2008:138)

1.5 Elektrivoolu toime inimesele.

Inimese keha juhib elektrivoolu. Kui inimene puudutab elektriseadme pinge all olevat osa või isolatsioonirikke tõttu pinge alla sattunud osa, läbib tema keha vool. Seda voolu nimetatakse rikkevooluks. Rikkeid on erinevaid, enamlevinud on lühis, maaühendus, kereühendus ja juhiühendus. (Pütsep 2008:86)

Alljärgnevalt on toodud erinevate rikete kirjeldused (Lahtmets 2002:62):

- Lühis on rikke tagajärjel tekkinud juhtiv ühendus eri pingega juhtide vahel, kui rikkevooluahelas pole tarviti(te) takistust.
- Maaühendus on rikke tagajärjel tekkinud juhtivühendus elektripaigaldise pingestatud osa ja maa (või maaga ühendatud osa) vahel.

- Kereühendus on rikke tagajärjel tekkinud juhtiv ühendus elektripaigaldise pingestatud ja pingealti (normaalselt pingestamata) osa vahel. Maandatud kere korral on see samaväärne maaühendusega.
- Juhiühendus on rikke tagajärjel tekkinud juhtivühendus eri pingega juhtide vahel, kui rikkevooluahel sisaldab tarviti takistust.

Üldiselt loetakse inimesele ohutuks 10...20 mA voolu. Suurem vool kutsus esile lihaste krampe, hingamishäireid ja halvemal juhul ka südamelihaste värelemise ehk fibrillatsiooni, mille tagajärjel võib lakata vereringe ning aju verevarustus. Kui aju ei saa umbes viis minutit verd, võib järgneda surm. Ohtlikkus sõltub voolu suurusest ja kestusest. Kõige ohtlikumaks peetakse voolu läbi parema käe ja vasaku jala, sest see läbib südame piirkonda. Alla 10 mA voolu loetakse igal juhul ohutuks, ükskõik kui kaua ta kestab. Kui vooluahelas on rikkevoolukaitse, millerakendusvool on tavaliselt 10 või 30 mA ja rakendusaeg 20...30 ms, on inimene voolu ohtliku toime eest väga suure tõenäosusega kaitstud. Vahelduvpinget alla 50 V 50 Hz ja alalispinget alla 120 V nimetatakse kaitsevääkepingeks. See pinge on sedavõrd madal, et tema toimet inimkeha läbiv vool ei kutsu esile elektrilööki, see tähendab, et see on kahjutu alalispinge. Inimkeha takistus sõltub tegelikult veel puutepingest ja on seda väiksem, mida kõrgem on pinge. (Lahtmets 2002:64)

1.6 Päästjate kasutatav varustus sõidukite kustutus- ja päästetöödel

Isikukaitsevarustus aitab tagada päästja ohutust. Lõputöö autor esitab loendi päästjate isikukaitsevarustusest, mida päästjad peavad kandma kustutus- ja päästetööde teostamisel (Suurkivi, Marvet 2000:15):

- Vaheerietus – kantakse kustutusriietuse all.
- Kustutusriietus - kaitseb päästjat ümbritseva keskkonna mõjude eest – ilmastiku temperatuuri ja põlemisgaaside eest. Kustutusriiete hulka kuuluvad: kiiver, kiivrisukk, kindad, jakk, püksid, tuletõrjevöö, kummikud.
- Elektriõhutamise tagamiseks on päästjatel dielektriliste vahendite komplekt, milles on: dielektrilised kummikud, dielektrilised kindad dielektriline matt. Dielektriliste töövahendite komplekt on pinge taluvusega 1000V.

Päästjatel olemasolev päästevarustus põhiautol tegusemaks elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel (Põhiauto varustuse kontroll leht 20.03.12; Suurkivi, Marvet 2000:116):

- kogu isikukaitsevarustus;
- toestustrepid ja tõstepadjad on vajalikud päästetöödel sõiduki toetamiseks;
- hüdrauliliste töövahendite komplekt, kuhu kuuluvad: hüdrauliline pump, löikur, leviti, ketid, tungraud on vajalikud päästetöödel võimalike kannatanute kätte saamiseks autost nt: liiklusõnnetustel;
- turvapadja kaitse on vajalik kustutus- ja päästetöödel päästjate kannatanute ohutuse tagamiseks. kaitseb turvapadja avanemisel;
- kühvelraam kannatanute transpordiks ja autost välja võtmisel;
- esmased tulekustutusvahendid CO-kustuti, pulberkustuti, HI-Cafs süsteem ja põhiautol olev vahtkustutus võimalus. Nimetatud kustutusvahendid võimaldavad kustutada elektriautot tulekahju korral. Vahtkustutust võib kasutada auto salongipõlengute korral.

1.7 Elektriautode laadimistaristu

Laadimistaristu projekti eesmärgiks on luua üleriigiline võrk laadimispunktidest. Nii kiir- kui tavalaadijad paigaldatakse üle Eesti, et tagada kindlustunne elektriautoga liikumiseks kõigile elektriauto kasutajatele. Esialgse plaani kohaselt võiks laadimiskohad jaguneda järgmiselt (Elektriautode laadimistaristu 27.03.12):

- kaetud saavad kõik peamised kõrge liiklustihedusega maanteed;
- kiirlaadimisjaamade omavaheline distants ei ületaks ca 50 km. Samas arvestatakse paigutamisel sobivaid asukohti nagu näiteks; (vaatamisväärsused, turismiobjektid, bensiinjaamad jms);
- Rahvusvahelist, eratransporti teenindavad sadamad kui ka siseriiklikud reisisadamad;
- kõik enam kui 5000 elanikuga asulad.

