



**Hardo Liivapuu**

# **PÄÄSTJATE TEADLIKKUS ELEKTRIAJAMIGA AUTODEST**

**LÕPUTÖÖ**

Tehnikainstituut

Autotehnika õppekava

Juhendaja: Henri Vennikas

Tallinn 2021

## **Autori deklaratsioon ja lihtlitsents**

Mina,

Hardo Liivapuu tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi) Henri Vennikas

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Hardo Liivapuu

*(autori nimi)*

sünnikuupäev: 19.02.1990

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

### **PÄÄSTJATE TEADLIKKUS ELEKTRIAJAMIGA AUTODEST**

*(lõputöö pealkiri)*

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, kuupäev digiallkirjas.

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 ELEKTRIAJAMIGA AUTOD .....	6
1.1 Akupakk.....	9
1.1.1 Elektrolüüt Liitium-ioon akupakis .....	10
1.1.2 Separaator.....	11
1.2 Ohuallikad .....	11
1.2.1 Elektrilöök.....	13
1.2.2 Põleng.....	13
1.2.3 Termiline ärajooks.....	14
1.2.4 Akupakki jääv energia.....	15
2 PÄÄSTJATELE VAJALIKUD TEADMISED .....	16
2.1 Elektriajamiga auto ära tundmine.....	16
2.2 Akupaki asukohad .....	17
2.3 Auto muutmine ohutuks .....	18
2.4 Auto välja lülitamine .....	19
2.5 Auto liikumise tõkestamine, toestamine ja lõikamine.....	21
2.6 Elektriajamiga auto kustutamine .....	22
2.7 Kokkupuude elektrolüüdiga .....	23
2.8 Isikukaitsevahendid .....	24
2.9 Voodiagramm tegutsemaks õnnetusel elektriajamiga auto juures .....	24
3 PÄÄSTJATE TEADLIKKUS.....	26
3.1 Küsimustiku analüüs.....	27
3.2 Praktiline katse .....	29
3.3 Praktilise katse kirjeldus, analüüs, intervjuu .....	30
3.3.1 Päästjate tegevuse kirjeldus.....	30
3.3.2 Katse analüüs.....	32
3.3.3 Päästjate tegevuse võrdlus Toyota tehase manuaaliga.....	32
3.3.4 Päästjate intervjuu .....	36
3.4 Järeldus ja ettepanekud.....	36
3.4.1 Elektriajamiga autode koolitus.....	37

3.4.2 Euro RESCUE.....	40
KOKKUVÕTE.....	41
SUMMARY .....	42
KASUTATUD KIRJANDUS .....	43
LISAD .....	45
Lisa 1. Küsimustik ja küsimustiku vastused .....	46
Lisa 2. Veejagaja hoidja .....	62

## SISSEJUHATUS

Elektrijamitega autode osakaal on järjest enam suurenemas. 2019 aastal oli Eestis registreeritud kokku 746 500 sõiduautot ning nendest 7598 olid elektri- või hübriidautod. Puhtalt elektriautosid oli kokku 1254. [1] Praeguseks on Eestis kokku 909,732 autot, millest elektri- või hübriidautosid 16222, millest omakorda 1924 on elektriautod [2]. Seega on viimase kahe aasta jooksul Eestis kasvanud elektrijamiga autode arv 113%.

Aastal 2017 oli EL riikides kokku 262 miljonit autot, millest umbes 2 miljonit olid elektrijamiga autod. Samamoodi nagu Eestis kasvab järjest ka elektrijamitega autode arv Euroopa liidus aasta-aastalt. Hübriidautosid oli 2017. aastal kokku 1,5 miljonit autot, mida on ligi seitse korda rohkem võrreldes 2013. aastaga. IEA (The International Energy Agency) rahvusvahelise energiaagentuuri andmetel oli 2017. aastal maailmas kasutusel umbes 3,1 miljonit elektriautot, kuid arvatakse, et vähem kui 10 aasta pärast on teedel liiklemas üle 100 miljoni elektriauto. [1]

Kaasa aitab elektrijamiga autode kasvule ka Euroopa komisjoni ettepanek, mis seisneb selles, et emissioone tuleb vähendada. Võrdluses 2021. aastaga on emissioonide vähendamise kohustus 2025. aastaks 15% ja 2030. aastaks 30%. Sellega avaldatakse autotootjatele survet, et toota veelgi enam elektrijamiga autosid. [3]

Sellega kaasneb üha suurem tõenäosus, et sellised autod satuvad erinevatesse õnnetustesse, millele peavad päästjad reageerima. Tähtis on see, et päästjad oskaksid hinnata lisaohte, mis on elektrijamiga autodel ning tunneksid neid ära. Päästesündmuse lahendamisel peab olema ohutus tagatud nii päästjatele, kannatanutele kui kõigile teistele isikutele, kes viibivad õnnetuspaigal.

Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada välja päästjate praegune teadlikkuse tase. Lisaks millised lisaohud ja riskid on elektrijamiga varustatud autodel ning kuidas on võimalik neid vältida. Samuti soovitud, kuidas on võimalik päästjate teadlikkust tõsta.

Uurimustöö jaguneb kolme ossa. Töö esimeses osas käsitletakse levinumaid elektrijamiga autode tüüpe, akupakke, võimalikke ohuallikaid. Teises osas käsitletakse päästjatele vajalikke teadmisi, mis on vajalikud õnnetusse sattunud elektrijamiga autode juures teada. Kolmandas osas analüüsitakse küsimustiku vastuseid ning praktilist katset. Mille põhjal tehakse järeldused ning ettepanekud.

# 1 ELEKTRIAJAMIGA AUTOD

Elektrijamiga autod saavad liikuda puhtalt elektrienergiaga, aga saavad töötada üheskoos sise põlemismootoriga. Kui auto kasutab liikumiseks ainult elektrienergiat nimetatakse seda elektriautoks. Samas kui auto kasutab kahte või enamat energiaallikat, millest vähemalt üks on elektrienergia, nimetatakse seda hübriidautoks. See annab aga mitmeid erinevaid võimalikke kombineerimise võimalusi elektrijamiga autodele. [4]

Elektrijamiga autosid saab jagada erinevatesse klassidesse [5]:

- Akuelektriauto BEV
- Hübriidauto HEV
- Pistikhübriidauto PHEV
- Kütuseelemendiga elektriauto FCEV
- Pikendatud sõiduulatusega elektriauto REEV

Elektrijamiga auto, mis kasutab energiaallikana ainult akupakis olevat energiat, nimetatakse akuelektriautoks või lihtsamini öeldes elektriautoks. Selliste autode võimalik läbitav vahemaa sõltub peamiselt sellest, kui suur on akupakk ning kui suur hulk energiat on sinna talletatud. Läbitavat vahemaad mõjutavad veel mitmed erinevad tegurid. Need erinevad tegurid võivad olla nii sõidutingimused, sõidustiil, auto ehitus, teelud, ilmastik, akupaki tüüp ja ka vanus. Elektrijamiga autod on efektiivsemad kui sise põlemismootoriga autod, sest ligikaudu 80% akupaki energiast kasutatakse ära auto liikumiseks. Elektriautod ise ei erita kasvuhoonegaase. See teeb need eriti sobilikeks sõiduvahenditeks just asulates. Elektriautosid laetakse elektrivõrgust, kuid on võimelised laadima akupakke ka pidurdamisel. Sellist tegevust nimetatakse regeneratiivseks pidurdamiseks. [4], [5]

Hübriidautod kasutavad sise põlemismootorit ja elektrijamit. Hübriidauto kasutab enamasti sise põlemismootorit. Elektrijamit kasutatakse siis, kui pole vajadust suurema jõudluse järgi. Sise põlemismootorit kasutatakse ka akupaki laadimiseks hübriidautodes. Elektrijamit kasutatakse selleks, et täita jõudluses võimalikke tekkivaid tühimikke või kui toimub liikumine väikesel kiirusel. Samuti kasutatakse pigem elektrijamit, kui auto mootor peaks töötama tühikäigul, selleks võib olla näiteks ummikus olemine. Kui sise põlemismootor ei tööta, ei toodeta ka kasvuhoonegaase. Sellise lahendusega on saavutatud ka väiksem kütusekulu. Kui auto liigub elektri jõul ning kui tekib vajadus suurema jõudluse järgi, lülitakse sisse ka sise põlemismootor.

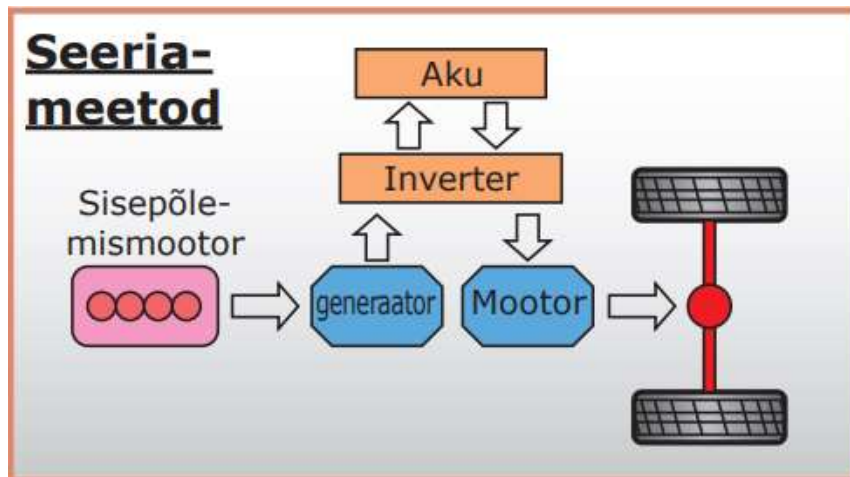
Elektriajam ning sisepõlemismootor saavad koos töötada, et parandada auto jõudlust. Hübriidauto kasutab pidurdamisel tekkivat kineetilist energiat samuti akupaki laadimiseks. Pidurdamisel toimib elektriajam generaatorina ning toimub akupaki laadimine. Hübriidautosid ei ole võimalik laadida elektrivõrgust, nende laadimine toimub ainult sisepõlemismootoriga või pidurdamisel. [4], [5]

Pistikhübriid kasutab sisepõlemismootorit ja elektriajamat nagu ka hübriidauto, kuid siin kasutatakse peamiselt elektriajamat edasiliikumiseks. Sisepõlemismootorit kasutatakse selleks, et anda juurde jõudlust ning laadida akupakki. Sellega pikendatakse tunduvalt võimalikku läbitava vahemaa pikkust. Pistikhübriidil toetab sisepõlemismootor elektriajamat. Pistikhübriidid saavad laadida end elektrivõrgust, sellist eelist pole hübriidautol. Samamoodi nagu hübriidil, kasutatakse ka siin ära pidurdamisel tekkivat energiat, millega laetakse akupakki. Hübriidautosid saab lisaks jagada ehituse järgi. [4], [5]

Kütuseelemendiga elektriauto kasutab kütuseelemente, mis tekitavad keemilisi reaktsioone – seda just elektri tootmiseks. Kõige enam kasutusel olev kütuseelement on vesinik, tihti nimetatakse selliseid autosid just seepärast vesinikautodeks. Toodetud elektrit kasutatakse elektriajami energiaallikana ning üleliigne energia salvestatakse kas siis akupakki või kondensaatoritesse. [4]

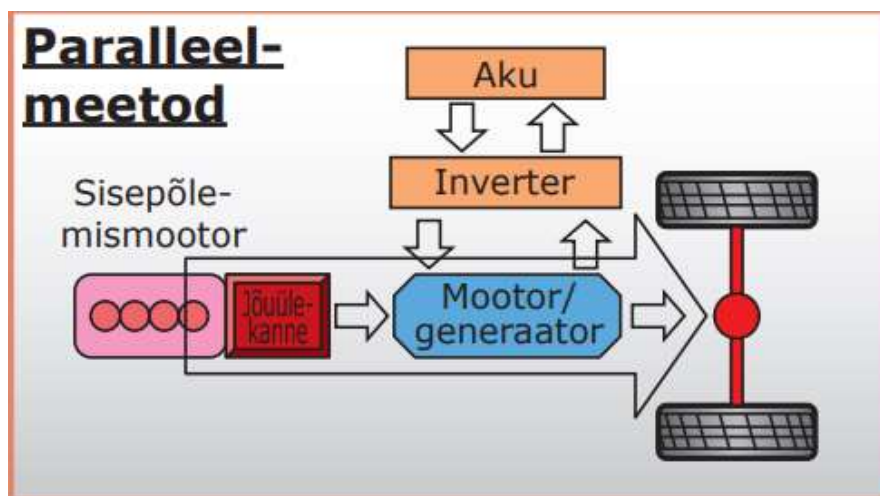
Pikendatud sõiduulatusega elektriauto süsteem on üles ehitatud jadamsi süsteemile. Seal puudub sisepõlemismootoril otsene ühendus ratastega ning autot liigutab edasi ainult elektriajam. Sisepõlemismootor toimib sellise lahenduse puhul generaatorina, millega antakse vajalik energia elektriajamile või laetakse akupakki. Sellele lisaks on pikendatud sõiduulatusega elektriautot võimalik laadida ka elektrivõrgust. [5]

Hübriidautosid on võimalik jagada vastavalt oma ülesehitusele. Nendeks on seeria, paralleel ning kombineeritud. Kui auto on ühendatud seeriameetodil (Joonis 1) siis sellisel juhul viib autot edasi ainult elektriajam. Sisepõlemismootor ei ole otseses ühenduses ratastega ja see laseb sisepõlemismootoril töötada optimaalselt. [6]



Joonis 1. Seeriameetodil hübriidauto [7]

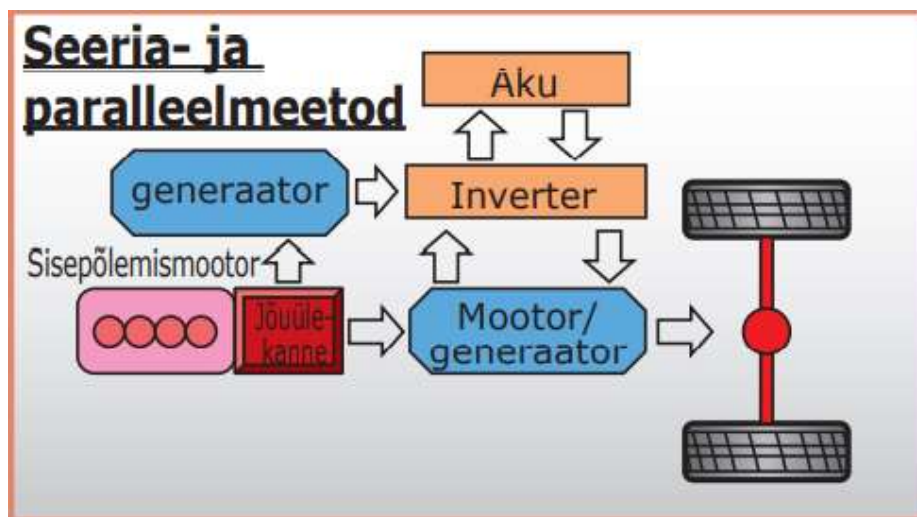
Paralleelhübriididel (Joonis 2) saab jõu anda ratastele nii elekriajam kui sisepõlemismootor. Seda nii koos kui eraldiseisvalt. Paralleelhübriidil on sisepõlemismootoril mehaaniline ühendus ratastega. Sellise lahendusega autodel on enamasti suurem sisepõlemismootor ning väiksem akupakk võrreldes autoga, mis on seeriameetodil ühendatud. [6]



Joonis 2. Paralleel meetodil hübriidauto [7]

Kombineeritud (Joonis 3) hübriidi puhul kasutatakse parimaid omadusi nii seeria- kui paralleel hübriidilt. Siin saab jõu anda ratastele sisepõlemismootor ning elekriajam aitab vajadusel kaasa. Siin on võimalus sisepõlemismootoril kasutada generaatorit, mis annab elektrienergia elekriajamile. [6]





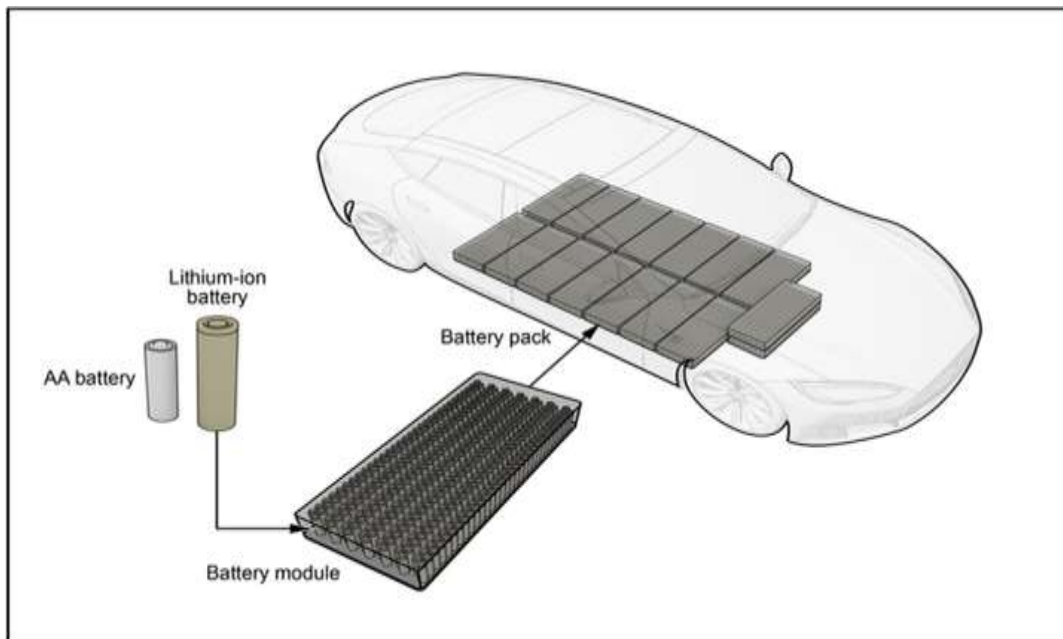
Joonis 3. Kombineeritud meetodil hübriidauto [7]

## 1.1 Akupakk

Elektrijamiga autodes on eelistatud energiasalvesti liitium-ioon akupakk. Seda just oma eeliste pärast, milleks on pikk eluiga, kõrge energiatihendus ja kõrge efektiivsus. Just need omadused teevadki selle sobilikuks kasutamiseks autotööstuses. [6]

Liitium-ioon akupakid on korduvalt laetavad energiasalvestid, kus liitium-ioonid liiguvad anoodi ning katoodi vahel, kuid need on omavahel eraldatud. Laadimise ajal ioonid liiguvad katoodilt anoodi suunas ja kasutamisel ioonid liiguvad anoodilt katoodile. [8] Anood ja katood on elektrolüüti kastetud, mis laseb liikuda ioonidel ühelt poolt teisele poole. Liitium-ioonide liikumine ühelt poolt teisele läbi eraldusmaterjali tekitab keemilisi protsesse, mis omakorda tekitabki voolu. [6]

Akupakk koosneb mitmest erinevast osast (Joonis 4). Nendest väikseim osa on akuelement, mille pinge on piiratud. Akuelemendi pingeks on umbes 4 volti. Energia mahu suurendamiseks pannakse kokku omavahel mitmed akuelemendid, millest valmivad moodulid. Moodulites on ühendused tehtud jadamaisi ja/või paralleelselt. Kõik oleneb sellest, kas tahetakse tõsta voolutugevust või pinget. Akude arv moodulites varieerub, kuid moodulis olev pinge jääb üldjuhul alla 60 voldi mooduli kohta. Pinge, mis on rohkem kui 30 volti vahelduvvoolu või 60 volti alalisvoolu, loetakse inimesele kahjulikus. Selline pinge, mis ületab antud näitajad, loetakse autotööstuses kõrgepinge alla. Mooduleid omavahel ühendades saadakse akupakk. [6] Akupakkides olev pinge on tavaliselt 300 – 400 volti, teinekord isegi enam [9].