Elektriautode kiirlaadimisvõrgu rajab Eestisse ABB ning see peab olema töövalmis hiljemalt 31.10.2012. Kiirlaadimispunktidest planeeritakse 100 laadimispunkti linnadesse ja 60

maantee äärde. Suurematest linnadest tuleb Tallinnasse 27, Tartusse 10, Pärnusse 4 ja Narvasse 2 kiirlaadimispunkti. Lisaks kiirlaadijatele paigaldatakse sotsiaaltöötajate elektriautode laadimiseks kohalike omavalitsuste juurde 507 tavalaadijat. ELMO kodulehel on äratoodud ka kiirlaadimispunktide asukohtade kaart ja tabel (kaart – <http://bit.ly/zqoIXk>; tabel – <http://bit.ly/yqrcTN>). Akusid saab laadida tavalisest kodu elektrivõrgust, alaldi paikneb autol, kuid kuna koduvõrk ja pardalaadija on väikese võimsusega, kestab laadimine kaua. Laadimisjaamades on võimsamad laadijad, mis võimaldavad poole tunniga laadida 80% aku mahtuvusest. (Elektriautode laadimistaristu. 27.03.2012)

2. EMPIIRILINE UURING

2.1 Uuringumetodoloogia

Autor kasutab oma lõputöös uurimisküsimustele vastamiseks küsimustiku ja andmete kogumist. Küsimustik koosneb kaheksast küsimusest, mis on koostatud eesmärgiga selgitada välja rühmapealike ja meeskonnavanemate teadmised elektriauto ehituse ja ohutuse kohta. Autor viis küsitluse läbi Põhja ja Lääne Päästkeskuste päästekomandodes. Küsimustikule vastas 40 esimese juhtimistasandi päästetööde juhti – rühmapealikud ja meeskonnavanemad. Küsimustiku vastustest koostas lõputöö autor küsimustiku kokkuvõtva tabeli ja diagrammid. Tabelis on märgitud arvuliselt küsimustele vastajad ja kuidas vastati küsimustikus olevatele küsimustele. Diagrammides on küsimustele antud vastused esitatud protsentjaotuses.

Andmete kogumise eesmärgiks oli teada saada millised on elektriauto enda ohutussüsteemid ja kuidas teostada ohutult kustutus- ja päästetöid. Andmeid kogus autor elektriautode maaletoojatelt ja elektriautode tehnilistelt ekspertidelt. Kogutud andmed sisaldavad elektriauto ohutusvarustust, ohutusvarustustuse vajalikust ja tööpõhimõtet. Uurides erinevate elektriautode tootjate kasutus- ja ohutusjuhiseid, tegi autor kokkuvõtte ohutus ja tehnilistest juhendmaterjalidest. Autor esitab tegevuse kirjelduse, millest peaks päästetöötaja lähtuma, et teostada ohutult kustutus- ja päästetöid, kui päästesündmus on toimunud või sündmusel on osalenud elektriauto.

2.2 Küsimustiku analüüs

Lõputöö autor teeb kokkuvõtte rühmapealikele ja meeskonnavanematele esitatud küsimustikust.

Tabel 1. Küsimustiku kokkuvõte (autori tabel)

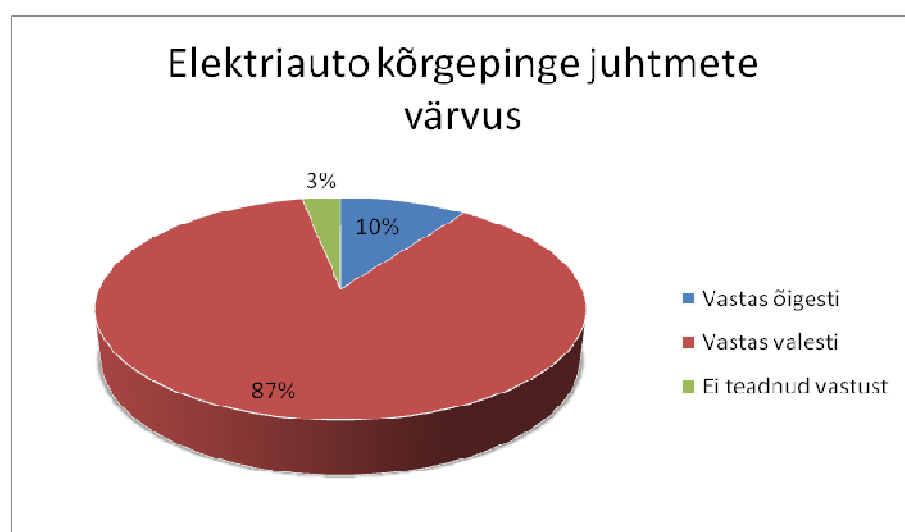
Küsimuse number	Vastati õigesti	Vastati valesti	Ei teadnud vastust
1	10	10	5
2	4	34	2
3	0	34	6
4	4	35	1
5	1	35	4
6	7	27	6
7	1	36	3
8	39	0	1

Esimese küsimusega soovis lõputöö autor teada saada, kas küsimustikule vastajad teavad, mis on elektriauto jõuallikaks. Valimist vastas õigesti 65,5%, valesti vastas 25%, ei osanud vastata 12,5%. Esimese küsimuse õige vastus on elektriauto jõuallikaks on kolmefaasiline vahelduvvoolu elektrimootor. Esimese küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad ka elektriauto energiaallikat.

Teise küsimusega soovis lõputöö autor teada saada elektriautodes kasutatavat veotaku liiki. Valimist vastas õigesti 10%, valesti vastas 85%, ei osanud vastata 5%. Teise küsimuse õige vastus on elektriautodes kasutatakse veoakuna Liitiumioon akut. Teisele küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad: Pliiaku, Nikkelaku, kaadmiumaku.

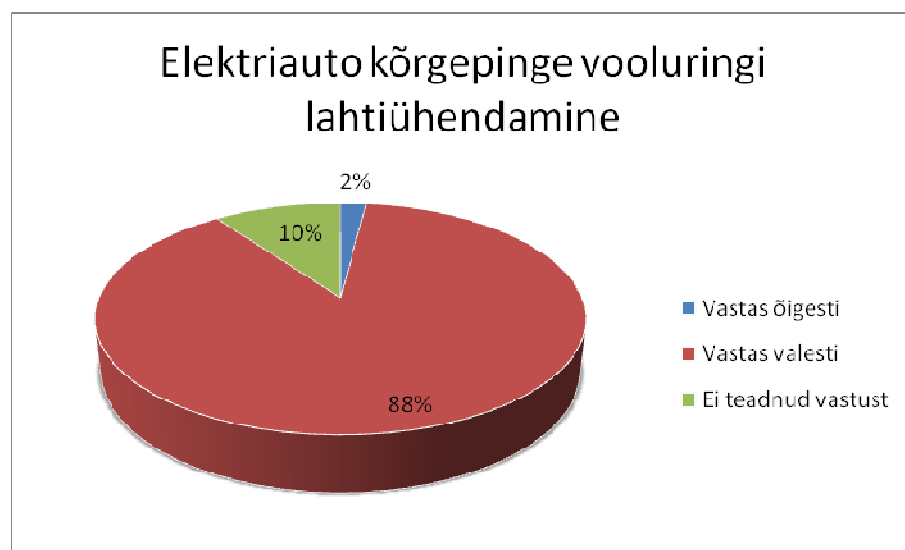
Kolmanda küsimusega soovis lõputöö autor teada saada juhtakudes kasutatavat toitepinge suurust. Valimist vastas õigesti 0%, valesti vastas 85%, ei osanud vastata 15%. Kolmanda küsimuse õige vastus on elektriautode juhtakudes on pinge 330V. Kolmanda küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad kõrgepinge, pinge 12V.