Joonis 4. Akupakk ning selle osad [9]

### 1.1.1 Elektrolüüt Liitium-ioon akupakis

Elektrolüüdid, mida kasutatakse akupakkides on enamasti orgaanilised. Tegemist on väga tuleohtliku lahusega. Elektrolüüt koosneb tavaliselt lahustunud sooladest ja orgaanilisest karbonaat lahusest. Elektrolüüdi koostis on olnud mõnda aega muutumatu. Seda seepärast, et elektrolüüdi komponendid on väga tundlikud, lisandid on muutunud tõhusamaks ning tööstus ei taha oma välja töötatud tarneahelat muuta. [6], [8]

Kui toimub termiline ärajooks, siis selle tulemusel elektrolüüt hakkab lagunema ja see tekitab suures koguses gaase. Tekkiv gaas tõstab akupakis/akumoodulis olevat rõhku, mis viib selleni, et tekkiv rõhk vabastatakse. Üheks vabastamise viisiks on akupaki/akumooduli lõhkemine. See aga on suureks ohuks, kuna osa tekkinud gaasist on mürgine, ning sellisel viisil eraldub ohtlikke akupaki/akumooduli osi. Gaasiga kokku puutudes on oht tervisele ning peale kokkupuutumist on vajalik pöörduda arsti poole. [8]

Kui akupakist peaks lekkima elektrolüüti, tuleks päästjatel üritada seda lahjendada/neutraliseerida või kokku koguda. Sobilik moodus selleks on lastes akule/lekkekohale suures koguses vett, mis aitab ka akupakki ennast jahutada. Teisalt elektrolüüti on sobilik kokku koguda nii riidelappidega kui absorbendiga, kuid kindlasti peab kasutama sel ajal isikukaitsevarustust, milleks on kaitseprillid, isoleeritud saapad/kindad, kaitserõivastus. [10]

### 1.1.2 Separaator

Separaator on elektriliselt isoleeriv materjal, mis on paigutatud anoodi ja katoodi vahele. Separaatoril on mitu ülesannet. Üheks ülesandeks on separaatoril, et see ei lase positiivsel ja negatiivsel elektroodil omavahel kokku puutuda, teisalt loob see tee ionide transpordiks. Kasutatav separaator ei rohi reageerida ega laguneda kasutatavas elektrolüüdis ning see peab olema nii keemiliselt kui ka elektrokeemiliselt stabiilne. [11]

Kui separaator peaks sulama, purunema, kokku tõmbuma või mõnel muul moodusel saama kahjustada, siis sellega tekib oht sisemiseks lühiseks. Purunemisel võib tuua see endaga kaasa suure soojusväljundi, millele järgnevad kontrollimatud keemilised reaktsioonid. See tekitab aga suure koguse gaase, mis võivad viia korpuse lõhkemiseni. [6], [11]

Heal separaatoril on järgmised omadused [11]:

- Hea elektriline/elektroniline isolaator
- Minimaalne võimalik ioonitakistus
- Head mehaanilised omadused
- Keemiline vastupanu lagunemise vastu
- Elektrolüüt saab selle kergesti märjaks teha
- Ühtlane paksus

## 1.2 Ohuallikad

Põlengud on ohuks, mis käivad autodega kaasas. Enamik põlengud ning taas süttimised saavad elektriajamiga autodes alguse just akupakist. Kuigi akupaki iseeneslik süttimine on vähetõenäoline, on see vastuvõtlik välistele vigastustele, kuumusele ja elektrilöökidetele, mis võivad tekkida äärmuslikes olukordades või avariides. Selle tulemusel võib juba akupakk puruneda, pilduda sädemeid, eraldada mürgised ja tuleohtlikke gaase, süttida põlema ning on võimalus plahvatuses. [12] Teiseks suuremaks ohuallikaks on võimalik elektrilöök erinevates kõrgepingekomponentidest [9]. Võimalikud ohud on nähtavad (Joonis 5), kus auto avarii tulemusena on toimunud põleng ning on nähtavad kõrgepingekomponendid, kus on olnud oht elektrilöögiks.



Joonis 5. Avarii, kus on toimunud põleng ning on nähtavad kõrgepingekomponendid [13]

Akud peavad läbima erinevaid ohutusteste, et saaks vastavalt oma kasutuskohale sertifitseeritud. Selleks võib olla nii kaasaskantav elektroonika kui ka autotööstuses kasutusel olevad akud. Samuti peavad kõik akupakid vastama standarditele, mis on kirja pandud rahvusvaheliselt, riiklikult kui ka piirkondlikult. Standardid on välja töötatud uuringute, tööstuses oleva kogemuste, akadeemiliste ringkondade ning reguleerivate asutuste poolt. [8]

Erinevad ohutustestid, mida akud peavad läbima on [8]:

- Mehaanilise šoki test
- Akupaki kukutamise test
- Läbitungimise test
- Uputamise test
- Kokkupõrke test
- Ümbermineku test
- Vibratsioon test
- Elektrilised katsed
- Keskkonna katsed
- Keemiliste ohtude test

Teste viiakse läbi selleks, et mõista ja välja selgitada akupakkide võimalikud nõrkused ning haavatavad/ohtlikud kohad. Olgu selleks nii igapäevane kasutus või rasketes tingimustes kasutamine. Nendeks on sellised olukorrad, kus võib tekkida termiline ärajooks. Näiteks, tootmisel tehtud vea puhul, mis võib lühise tekitada ning millest võib alguse saada termiline ärajooks. Seega võib öelda, et termiline ärajooks võib saada alguse nii akupaki siseselt kui väliselt. [8]

### **1.2.1 Elektrilöök**

Elektriajamiga autod küll ei tohiks kujutada endast suuremat ohtu, kuid kui avarii või mõne muu õnnetuse tagajärjel on saanud kannatada akupakk ja/või selle ohutusmeetmed, on olemas võimalus saada autolt elektrilöök. Inimese keha on võimeline voolu juhtima, kui see puutub kokku mõne vooluallikaga. See kui suurt voolu keha läbib sõltub mitmetest teguritest. See oleneb nii inimese soost kui ka näiteks sellest, kas nahk on märg või kuiv jne. Inimestele ohutuks vooluks peetakse kuni 60 volti alalisvoolu ning 30 volti vahelduvvoolu, kuid elektriajamiga autod ületavad need näitajad oluliselt. [9]

Selleks, et tõsta ohutust, on vaja isoleerida kahjustada saanud kõrgepingekomponendid ning jälgida, et akupakk poleks auto kerega maandatud. Kahjustada saanud kõrgepingekomponent tuleks katta seega esimesel võimalusel isoleerteibiga [10]. Juhul, kui õnnetuses on kahjustada saanud kõrgepinge komponentide isolatsioon, siis isik kes puudutab autot, võib saada osaks kõrgepingesüsteemist. See aga tähendaks suuri vigastusi või halvemal juhul surma. [9]

Kui auto on jäänud vee alla, aga on veel laadijaga ühendatud, on oht, et auto kere on jäänud voolu alla [6]. Samas juhusel, et auto on vee all jäänud, kuid laadija ei ole ühendatud, ei ole ohtu elektrilöögile. Väikesed mullid, mis võivad eralduda sel ajal kui sõiduk on vee all, tuleneb sellest, et vool liigub akuterminalide vahel akupakis. Sel ajal toimub reaktsioon, millega eraldub vesinikku ning hapnikku. Kui enam ei ole mulle näha, on akupakk täielikult tühjenenud. [14]

### **1.2.2 Põleng**

Põlengud elektriajamitega autodes toovad esile mitmeid võimalikke ohte. Võimalus on saada peale põlengut elektrilöök mõnest kõrgepingekomponendist, mille isolatsioon on saanud kahjustada. Üheks ohuks on veel kahjustada saanud aku, milles võib toimuda kontrollimatu tõus temperatuuris ja rõhus. See võib viia mürgiste gaaside vabanemiseni, akude lõhkemiseni, akude põlemiseni ning uuesti süttimiseni. Riskid elektrilöögile ja aku põlengule või uuesti süttimisele tuleneb sellest, et viga saanud akupakis on energia ikka veel alles. [9]

Kui auto on vee all ja seal on näha mulle, on tegemist tuleohtlike gaasidega, mis võivad süttida. Sellega on tekkinud ka võimalik plahvatusoht. [14]

Kui on toimumas elektriajamiga auto põleng, siis just akupakk on see, mis on põlengu peamine põhjustaja. Mida rohkem energiat akupakis on, seda suurem on ka risk põlenguks ning seda suurem ka põleng võib olla. On olemas mitmeid erinevaid põhjuseid, mis on viinud põlenguni ning need saab jagada kategooriatesse [12]:

- Elektriajamiga sõiduk satub põlengusse sel ajal, kui see on paikne. Seda võib põhjustada ekstreemne ilmastikutingimus, kõrge niiskus kui sisemine rike.
- Elektriajamiga sõiduk satub põlengusse laadimise ajal. Põhjuseks võib olla ülelaadimine, kuid sagedamini on selleks vigased või ebaturvalised laadimisjaamad ja/või laadimiskaablid.
- Elektriajamiga akupakk on saanud kannatada liiklusõnnetuses või on teisiti kuritahtlikult kasutatud. Akupaki kahjutused on nii suured, et see süttib õnnetuse ajal või vahetult peale seda.
- Akupakk on saanud termilisi kahjustusi ning peale esialgset kustutamist see süttib uuesti.
- Elektriajamiga auto on põlema süttinud välistest teguritest. Selleks võib olla nii süütamine või mõni muu põleng auto läheduses.

### 1.2.3 Termiline ärajooks

Iga akupaki jaoks on olemas temperatuuri ning pinge vahemik, kus ta on mõeldud töötama. Väljaspoole seda vahemikku võivad tekkida soovimatud reaktsioonid ja/või lühised. Need reaktsioonid võivad alguse saada tootmisveast kui valest kasutamisest. Samas võib see olla ka mehaaniline, elektriline või termiline defekt. Kui see jätkub, siis need reaktsioonid või lühised võivad viia akupaki ülekuumenemiseni. See võib edasi kasvada kontrollimatuks temperatuuri ja rõhu tõusuks, mida nimetatakse termiliseks ärajooksuks. [11]

Enamasti on selle põhjuseks lühis akuelemendis, mille tulemusel tekib kuumus. See kuumus tekitab erinevaid võimalikke reaktsioone. Nendeks reaktsioonideks on aktiivsete materjalide lagunemine, reaktsioon anoodi materjalil ja elektrolüüdil, kui ka separaatori ning katoodi lagunemine. Lühise põhjustaja võib olla tootmisviga või akuelemendi vigastamine. Vigastamine võib olla nii mõni torge, kui kahjustada saamine kokkupõrkel suurel kiirusel. Samamoodi võib reaktsiooni tekitada akuelemendist väljaspool olev põleng. See reaktsioon võib minna edasi ühest akuelemendist ning tekitab sellega dominoefekti. [9], [12]

Termiline ärajooks mõjutab akupaki laetuse taset, temperatuuri ja seal olevat rõhku. Akupaki pinge kukub järsult enne termilise ärajooksu algust, seda elektroodide lagunemise tõttu. Samal ajal on toimumas temperatuuri tõus, kuna kuumust tekib rohkem kui seda jõuab ära hajuda. Samuti toimub sel ajal rõhu tõus, kuna toimub elektrolüüdi aurustumine. [15]

Termilist ärajooksu iseloomustavad sageli suur kogus tumedat suitsu, sädemed ning leegid. Kui see protsess on alanud siis tuleb suitsu selleks ette nähtud ohutuskappidest või akupaki korpuses olevatest vigastustest. See suits on segu tuleohtlikust ning mürgisest gaasist ja see võib süttida läheduses olevast leegist, sädemest või kaarleegist. [12]

Peamised ohud kuumuse ja rõhuga, mis on seotud termilise ärajooksuga on [11]:

- Kõrge temperatuuriga elektrolüüdi aurude vabanemine. Seda nii läbi kaitseklapi või akupakis korpuse vigastustest.
- Tuleohtliku elektrolüüdi aurude süttimine/põlemine
- Ülerõhk ja selle tulemusel võimalik akupaki lõhkemine

Kui puudub rõhualandus klapp või mingil põhjusel see ei toimi, on võimalikuks ohuks ka akupaki korpuse purunemine. Lisaks peamistele ohtudele on veel lisaks [11]:

- Mürgised ning kokkusobimatud materjalid
- Lämmumisoht
- Läheduses olevate autoosade süttimine ning põlemine
- Põlenud isolatsiooni ning isolaatori tõttu elektrilöögi oht

#### **1.2.4 Akupakki jääv energia**

Isegi kui akupakk on saanud kannatada, siis selles olev energia jääb ikka alles akuelementidesse ning moodulitesse, mis on jäänud terveks. See energia võib panna kõrgepinge akupaki süttima isegi peale seda, kui päästjad on akupakki juba korduvalt kustutanud. Päästjatel pole võimalik teada, kui palju energiat on veel kahjustada saanud akupakis alles. Samuti pole päästjatel võimalik seal olevat energiat ära kasutada ega võimalik teisiti akupakki energiast tühendada. Üheks võimaluseks on lasta akupakil lõpuni ära põleda, sest peale põlengu lõppu on kõik akupakis olev energia vabanenud. [9]

## 2 PÄÄSTJATELE VAJALIKUD TEADMISED

Päästjad peaksid oskama ära tunda elektriajamiga auto, kuidas läheneda sündmusel autole ning kuidas ohtudele reageerida. Kui on kindlaks tehtud, et tegemist on elektriajamiga autoga, tuleb sellest õnnetuspaigal olijaid teavitada, kuna tegemist on kõrgepingega [16].

### 2.1 Elektriajamiga auto ära tundmine

Elektriajamiga autot võib olla raske ära tunda, kuna väliselt näevad nii elektriajamiga auto kui tavapärase sise põlemismootoriga auto sarnased välja. Seega on väga oluline teada, millise autoga on tegemist, et teha õigeid otsuseid ohtude minimaliseerimiseks. [6] Üheks lihtsamaks võimaluseks on küsida õnnetuses osalenud inimeste käest, et millise autoga on neil tegemist.

Autod, mis on uuemad kui 2018 a. peavad olema Euroopas varustatud eCall süsteemiga. Süsteem on võimalik aktiveerida manuaalselt ise nuppu vajutades või auto teeb seda automaatselt. Automaatselt toimib see siis, kui autos olev turvapadi on avanenud õnnetuse tõttu. Selle tulemusel toimub ühenduse loomine häirekeskusega. Samal ajal saadetakse ka häirekeskusesse minimaalne andmekogum auto kohta. Andmekogum on jaotatud kaheks, millest esimeses osas on informatsioon auto kohta. Selleks on auto viimane asukoht, auto VIN kood ning millist kütust sõiduk kasutab või kas on tegemist elektriajamiga varustatud auto. Teist andmekogumi osa võib tootja kasutada vastavalt enda äranägemise järgi. [17]

Kõige kergem on ära tunda elektriautot, kuna nendel puudub väljalaskesüsteem, mis on sise põlemismootoriga autol. Kuid teinekord võib avarii olla nii tugev, et autod on saanud kõvasti kannatada. Seega võib olla sellise sõiduki ära tundmine siiski raskendatud. Abiks on kõrgepingesüsteemi eest hoiatavad kleebised ning oranži värvi kõrgepingekomponentide värv. [6]

Mõnikord on päästjal võimalik näha autos olevaid näidikuid. Sealt otsima sõnu või muid võimalikke sümboleid, mis viitaks sellele, et tegemist on autoga, millel on elektriajam. Teinekord on võimalik näha ka kas auto on „On“ või „Ready“ asendis või siis on nähtav aku laetuse tase. [16]

Paljusid elektriajamiga autosid on võimalik ära tunda märgistuste/kleebiste järgi, mis üldiselt asuvad sõiduki küljel või tagaosas. Alati tasuks otsida autol olevaid luuke, mis võiksid viidata sellele, et tegemist on elektriauto või pistikhübriidiga. Luugid võivad peita nii seda, kus saab sõidukit tankida või siis teisel juhul kohta, kus saab autot laadida. Kui sõidukil juhtub olema rohkem kui üks luuk, võib see tähendada, et tegemist ongi pistikhübriidiga. Kuigi mõningatel



elektriautodel on ka rohkem kui üks laadimispistik. Kui autol on üks luuk, tuleks see avada ja vaadata, kas tegemist on tankimise või laadimiskohaga. Samas tuleb meelde jätta seda, et selle põhjal ei saa kindlalt selgust, kas auto on varustatud suuremamahulise akupakiga. Osadel hübriidautodel ei ole laadimispistikut, kuid nad võivad ikkagi olla varustatud näiteks 47 voldise liitium-ioon akupakiga. [6]

Teinekord pole võimalik sõidukit kohe ära tunda – oleks hea kui oleks olemas baasteadmised elektriajamiga autodest. See tähendab seda, et teatakse, kus enamasti on erinevad kõrgepingesüsteemi osad. Samuti teatakse seda, et akupakid asuvad enamasti sõiduki põhjaosas, eemal nendest piirkondades, mis peaksid avarii korral kõige rohkem muljuda saama. [6]

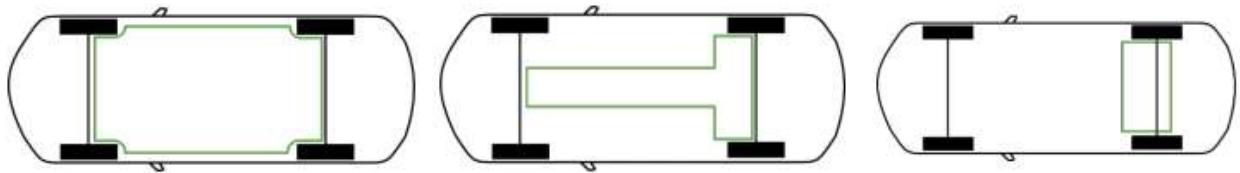
Päästjatel on alati võimalus sündmusel olles häirekeskusest saada ka vajalikku lisainfot, mis tundub neile oluline. Sündmusel küll teavitatakse auto numbrimärk päästekorraldajale, kuid päästekorraldaja üldjuhul ei tegele selle infoga edasi, mis aitaks välja selgitada, kas tegemist on bensiin-, diisel-, hübriid- või elektriautoga. Seega ei edestata ka sellist info päästeressursile, kuigi võimekus on olemas. Päästekorraldaja ei küsi hädaabi kõne teinud isikult mis autoga on tegemist, kas elektriajamiga või mitte, juhul kui isik pole seda ise maininud. [18]

## **2.2 Akupaki asukohad**

Akupakid on vajalik ehitada sõiduki konstruktsioonidesse. Selle eesmärgiks on võimalikult suur akupaki mahutavus ilma ohutuses järeleandmisi tegemata. [6]

Levinud praktika on paigutada see sinna, kus sõiduki kere on enim tugevdatud ning mis peaks õnnetusse sattumisel olema kõige vähem mõjutatud. See on sõitjate ruumi lähedus, nii üritatakse vähendada ohte, mis võivad akupakki vigastada. Kõige ohutum ruum asub sildade vahel ning keset sõiduki kere. [6]

Elektriajamiga autode puhul on selleks kolm enamlevinud moodust (Joonis 6). Nendeks on põrandas asetsev, T- kujuline (samuti auto põrandas) ning tagumise silla läheduses asetsev. Põranda lahendusel on akupakk sõiduki põrandas nelinurkse kujundusega. T-kujulise puhul on akupakk T - kujuliselt auto põhjas. Kolmas võimalus on taga olev akupakk, mis asetseb tagumise silla läheduses, kuid selle täpne asetus ja kuju sõltub juba tootjast. [6]



Joonis 6. Akupakkide asetused [9]

### 2.3 Auto muutmise ohutus

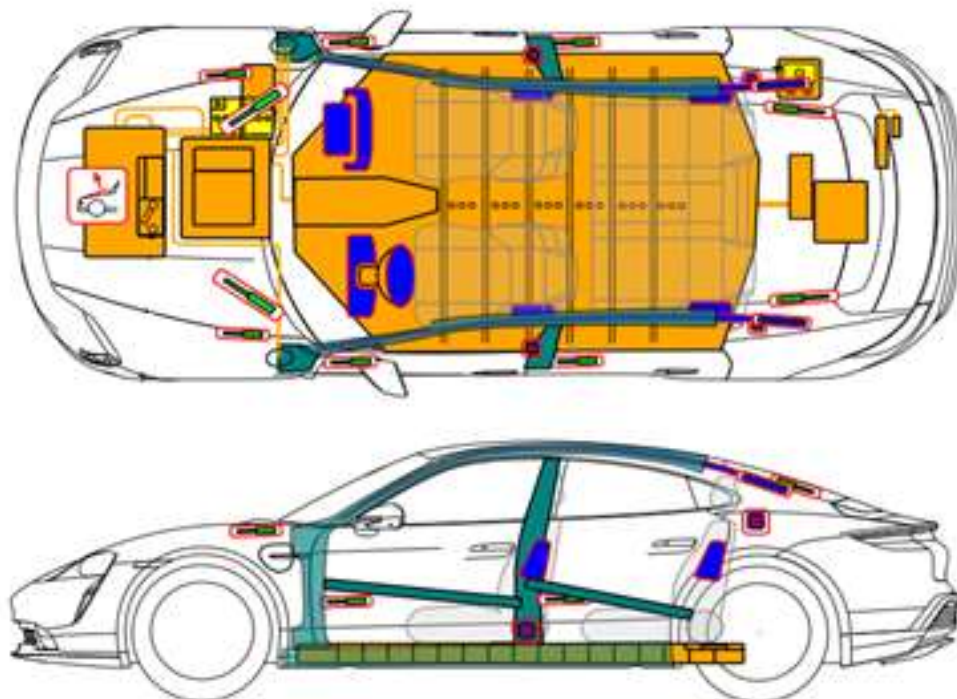
Elektriajamiga autodes on ka tavapärase 12-voldine aku. Selle aku pealt toimivad paljud auto lisaseadmed ja seda kasutatakse samuti kõrgepinge süsteemi juhtimiseks. Kui lõigata läbi 12-voldine aku maandusjuhe, siis selle tulemusel ei ole võimalik enam autot sisse lülitada. Samas kui auto on juba sisselülitatud, siis selle tegevusega ei pruugi lülitada auto välja. Kuna DC/DC (alalisvoolu) muundur võib hoida kontaktid suletuna. Seega tuleb kõigepealt veenduda, et kõrgepingesüsteem on välja lülitatud. [16]

Kui mingil põhjusel päästjad ei saa ligi 12-voldisele akule ega kaitsmetele, on üks võimalik alternatiiv hoolduspistiku eemaldamine, et lülitada välja kõrgepingesüsteem. Kuid seda peaks kasutama kõige viimase variandina. Samuti ei ole seda võimalik teha sel ajal, kui auto on põlemas. Kõigepealt tuleb auto kustutada ning seejärel eemaldada pistik. [16]

Elektriajamiga autodel on sisseehitatud automaatsed kaitsmeetmed elektrilöögi vältimiseks. Kuid need meetmed võivad olla viga saanud ja on alati olemas võimalus, et need ei toimi. Näitena võib tuua kannatada saanud releed kõrgepingesüsteemis, mis on tavaliselt avatud asendis kuid avarii tulemusel on relee jäänud suletud asendisse. [16]

Üheks ohutust suurendavaks abinõuks võib olla ka akende alla laskmine, uste ning luukide avamine enne 12-voldise süsteemi lahti ühendamist. Kuna pärast 12-voldise süsteemi lahti ühendamist ei ole võimalik enam neid avada, sellega vähendatakse võimalust koguneda tuleohtlikutel gaasidel. [10]

Elektriajamiga auto tootja peab väljastama konkreetsed juhised iga mudeli kohta. Kuidas toimub välja lülitamine, kus asuvad erinevad komponendid (Joonis 7) jne. Tootjad on kohustatud välja andma ohutusala infot selleks, et vähendada riske, mis on seotud kõrgepingesüsteemiga. Valed võtted võivad põhjustada tõsiseid vigastusi või surma. [12]



Joonis 7. Pääste ohutusleht [19]

## 2.4 Auto välja lülitamine

Vähendamaks kõrgepingest tulevaid riske on tootjad lisanud võimalusi, kuidas saab lahti ühendada akupakki teistest kõrgepingesüsteemi komponentidest. Päästetööde ajaks kõrgepingesüsteemi välja lülitamata jätmine võib tuua kaasa raskeid kehavigastusi ning isegi surma [10]. Tulenevalt erinevatest tootjatest on ka erinevad moodused, kuidas seda teha. Kõik sõltub sellest, millist lahendust tootja endale sobilikuks peab. Kõrgepingesüsteemi komponendid on alati oranži värvi. Samas tuleb meelde jätta see, et isegi kui ühendatakse lahti kõrgepingesüsteemist akupakk, siis sellega ei eemaldata akupakis olevat energiat. [9]

Vastavalt standardile SAEJ2990, milles käsitletakse ohte, millega peavad päästjad arvestama õnnetustesse sattunud elektriajamiga autode juures. Standardile vastavalt on soovitatud, et tootjad hõlmaksid vähemalt kahte meetodit, kuidas lahti ühendada kõrgepingesüsteem. [9], [16]

Soovitatud meetodid on [9], [16]:

- Automaatne väljalülitus õnnetuse korral
- Lülitada süüde asendisse OFF
- Läbi lõigata 12 voldine süsteem ja DC/DC muunduri 12 voldine väljaminek
- Manuaalse pistiku eemaldamine

Näitena võib tuua Porsche Taycan, kus süüte välja lülitamine toimub siis kui Start-Stop nuppu vajutatakse ilma piduripedaalile vajutamata. Enne seda tuleks vajutada käigulüliti asendisse P, sellega rakendatakse ka seisupidur. Autol on kaks lisamoodust kuidas kõrgepingesüsteem hädaolukorras välja lülitada. Üheks mooduseks on hoolduspistiku eemaldamine, mis asub auto esiosas. Teine moodus on kaitsmete eemaldamine, kuid need asetsevad auto tagaosas. [19]

SAEJ2990 standardi järgi ei tohiks manuaalne pistiku eemaldamine kunagi olla esimene variant, kuidas lahti ühenda kõrgepingesüsteem. Pistiku paigutus ning lahti ühendamine on väga erinevalt tootjatel lahendatud. See teeb pistiku lahti ühendamise seega ebaefektiivseks ning olenevalt õnnetusest võib olla pistikule ligipääs raskendatud. Samuti ei pruugi olla päästjatel vajalikku isikukaitsevarustust, et seda ohutult teha. [9]

Elektriajamiga autod on ehitatud selliselt, et need oleksid võimalikult ohutud. Seda ka juhul, kui auto on täielikult vee all. Kõrgepingesüsteem on isoleeritud auto kerest ning sellest ei tohiks tavaoludes elektrilööki saada. Kuid kui auto on veel all, ei tohi mitte mingil juhtudel eemaldada hoolduspistikut. [14]

Kõrgepingesüsteem üheks väljalülitamise mooduseks on ettenähtud kaitsme(kaitsmete)/relee (releede) eemaldamine, mis asub (asuvad) kaitsmekarbis. Juhul kui ei teata, milline kaitse/relee selle jaoks on ette nähtud, on soovituslik eemaldada kõik kaitsmed kui ka releed. Kui see pole võimalik siis alles proovida eemaldada autol olev hoolduspistik, et välja lülitada kõrgepingesüsteem. Mõningatel autodel ütleb juhend, et süsteem lülitab kõrgepingesüsteemi välja, kui turvapadjad on avanenud. Teistel mudelitel jällegi seda, et vajutades start/stopp nuppu käivitub automaatne kõrgepingesüsteemi katkestus. [9]

On harv juhus, et kui auto on saanud väga tõsiselt vigastada, siis ei pruugi kõrgepingesüsteemide väljalülitamine toimida. Päästja peab sellises olukorras olema äärmiselt ettevaatlik ning mitte olema riskialdis. Seda selleks, et ei päästja ega kannatu ei saaks elektrilööki. [18]

## **2.5 Auto liikumise tõkestamine, toestamine ja lõikamine**

Tähtis on auto liikumine takistada. Selleks kasutatakse samu meetodeid nagu tavalise sisepõlemismootoriga autode puhul, milleks on tõkiskingad. Soovituslik on tõkestada üks esimene ning üks tagumine ratas. Elektriajamiga auto puhul ei saa kindel olla, kas auto töötab või mitte. Seega võib sõiduk liikuda gaasipedaali vajutamisega. Kui on võimalik, tuleks autol kasutada ka seisupidurit ning panna auto „Park“ asendisse. [16]

Auto toestamisel (stabiliseerimisel) tuleb jälgida, et toetuste paigaldamisel ei tõstetaks autot. Mõningastel juhtudel, kui pole piisavalt toetuseks sobilikke vahendeid, on võimalik auto rehvidest õhk välja lasta. Selle tegevuse käigus vajub auto paigaldatud toetuste peale. Toetuste paigaldamisel tuleb mõelda ette, et toetused ei segaks võimalikke auto lõikamisi. [10]

Elektriajamiga autot ei tohi toetada kõrgepingekomponentide lähedusest. See kehtib kõige rohkem just akupakile, kuna sellega võib tekitada akupakile vigastusi. [16], [18]

Mõningatel kordadel on vajalik kannatanu autost eemalda ning selleks on vaja autot lõikuda. Kui päästjad tunnevad ebatavalisi ning ärritavaid lõhnu, peaksid nad kasutama isikukaitsevarustust ning hingamisaparaate. Lisaks kasutada ka ülerõhuventilaatoreid, et vältida ohtlikke gaaside kogunemist ning vähendada sellega ohtu kannatanule kui iseendale. Samal ajal peaks ka jälgima akupaki olukorda ning poleks viiteid sellele, et akupakk võib süttida. [16]

Lõikamise ajal peavad päästjad vältima kõrgepingekomponentidega kokkupuudet ning ei tohiks lõigata ühtegi kõrgepinge komponenti ega kõrgepingekaablit. Enne igat lõikamist tuleb veenduda, et ühtegi kõrgepingesüsteemi osa ei kahjustata selle tegevuse juures. Samamoodi kui avatakse mõni keredetail, tuleks kõigepealt avada minimaalselt ning veenduda, et seal taga pole ühtegi kõrgepingesüsteemi osa. Vastavalt auto ehitusele ei ole võimalik teinekord teatud tehnikaid kasutada, milleks võib olla pagasiruumist sisenemine või juurdepääsu tee rajamine auto põhjast. [16]

## 2.6 Elektriajamiga auto kustutamine

Elektriajamiga auto kustutamiseks ei ole vaja eritehnikat ega erikustutusvahendeid. Kuid põlengu kustutamise raskus sõltub mitmest erinevast tegurist [14]:

- Akupaki asukoht ja suurus
- Põlengu ulatus akupakis
- Kustutusvahendi ligipääs akupakile
- Võimalikud avad korpuses, mis võimaldavad kustutusvahendil minna otse põlevale akuelemendile

Kustutamisel tuleb eemale hoida oranži värvi kõrgepingekaablitest ning komponentidest, mis on kõrgepinge tähistusega. Juhul kui põleng on hävitanud tähistusi või on need teisiti kannatada saanud, tuleks ohutuse tõttu eemal hoida kõigist elektrilistest komponentidest. Kustutamiseks ei tohi kunagi lõhkuda kõrgepingeakut ega selle ümbrist. [16]

Samuti ei tohiks päästjad jõuga siseneda mootoriruumi, et saada ligipääsu kustutamiseks. Seda nii lõikumise kui lahti murdmisel, näiteks heebliuga. Sellega võib vigastada mõnda seal asetsevat kõrgepingekomponenti, mille tulemusel võib saada elektrilöögi. [16]

Autod, mis on varustatud liitium-ioon akupakkidega on raskem kustutada, need nõuavad suuri koguseid tulekustutusvahendit ning need võivad hiljem uuesti süttida. Uuesti süttimistega on raske tegeleda, kuna see võib toimuda igal hetkel. Üks võimalus on lasta akupakil lõpuni põleda, see kaotab võimaluse, et akupakk oleks võimeline hiljem uuesti süttima. Enamasti ei ole see võimalik ning akupakk on vaja ära kustutada. [12]

Kui kustutatakse süsihappegaaskustutiga või mõne muu kemikaaliga, siis sellega saab põlengu küll ära kustutada, kuid see ei jahuta maha akupakki ning sellega jääb suurem võimalus hiljem uuesti süttimiseks. Veega kustutades on võimalik akupakk nii kustutada kui maha jahutada. [12]

Põhiline rõhk peaks olema akupaki maha jahutamisel, milles on tekkinud termiline ärajooks. Raskeks teeb selle see, et ligipääs ning nähtavus akupakkidele on vähene. Seda juba sellepärast, et kaitsta akupakki vee ning tolmu eest tavaoludes, kuid samuti kaitsta seda kokkupõrkel saadavate võimalike vigastuste eest. [12] Kuid vesi ongi see, mis jahutaks maha üle kuumenenud akupaki ja peataks termilise ärajooksu ning edaspidise süttimise. [9]

Termokaamera on heaks abivahendiks, mis aitab jälgida akupaki temperatuuri, kas see on tõusmas või mitte. Selle põhjal on võimalik veenduda, kas on toimumas seal termiline ärajooks või mitte. [16]

Katsed, mis on tehtud elektriajamiga autode kustutamisel on näidanud, et kustutamiseks on vaja suuri vee koguseid. Soovituslik minimaalne vee kogus, mis on vajalik olnud ühe elektriajamiga auto kustutamiseks, on olnud ligikaudu 10000 liitri vett, aga see ka sõltub akupaki asukohast ning suurusest. Suur veekogus on vajalik just raskesti ligipääsetavuse tõttu. [9] Päästjatele ei teki elektrilöögi ohtu kui kustutatakse veega elektriajamiga autot [14].

Põlengutes, mida on uuritud, on vee kogused olnud väga erinevad, mis on vaja olnud akupaki kustutamiseks ning jahutamiseks. Need on olnud vahemikus 1100 liitrit ning kõige suurem veehulk, mis ühe elektriajamiga auto kustutamiseks kulunud oli üle 74000 liitrit. [9]

## **2.7 Kokkupuude elektrolüüdiga**

Kui ei tea, millise tehnilise vedelikuga on tegemist avariipaigas, tuleks eeldada, et tegemist on elektrolüüdiga [20].

Kõik riided ja isikukaitsevahendid, mis elektrolüüdiga kokku puutuvad tuleks desinfekteerida või ära visata. Juhul kui toimub kokkupuude nahaga, oleks vaja eemaldada kõik kokku puutunud rõivad. Seejärel puhastada nahka veega umbes 20 minutit. Kui elektrolüüt silma satub, oleks vaja koheselt puhastada silmi veega umbes 20 minutit. Alla neelates tuleb juua suures koguses vett, et lahjendada elektrolüüti. Oksendamist ei tohi esile kutsuda. Kõigil juhtudel peaks peale esmaseid toiminguid pöörduma arsti poole. Elektrolüüdi lekkimisel eraldub sellega ka aure. Elektrolüüdi aurud võivad olla mürgised ning ärritavad. Tundes ärritust, tuleb liikuda eemale värske õhu kätte. [14]

Kuna vedelik mis elektriajamiga auto puhul lekib, võib olla elektrolüüt, tuleks see neutraliseerida. Elektrolüüti neutraliseerimiseks on vajalik kasutada boorhappe lahust. Lahus on umbes 800 grammi kahekümnele liitrile veele. Sobilik ainult NiMH akupakkides olevale elektrolüüdile. Lahust võib kasutada ka nahale sattunud elektrolüüdi eemaldamiseks. Neutraliseeritud elektrolüüti on sobilik kokku koguda absorbeeruva matiga, riidetükiga või absorbendiga. [20]

## 2.8 Isikukaitsevahendid

Kui sõiduk põleb, on vajalik päästjatel kasutada hingamisaparaate. Olgu tegemist siis tavalise auto või elektriajamiga olev auto. Seda põhjusel, et põlemisel eralduvad gaasid on ohtlikud ning mürgised. Elektriajamiga auto põlengul tekkiv suits ei ole rohkem mürgisem kui sisepõlemismootoriga auto põlengul tekkiv suits [10]. Elektriajamiga auto põlengu puhul olev suits sisaldab enamasti vesinikfluoriid, vesiniktsüaniid, süsinikmonooksiid jne. Nende sissehingamine võib endaga kaasa tuua uimasuse, peavalu, teadvusekaotuse, kooma ning isegi surma. [12], [16]

Toimetades kõrgepingekaablite või kõrgepingekomponentide läheduses, tuleks kanda elektrilöögi vältimiseks isukaitsevarustust. Selleks on sobilikud dielektrilised kummikindad ning kummitallaga jalatsid. Soovitatud on, et need kaitseks kuni 1000 voldise pinge eest. [10]

Elektrolüüdiga kokkupuute vältimiseks tuleks kasutada kindaid, mis on valmistatud kummist, lateksist, nitrinist jms. Samuti peaks kasutama näokaitset. [14]

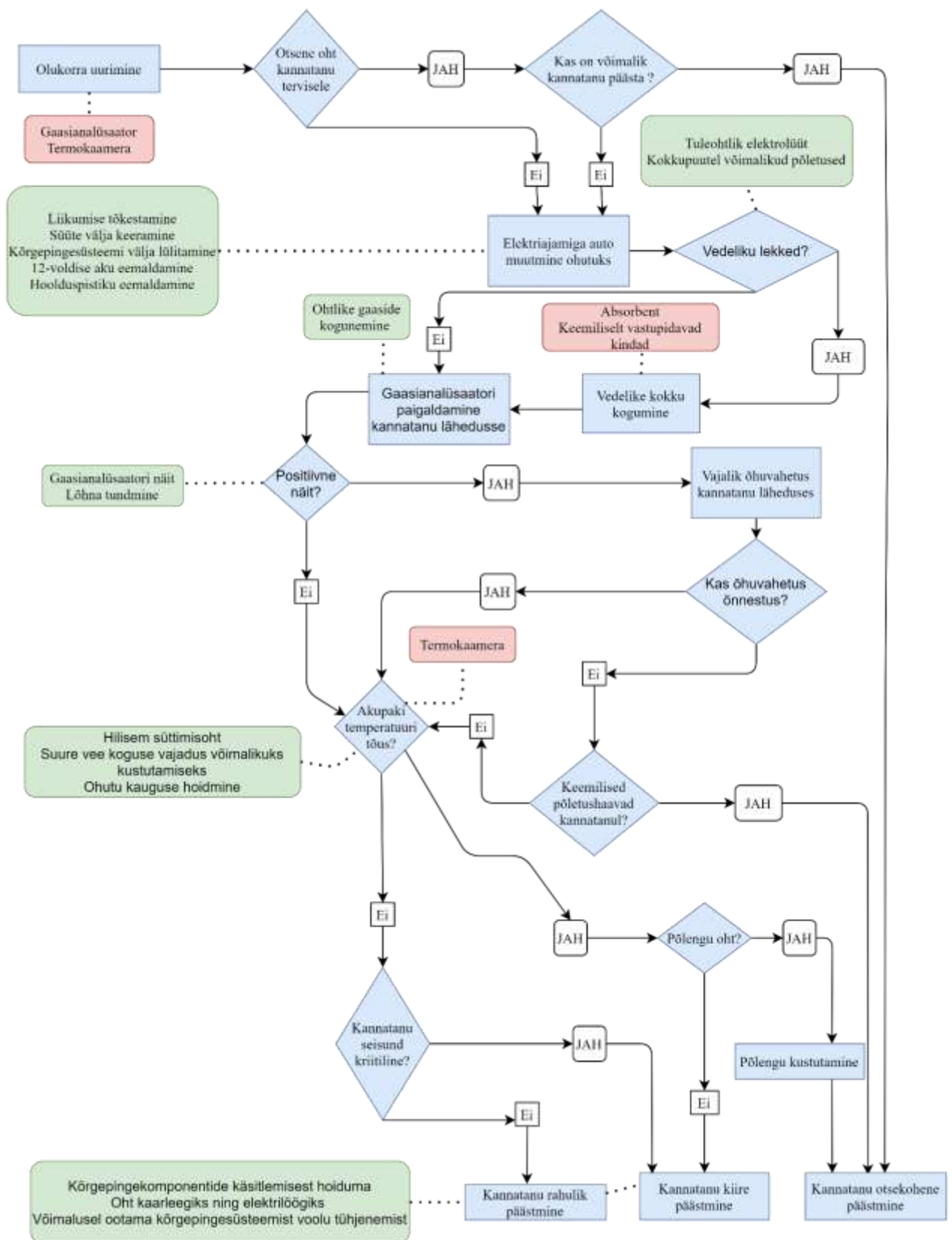
## 2.9 Voodiagramm tegutsemaks õnnetusel elektriajamiga auto juures

Diagramm on loodud abistamiseks päästjaid õnnetuspaika saabumisel (Joonis 8), kus on osalenud elektriajamiga auto. Voodiagramm on jagatud kolme erinevasse värvikategooriasse [21]:

- Sinine värv, milles on võimalikud otsused, mis tehakse õnnetuskohal
- Roheline värv, kus on lisainformatsioon võimaliku otsuse kohta
- Punane värv, milline oleks sobilik varustus või abistav seade

Diagrammil on kolm võimalikku päästmise kiirust, neist kõige kiirem on otsekohene päästmine. Otsekohesest päästmist rakendada sel juhul, kui on kannatanu tervisliku seisundi kiire halvenemine või otsene oht kannatanu tervisele. Järgmine on kiire päästmine, kus pööratakse tähelepanu nii ajale, kannatanu kätte saamisele autost ning kannatanu tervislikule seisundile. Kiire päästmise ajavahemik peaks jääb kahekümne kuni kolmekümne minuti vahele. Viimane päästmise kiirus on rahulik, kus pole vajalik kiirus kannatanu kätte saamiseks ehk aeg lükatakse tahaplaanile. Seda põhjusel, et kannatanu vigastused ei ole eluohtlikud ning ajakriitilised. [21]



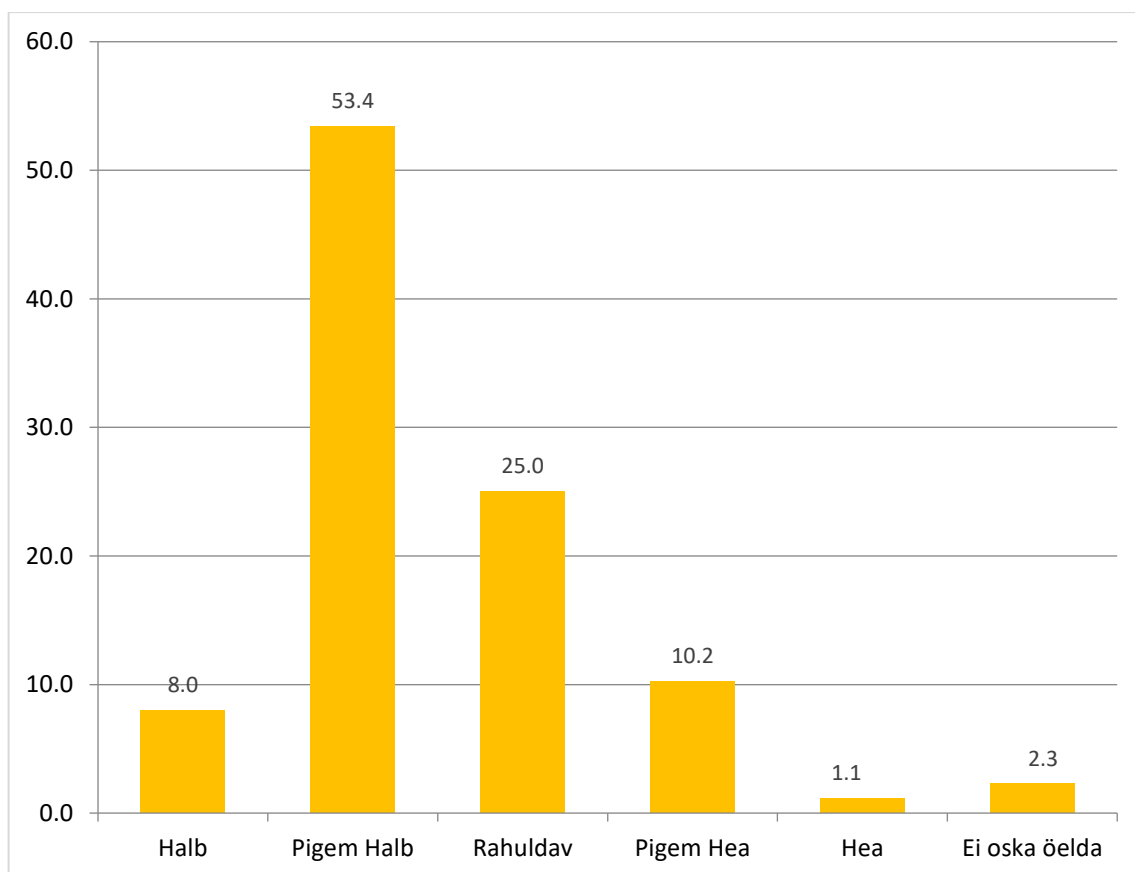


Joonis 8. Käitumine õnnetuspaigal [21]

### 3 PÄÄSTJATE TEADLIKKUS

Selgitamaks välja päästjate teadlikkust, viidi läbi küsitlus ning praktiline katse. Küsitlus saadeti elukutselistele päästjatele. Küsimustikule vastamine oli vabatahtlik ning andmeid koguti Google Form-s keskkonnas. Saadud andmeid kasutati ainult lõputöös koondandmetena ning anonüümselt, küsimustikule vastas kokku 88 päästjat.