Neljanda küsimusega soovis autor teada saada elektriauto kõrgepinge juhtmete värvi. Valimist vastas õigesti 10%, valesti vastas 87,5%, ei osanud vastata 2,5%. Neljanda küsimuse õige vastus on: Elektriautode kõrgepinge juhtmetiku värv on oranž. Neljanda küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad punane, kollane.



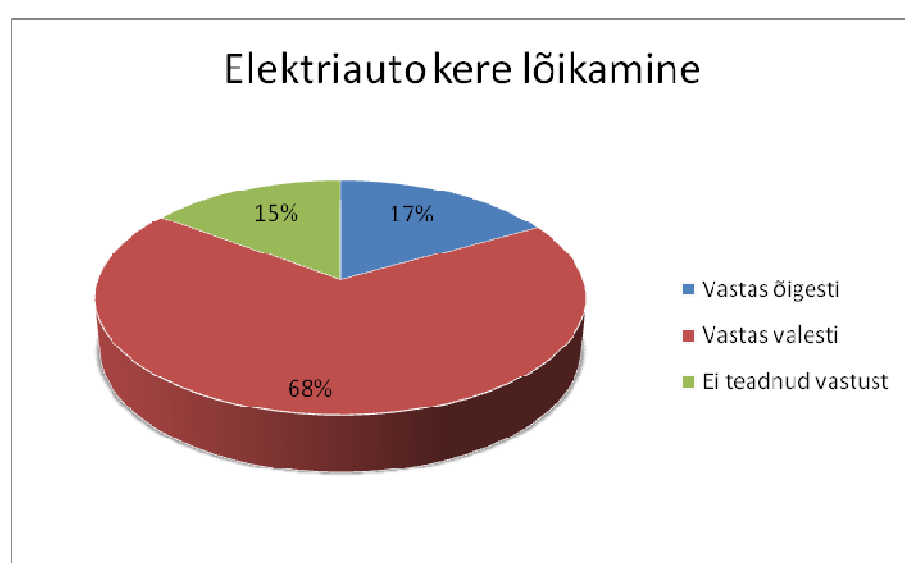
Joonis 4. Vastus jaotus küsimusele „Millise värviga on tähistatud elektriauto kõrgepingejuhtmetik?“ (autori joonis)

Viienda küsimusega soovis lõputöö autor teada saada, kuidas katkestatakse elektriautol vooluring. Valimist vastas õigesti 2,5%, valesti vastas 87,5%, ei osanud vastata 10%. Viienda küsimuse õige vastus on: Elektriautol katkestatakse vooluring ohutuspistiku eemaldamisega. Viienda küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad lülitit ja kaitset.



Joonis 5. Vastuste jaotus küsimusele „Kuidas katkestatakse elektriautol vooluringi?“ (autori joonis)

Kuuenda küsimusega soovis lõputöö autor teada saada milliseid elektriauto kere detaile ei tohi elektriautol lõigata. Valimist vastas õigesti 17,5%, valesti vastas 67,5%, ei osanud vastata 15%. Kuuenda küsimuse õige vastus on: Elektriautol ei ole soovitav lõigata auto põhja, küljekarpe ja külgmisi katuse ääri. Kuuenda küsimuse vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad akut, juhtmeid.



Joonis 6. Vastuse jaotus küsimusele „Milliseid elektriauto keredetaile ei tohi lõigata?“ (autori joonis)

Seitsmenda küsimusega soovis lõputöö autor teada saada, kuidas peab elektriautot pukseerima. Valimist vastas õigesti 2,5%, valesti vastas 90%, ei osanud vastata 7,5%. Seitsmenda küsimuse õige vastus on: Elektriautot peab pukseerima tagumised rattad üles tõstetud. Seitsmenda vastuseks pakkusid küsimustikule vastajad: Pukseerida võib köie või trossi abil ja elektriautot võib pukseerida nagu sisepelemismootoriga autot.

Kaheksanda küsimusega soovis lõputöö autor teada saada elektriautoga kaasnevatest ohtudest kustutus- ja päästetöödel. Valimist vastas õigesti 97,5%, vastas valesti 0%, ei osanud vastata 2,5%. Kaheksanda küsimuse õige vastus on Elektriautol kõige suuremaks ohuks saada elektrilöök ja päästjad peavad arvestama ka muude ohtudega (näiteks turvapadjad). Kaheksandale küsimusele ei pakkunud küsimustikule vastajad valesid vastuseid, kuid jätsid mainimata ohud, mis võivad esineda liiklusõnnetuse korral.

2.3 Elektriautode ohutusseadmed

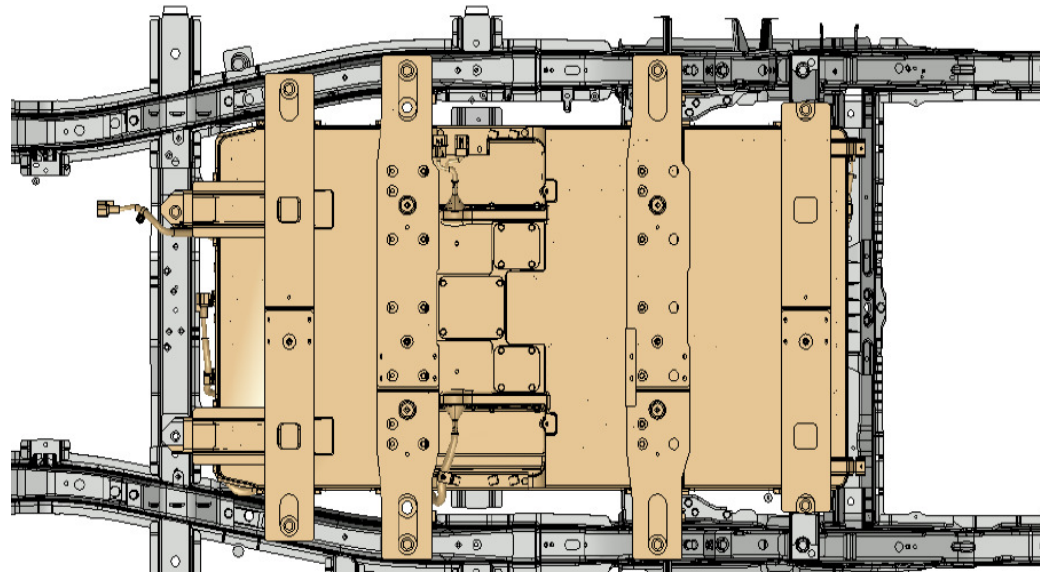
Lõputöö autor kogus andmeid Eestis müüdavate elektriautode ja ohutusseadmete kohta. Kogutud andmed on saadud Veho, Faktoauto ja Silberauto elektriautode tehnilistelt spetsialistidelt. Autor tutvustab Eestis müüdavatele elektriautodele valmistaja tehase poolt paigaldatud ohutusseadmeid. Autor kirjeldab elektriautode ohutusjuhistest kogutud andmete põhjal, kuidas ohutult tegutseda kustutus - ja päästetöödel.