Päästjad pidid hindama oma teadmiste hulka, et kui palju teadmisi nad omavad elektriajamiga autodest (Graafik 1). Halvaks ( 8 %) ja pigem halvaks (53,4%) hindas oma teadmisi kokku 61,4% kõigist vastajatest. Heaks (1,1%) ja pigem heaks (10,2%) hindas oma teadmisi 11,3% kõigist vastajatest. Rahuldavaks pidas oma teadmisi 25% ja 2,3% vastajatest ei osanud seisukohta võtta. Selle põhjal võib öelda, et päästjad ei tunne end kindlalt tegeledes autode juures, millel on elektriajam.



Graafik 1. Päästjate hinnang enda teadlikkusest

### 3.1 Küsimustiku analüüs

Uurimustöö eesmärgiks oli välja selgitada päästjate teadlikkus elektriajamiga autodest. Selle väljaselgitamise üheks osaks oli koostati küsimustik, mis asub lisa (Lisa 1).

Küsitlusest selgus, et päästjad ei tea või ei oska leida infot elektriajamiga autode (Graafik 3) kohta ning neis olevatest süsteemidest. See ilmselt on ka üheks põhjuseks, miks suurem osa vastajatest oma teadmisi elektriajamiga autodest halvaks ning veerandi jagu rahuldavaks (Graafik 2).

Päästjad teavad (Graafik 4)(Graafik 45) ning tunnevad (Graafik 5)(Graafik 38) ära elektriajamiga varustatud autod. Seega võib öelda, et nad oskavad otsida tunnuseid, mis aitab elektriajamiga autosid ära tunda. Samuti annaksid nad sündmusel teistele teada, et tegemist on elektriajamiga auto (Graafik 6). Seda just eelkõige ohutuse suurendamiseks, kuna selliste autode puhul on lisaohud, mis sisepõlemismootoriga autode puhul puuduvad (Graafik 41).

Ohutuse poole pealt lisaks, et kui auto ei tee häält, siis ei eeldata kohe, et auto ei tööta (Graafik 7). Samuti ei alustataks päästetöödega enne kõrgepingesüsteemi välja lülitamist (Graafik 32). Välja arvatud erand olukordades, milleks on eelkõige inimelu päästmine (Graafik 42).

Kuid kõrgepingesüsteemi komponentide asukohtades (Graafik 9) päästjad end nii kindlalt ei tunne. Kõige kindlamalt vastati, kus asub elektriajamiga autodel akupakk (Graafik 11)(Graafik 46), kuid elektriajami asukohtades pole teadlikkus tase hea ning pigem ei teata seda (Graafik 10). Enamik päästjatest teavad, millist värvi on kõrgepingekaablid (Graafik 12) ning kontrollimaks, kas see vastab tõele, sai valikvastustena valida selle värvi (Graafik 27), kus vastused näitasid sama tulemust.

Päästjad teavad, kuidas elektriajamiga autot ohutumaks muuta päästesündmusel. Paljud tegevused on samad sisepõlemismootoriga autode puhul (Graafik 40). Tulemustest selgus, et teatakse, mis aitab elektriajamiga autot enim muuta ohutuks ja selleks on kõrgepingesüsteemi väljalülitamine (Graafik 30)(Graafik 40). Samuti ollakse kursis, milliseid ohte võib endaga kõrgepingesüsteemi mitte välja lülitamine tuua (Graafik 15). Kuid murekohaks on see, et suur osa ei tea või pole kindlad selles, kuidas toimub kõrgepingesüsteemide välja lülitamine (Graafik 14). Juhul kui auto on jäänud vee alla, siis ei teata, kas on sobilik seal eemaldada hoolduspistik, et saaks kõrgepingesüsteem välja lülitatud (Graafik 34). Peale selle, kas on sobilik hoolduspistikut vee all eemalda, ei teata, kas hoolduspistiku eemaldamine peaks olema esimene variant kuidas kõrgepingesüsteem välja lülitada (Graafik 39). Kuna vajalikud teadmised selleks on puudulikud

ning ei teata erinevaid võimalusi kuidas seda teha (Graafik 49). Samuti ei teata, kui kaua kõrgepingesüsteemis kondensaatorid tühjenevad (Graafik 31). Samuti kas isoleerteibist piisab, et katta kinni kahjustada saanud kõrgepingekaabel/komponendid (Graafik 47).

Positiivne on see, enamik päästjad teavad, et akupakki jääb kõrgepinge ka peale kõrgepingesüsteemi välja lülitamist (Graafik 16)(Graafik 33) ja teavad, kui suur pinge võib akupakkides olla (Graafik 28). Samuti eeldavad päästjad, et elektriamites on kõrgepinge sees (Graafik 8), mis paneb neid käituma ka ohutumalt. Küsimustikust selgus, et elektrilöögi ohtu hinnatakse kõrgemalt kui tegelikult on (Graafik 17), samas teavad, kui isolatsioon on saanud kannatada (Graafik 29) on see oht suurem. Suurim kartus on just kustutustöodes saada elektrilök (Graafik 18).

Teinekord on vajadus sõidukit toetada, tõsta ja lõigata. Küsimustiku vastustest selgus see, et päästjad hindasid oma teadmisi jällegi halvemapoolseks(Graafik 19)(Graafik 20). Samas küsides, kus enamik ei toetaks/tõstaks/lõikaks on just kõrgepingesüsteemi komponentide läheduses (Graafik 44). Samuti ei lõikaks päästjad kõrgepingesüsteemi komponentidesse (Graafik 43).

Kustutustöodes on päästjate teadlikkus hea. Teavad, et vähese veega kustutamine võib olla ohtlik (Graafik 21) ning auto/akupakk võib peale kustutamist uuesti süttida (Graafik 22). Samuti ei avaks nad akupakki, et seda paremini saaks kustutada (Graafik 24). See on ka üks tegevus, mida ei tohi mitte kunagi teha. Seda kuidas teha selgeks, kas akupakk on põlema süttimas või põlemas, ei osata pigem hinnata (Graafik 23).

Elektrolüüdi omaduste kohta peaks teadlikkus parem olema, suur osa ei oska öelda, millised omadused sellel on (Graafik 36). Näiteks, ei teata seda, kas elektrolüüt on tuleohtlik (Graafik 26). Küsimustikus vastasid päästjad, et nad pigem teavad mida teha, kui on elektrolüüdiga kokku puutunud (Graafik 25), samas kas seda on võimalik veega ära neutraliseerida, selle osas lähevad arvamused päästjate seas lahku (Graafik 37). Teadlikkus võiks olla parem, kuna elektrolüüt on tervisele äärmiselt ohtlik.

Päästjad teavad, et tegeledes elektriamiga autode juures on vajalik isikukaitsevarustuse kasutamine (Graafik 13) ning isikukaitsevarustuse kasutamine ei ole ohtlik tegevus (Graafik 35). Samuti enamik teavad, milline on minimaalne varustus tegelemaks elektriamitega autode juures (Graafik 50). Suur osa päästjates arvab, et elektriamiga auto põlengul tekkiv suits on mürgisem (Graafik 48) kui tavalise auto puhul, kuid tegelikkuses see nii ei ole.

## 3.2 Praktiline katse

Saamaks teada, kas küsitluse tulemustel ja tegelikkusel on ka seos, reageerisid päästjad kahe auto kokkupõrkele. Enne sündmusele kohale jõudmist tuleb lisainfo, et kannatanud on ise autodest välja saanud. Seega päästjate eesmärk on tunda ära auto, muuta need ohutuks ning eemaldada tuleoht.

Toimunud on hübriid Toyota Camry ning elektriauto Mitsubishi MiEV kokkupõrge (Pilt 1), kus elektriauto on sõitnud hübriidautole küljelt sisse. Hübriidauto on sisse lülitatud, kuid sisepõlemismootor ei tööta. Käiguvalits on neutraalasendis, seisupidur pole rakendatud. Elektriauto töötab ning käiguvalits on neutraalasendis ning seisupidurit pole samuti rakendatud. Hübriidautol on elektrolüüdi leke tagumise silla läheduses ja Mitsubishiil on jahutusvedeliku leke. Avarii sündmusel oli algselt näha valget suitsu Mitsubishi esiosast.



Pilt 1. Kokkupõrge

Katse käigus kontrollitakse:

- Autode ära tundmist
- Liikumise takistamist
- Ohutuks muutmist
- Kõrgepingesüsteemide välja lülitamist
- 12-voldise aku asukohta leidmist
- Lekete leidmisi

- Teiste teavitamist ( Teavitamaks, et tegemist on elektriajamiga auto ning autode lekked)

### **3.3 Praktilise katse kirjeldus, analüüs, intervjuu**

#### **3.3.1 Päästjate tegevuse kirjeldus**

Praktilisel katsel osalenud päästemeeskond tundis elektriajamiga autod ära ja mainisid seda. Autode juurde võeti kaasa tulekustutusvahendid. Järgmisena vaadati autod üle ning lekked avastati kiirelt, milleks oli Toyotal olev elektrolüüdi leke ning Mitsubishiil olev jahutusvedeliku leke ning juhiti nendele tähelepanu. Peale autode väljalülitamist oleks kaetud lekkinud vedelikud absorbendiga ja see seejärel kokku kogutud. Kuna tegemist oli katsega, siis ei hakatud absorbenti maha panema ning ei tekitatud soovimatut jäätmeid katse käigus. Liikumise takistamiseks, rakendati Mitsubishiil seisupidur ning süütevõti keerati asendisse „Off“, kuid käiguvalits jäi neutraal asendisse. Toyota puhul pandi käiguvalits „Parking“ asendisse, mille järel autol rakendus ka seisupidur. Kuid Toyotal jäi vajutamata Start/Stop nupp. Mõne hetke pärast rakendus sisepõlemismootor, peale mida lülitati auto kiiresti välja ning viidi võti autost eemale, et vältida uut võimalikku sisselülitamist. Seejärel hakati otsima autodes olevaid 12-voldiseid akusid. Toyotal kõigepealt avati kapott, kus hakati otsima 12-voldist akut. Kuna seda ei leitud, hakati vaatama, kas see asub tagumise istme all. Samal ajal prooviti avada pagasiluuki, et sealt akut otsida. Peale mõninga aja möödumist leiti Toyotas olev 12-voldine aku, mis asub pagasiruumis paremal pool katte all ning eemaldati aku maandusjuhe. Seejärel prooviti leida Toyota hoolduspistikut, kuid see asub samuti pagasiruumis ning selleni jõudmiseks tuleb eemaldada mitmed katted. Seega lõpetati Toyota hoolduspistiku otsimine. Mitsubishi 12 voldise aku leidmisega oli samuti raskusi. Vahepeal prooviti leida ka ohutuspistikut, kuna see on samuti peidetud siis lõpetati selle otsimine samuti. Mitsubishi akut otsiti nii tagumise istme juurest, kui pagasiruumist, kuid see ei andnud tulemust. Seejärel otsiti võimalust, kuidas esimest luuki avada, et näha, kas 12-voldine aku asub seal. Mitsubishiil toimub selle luugi avamine paremalt poolt ning kindalaeka all olevast hoovast. Seda hooba pole esialgu hästi näha, seega selle avastamiseni kulus samuti aega. Peale hoova leidmist avati esimene luuk, kus asus ka 12-voldine aku ning eemaldati maandusjuhe.



Pilt 2. Toyota 12-voldise aku ja hoolduspistiku otsimine



Pilt 3. Mitsubishi 12-voldise aku ja hoolduspistiku otsimine

### 3.3.2 Katse analüüs

Katses selgus, et päästjad tunnevad ära elektriajamiga autod ning mainivad seda ka teistele, kes õnnetuskohal asuvad. Autodest tulnud erinevad lekked avastati samuti kiiresti, kuna neid kontrollitakse sise põlemismootoriga autode juures samuti.

Õnnetusel tuleb takistada autode liikumist, kasutades selleks tõkiskingi, rakendada seisupidur, panna käiguvalits „Parking“ asendisse ning autod välja lülitada. Kummalegi autole ei paigutatud tõkiskingi. Mitsubishi lülitati välja ning rakendati küll seisupidur, kuid käiguvalits jäi panemata „Parking“ asendisse, millega saab võimalikku liikumist veelgi enam takistada. Toyotal pandi käiguvalits „Parking“ asendisse, mille tulemusel rakendus seisupidur samuti. Kuid Toyota sise põlemismootor ei töötanud sel hetkel, ei osatud oodata, et see võiks olla sisselülitatud. See tähendab, et nii kõrgepingesüsteem kui muu turvavarustus jäi esialgu aktiivseks. Toyotal põles näidikupaneelis „Ready“ tuli, seega tuleks ka armatuuris olevatele tuledele rohkem tähelepanu pöörata. Kui Toyotal käivitus sise põlemismootor, lülitati auto ruttu välja ning võeti viidi autost eemale, vältimaks auto uuesti tööle panekut.

Raskusi valmistab just erinevate komponentide leidmine, kuna need on igal autol erinevalt paigutatud. Seega kulub aega leidmaks neid üles, see on nii 12-voldine aku, ohutuspistik vms. Kuna oli näha suitsu, võeti kaasa ka sobilikud kustutusvahendid, millega saab kustutada kuni 1000-voldise pingega põlengut. See tähendab, et oldi valmis põlengu kustutamiseks. Peale 12-voldiste akude eemaldamist, oleks lekked kaetud absorbendiga ning need kokku kogutud.

Kõrgepingesüsteemi ohutuspistikut sooviti samuti eemaldada, kui seda poleks olnud ohutult võimalik teha, kuna üksi päästja ei kasutanud katse ajal dielektrilisi kindaid. Seega poleks, et seda saanud ohutult teostada. Lisaks peaks see olema ka kõige viimasem variant, kuidas kõrgepingesüsteem akupakist eraldada.

### 3.3.3 Päästjate tegevuse võrdlus Toyota tehasmanuaaliga

Toyota Camry kõrgepingesüsteemis olev pingeline võib tõusta kuni 650 voldini. Lisaks on akupakis olev elektrolüüt tugevalt aluseline lahus, mis sisaldab endas kaaliumhüdrosiidi. Kaaliumhüdrosiid on mürgine ning sööbivate omadustega [22]. Seega tuleb järgida ohutusjuhiseid, kuna nende eiramine võib tuua tõsiseid vigastusi või elektrilöögi. [20]



Selleks, et ohte vältida, peab vastavalt juhendile olema õnnetuskohal kasutamiseks valmis järgmised vahendid [20]:

- Kaitseriietus ( isoleeritud kindad/saapad, kummikindad, kaitseprillid)
- 20 liitrit küllastunud boorhappe lahust, milles on vähemalt 800 grammi boorhappe pulbrit
- Punane lakmuspaber
- ABC tulekustuti
- Riidetükk, kogumaks kokku neutraliseeritud elektrolüüti
- Isoleerteip
- Elektriiku tester

Päästjad kasutasid katses neile antud tööriistast, milleks on jakk, püksid, saapad, kindad, kiivrialune müts ning kiiver. Uurimustöö läbiviimise ajal päästeautode põhivarustusse kuuluvad ainult dielektrilised kindad, kuid dielektrilised saapad ei ole standardvarustuses [23]. Päästjad ei võtnud kasutusele põhiautos olevaid dielektrilisi kindaid. Antud töös ei uuritud, kas päästjate töösaapad ning töökindad on isoleerivate omadustega või mitte. Päästjate kiivril on võimalik visiir ette tõmmata, mida saab kasutada seega kaitseprillidena. See on tegevus, mida peaks tegema elektriajamiga autode juures. Läbiviidud katses päästjad seda ei teinud. Lisaks, et saada ligipääs Toyotas olevale akule, eemaldas päästja enda käest kinda. Samamoodi toimetas üks päästja, kui otsis Mitsubishiil kus saab avada esimest luuki, leidmaks 12-voldist akut. Kaitsevarustust ei tohi mitte mingil juhul eemaldada, kui tegutsetakse elektriajamiga autode juures.

Samuti puudub põhiautol varustuses boorhappe lahus kui pulbrina, et neutraliseerida elektrolüüti ning selle kokku kogumiseks ei ole põhiautodel varustuses riidetükke [23]. Boorhappe lahus on sobilik NiMH (nikkel-metallhüdriid) kõrgepinge akupakkides oleva elektrolüüdi neutraliseerimiseks [24]. Elektrolüüdi kokku kogumise ajal on sobilik kasutada kummikindaid ning kaitseprille [20]. Kuid kummikindad ei kuulu samuti põhiauto standardvarustusse [23]. Peale autode väljalülitamist praktilisel katsel oleks lekked kaetud absorbendiga, mille järel oleks see kokku kogutud ning paigutatud prügikotti. Absorbent ning kilekotid kuuluvad päästeauto standardvarustusse [23].

Punast lakmuspaberit, millega saab kontrollida kas lekkinud vedelik on aluseline (elektrolüüt) või kas see on neutraliseeritud, puudub samuti standardvarustusest [23]. Seega polnud võimalik seda kontrollida. Punane lakmuspaber muutub sinakaks kui pH on üle 8,3 ehk tegemist on aluselise vedelikuga. [25]

ABC tulekustuti asemel võeti kaasa CAFS (Compressed Air Foam System), mis on sobilik kuni 1000 voldise põlengu kustutamiseks ühe meetri kauguselt, seega see on ainus nõue, mis sai Toyota puhul täidetud [26]. Põhiautol on vähemalt üks 6 kg ABC tulekustutusvahendit ning CAFS standardvarustuses. [23]

Isoleerteip, millega saaks kõrgepingekaableid isoleerida, puudub samuti põhiauto standardvarustusest nagu ka elektriku tester. Põhiauto varustuses on elektrivoolu indikaator, millega saab kontrollida vahelduvvoolu. [23] Enamik ohutusjuhises nimetatud vajalikku varustust päästjatel puudub, et saaks tegutseda ohutusjuhendi järgi. Samuti tuleb rohkem tähelepanu pöörata isikukaitsevarustuse kasutamisele, et vältida võimalikke õnnetusi.

Ohutuse suurendamiseks on vajalik tegutseda õnnetuspaigal teadlikult. Vastavalt juhendile, ei tohi mingil juhul puutuda kokku ühegi paljastunud kaabliga, kuna tegemist võib olla osa kõrgepingesüsteemi kaabeldusest. Kui on võimalus puutuda kõrgepingekaabliga kokku, tuleb ohu vähendamiseks kanda isikukaitsevarustust. Ohutusjuhendis on kirjas, et on vajalik kasutada vähemalt dielektrilisi kindaid. Samuti tuleks isoleerida paljastunud kaabeldus. [20] Lõputöös läbiviidud praktilises katses, ei olnud paljastunud kaableid, seega puudus vajadus neid isoleerida. Nagu eelpool mainitud, poleks saanud paljastanud kaableid isoleerida, kuna varustusest puudub isoleerteip.

Päästjatel oli kaasas sobilik kustutusvahend, et kustutada väiksem põleng ja autos oli veel üks 6 kg pulberkustuti ning põhiautol oli veepaak täidetud. Kuid suurema põlengu puhul võib jääda sellest kogusest väheseks, seega on võimalus vajada lisaressurssi paakauto näol.

Alati tuleb autodel üle vaadata võimalikud lekked akupaki ning selle lähiümbruses. Kui on näha vedeliku lekkeid, siis kindlasti seda mitte puutuda, kuna tegemist võib olla tugevalt aluselise elektrolüüdiga. [20] Praktilises katses ei puutunud päästjad kokku lekkinud vedelikega. Peale auto välja lülitamist oleks lekkinud vedelikud kaetud absorbendiga.

Juhul kui auto on jäänud vee alla mingil põhjusel, siis tegeleda autoga alles peale seda, kui see on veest välja tõmmatud ning vesi eemaldatud. [20]

Toyota Camry tehase ohutusmanuaal sisaldab, millised on sobilikud tegevused autoga, kui see on saanud õnnetuses kannatada [20]:

- Kontrollida akupaki seisukorda, selle ümbrust ning lekkeid
- Kui on oht, et kõrgepingesüsteem on saanud kannatada, tuleb kõrgepingesüsteem välja lülitada
- Lülitada toitelüliti välja
- Eemaldada maandusjuhe 12-voldiselt akult
- Kasutades isoleeritud kindad, eemalda hoolduspistik, peale mida ei tohi enam autot tööle lülitada

Tuleb meelde jätta, et mitte puutuda ühtegi tehnilist vedelikku, kuna tegemist võib olla elektrolüüdiga. Seejärel juba neutraliseerida lekkinud elektrolüüt, kandes sobilikku kaitsevarustust, milleks on kummikindad ja kaitseprillid. Peale neutraliseerimist, kasutada punast lakmuspaberit, kontrollimaks kas see on neutraliseeritud ning seejärel see kokku koguda. [20] Elektrolüüdiga kokku puutudes, tegutseda vastavalt lõputöös olevale osale, kus käsitletakse sobilikke toiminguid, kui puudutakse elektrolüüdiga kokku (2.7).

Järgmiseks tuleb kontrollida kõrgepingesüsteemi komponente, kahtluse korral, et need on saanud vigastada, lülitada välja kõrgepingeahel. Kontrolli käigus peab samuti kasutama dielektrilisi kindaid/saapaid ning kaitseprille. Järgmine tegevus on toitelülitist auto välja lülitamine. Juhul kui autot ei saa välja lülitada toitelülitist, eemaldada mootoriruumis olevast kaitsmekarbist IG2-Main fuse. Seejärel kontrollida kas näidikupaneelis on kustunud tuli, millel on kirjas „Ready“. Kui auto on välja lülitatud siis peale seda on vajalik 12-voldiselt akult maandusjuhe eemaldada. Kasutades dielektrilisi kindaid, eemaldada autos olev kõrgepingesüsteemi hoolduspistik, Peale pistiku eemaldamist ei autot uuesti uuesti tööle lülitada, kuna see võib põhjustada mõne rikke. [20]

Läbiviidud katsel osalenud päästjad ei ole tutvunud Toyota Camry tehase ohutusmanuaaliga. Kõigepealt vaadati üle lekkeid ning hinnati auto seisukorda, mille tegevuses käigus eksiti korduvalt isikukaitsevarustuse kasutamise. Nimelt polnud päästjatel visiir ette tõmmatud, kaitsmaks nende nägu ning kahel juhul eemaldati kindad. Samuti on puudus vajalikust varustusest, kontrollimaks kas välja lekkinud vedelik on elektrolüüt ning vahendid selle neutraliseerimiseks. Lisaks puudub isoleerteip kõrgepingekaabli isoleerimiseks ning elektriku tester, kontrollimaks kõrgepingeahelaid.

Ohutusjuhendi nõuded täideti ainult osaliselt. Kontrolliti akupaki ümbrust ning lekkeid, kuid ei saanud kontrollida, kas tegemist on elektrolüüdiga. Kõrgepingesüsteemi kahjustada saamise kinnitamise korral ei veendunud, kas auto on välja lülitatud. Seda tehti peale seda, kui autol käivitus sisepõlemismootor. Peale mida lülitati auto süütelülitist välja ning seejärel juba eemaldati 12-voldiselt akult maandusjuhe. Samuti oleks jäänud eemaldamata hoolduspistik, kuna ei kasutatud dielektrilisi kindaid.

### **3.3.4 Päästjate intervjuu**

Päästjatele valmistab kõige enam muret erinevate süsteemide asukohad, olenemata sellest, kas tegemist on autoga, millel on elektriajam või mitte. Isegi kui tuntakse ära, millise autoga on tegemist, ei anna see esialgu muud infot, et kus kohas komponendid asetsevad. Selleks võib olla nii 12-voldine aku, turvakardinad jne. Kui on toimunud õnnetus elektriajamiga autoga, ei teata, millisest kohast on sobilik autot toetada või vajadusel lõigata, ilma kedagi ohtu seadmata. Teatakse, et elektriajamiga autol on akupakk ning kõrgepingekaablid, kuid ohtlikuks teeb jällegi teadmatust, et kus need täpselt asuvad. Lisaks mainiti ka kõrgepinget – selle läheduses töötamine valmistab muret, kuna valede võtetega võib see halvasti lõppeda. Peale katse läbi viimist räägiti vajadusest elektriajamiga autode koolitusest. Seda selleks, et kõik päästjad teaksid, millised ohud on ja kuidas saab autol kõrgepingesüsteemi võimalikult kiiresti ning efektiivselt välja lülitada. Lisaks seda, et kui auto on saanud suuri kahjustusi ning on põlemas, milliseid tegevusi nad peaksid rakendama. Samuti oli üllatuseks, kui suur kogus vett võib kuluda, et elektriajamiga auto lõplikult saaks kustutatud.

Toodi välja ka see, et häirekeskus võiks küsida õnnetuse korral, kas ollakse teadlik, mis autoga on tegemist. Olgu selleks siis bensiin, diisel või elektriajamiga auto – see aitaks neil paremini ette valmistuda väljakutsele liikudes.

## **3.4 Järeldus ja ettepanekud**

Uurimustöö eesmärgiks oli kogutud andmetele tungides saada teada päästjate teadlikkus elektriajamiga autodest. Uurimustöö saavutas oma eesmärgi, mille saavutamiseks koostati küsitlus ning viidi läbi praktiline katse.

Tulemusi arvesse võttes järeldab töö autor, et päästjate teadlikkus elektriajamiga autodest on puudulikud. Küsimustikust selgus, et 61,4% päästjatest hindas oma teadmisi elektriajamiga autodest halvaks ning praktilise katse käigus selgus samuti, et praegustest teadmistest jääb väheseks, et väljakutsel tagada piisav ohutus. Seega päästjatel on vajadus elektriajamiga autode koolituse järgi.

Samuti vaadata üle, kas päästeautod on varustatud sobiliku varustusega, mis on vajalikud elektriajamiga autode juures. Seda nii olukorra välja selgitamiseks, auto juures tegutsemiseks kui ohutuks muutmisel. Samuti kontrollida varustuse seisukorda, et saaks ohutult tegutseda elektriajamiga autode juures.

Soovituslik varustus päästeautol oleks:

- Isikukaitsevahendid, milleks on dielektrilised isikukaitsevarustus, lahustikindlad kummikindad, kaitseprillid
- Boorhape (boorhappe lahus), millega neutraliseerida NiMH elektrolüüti
- Riidest lapid, absorbeeruvad matid (absorbent), neutraliseeritud elektrolüüdi kokku kogumiseks
- Isoleerteip
- Elektriku tester
- Punane lakmuspaber

### **3.4.1 Elektriajamiga autode koolitus**

Ohutuse tõstmiseks peaks eeldama, et iga auto on elektriajamiga auto, kuni pole tõestatud vastupidist. Sihtgrupiks on valveteenistujad (päästjad), kes hakkavad osutama konkreetset teenust. Koolituskava eesmärgiks on päästjate ettevalmistamine vajalikuks päästetööks. Selleks antakse päästjale vajalikud teadmised ning oskused elektriajamiga autodest. Koolitus tuleks läbi viia kord aastas, kuna toimub autode pidev uuenemine ja alati on tulemas ka uusi päästjaid tööle.

Koolituse tulemusena päästjad tunnevad ära elektriajamiga autod, teavad nende eripärasid ja on tutvunud elektriajamiga autode ehitusega. Tunnevad vajalikke pääste- ja kustutustööde võtteid ja on kursis võimalike valitsevate ohtudega ning oskavad neid ohte vältida.

Kursusel viiakse läbi nii teoreetiline kui ka praktiline osa. Teoreetiline koolitus koosneb kümnest osast, kus räägitakse kõigest elektriajamiga autodega seonduvast ning võimalikust abimaterjalist autos olevate komponentide asukohtadest. Peale teoreetilise osa läbimist tuleks sooritada praktiline

osa, kinnitamaks uusi teadmisi. Praktilises osas otsitakse kõrgepingesüsteemi komponentide asukohti, et saada teada, millised oleks sobilikud kohad toestamiseks, tõstmiseks, lõikamiseks ning avamiseks. Lisaks, kuidas toimub kõrgepingesüsteemi välja lülitamine ja selle erinevad võimalused.

Praktilise osa paremaks läbiviimiseks oleks vaja koostööd elektriajamiga autode maaletoojatega, kes oskaks rääkida uuendustest ja sellest, mis aitaks autosid paremini ära tunda ning kus asetsevad kõrgepingekomponendid. Võimalusel viia läbi praktilise osana kõrgepingesüsteemi väljalülitamise võimalused.

Koolituse orienteeruv pikkus oleks koos praktilise osaga umbes kuus tundi. Selle aja jooksul on võimalik läbida antud teemad ning peaks jääma aega ka diskussiooniks. Osalejate arv ühel koolitusel ei tohiks olla suur. Seda eelkõige sellepärast, et tagada praktiliste oskuste omandamine ning päästjatel oleks võimalik küsida selgitusi teooria osas.

Koolituskava koosneks järgmistest punktidest:

1. Elektriajamiga autod
  - Erinevad elektriajamiga autodega seotud mõisted: *elektriauto, hübriidauto, kütuseelemendiga auto, pikendatud sõiduulatusega auto*
  - Elektriajamiga autode ehitus ning tööpõhimõtted
  - Sobiliku info otsimine (sisevõrk, maaletoojad, usaldusväärsed allikad )
2. Kõrgepingesüsteem
  - Akupakkide ehitus, tööpõhimõte, asetus
  - Kõrgepingesüsteemi ohud (elektrilöök, põlengud)
  - Kõrgepingesüsteemi komponendid ja nende paigutus (elektriajam, kaabeldus, DC/DC muundur)
3. Elektrolüüt
  - Elektrolüüdi omadused ning selle äratundmine
  - Tegutsemise kokkupuutel nahaga, sissehingamisel, silma sattumisel
  - Elektrolüüdi võimalikud moodused lahjendamaks või neutraliseerimaks
4. Elektriajamiga auto tuvastamine
  - Tootjate erinevad märgistused ning tähistused (Hybrid, eDrive, GTE jne.)
  - Välised tunnused, mis aitavad elektriajamiga autosid ära tunda (kütuseluugid, väljalaske puudumine, elektriautodele spetsiifiline välimus)

- Erinevad märgutuled(laadimistuled) ning näidikutepaneelis asuvad tuled, mis aitavad selgitada, kas tegemist on elektriajamiga auto ning kas auto on sisse lülitatud või mitte
  - Hoiatussildid kõrgepingesüsteemid läheduses
  - Häirekeskusest võimaliku lisainfo küsimine
5. Elektriajamiga auto muutmine ohutuks
- Erinevate ohtude hindamine sündmusel, milleks on nii oranži värvi komponendid, erinevate vedelike lekked, eralduv suits ning võimalikud muud helid
  - Liikumise tõkestamine ja autode stabiliseerimine tõkiskingade, õhkpatjade, stabiliseerimisklotsidega
  - Kõrgepingesüsteemi väljalülitamise erinevad moodsused: süütelüliti, kaitsmete/releede eemaldamine, hoolduspistikute eemaldamine ainult äärmisel vajadusel, hoolduspistikute eemaldamine vee all, aktiivne ohutus (patjade avanemisel lülitub akupakk kõrgepingesüsteemist välja)
  - Teiste teavitamine, et tegemist on elektriajamiga auto
6. Päästetööd
- Kannatanu päästmise kiirus
  - Auto toestamine ning tõstmine selleks sobilikest kohtadest, mis asuvad kõrgepingesüsteemist eemal; auto kere tugevduskohad
  - Auto löikamine ning avamine ohutult, et mitte vigastada kõrgepingesüsteemi komponente
7. Elektriajamiga auto põlemine
- Akupaki põlemise indikaatorid: eralduv suits, helid, sädemed, ebaharilik lõhn. Temperatuuri tõus akupakis mis on kontrollitav termokaameraga.
  - Elektriajamiga autode ning nendes olevate akupakkide võimalikud põlengud, põlengute kestvus, eralduv kuumus
  - Põlemisel eralduv suitsu mürgisus
  - Akupakki tekkivad augud selle põlemisel
8. Elektriajamiga auto kustutamine
- Sobilikud ning sobimatud kustutusvahendid kustutustöödel
  - Kustutamiseks (jahutamiseks) vajalik ligipääs akupakile
  - Kaugus auto kustutamisel
  - Kogused, mis on vajalikud elektriajamiga auto kustutamiseks ja akupaki maha jahutamiseks
  - Võimalik elektrilöögi oht kustutustöödel ning peale kustutustöid

- Lisaressursside kutsumise vajadus (paakauto, politsei, kiirabi)
9. Kaitsevarustus ja tööriistad
- Sobilikud dielektrilised kaitsevahendid elektrilöögi vastu ning nende seisukorra kontrollimine
  - Sobilik isikukaitsevarustus päästjale elektrolüüdi kokku kogumiseks
  - Elektrolüüdi kokku kogumiseks sobilikud vahendid ning materjalid (absorbent, absorbeeruvad matid)
  - Hingamisaparaatide kasutamine auto põlemisel (põlengul tekkiva suitsu mürgisus)
  - Sobilikud isoleeritud tööriistad elektriajamiga autode juures
10. Euro RESCUE
- Rakenduse tutvustamine, kelle välja antud ning mis eesmärgiga
  - Rakenduse võimalikud kasutusviisid (otsimine margi, mudeli järgi ning QR koodi kasutamine)
  - Ohutuslehtedel olev info: komponentide asukohad, autode väljalülitamised, sobilikud kohad löikamiseks/toestamiseks, tugevatud kohad autokerel, pukseerimise info

### 3.4.2 Euro RESCUE

Päästjad tõid ühe peamise probleemina välja just selle, et lahendusi on väga erinevaid. Oleks vaja materjali, kus leiaks infot erinevate komponentide asukohtadega. Selleks soovitaks kasutusele võtta rakenduse nimega Euro RESCUE.

Rakendus on valminud Euro NCAP ja CTIF (The International Association of Fire & Rescue Services) koostöö tulemusena. Praegu on Euro RESCUE saadaval neljas keeles, need on: inglise, saksa, prantsuse ning hispaania keel. Aastaks 2023 on rakendus saadaval kõigis Euroopa riikide riigikeeltes. Antud rakendust on võimalik ka alla laadida, et juhul kui internetiühendus väljasõidul puudub, on ikkagi võimalik otsida üles vajaliku sõiduki ohutusleht. Rakenduses on olemas võimalus skaneerida autol olevat QR koodi, mis asub enamasti kütuseluugil või auto piilaril. [27]

Euro RESCUE rakenduses on välja toodud vajalik info, mis aitab identifitseerida autot ning mida teha, et autol ei oleks võimalik liikuda või kuidas toimub erinevate autode kõrgepingesüsteemide välja lülitamine ning selle võimalused. Samuti on seal näha kõikide komponentide asukohad, olgu selleks nii kõrgepingesüsteem kui ka näiteks turvakardinate asukohad ning kere tugevduskohad jne.



## KOKKUVÕTE

Lõputöö teema on „Päästja teadlikkus elektriajamiga autodest“. Töös uuriti päästjate teadmisi elektriajamiga autodest ning milliseid teadmisi peaksid päästjad omandama.

Päästjate teadmisi on vaja pidevalt täiendada, et ei jäädaks maha kiirest tehnikaarengust. Pigem olla ettenägelik ja valmistuda võimalikeks ohtudeks. Seega on vajalik, et teatakse, millise tehnikaga on tegemist ning millised on õiged võtted selle tehnikaga ümberkäimiseks.

Töö koosneb kolmest osas. Esimeses osa kirjeldati elektriajamiga autosid ning nende võimalikke tehnilisi lahendusi, akupakki ja selle ehitust, võimalikke ohuallikaid, mis esinevad elektriajamiga autode juures. Töö teine osa sisaldab päästjatele vajalikke teadmisi, kuidas ümber käia elektriajamiga autode juures. Kuidas ära tunda, kus asuvad erinevad komponendid; kuidas toimub kõrgepingesüsteemi välja lülitamine. Samuti elektriajamiga auto kustutamisest, mida teha kui puututakse kokku elektrolüüdiga ning millised on vajalikud isikukaitsevahendid. Kolmandas osas on töö järeldused ja kokkuvõtted uuringu tulemustest, päästjate endi nimetatud murekohad ning töö autori ettepanekud, mis võimaldaks teadlikkust tõsta.

Üheks oluliseks osaks on elektriajamiga autode ära tundmine, võimalike ohtude ära tundmine ja kuidas selliste autodega väljakutsel on ohutu ümber käia. Samuti kus asuvad autode erinevad komponendid, milleks on akupakk, elektriajam, kõrgepingekaablid, ohutuspistikute asukohad ning muud autodel olevad turvasüsteemid. Päästjad omavad mõningasi teadmisi elektriajamiga autodest, kui see pole piisav, et õnnetustel lahendada sündmusi turvaliselt. Selleks soovitab töö auto viia läbi koolituse, mis hõlmab endas praktilisi harjutusi, mis aitaksid uusi teadmisi kinnitada.

Lõputöös selgus, et elektriajamiga autod toovad mõned lisaohud, mida varem pole olnud. Nendeks on võimalus saada kõrgepingesüsteemist elektrilöök ning võimalikud põlengud, mis nõuavad suuremaid ressursse kui praeguseni on harjutud. Samuti mõnda uut lisavarustust ning isikukaitsevahendeid.

## SUMMARY

The topic of the bachelor's thesis is "The Rescuers Awareness of Electric Cars". The work examined the rescuers knowledge of electric cars and what knowledge rescuers should acquire.

The knowledge of rescuers needs to be constantly improved in order not to get behind the rapid technical development. Rather, be foresighted and prepared for potential dangers. It is therefore necessary to know what the technique is and what the right techniques are for dealing with it.

The work consists of three parts. The first part described electric cars and their possible technical solutions, battery pack and its construction, possible sources of danger that occur with electric cars. The second part of the work contains the necessary knowledge for rescuers on how to handle electric cars. How to recognize and know where different components are located and how to turn off the high voltage system. Also about extinguishing an electric car, what to do if you come into contact with the electrolyte and what kind of personal protective equipment is needed. The third part contains the conclusions and summaries of the results of the thesis, the concerns mentioned by the rescuers themselves and the suggestions of the author of the work, which would raise the awareness.

One important part is recognizing electric cars, recognizing potential hazards, and how to safely handle the challenge with such cars. Also where the various components of the cars are located, which are the battery pack, electric drive, high voltage cables, locations of safety plugs and other safety systems in the cars. Rescuers generally have knowledge of electric cars, but that is not enough to solve accidents safely in the event of an accident. To this end, the work author recommends that training be carried out, which includes practical exercises that would help to validate the new knowledge.

Thesis revealed that electric cars bring some additional dangers that have not existed before. These include the possibility of receiving an electric shock from a high-voltage system and possible fires that require more resources than have been used to date. Also some new accessories and personal protective equipment.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] P. Pukk, „www.stat.ee,“ 27 Detsember 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.stat.ee/index.php/et/uudised/2019/12/27/elektriautod-nopivad-poolehoidjaid>. [Kasutatud 17 Märts 2012].
- [2] [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika>. [Kasutatud 20 Märts 2021].
- [3] „ERR,“ 08 11 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/641459/euroopa-komisjon-tegi-uued-ettepanekud-autode-heitgaaside-vahendamiseks>. [Kasutatud 24 04 2021].
- [4] S. P. L. M.-P. N. M. E. H. Fuad Un-Noor, „A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development,“ *Energies*, kd. 12, 2017.
- [5] „Electric vehicles in Europe,“ opean Environment Agency, Copenhagen, 2016.
- [6] Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren, „Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles,“ Research Institutes of Sweden, Borås, 2019.
- [7] N. L. Kommunikatsiooniraamat, „Nissan Leafi,“ 2010.
- [8] V. Ruiz, A. Pfrang, A. Kriston, N. Omar, P. Van den Bossche, L. Boon\_brett, „A review of international abuse testing standards and regulations for lithium ion batteries in electric and hybrid electric vehicles,“ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd. 81, 2018.
- [9] N. T. S. Board, „Safety Risks to Emergency Responders from Lithium-Ion Battery Fires in Electric Vehicles,“ Washington, DC, 2020.
- [10] N. I. S.A, „Nissan LEAF Õnnetuspaika saabuja juhend,“ 2012.
- [11] D. S. P. S. G. S. E. S. J. R. S. & S. J. „Lithium-ion Battery Safety Issues for Electric and Plug-in Hybrid Vehicles,“ National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 2017.
- [12] Peiyi Sun, Huichang Niu, Roeland Bisschop, Xinyan Huang, „A Review of Battery Fires in Electric Vehicles,“ *Fire Technology*, kd. 56, 2020.
- [13] 2 5 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://arstechnica.com/cars/2019/05/family-sues-tesla-over-deadly-2018-autopilot-crash/>. [Kasutatud 22 4 2021].
- [14] „Emergency Field Guide Hybrid, Electric, Fuel Cell, and Gaseous Fuel Vehicles,“ National

- Fire Protection Association, Quincy, 2018.
- [15] Lingxi Kong, Chuan Li, Jiuchun Jiang, Michael G. Pecht, „Li-Ion Battery Fire Hazards and Safety Strategies,” *MDPI Energies*, kd. 11, 2018.
- [16] R.Thomas Long Jr, Andrew F. Blum, Thomas J. Bress, Benjamin R.T Cotts, „Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicle Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results,” The Fire Protection Research Foundation, Bowie, MD, 2013.
- [17] C. G. N. L. a.-G. S. Katharina WöhrlOrcID, „Crashed Electric Vehicle Handling and Recommendations—State of the Art in Germany,” *Energies*, kd. 14, nr 1040, 2011.
- [18] „Päästeameti materjal asutusesiseseks kasutamiseks“.
- [19] P. AG, „Akuga elektrisõidukite pukseerimine,” 2019.
- [20] Toyota, „Toyota Camry Remondijuhend RM33C7\_4\_EN Repair Instruction Precaution,” [Võrgumaterjal]. Available: [www.techdoc-toyota.com](http://www.techdoc-toyota.com). [Kasutatud 5 5 2021].
- [21] J. O. R. T. M. A. Marcus Wisch, „Recommendations for Safe Handling of Electric Vehicles after Severe Road Traffic Accidents,” Gothenburg, 2015.
- [22] „www.carlroth.com,” CARLROTH, 8 6 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://bit.ly/3xVaC8y>. [Kasutatud 9 5 2021].
- [23] Päästeamet, „Päästeameti põhiauto standarvarustuse nimekiri,” 2021.
- [24] T. M. Corporation, „<https://techinfo.toyota.com/>,” 2001. [Võrgumaterjal]. Available: <https://toyota.us/3utYB7U>. [Kasutatud 9 5 2021].
- [25] peopleperproject, „peopleperproject.com,” 9 3 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://et.peopleperproject.com/posts/4382-what-is-litmus-paper>. [Kasutatud 9 5 2021].
- [26] B. F. F. Solutions, „[www.bavariafirefighting.com](http://www.bavariafirefighting.com),” [Võrgumaterjal]. Available: <https://bit.ly/3hcoo0u>. [Kasutatud 9 5 2021].
- [27] „International Association of Fire and Rescue Services,” 17 6 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ctif.org/news/euro-rescue-app-now-available-download-huge-breakthrough-extrication-all-first-responders>. [Kasutatud 22 04 2021].