Ohutuse tagamiseks sõitjatele auto kasutamisel ja päästjatele kustutus- ja päästetöödel on autode valmistaja tehases paigaldanud järgmised elektriohutust tagavad seadmed:

- Isoleeritud kõrgepingejuhtmestik – kõrgepinge juhtmestik on vajalik elektrimootori seadmete toiteks.
- Kaetud akudeblokk – elektriauto veoaku paikneb auto põhja all. Veoakut ümbritseb turvaraam ja akubloki kate. Need seadmed kaitsevad veoakut mehaaniliste vigastuste eest. Mis võivad tekkida autot igapäevaselt kasutades või liiklusõnnetuse korral.
- Akude juhtimisseade – juhtimisseadme ülesandeks on tagada aku vajalik töörežiim.
- Akuelementide kontrollseade – vajalik akumoodulite pingete jälgimiseks.

- Akude kaitsmed – kaitseb akut ülepingete eest.
- Mootori kontrollseade – ohutuse tagamiseks mootori töörežiimil.
- Ohutuspistik – selle liitium-ioonakul asuva pistiku käsitsi eemaldamine katkestab kõrgepingetoite. Aku isoleeritakse, ühendatakse lahti kõrgepinge vooluringist.
- Kõrgepinge vooluringi kaitse – rakendub kõrgepingesüsteemi rikete korral.
- Hädaseiskamissüsteem – kokkupõrke (turvapadja avanemine jne) või teatud süsteemitõrgete korral katkestab see süsteem liitium-ioonakust tuleva kõrgepingetoite kõrgepinge seadmetele.

Elektriautol on valmistaja tehase poolt paigaldatud konstruktsiooniline kaitse sõitjatele liiklusõnnetuste korral. Autokere turvatalastik ja turvapadjad, turvakardinad on paigaldatud selleks, et võimaliku õnnetuse korral suurendada reisijate ohutust. Vältida või vähendada reisijatele võimalike vigastusi.



Joonis 7. Elektriauto aku turvaraam ja aku kaitse. (Silberauto 2012:36)

2.4 Ohutuse tagamine kustutus- ja päästetöödel

Lõputöö autori poolt uuritud materjalidest selgus, et peamiseks on probleemiks elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel elektrilöögi oht. Autori hinnang tugineb kogutud andmete uurimisel ja Silberauto tehnilise koolitaja eksperthinnangul. Ohutuse tagamiseks peavad päästjad järgima kustutus- ja päästetöödel autode tootjate ohutusjuhistes olevaid ohutusnõudeid.

Ohutuse tagamine õnnetuskohal:

1. Kui alustada kustutus- ja päästetööde tegemisega tuleb kõigepealt tagada päästjate ohutus. Päästjad peavad kasutama elektrilöögi vältimiseks sobilikke Isikukaitsevahendeid (dielektrilised kindad, kummitallaga jalanõud: lubatud minimaalselt 400V pinge taluvusele) kindlasti kasutada ohutuspistiku eemaldamisel.
2. Mitte puudutada ühtegi kõrgepinge kaablit ega muid kõrgepingekomponente, kui pole kõrvaldatud elektrilöögi oht. Eriti ohtlikud on päästjatele kustutus- ja päästetöödel vigastatud kõrgepinge kaablid ja seadmed. Ohtlikkus on tingitud isolatsioonikihi purunemisest.
3. Kui õnnetuskohal on näha lekkinud vedelikku sõiduki all, võib see vedelik olla akust lekkinud elektrolüüt. Elektrolüüt on selge ja värvitu ning kergelt magusa lõhnaga.. Elektrolüüt omab veega sarnast viskoosust ja on tuleohtlik vedelik ning võib olla võimalik süttimisoht
4. Elektrolüüdi lekke kokku kogumisel kanda hingamisteede kaitsevarustust, kindaid ja kaitseprille ning kasutada absorbeeruvat matti või liiva, mahavalgunud elektrolüüdi kokku kogumiseks.
5. Kui elektrolüüti satub nahale, tuleb see koheselt veega puhtaks pesta.
6. Kui elektrolüüti satub silma, siis silmi mitte hõõruda vaid loputada rohke veega.

Õnnetuskohal vajalikud seadmed süttimisohu, elektrilöögi vältimiseks ja lekete kogumiseks:

1. Isikukaitsevarustus – päästja peab kasutama isikukaitsevahendid minimaalse 400V pingega taluvusega dielektrilised-kindad ja kummitallaga dielektrilised-jalanõud ning soovitatavalt ka kummipüksid ja -jakk. Vältimaks elektrilööki kõrgepinge vooluringi isoleerimisel, lahtiühendamisel.
2. Isoleeritud padrunvõtmed suurusega 12 mm – kasutatakse, et avada 2 mutrit (12mm) ohutuspistikuga kaanel, millega tagatakse juurdepääs ohutuspistikule.
3. Absorbeeruv materjal – mis neelab endasse maha valgunud/lekkinud elektrolüüti.
4. Tulekustuti – võimaliku süttimise korral. Kasutada tulekustutit, mis sobib põlevvedelike ja elektriseadmete kustutamiseks (näiteks CO ja pulberkustuti). Kasutada võib ka Hi- cabs süsteemi.
5. Isoleerlint – vigastatud vooluahelate ja tööriistade isoleerimiseks.

2.5 Ohutu tegutsemise kustutus- ja päästetöödel

Kuna elektriautodes kasutatakse kõrgepinge vooluringi 330V ja 400V on vajalik kõrgepinge vooluringi isoleerimine ja lahtiühendamine, et vältida elektrilööki päästjatele ja autos olevatele reisijatele kustutus - ja päästetöödel.

Kõrgepinge vooluringi isoleerimine :

1. Kõrgepinge vooluringi isoleerimine on vajalik päästjatele ja teistele autos olevate inimestele ohutuse tagamiseks.
2. Kõik kõrgepinge seadmed on kaetud katetega ja kõrgepinge kaableid saab eristada nende oranži värvi isolatsiooni järgi.
3. Kõrgepingel töötavad seadmed on võimalik isoleerida kõrgepinge vooluringist auto enda ohutussüsteemidega ja ohutuspistikuga eemaldamisega.

Kõrgepinge vooluringi lahtiühendamine:

1. Kõrgepinge vooluringi lahtiühendamine võimaldab vältida elektrilöögi saamise ohtu. See ohutusnõue on alati nõutud kustutus- ja päästetööde teostamisel. Kõrgepinge vooluringi lahtiühendamise ajal on kohustus alati kanda isikukaitsevahendeid.
2. Elektriautol saab kõrgepinge ahela veoakust isoleerida.
3. Kui auto elektrimootor ei ole välja lülitatud, tuleb sõiduki mootor seisata – välja lülitada. Elektriauto mootori välja lülitamiseks tuleb keerata autol süütevõti asendisse "LOCK". Kui elektrimootorit ei õnnestu süütevõtmest välja lülitada, siis tuleb eemaldada "toiteploki juhtseadme" kaitse. Kaitsme asukohta saab kindlaks teha kapoti all asuvast kaitsmekarbist (kaitsmekarbi kaane alusel). Kui ei leita õiget kaitset, siis eemaldada kaitsmekarbist kõik kaitsmed ja releed.

Kui on vajadus lõigata kõrgepinge seadmete kaableid, siis tuleb oodata vähemalt viis minutit, kuna mõned kõrgepinge seadmed ja nende kaablid säilitavad kõrgepinge viieks minutiks peale ohutuspistiku eemaldamist. Kuna SRS-juhtaju kondensaatorid säilitavad nõutud pinge kuni üheks minutiks, seega turvapadja avanemise funktsioon on veel võimalik. Kasutada võimalusel turvapadja väljalülitamist või paigaldada roolile kaitse päästjate ja autojuhi ohutuse tagamiseks.

Kiirete päästetööde alustamist nõudvad sündmused ei võimalda ooteaega – viit minutit. Eemaldada ohutuspistik ja alustada koheselt päästetöid arvestades eelpool nimetatud ohtudega.

Ohutuspistiku eemaldamine:

Ohutuspistiku lahtiühendamisel kasutada isikukaitsevahendeid. Ohutuspistik asub auto põhja all aku juures. Nissanil Leaf -il asub ohutuspistiku kaas esimeste ja tagumise istme vahel salongi põrandal. Peugeot-ion, Citroen-ZO, Mitsubishi i-MiEV-il asub ohutuspistiku kaas juhiistme all. Ohutuspistiku eemaldamiseks tuleb lükata juhiiste selle tagumisse asendisse ja tõsta üles põhjakate. Seejärel avada ohutuspistiku kaas. Ohutuspistiku eemaldamisega toimub aku eraldamine ülejäänud auto kõrgepingevooluringist. Ohutuspistikut eemaldatakse pistikut hoovast tõmmates. Päästja, kes eemaldab ohutuspistiku peab asetama selle turvalisse kohta, et takistada selle juhuslikku tagasi asetamist. Enne sõiduki juurest lahkumist, tuleb ohutuspistiku

kaas oma kohale tagasi asetada ja kinnitada (vältimaks ohutuspistikuga juhuslikku kokkupuudet ja kaitsmaks avatud pistikusse võimaliku prahi sattumise eest. Ohutusjuhendi nõuete kohaselt ei tohi päästetööde lõpetamisel ohutuspistikut tagasi paigaldada oma kohale.

Elektriauto kere löikamine:

Kui kustutus- ja päästetööde käigus on vajalik löigata elektriauto keret, peab päästja lähtuma tootjapoolsest ohutusjuhiseist. Esimeseks tegevuseks on kõrvaldada elektrilöögi oht. Ohutusjuhistes on toodud joonised, milliseid keredetaile ja kere osasid ei tohi löigata. (Lisa 1) Mitte löigata joonisel lilla värviga tähistatud ala, näidatud aladel asuvad elektriauto turva raamistik ja aku koos kõrgepinge seadmetega. Mitte puudutada lahtiseid oranže elektrikaableid. Ohtudeks tähistatud aladel elektrilöök ja SRS turvapatjade, kardinate iseeneslik avanemine, tööle rakendumine. Kuna ohutussüsteemide kondensaatorid säilitavad pinget.

Sügavasse vette sattunud sõiduk:

Kui elektriauto on sattunud sügavasse vette – selline olukord on võimalik liiklusõnnetuse korral, siis esimese tegevusena tuleb kontrollida sõiduki vigastusi. Kindlaks teha veoaku seisukord. Kui on tuvastatud, et veoaku on vigastatud, deformeerunud, või on aku väliskest katki, siis tuleb tegutseda ettevaatlikult, peab vältima veoakuga kokkupuudet, mitte katsuda veoakut. Veoaku vigastuse korral võib sattuda elektrolüüt kehale ja riidele. Kui sõiduk on veest eemaldatud, tuleb eemaldada ohutuspistik. Ohutuspistiku eemaldamine on vajalik ohutuse tagamiseks. Kasutada ohutuspistiku eemaldamiseks isikukaitsevahendeid pinget taluvusega vähemalt 400V.

Põlema süttinud sõiduk:

Põlema süttinud sõidukit on soovitatav kustutada:

1. Tulekustuti abil – kasutada tulekustutit, mis sobib põlevvedelike ja elektriseadmete tulekahjude kustutamiseks: CO kustuti, pulberkustuti.
2. HI-Cafs süsteem – see võimaldab elektriautol kustutada elektriseadmeid, kuna kustutusaine pingetaluvus on 1000V.
3. Veega on võimalik kustutada elektriauto salongi põlengut, kuna kõrgepingeseadmed asuvad väljaspool auto salongi. On oht, et vesi võib sattuda kõrgepinge seadmetele.