# LISAD

Lisa 1. Küsimustik ja selle vastused

Lisa 2. Veejagaja hoidja

## Lisa 1. Küsimustik ja küsimustiku vastused

Mina olen Hardo Liivapuu, õpin Tallinna Tehnikakõrgkooli Autotehnika erialal ning töötan Päästeametis päästevahendite tehnikuna. Olen tänulik, kui leiate aega vastata antud küsimustikule.

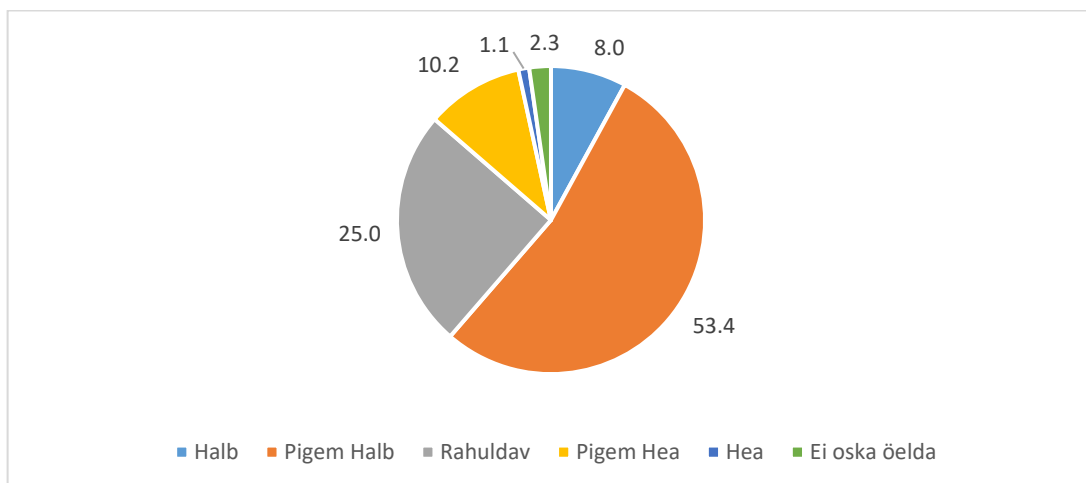
Küsimustiku vastuseid analüüsitakse "Päästjate teadlikkus elektriajamiga autodest" lõputöö raames. Küsitluses osalemine on anonüümne ning tulemusi esitatakse üldistatud kujul. Peale küsimustikule vastamist kindlasti vajutada ka "Submit" nupule, et vastused salvestataks.

Elektriajamiga autoks nimetatakse nii elektriautot kui ka hübriidtehnoloogial põhinevat autot, millel on mitu erinevat tüüpi jõuallikat. Enamasti on selleks elektrimootor(elektriajam) ning sise põlemismootor.

Täna teid koostöö eest.

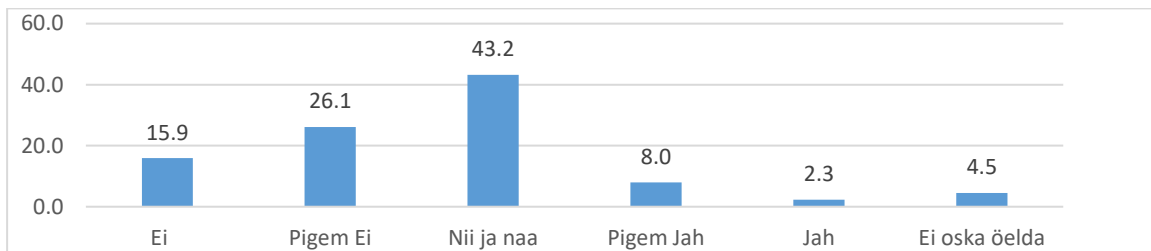
## Teadlikkus

### 1. Kuidas hindate oma teadmisi elektriajamiga autodest ?



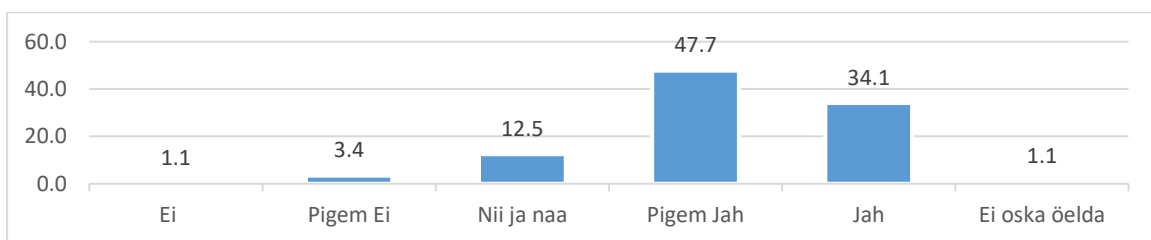
Graafik 2.

2. Kas teate, kus kohast leiate infot kõrgepingesüsteemist kui ka komponentide asukohast ?



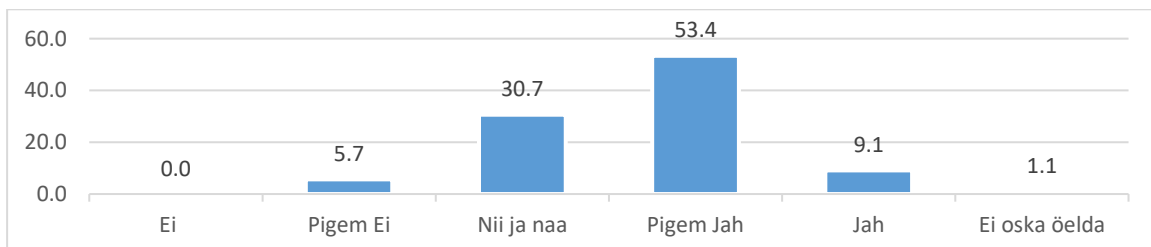
Graafik 3.

3. Kas teate, mis on elektriajamiga auto ?



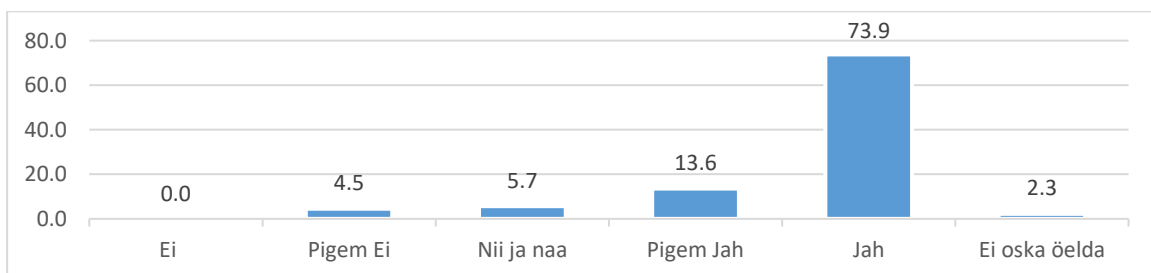
Graafik 4.

4. Kas tunnete ära elektriajamiga auto ?



Graafik 5.

5. Kas peaksite teisi teavitama päästesündmusel, et tegemist on elektriajamiga auto ?



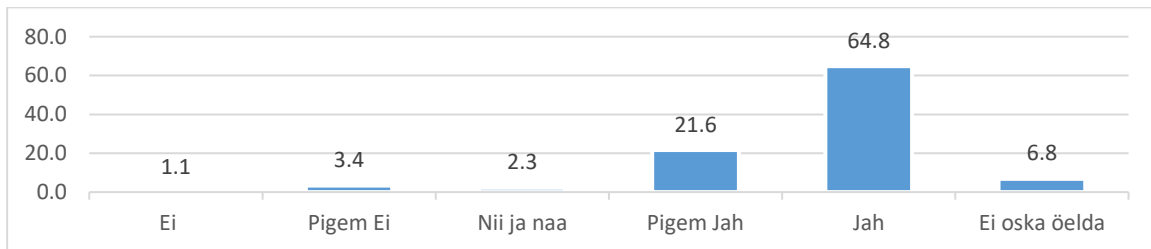
Graafik 6.

6. Kui elektriajamiga auto ei tee häält, kas sel juhul võib eeldada, et see on välja lülitatud ?



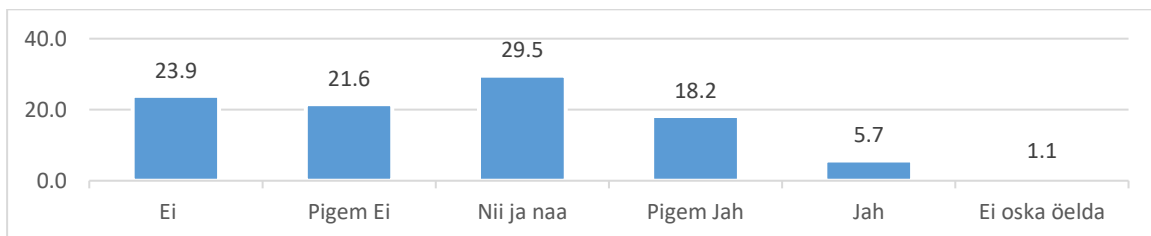
Graafik 7.

7. Kas peaksite eeldama, et elektriajamites on kõrgepinge sees ?



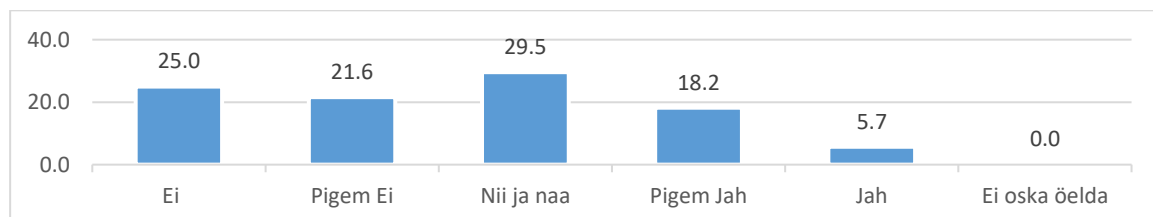
Graafik 8.

8. Kas teate, kus asuvad enamasti kõrgepingesüsteemi komponendid ?



Graafik 9.

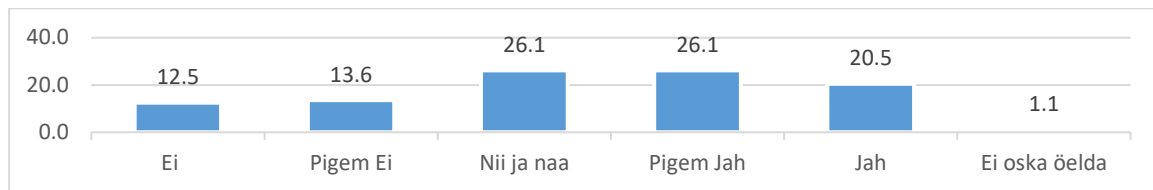
9. Kas teate, kus asub elektriajam ?



Graafik 10.

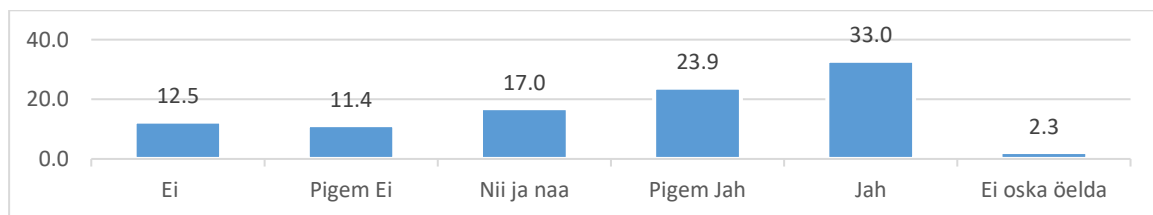


### 10. Kas teate, kus asub enamasti akupakk ?



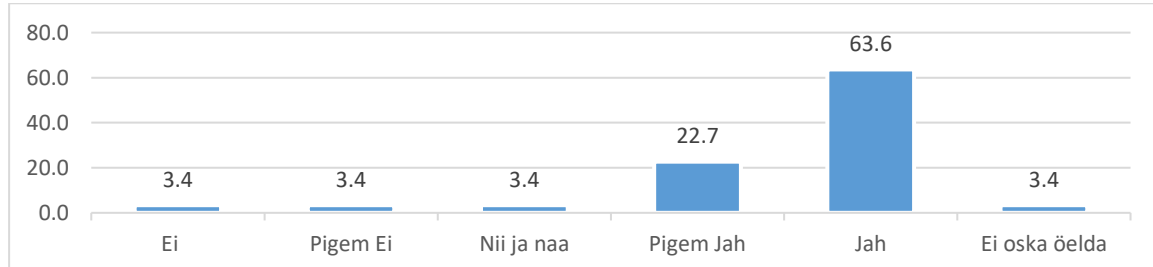
Graafik 11.

### 11. Kas teate, milline näeb välja kõrgepingekaabel ?



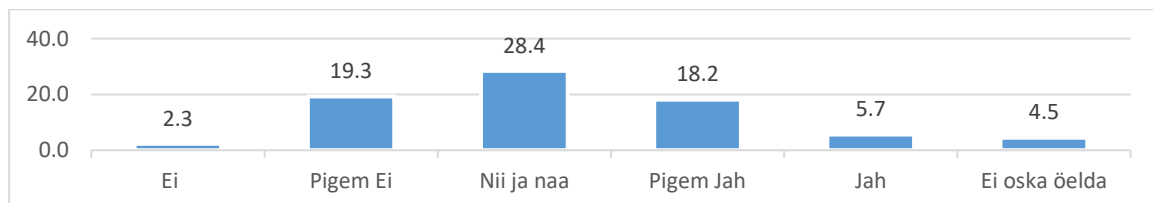
Graafik 12.

### 12. Kas elektriajamiga auto käsitlemiseks on vaja kasutada isikukaitsevarustust ?



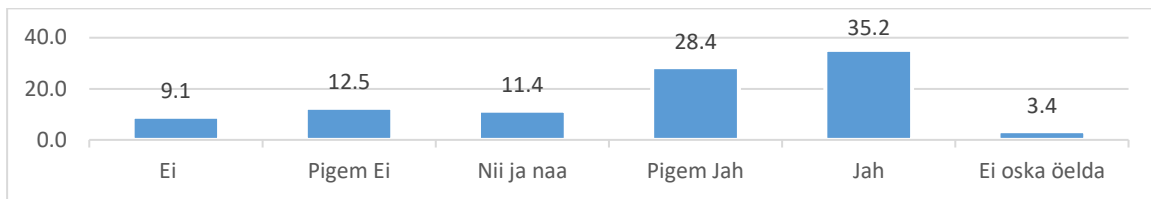
Graafik 13.

### 13. Kas teate, kuidas toimib kõrgepingesüsteemi välja lülitamine ?



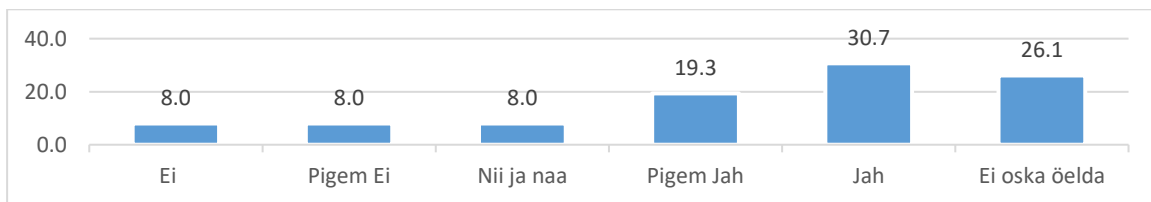
Graafik 14.

14. Kas teate, milliseid lisaoste võib kõrgepingesüsteemi mitte välja lülitamine tuua ?



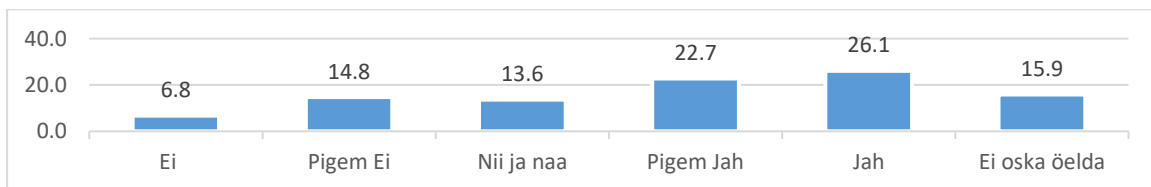
Graafik 15.

15. Kas akupakki jääb kõrgepinge alles peale kõrgepingesüsteemi välja lülitamist ?



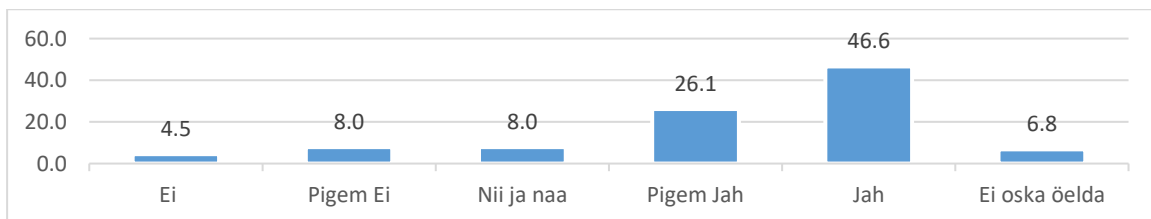
Graafik 16.

16. Kas elektriajamiga auto kerest on võimalik saada elektrilööki ?



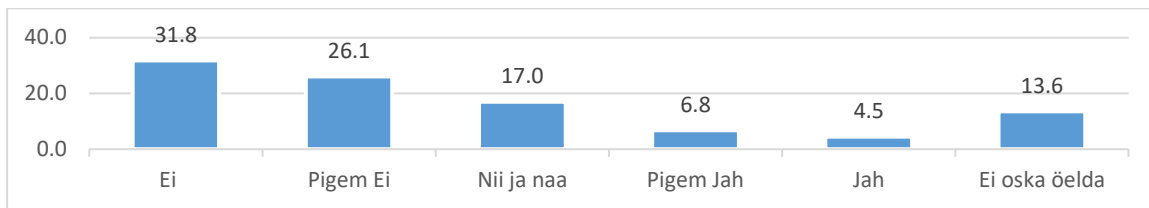
Graafik 17.

17. Kas elektriajamiga autot kustutades on võimalik saada elektrilööki ?



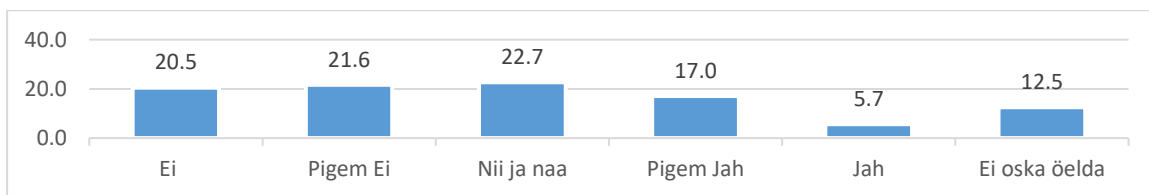
Graafik 18.

18. Kas teate, kus kohast ei tohi toetada/tõsta elektriajamiga autot ?



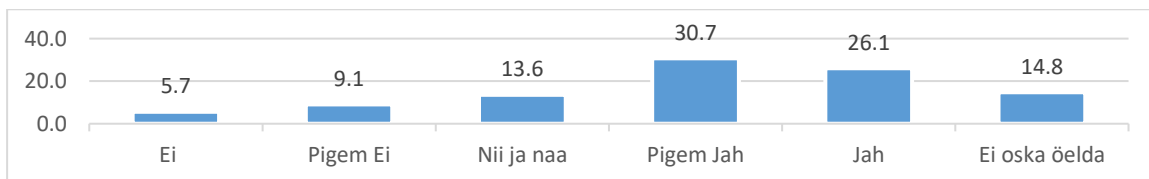
Graafik 19.