Ohutum on kustutada eelpool nimetatud kustutite või HI-Cafs kustutus seadmega, kuna tulekahju korral ei ole alati võimalik kõrvaldada elektrilöögi ohtu ja puudub võimalus eemaldada ohutuspistik.

3. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

3.1 Järeldused

Uurimuseks koostatud küsimustiku tulemuste ja lõputöös kasutatud erinevate elektriautode ohutus- ja kasutusjuhendite läbi töötamisel jõudis käesoleva lõputöö autor järgmistele järeldustele:

1. Lõputöö kirjutamise käigus selgus, et kõige olulisemaks esmaseks tegevuseks on päästjatele kustutus- ja päästetöödel elektrilöögi ohu vältimine – aku lahti ühendamine kõrgepingeahelast. See võimaldab ohutumalt teostada kustutus- ja päästetöid.
2. Küsimustiku vastuste tulemustest selgus, et küsimustikule vastanud rühmapealikel ja meeskonnavanematel on vähesed teadmised elektriauto ehitusest ja ohutuse tagamisest kustutus- ja päästetöödel. Eeltoodust võib järeldada, et kui toimub õnnetus elektriautoga, kus vajatakse päästjate abi, võivad päästjad ja elektriautos olevad reisijad sattuda ohtlikusse olukorda. Küsimustikule vastanud esimese tasandi päästetöö juhid ei teadnud, kuidas elektriauto kõrgepingeahelat akust lahti ühendada, mis võimaldaks vältida elektrilöögi saamist. Samuti autokere löikamisel võivad päästjad saada elektrilöögi kui nad ei ole teadlikud milliseid elektriauto keredetaile ja seadmeid ei tohi lõigata kustutus- ja päästetöödel.
3. Kogutud andmetest selgus, et päästjatel on võimekus teostada kustutus- ja päästetöid, kasutuses olevad kustutusriided tagavad päästjate ohutuse. Lisaks on päästjatel võimalik olemasolevate isikukaitsevahenditega isoleerida ja katkestada elektriauto vooluring. Ohutusjuhendite järgi on nõutud isikukaitsevahendite ja kasutatavate töövahendite pingetaluvus peab olema vähemalt 400V. Päästjatel on võimalik kasutada kustutus- ja päästetöödel dielektriliste vahendite komplekti, mille pinge taluvus on 1000V. Seega võib väita, et praegu kasutusel olev päästjate isikukaitsevarustus on sobilik tegutsemiseks elektriautodega toimunud õnnetustel.

4. Erinevate elektriautode ohutusjuhendite läbitöötamisel jõudis lõputöö autor järeldusele, et olemasolevate põhiautodel on piisav tulekustutus- ja päästevarustus (hüdraulilised- ja pneumaatilised töövahendite komplektid, kustutid, seadmed), et teostada ohutult kustutus- ja päästetöid aastal 2012 Eestis müüdavatest ja kasutuses olevatest elektriautodest. Seega võib väita, et praegu kasutusel olev varustus sobib täielikult reageerimaks elektriautodega toimunud õnnetustele.
5. Elektriautode ohutusjuhendid sisaldavad vähe teavet elektriauto energiaallikas kasutatava elektrolüüdi koostise ja omaduste kohta. Energiaallikas elektrolüüdina kasutatava aine kirjeldus on väga üldine. Ohutusjuhendites puudub teave kui suur kogus elektrolüüti paikneb elektriauto veoakudes. Koguse teadmine on vajalik kustutus- ja päästetööde teostamisel.

Lõputöö autor jõudis lõputöö kirjutamise käigus järeldusele, et kui järgida elektriautode tootjate poolt ohutusjuhendites nõutud ohutusnõudeid ja tegutseda nõuete kohaselt – ei ole elektriautod kustutus- ja päästetöödel päästjatele suuremaks ohuks kui sise põlemismootoriga autod, sest elektriautode tootjad on paigaldanud elektriautodele erinevaid ohutussüsteeme, mis aitavad tagada sõitjate ja päästjate ohutust kustutus- ja päästetöödel.

3.2 Ettepanekud

Võttes aluseks läbi viidud küsitluse tulemused ja kogutud andmed, esitab lõputöö autor järgmised ettepanekud:

1. Läbi viia koolitused päästjatele, meeskonnavanematele ja rühmapealikele elektriauto ehitusest reisijate ja päästjate ohutuse tagamisest kustutus- ja päästetöödel. Koolitusel peaksid osalema rühmapealikud, meeskonnavanemad ja päästjad, sest nemad osalevad otseselt elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel. Koolitusõpe võiks koosneda kahest osast: teoreetiline loeng ja praktiline tegevus. Lähtudes uuringu tulemustest teeb lõputöö autor ettepaneku, milliseid teemasid võiks koolitus sisaldada, et tagada ohutus elektriautos olevatele reisijatele ja kustutus- ja päästetöid teostavatele päästjatele.
 - Milline on elektriauto ehitus ja tööpõhimõte?
 - Mis on elektriauto energia – ja jõuallikas?

- Millised tootjapoolsed ohutussüsteemid ja seadmed on paigaldatud elektriautole?
- Kuidas tagada kustutus- ja päästetööde käigus päästjate reisijate ohutus, millise värviga on tähistatud elektriauto kõrgepingejuhtmestik? Milliseid keredetaile ei tohi elektriautol lõigata?
- Millised tegevusi peab tegema kui on toimunud õnnetus elektriautoga.
- Ohutuspistiku asukoht erinevatel elektriautodel
- Kuidas lahti ühendada elektriauto kõrgepinge vooluring?
- Mida kasutatakse elektriautode veoakudes elektrolüüdina.

Koolituse praktilises osas peab lõputööautor oluliseks, et koolitusel osalejad saaksid proovida ohutuspistiku eemaldamist. See tegevus on vajalik kustutus- ja päästetöödel kõrgepinge vooluringi lahti ühendamisel. Sõiduki kere lõikamine ei ole otseselt vajalik, kuna elektriauto kere lõikamine toimub sarnaselt sise põlemismootoriga sõiduauto kere lõikamisele. Elektriauto kere lõikamisel tuleb järgida autotootja poolseid juhiseid.

2. Töötada välja juhend - õppematerjal päästekomandodele, kuidas ohutult tegutseda elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel. Juhendmaterjal peaks sisaldama erinevate elektriautode mudelite tutvustust ja selgitama nende erinevusi. Juhendmaterjal peaks olema konkreetselt välja toodud päästjatele vajalikud tegevused ohutuks tegutsemiseks elektriautoga toimunud õnnetuse korral.

Koolitus ja juhendmaterjali koostamine peaks toimuma koostöös elektriautode maaletoojate tehniliste spetsialistidega.

3. Täiendada erinevate elektriautode olemasolevaid ohutusjuhendeid. Ohutusjuhend võiks rohkem sisaldada teavet elektriauto energiaallikas kasutatava elektrolüüdi koostise ja omaduste kohta. Ohutusjuhendites peaks olema kirjas kui suur kogus elektrolüüti on elektriauto veoakus. Elektrolüüdi koguse teadmine on oluline, sest kustutus- ja päästetöödel võib esineda veoaku purunemist. Elektriauto energiaallikas on üks auto tähtsamatest seadmetest, millele kustutus – ja päästetöödel tähelepanu pöörata. Sellest lähtuvalt, kui ohutusjuhendis puudub piisav teave, siis ei oska ka I tasandi päästetöö juhid sündmustele nõuete kohaselt reageerida.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli selgitada välja rühmapealike ja meeskonnavanemate teadmised elektriauto ehitusest ja kuidas ohutult tegutseda elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöödel.

Lõputöö autor kasutas lõputöö eesmärkide täitmiseks kvalitatiivset ja kvantitatiivset uurimismeetodit. Uurimise läbiviimiseks koostas lõputöö autor küsimustiku ja kogus andmeid erinevatelt elektriauto maaletoojatelt. Kogutud andmeteks olid erinevate elektriautode maaletoojate ohutusjuhendid ja elektriauto ehituse ja ohutuse alase koolituse saanud spetsialistide hinnangud. Erinevate elektriautode ohutusjuhendid andsid lõputöö autorile ülevaate, kuidas ohutult tegutseda ja millest lähtuda, kui on toimunud elektriautoga päästesündmus. Lõputöö autor võrdles erinevaid ohutusjuhiseid, koostas võrdlusest kokkuvõtte ja kasutas saadud kokkuvõtet oma lõputöös.

Küsimustiku vastustest tegi lõputöö autor kokkuvõtte, koostas kokkuvõtavad tabelid ja diagrammid. Küsimustiku tulemustest selgus: küsitletud valimist ei vastanud keegi kõikidele küsimustele õigesti. Analüüsisides küsimustikule antud vastuseid jõudis lõputöö autor järeldusele, et rühmapealikele ja meeskonnavanematele on vaja läbi viia koolitusi elektriautode ehitusest, tööpõhimõttest ja ohutusreeglitest tegutsemisel kustutus- ja päästetöödel, milles on osalenud elektriauto. Seega võib lõputöö autor väita, et käesolevas lõputöös püstitatud hüpotees leidis kinnitust. Tuginedes lõputöös tehtud järeldustele on lõputöö autor veendumusel, et elektriautode ohutusmanuaalide ja energiaallikaga seotud küsimusi on võimalik uute tehnoloogiate arenedes veel täiendavalt uurida. Lõputöö kirjutamise käigus jõudis lõputöö autor järeldusele: olemasolev päästetehnika ja päästevarustus võimaldavad ohutult teostada ja lahendada elektriautoga seotud kustutus- ja päästetöid.

SUMMARY

The subject of the thesis is "Safe fire-fighting and rescue works on accidents with electric cars". The thesis is written in Estonian on 37 pages. It has 1 table, 7 graphs and 2 appendices.

The goal of this thesis was to find out knowledge level of 1st management level (duty officers and crew leaders) on electric cars and safe fire-fighting techniques on the scene. Author raised a hypothesis that the knowledge of 1st management level on electric cars and safe fire-fighting is poor or non-existent. Author of the thesis used qualitative and quantitative research methods. To analyse the knowledge level of the 1st management level on electric cars, author made a questionnaire and collected opinions from Estonian electric car importers.

The data was collected from safety manuals from different car importers and specialists of electrical cars building and safety. Different safety manuals gave the author an overview how to act safely when an accident with electrical cars has occurred. The author compared different safety manuals, made a summary and used it in his thesis.

Author made a summary from the questionnaires, made a sum up charts and diagrams. From the results appeared that no one answered all the questions correctly. Analysing the answers, the author came up to a conclusion that there have to be trainings for the 1st management level about the construction and operating principle of electrical cars, and how to act safely when extinguishing and saving from electrical car. In conclusion it can be said that the hypothesis of the thesis is confirmed.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Agur, U. Laugis, J. 1984. Elektriajamid. Tallinn Valgus

Akude omadused. Välja otsitud Akukeskuse koduleheküljelt www.akupluss.ee 02.05.2012.

Born. Ü. 2011, Rohelise ja jätkusuutliku tuleviku nimel. Silberauto

Car makers begin crash testing electric vehicles, Automotive Engineer; Jan/Feb2011, Vol. 36 Issue 1, p 4-4, 1/2p. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 04.04.2012

ELMO laadimistaristu. Välja otsitud Eesti elektrimobiilsuse programmi koduleheküljelt www.elmo.ee 17.03.2011.

ELMO tutvustus. Välja otsitud Eesti elektrimobiilsuse programmi koduleheküljelt www.elmo.ee 17.03.2011.

Emery, J. D. 2007. Compund factors, Fire Chief; Aug 2007, Vol. 51 Issue 8, p 92-95, 4p. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 04.04.2012

Kasatkin, A. 1974. Elektrotehnika. Tallinn. Valgus

Lahtmets, R. 2002. Elektrotehnika I Alalisvool. Tallinna Tehnikaülikooli Elektriajamite ja jõuelektroonika instituut.

Lahtmets, R. 2002. Elektrotehnika II Vahelduvvool. Tallinna Tehnikaülikooli Elektriajamite ja jõuelektroonika instituut.

Mitsubishi Tehniline koolituse konspekt. 2011, MY i-MiEV

Ojala, T. 2005. Elekter auto kütusena Tehnikamaailm, 5, 70- 73

Puurand, H. 1996. Üldelektrotehnika. Tallinn. Valgus

Pütsep, R. 2008. Elektrotehnika ja elektroonika. Tallinn. Valgus

Seliste, T. 2011. Eesti teedele lisandub tuhatkond elektriautot. Inseneeria, 9, 14-16

Silberauto Reisijate ohutuse juhend. 2011.

VEHO Reisijate ohutuse juhend 2011.

Vörk, R. Mägi, V. 1989. Elektrotehnika. Tallinn Valgus

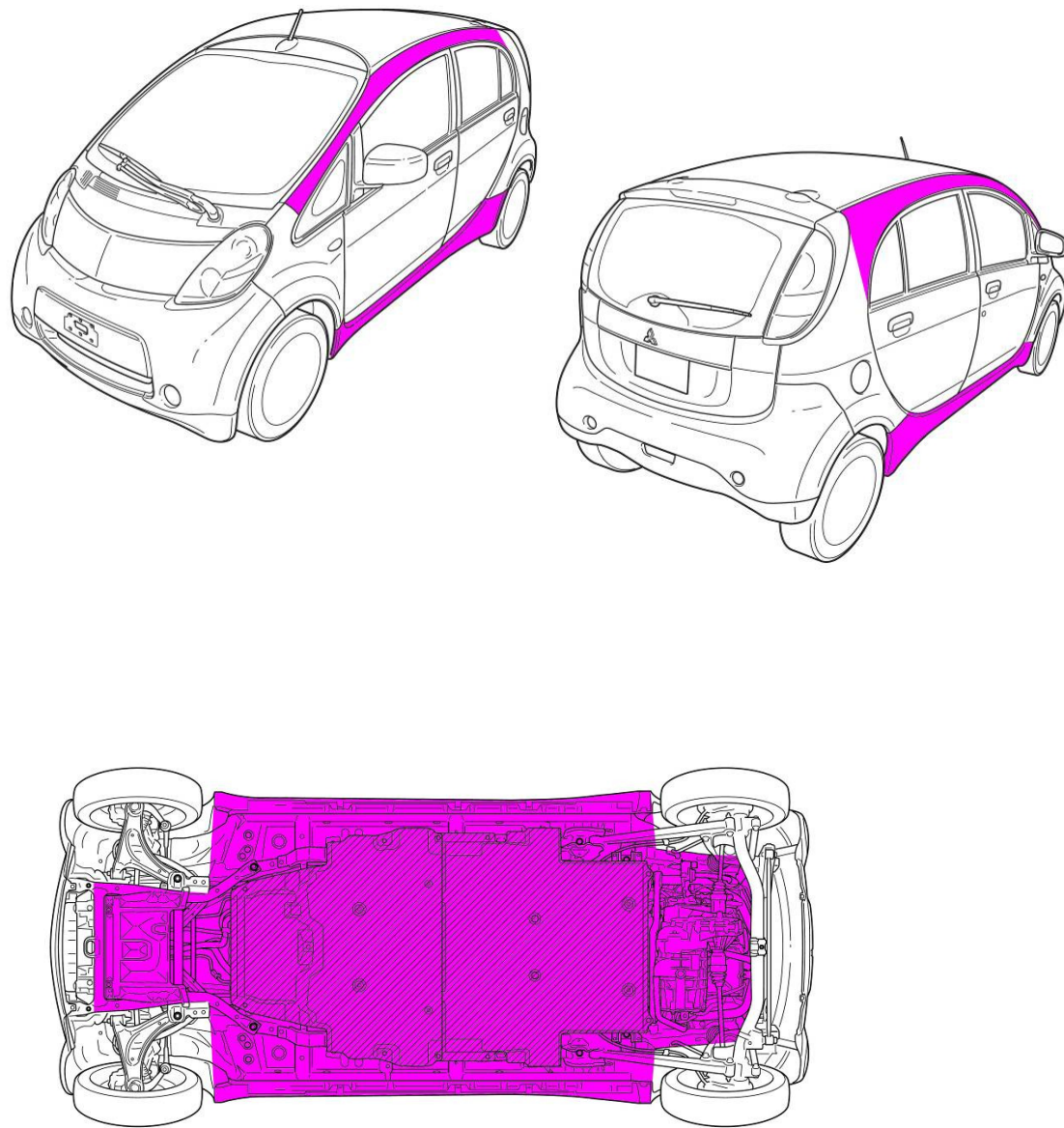
Õnnetuspaika saabuja juhend (Nissan Leaf). 2012 Faktoauto

Suurkivi, T. Marvet, T. 2000. Tuletõrjuja- päästja ABC. AS Pakett

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Elektriauto energia ja jõuseadmed (Tehniline koolitus 2011:5).....	9
Joonis 2. Alalisvoolu graafik (Lahemets 2011:6).....	14
Joonis 3. Kolmefaasiline vahelduvvoolusüsteem (Lahtmets 2002).....	15
Joonis 4. Vastus jaotus küsimusele „Millise värviga on tähistatud elektriauto kõrgepingejuhtmestik?“ (autori joonis)	21
Joonis 5. Vastuste jaotus küsimusele „Kuidas katkestatakse elektriautol vooluringi?“ (autori joonis)	22
Joonis 6. Vastuse jaotus küsimusele „Milliseid elektriauto keredetaile ei tohi lõigata?“ (autori joonis)	22
Joonis 7. Elektriauto aku turvaraam ja aku kaitse. (Silberauto 2012:36)	24
Tabel 1. Küsimustiku kokkuvõte (autori tabel)	20

Lisa 1. Elektriautokere osad mida ei tohi päästetöödel lõigata



Lisa 2. Küsimustik



Lugupeetud vastaja!

Minu nimi on Hinno Üprus. Õpin Sisekaitseakadeemia Päästekolledži IV kursusel. Viin läbi uurimust teemal „Ohutus elektriauto kustutus- ja päästetöödel.“ Küsitluse eesmärk on välja selgitada meeskonnavanemate ja rühmapealike teadmised elektriauto ehitusest ja ohutusest kustutus- ja päästetöödel. Teie vastuseid kasutan oma lõputöös püstitatud eesmärkide täitmisel.

Ankeet on anonüümne, soovi korral võite lisada ankeedi lõppu oma nime.

Palun Teil leida natukene aega ning osaleda uuringus!

1. Mis on elektriauto jõuallikas?
2. Mis tüüpi juhtakusid kasutatakse elektriautodel?
3. Kui suur on toitepinge juhtakudes?
4. Millise värviga on tähistatud elektriauto kõrgepingejuhtmestik?
5. Kuidas katkestada avariilisel elektriautol vooluring?
6. Milliseid keredetaile ei tohi elektriautol löigata?
7. Kuidas peab elektriautot pukseerima?
8. Nimetage kaasnevad ohud kustutus- ja päästetöödel?