19. Kas teate, kus kohast ei tohi lõigata elektriajamiga autot ?



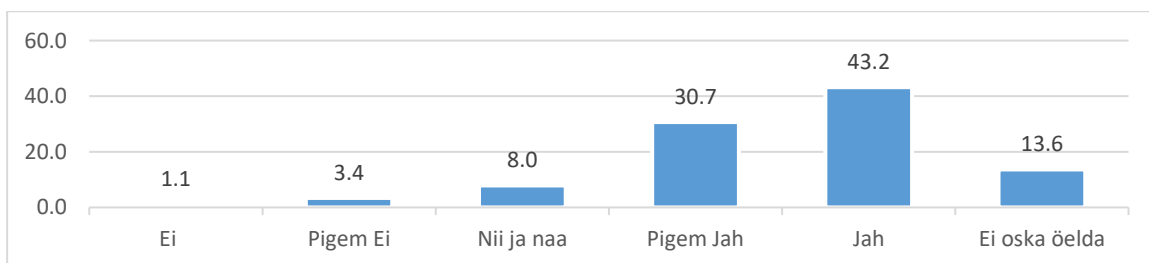
Graafik 20.

20. Kas elektriajamiga auto kustutamine vähese veega on ohtlik ?



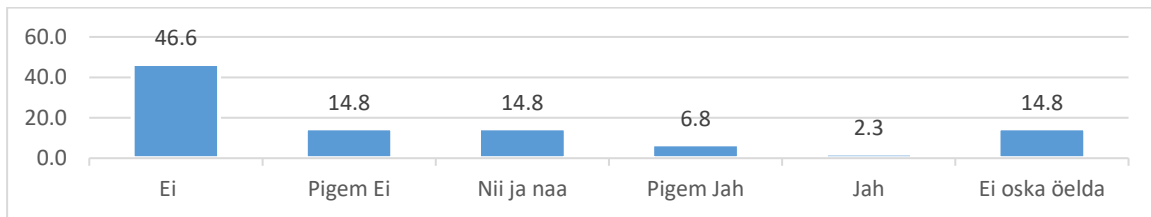
Graafik 21.

21. Kas akupakk on võimeline süttima uuesti peale kustutamist ?



Graafik 22.

22. Kas teate, kuidas on võimalik teada saada, kas akupakk on põlema süttimas või on põlemas ?



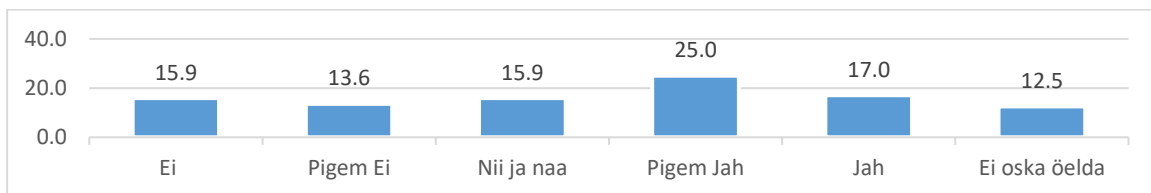
Graafik 23.

23. Kas akupakki võib avada, et seda kustutada ?



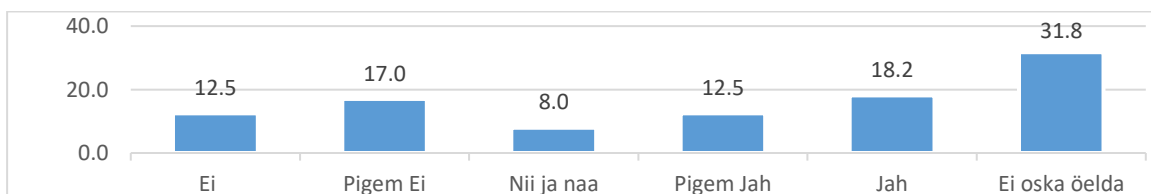
Graafik 24.

24. Kas teate mida teha, kui puutute kokku akupakis oleva elektrolüüdiga ?



Graafik 25.

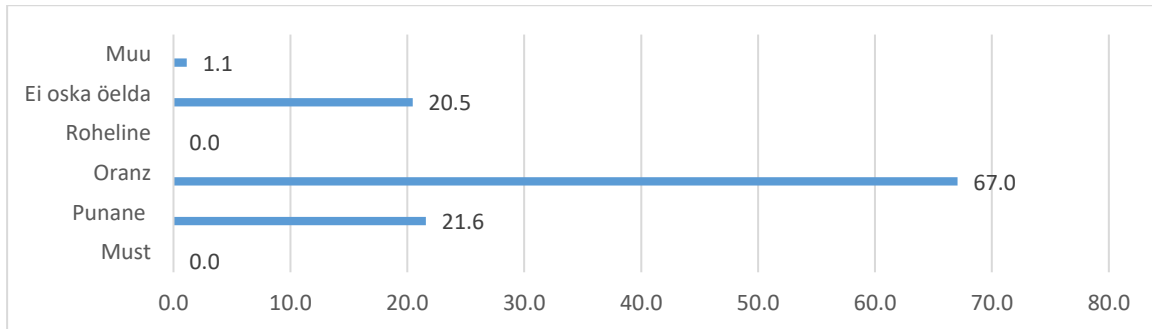
25. Kas elektrolüüt on tuleohtlik ?



Graafik 26.

## Valikvastused

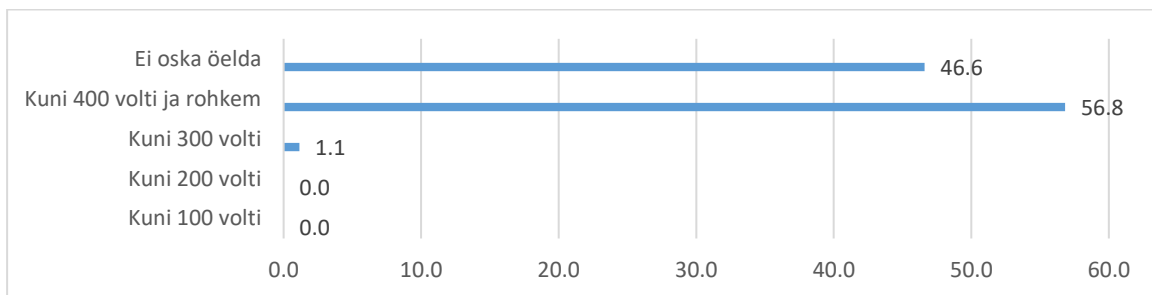
1. Mis värvi on elektriajamiga auto kõrgepingekaabel ?



Graafik 27.

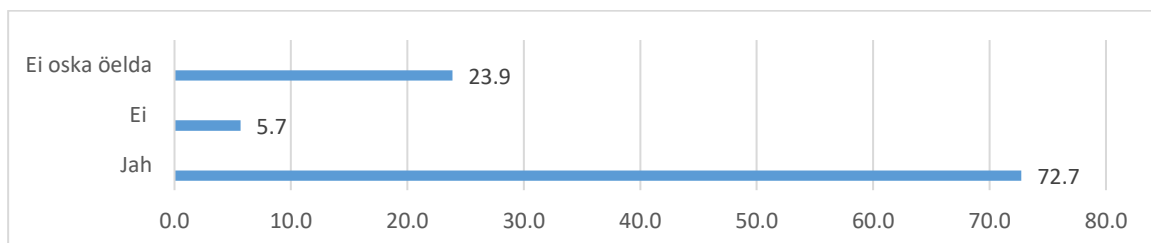
Muu variandina pakuti ka violetset värvust.

2. Kui suurt pinget on akupakk võimeline välja andma ?



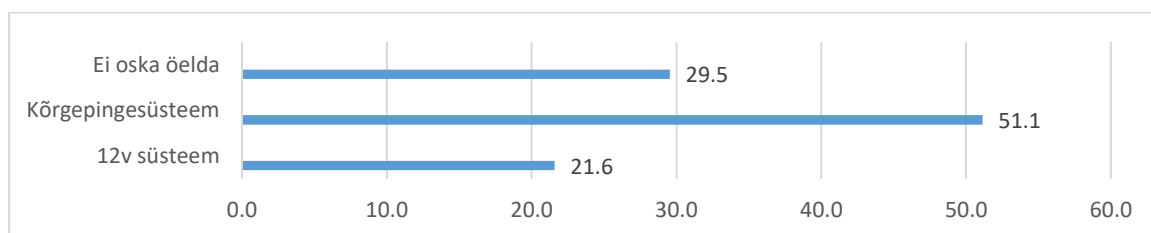
Graafik 28.

3. Kas kõrgepingekaabli isolatsiooni kahjustada saamisel on võimalik saada auto kerest elektrilööki ?



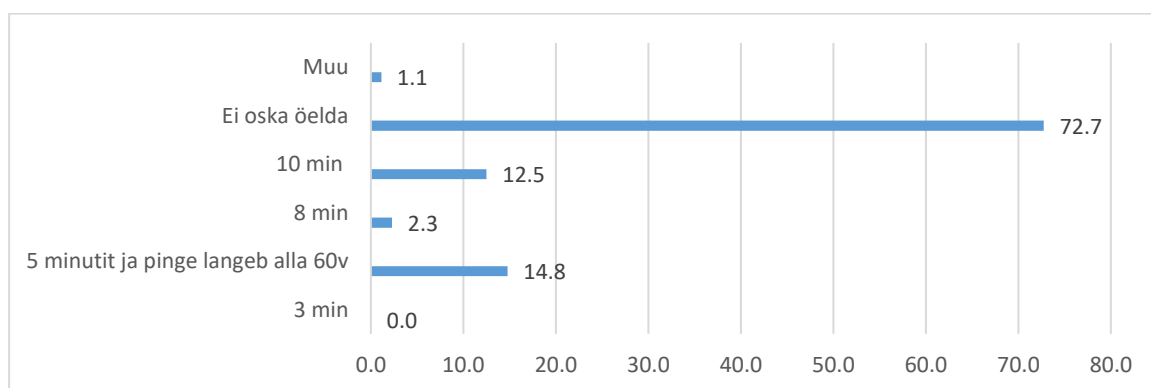
Graafik 29.

4. Kumb süsteem tuleb elektriajamiga autol esimesena välja lülitada ?



Graafik 30.

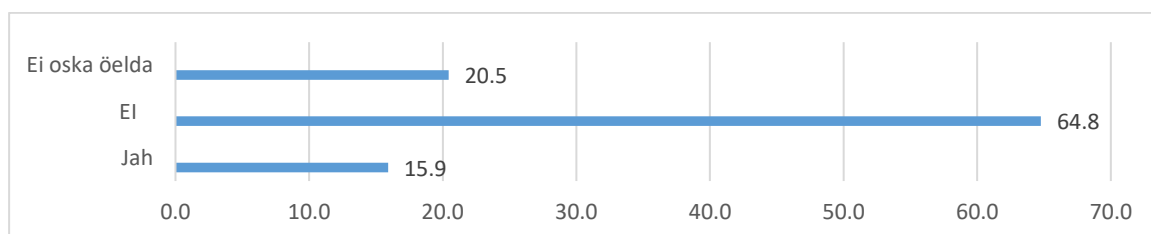
5. Kui kaua tühjeneb kõrgepingesüsteemi kondensaator ?



Graafik 31.

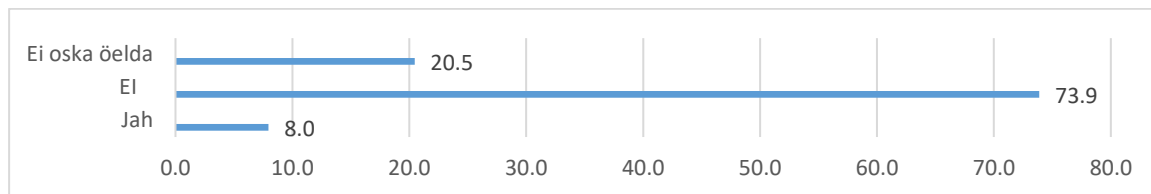
„Muu vastus“ oli, et stopperiga aega mõõtma ei hakkaks, kuid ohutuse vaates 10 minutit.

6. Kas on soovituslik päästetöödega alustada enne kõrgepingesüsteemi väljalülitamist ?



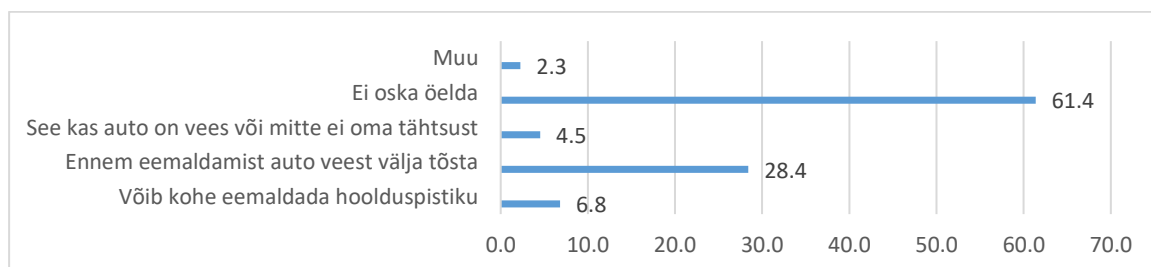
Graafik 32.

7. Kui sõidukil on kõrgepingesüsteem välja lülitatud, kas võib eeldada, et kõrgepinge puudub ka akupakis ?



Graafik 33.

8. Kas vee alla jäänud autol võib kohe hoolduspistiku eemaldada ?

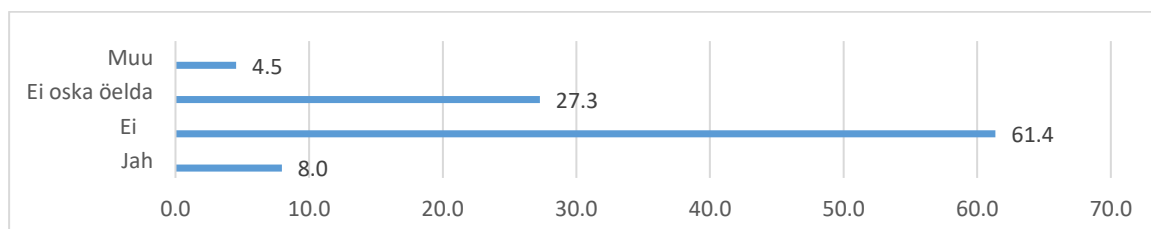


Graafik 34.

Muud vastused olid:

- Kes hakkab sukelduma, et hoolduspistik eemaldada
- Ei saa küsimusest aru
- Miks peaks seda vee all tegema

9. Kas isikukaitsevarustuse kasutamine võib kaasa tuua raskeid kehavigastusi või isegi surma ?

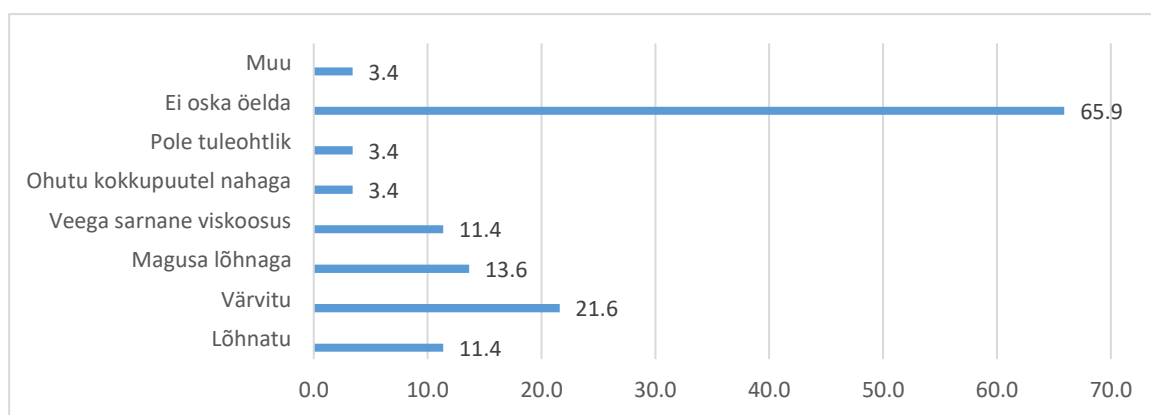


Graafik 35.

Muud vastused olid:

- Ei, pigem selle kasutamata jätmine tekitab ohte.
- Äkki mõeldud mitte kasutamine ? Siis jah.
- Ei saa küsimusest aru
- Mille korral ?

10. Liitium-ionakudes olevale elektrolüüdile sobilikud omadused on ?

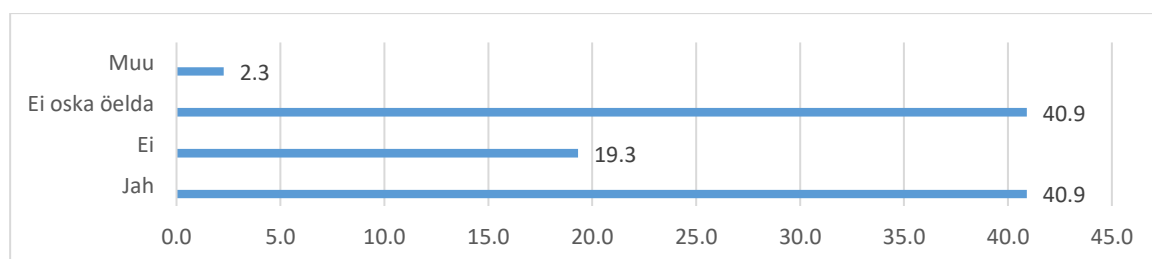


Graafik 36.

Muud vastused olid:

- Mürgine
- Ärritab silmi, kergesti süttiv
- Halvasti formuleeritud küsimus

11. Kas elektrolüüti on võimalik veega ära neutraliseerida ?



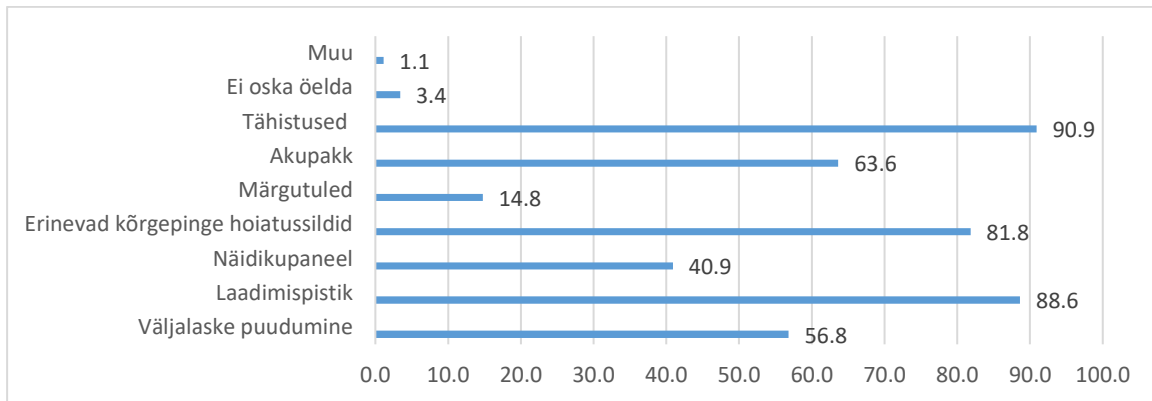
Graafik 37.



Muud vastused olid:

- Võimalik lahjendada.
- Ta jääb alles, kuid kui ei ole teistega koos, ei ole ohtlik elektrinäol.

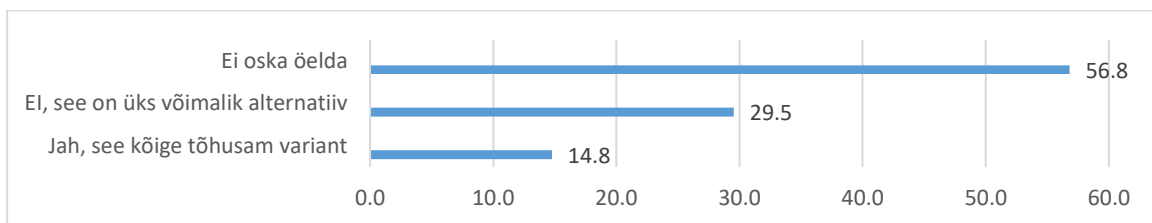
## 12. Millised omadused aitavad ära tunda elektriajamiga autot ?



Graafik 38.

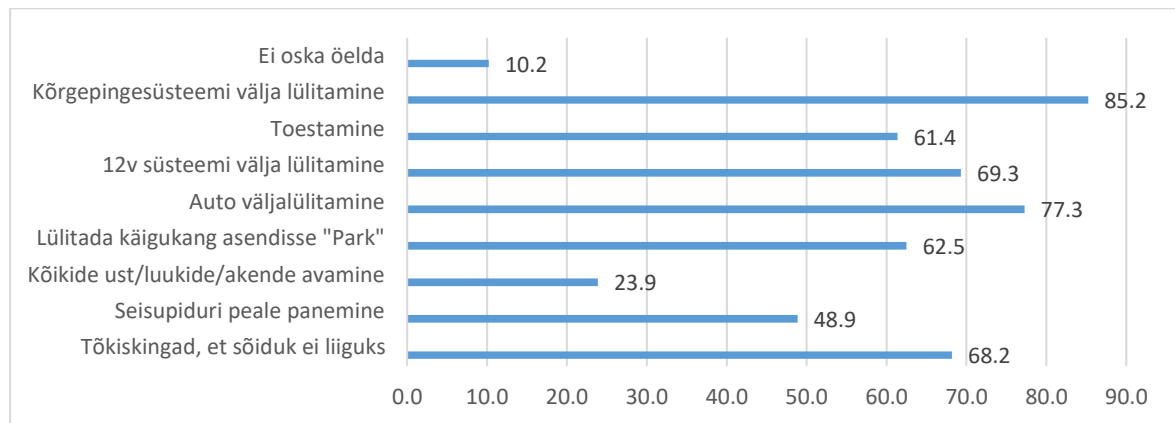
Muu vastusena pakuti sinist tootjapoolset märki.

## 13. Kas hoolduspistiku eemaldamine peaks olema esimene variant kuidas välja lülitada kõrgepingesüsteemi?



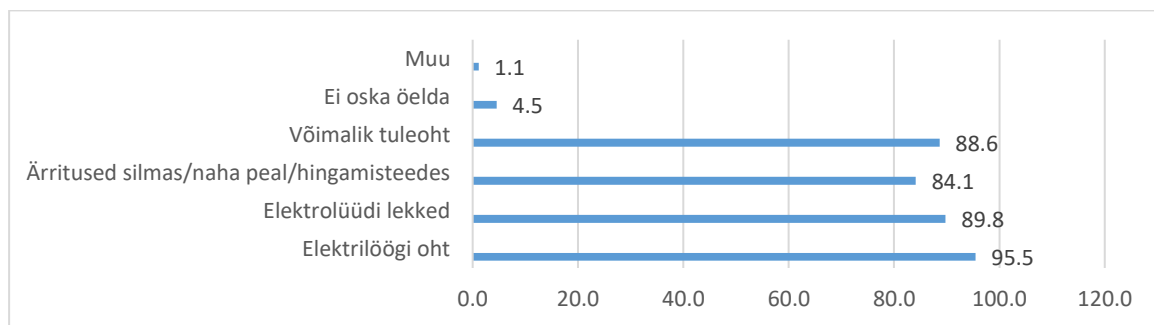
Graafik 39.

#### 14. Mis aitab muuta elektriajamiga autot ohutumaks sündmusel ?



Graafik 40.

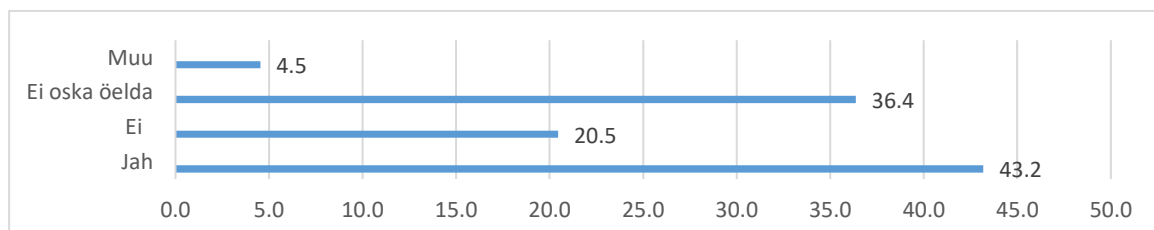
#### 15. Millepärast tuleks teavitada teisi sellest, et tegemist on elektriajamiga auto ?



Graafik 41.

„Muu vastus“ oli, et mida rohkem informatsiooni seda parem on.

#### 16. Kas on mingid erandkorrad, kus võib alustada päästetöödega enne kõrgepingesüsteemi väljalülitamist ?

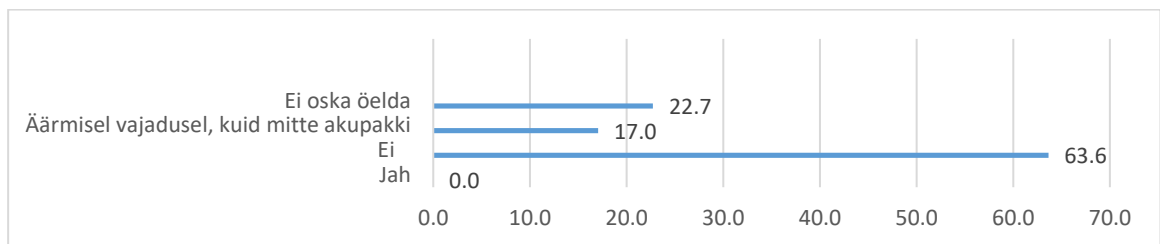


Graafik 42.

Muud vastused olid:

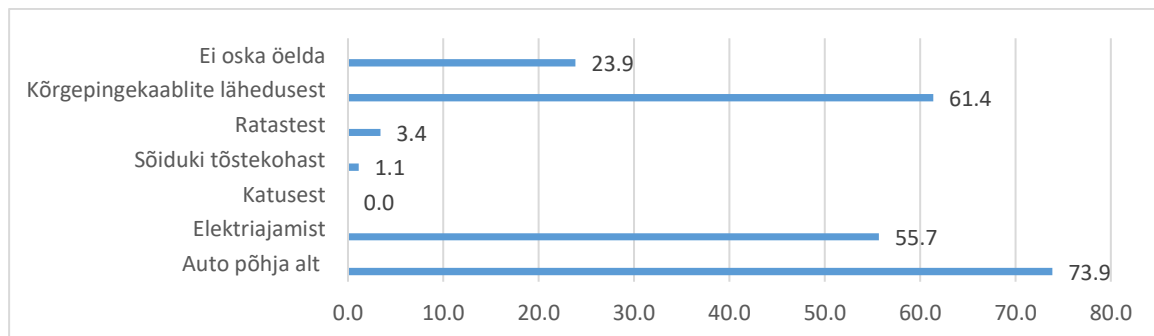
- Jah, kui kasu on suurem kui võimalik tekkiv kahju. (Inimelu päästmine)
- Jah, inimelu päästmine
- Kiire evakuatsioon

17. Kas võib lõigata mõnda kõrgepinge komponenti ?



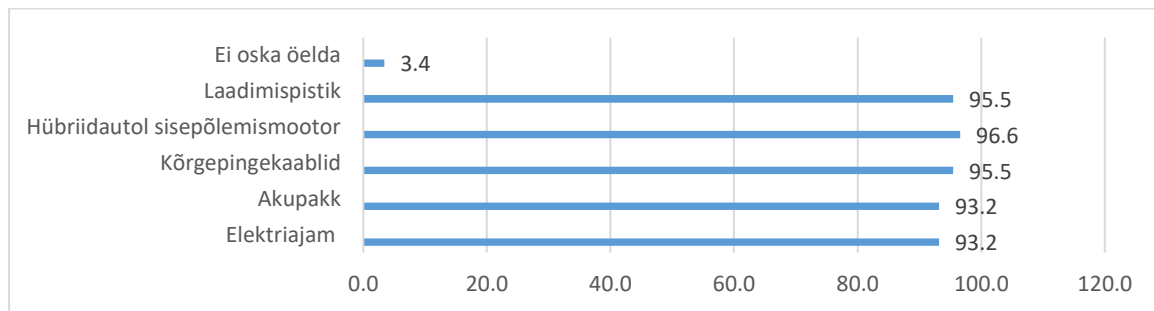
Graafik 43.

18. Millistest kohtadest ei tohi elektriajamiga autot toetada ?



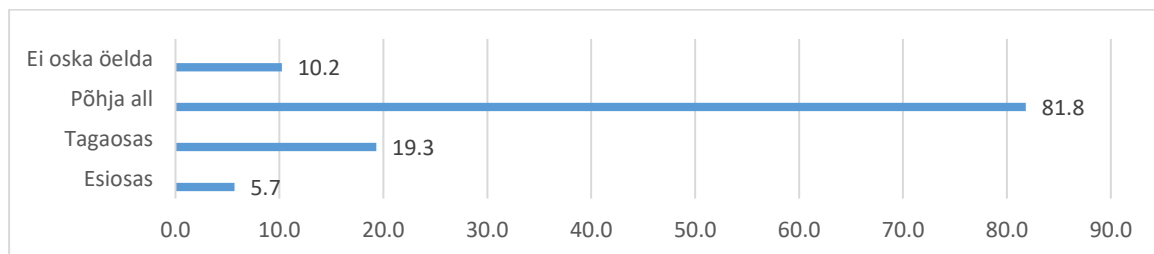
Graafik 44.

## 19. Elektriajamiga sõidukil on ?



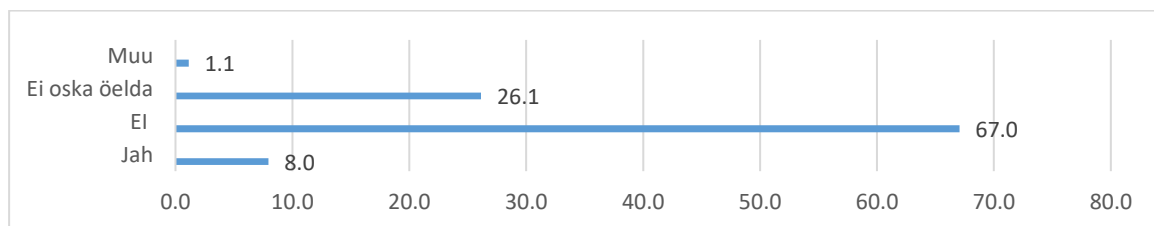
Graafik 45.

## 20. Kus asetseb enamasti akupakk ?



Graafik 46.

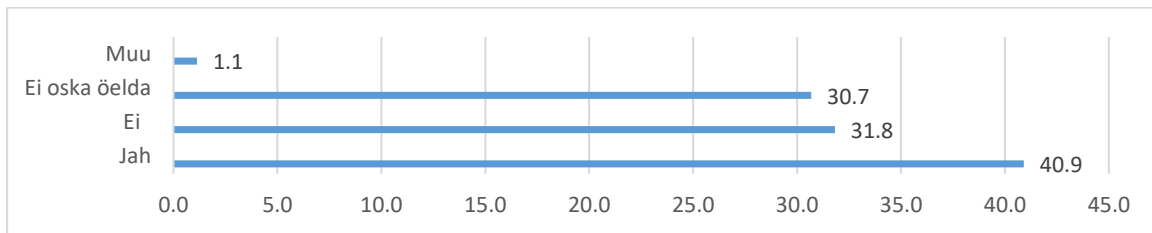
## 21. Kas isoleerteip on sobilik, et katta kinni kahjustatud kõrgepingekaabel/komponent ?



Graafik 47.

„Muu vastus“ oli, et hästi ajutiselt, parem kui mitte midagi.

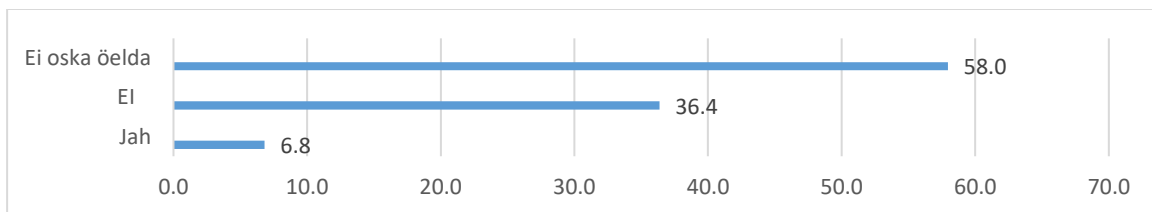
22. Kas elektriajamiga auto põlemisel tekkiv suits on erinev võrreldes sise põlemismootoriga varustatud autoga ?



Graafik 48.

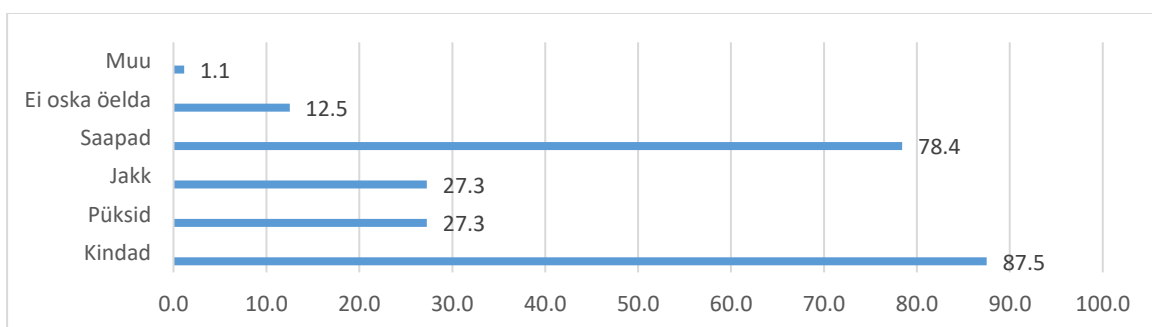
„Muu vastus“ oli, et ainult siis kui akupakk põleb.

23. Kas auto kõrgepingesüsteemi on võimalik välja lülitada ka kaitsmekarbist kaitsmete välja võtmisega ?



Graafik 49.

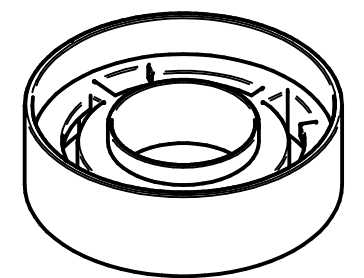
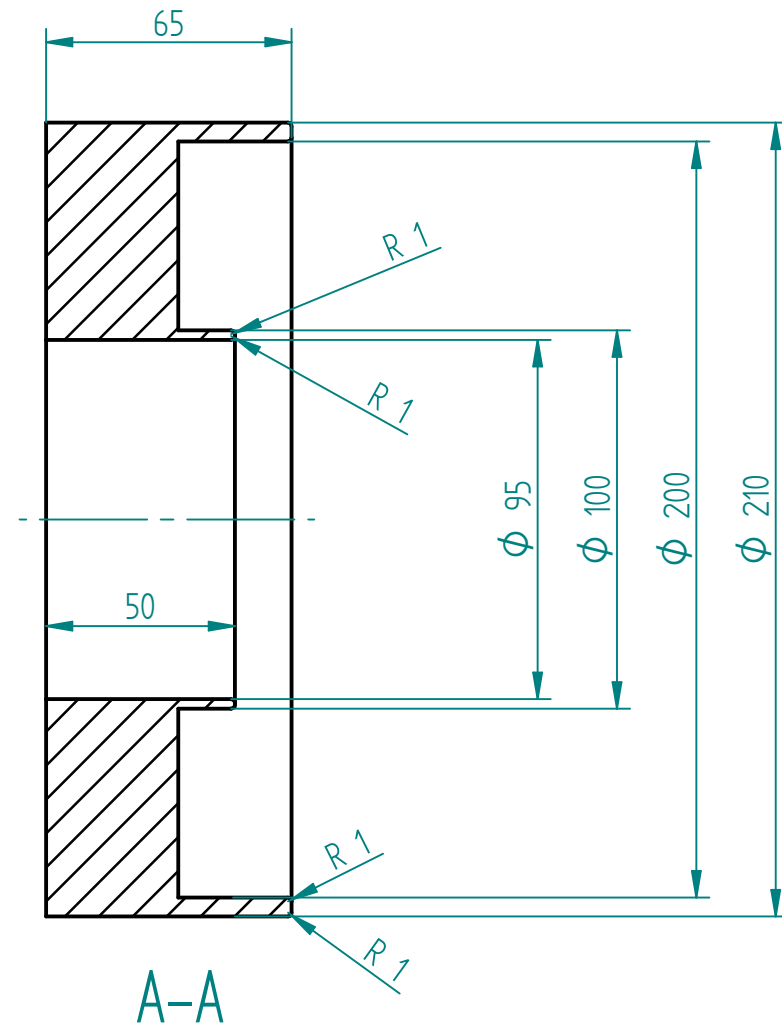
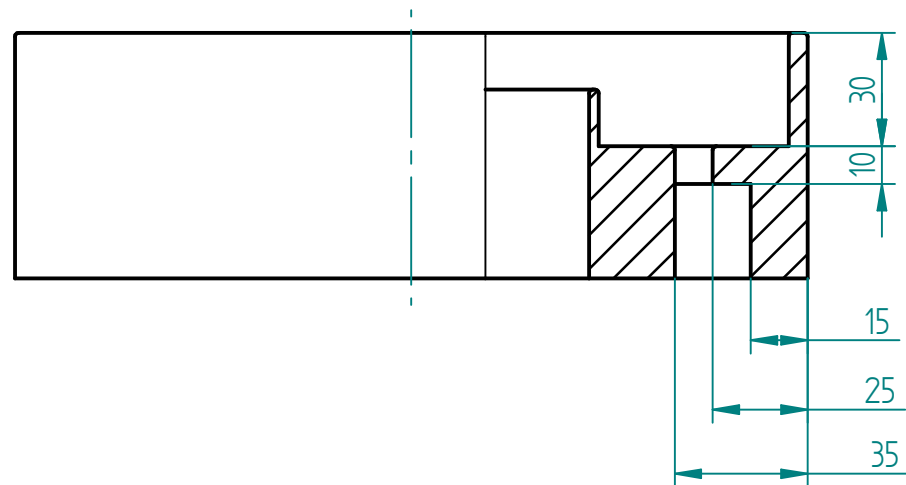
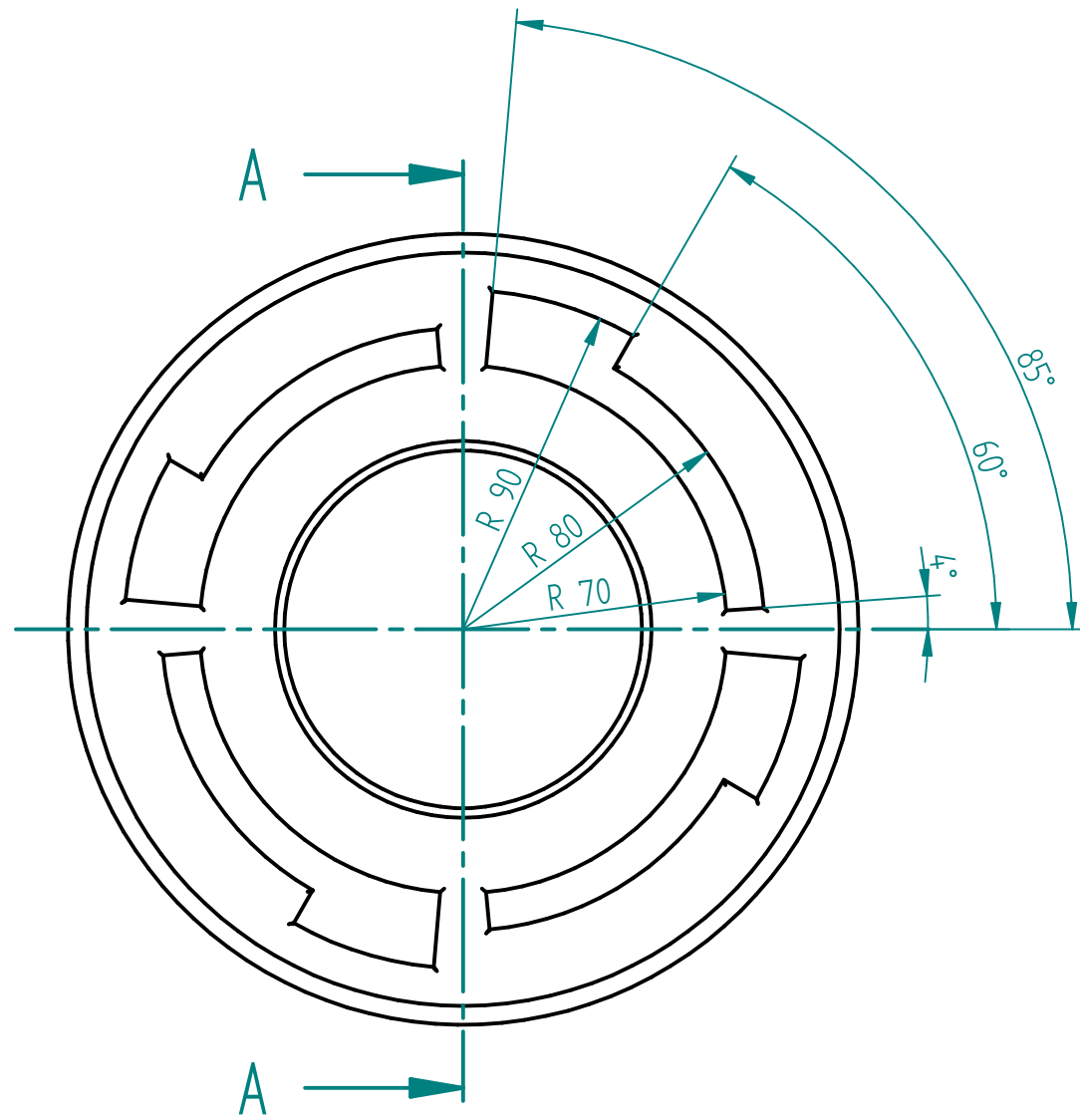
24. Minimaalsed dielektrilised isukaits vahendid tegeledes elektriajamiga auto juures on ?



Graafik 50.

„Muu vastus“ oli, et tavariietes tegeleb muidu, kuid eritoimingud avariilise sõiduki juures vajab üle vaatamist.

## **Lisa 2. Veejagaja hoidja**



1:5

	Materjal: ABS plastik	Märkimata piirhälbed: ISO 2768 - m	Mass: 0.810 kg	Mööd: 1:2
	Teostas: H.Liivapuu	Nimetus: Veejagaja hoidja	Faili nimetus:	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	TALLINNA TEHNIKAKÕRGGKOL	Leht: 1/1	Tähis:	Formaat: A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY