

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Allan Rasva

RS180

**LIITREAALSUSE KASUTAMINE ELEKTRIAUTODE
AVARIIDE LAHENDAMISE KOOLITAMISEL
PÄÄSTETEENISTUJATE VÄLJAÕPPES**

Lõputöö

Juhendaja:

Kärt Reitel, PhD

Kaasjuhendaja:

Stella Polikarpus, MA

Tallinn 2023

SISEKAITSEAKADEEMIA LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

| | |
|---|----------------|
| Kolledž: Päästekolledž | Kaitsmine 2023 |
| Töö pealkiri eesti keeles: Liitreaalsuse kasutamine elektriautode avariide lahendamise koolitamisel päästeteenistujate väljaõppes | |
| Töö pealkiri võõrkeeles: The Use of Augmented Reality in Responding to an Electric Vehicle Accident in Emergency Services Training | |
| <p>Töö koosneb kahest osast: teoreetilisest osast ja empiirilisest osast. Lõputöö pikkus on 58 lehekülge. Töös on 6 tabelit, 14 joonist ja 5 lisa. Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas saab kasutada liitreaalsust päästeteenistujate väljaõppes, lõimituna praegusesse täiendkoolitusse ning millised ohud ja riskid elektriautode päästesündmustel esinevad, ning kuidas elektriautodega seotud riske maandada. Kvalitatiivses uurimistöös kasutati andmete kogumiseks struktureeritud intervjuusid meeskonnavanematega liitreaalsuse kasutusele võtmise kohta. Samuti analüüsiti õppematerjale elektriautode päästesündmusele reageerimiseks.</p> <p>Dokumentide analüüsis selgus, et elektriautode suurimaks ohuks on tulekahju ja elektrilöögi oht. Nende ohtude maandamiseks tuleb elektriauto deaktiveerida eemaldades võti sõidukist ja ühendada lahti 12 voldine elektriaku. Intervjuude tulemuste selgus, et liitreaalsuse 3D mudelid meeskonnavanematele väga meeldisid, millest tulenevalt teeb autor ettepaneku liitreaalsuse kasutusele võtmiseks täiendusena praegusesse elektrisõidukite täiendkoolitusse.</p> | |
| Võtmesõnad: Liitreaalsus; Elektriauto; Elektriauto osad; 3D mudel | |
| Võõrkeelsed võtmesõnad: Augmented reality; Electrical car; Electrical car components; 3D model | |
| Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia | |
| Töö autor: Allan Rasva | |
| <p>Lõputöö on koostatud iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujalt allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Annan Sisekaitseakadeemiale loa (lihtlitsentsi) minu loodud töö reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Sisekaitseakadeemia raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni. Samuti loa teose üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Sisekaitseakadeemia veebikeskkonna kaudu sealhulgas Sisekaitseakadeemia raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.</p> | |
| Allkiri: | Kommentaar |
| Juhendaja: Kärt Reitel | Allkiri: |
| Kaasjuhendaja: Stella Polikarpus | Allkiri: |
| Kolledži direktor: Jaanis Otsla | Allkiri: |

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

Autopiiler - lage või kaart kandev harilik jäme tugipost (EKI, 2022)

Elektrolüüs - elektrivoolu abil toimuv lihtainete keemiline eraldamine nt maakidest vm looduslikest materjalidest (EKI, 2022)

Elektrood - elektrijuht, mille kaudu elektrivool kandub vedelikku, gaasi v tahkesse ainesse (EKSS, 2009)

Elektrolüüt - keemiline ühend, mis sulas olekus v. lahustatuna sisaldab ioone ning on seepärast hea elektrijuht (EKSS, 2009)

Elektriauto - elektri jõul liikuv auto (EKI, 2022)

Standard tegevusjuhised – kindlaks määratud tegevuste jada olukorra/sündmuse lahendamiseks (EKI, 2022)

Inverter - alalisvoolu vahelduvvooluks muundav seade (EKI, 2022)

Li-ioonaku - liitiumioonaku ehk aku, milles kannavad elektrilaengut ühelt elektroodilt teisele liitiumi ioonid (EKI, 2022)

Liitreaalsus - tegeliku ja virtuaalse keskkonna kombinatsioon, mis saadakse, kui tegeliku keskkonna peale kuvatakse virtuaalsed objektid (EKI, 2022)

PTJ - päästetöödejuht

Virtuaalreaalsus - virtuaalne reaalsus, arvuti abil matkitud reaalsus, tehistõelisus (EKSS, 2009)

SISUKORD

| | |
|--|----|
| MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU | 3 |
| SISSEJUHATUS | 6 |
| 1. ELEKTRIAUTO, SELLEGA SEOTUD OHUD JA PÄÄSTETEENISTUJATE VÄLJAÕPE | 9 |
| 1.1 Elektriauto ajalugu | 9 |
| 1.2 Elektriautode kasutamine Eestis..... | 10 |
| 1.3 Elektriauto ehitus..... | 12 |
| 1.4 Elektriautodega seotud ohud | 14 |
| 1.5 Päästeteenistujate väljaõpe ja virtuaal- ja liitreaalsuse kasutamine | 18 |
| 1.5.1 Standard tegevusjuhised mujal maailmas | 18 |
| 1.5.2 Virtuaal- ja liitreaalsus päästeteenistujate ja teiste valdkondade väljaõppes.... | 19 |
| 2. LIITREAALSUSE PRILLIDE TESTIMINE JA STANDARDTEGEVUSJUHISTE ANALÜÜS | 21 |
| 2.1 Metoodika ja valim..... | 21 |
| 2.2 Õppematerjalide analüüs | 22 |
| 2.3 Intervjuude tulemused meeskonnavanematega | 25 |
| 2.4 Järeldused ja ettepanekud..... | 33 |
| KOKKUVÕTE | 38 |
| SUMMARY | 39 |
| VIIDATUD ALLIKATE LOETELU | 40 |
| Lisa 1. Eestis kasutatav tegevusjuhend elektriautodega päästesündmusele reageerimiseks | 44 |
| Lisa 2. Elektriautode avariide lahendamise õppematerjal koostatud projekti FightAR raames | 49 |
| Lisa 3. Õppematerjalide analüüsi kodeerimistabel | 51 |
| Lisa 4. Intervjuu kava | 53 |

Lisa 5. Intervjuu tulemuste kodeerimistabel..... 55

SISSEJUHATUS

Elektriautode ajalugu ulatub 19. sajandisse, kui ungarlane Yedlik Anjos ehitas 1828. aastal esimese elektrimootoriga auto mudeli. Esimese mittelaetava akuga elektriauto ehitati aastatel 1832-1839 inglase Robert Andersoni poolt, kelle leiutis oli aluseks elektriautode loomisele. (Leitman & Brant, 2013)

Transpordiameti andmetel võetakse Maanteeametis arvele üha rohkem elektriautosid. Ajavahemikus 2019-2023 oli elektriautode arvu kasv pea 16-kordne. Kui aastal 2019 oli Eestis registreeritud 226 elektriautode, siis aastaks 2023 oli see arv kasvanud 3595 elektriautoni. Elektriautode arvu kasv Eesti maanteedel suurendab võimalikke elektriautodega seotud päästesündmuste juhtumise tõenäosust. (Transpordiamet, 2023) Mitmed Euroopa Liidu riigid on kinnitanud, et plaanivad järgnevatel aastatel üle minna ainult elektriautode kasutamisele: Norra aastaks 2025, Taani, Holland, Iisrael ja Rootsi aastaks 2030 (Liu, *et al.*, 2022, p. 2).

2023. aasta artiklis “Iga 7. kasutatud elektriauto võib olla võltsitud läbisõiduga” andmetel on Euroopas koguni 4 elektriautot 10-st sattunud õnnetusse (Accelerista, 2023). Üks põhjus, miks elektriautodega õnnetused juhtuvad, on tingitud autode madalast müratasemest, millest tulemusena kaasliiklejad ei märka elektriautot ning seetõttu võib toimuda avarii (Brand, *et al.*, 2013, p. 3). Üha suurenev elektriautode kasutamise arv suurendab ka päästesündmuste juhtumite arvu, mis nõuab seetõttu suuremat vajadust antud valdkonnas päästjate koolitamiseks (Transpordiamet, 2023).

Ameerika Ühendriikides on loodud elektriautode päästesündmuse lahendamiseks põhjalik juhised. Juhises tuuakse välja elektriauto päästesündmuse erinevad etapid. Sealhulgas on välja toodud etapid, millises järjekorras päästetööd tegema peab, ning milliseid ohte see endas kujutab. (Park, 2013, pp. 20-26) Hetkel on Eestis koolitatud päästekomando meeskonnavanemaid läbi J. Trakmanni loodud elektriautode täiendkoolituse Moodle õpikeskkonna. Õpikeskkonnas on toodud elektriauto ehitus ning kuidas käituda päästesündmusel elektriautodega. (Trakmann, 2022)

Käesoleva lõputöö **aktuaalsus** tuleneb vajadusest koolitada meeskonnavanemaid elektrisõidukiga juhtuda võivate päästesündmuse lahendamiseks õpikeskkonnas, kuhu

lisaks traditsioonilisele lähenemisele on põimitud uued innovaatilised lahendused. (FightARs, 2022)

Päästespetsialistid mitmetest riikidest on loonud õpikeskkonna FightARs, mille eesmärgiks on päästjate koolitamine. Õpikeskkonna üheks osaks on elektriautode ehitus ning päästesündmusel elektriautode ohutuks tegemine, kasutades koolitamiseks liitreaalsusprille HoloLens 2 (FightARs, 2022). Kui varasemalt on elektriautode ehituse tutvustamiseks kasutatud Moodle õppematerjale, siis FightAR loodud 3D makett elektriautost, võib aidata elektriautot paremini vaadelda ja selle osi tundma õppida. Liitreaalsus on uus tehnoloogia (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 1), mida tulevikus võib näha üheks võimaluseks päästjate koolitamisel. Liitreaalsus võimaldab kujutada holograafilisi sündmuskohti päästesündmustest ning samuti tekitada optilisi esemeid ruumis, sealhulgas ka elektriautot, mis võiks olla parem ja efektiivsem viis päästespetsialistide koolitamiseks (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 2).

Autorile teadaolevalt ei ole varasemalt uuritud liitreaalsuse kasutamist päästeteenistujate koolitamisel elektrisõidukiga juhtunud päästesündmuse lahendamisel. Lisaks selgus Hofmanni ja Polikarpuse (2022) uuringu tulemustest, et liitreaalsuse kasutamine esmareageerijate koolitusel on **uudne** ja seetõttu tuleb seda valdkonda edasi uurida ning arendada (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 7)

Lõputöö **uurimisprobleem**: Kuidas saab kasutada liitreaalsust ja elektriautode 3D liigutatavat hologrammi päästeteenistujate koolitamisel, lõimituna praegusesse täiendkoolitusse?

Uurimisprobleemi lahendamiseks püstitati järgmised **uurimisküsimused**:

1. Millised on elektriautodega seotud ohud ja nende ohtudega seotud riskid ning kuidas neid maandada päästesündmustel?
2. Millised tingimused peavad olema täidetud liitreaalsuse kasutamiseks elektriautode osade ja ohtude õpetamises õppetöös?
3. Millised eelised ja puudused päästeteenistujatele ja koolitajatele loob liitreaalsus elektriautode avariide lahendamise koolitamisel?

Käesoleva lõputöö eesmärk on välja selgitada elektriautodega toimunud avariide koolitamisel liitreaalsuse kasutamise võimalused ning pakkuda välja ettepanekud leitud puuduste kõrvaldamiseks.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud järgmised **uurimisülesanded**:

1. Võrrelda ja analüüsida elektriautode avariide lahendamise levinumaid praktikaid.
2. Analüüsida hetkel kasutusel olevaid elektriautode avariide lahendamise praktikaid ja liitreaalsuse võimalusi analoogsete koolituste läbiviimiseks.
3. Analüüsida teooriat ja uuringu tulemusi ning teha järeldusi ja ettepanekuid liitreaalsuse kasutusele võtmiseks elektriautode avariide lahendamise koolitamisel päästeteenistujate väljaõppes.

Andmete kogumiseks kasutas autor kvalitatiivseid uurimismeetodeid: intervjuud ja dokumentide analüüsi (Hirsjärvi, et al., 2010, lk 203-205). Intervjuu liigina kasutati struktureeritud intervjuud, kus teemad koos küsimustega olid ette antud ja küsimuste järjekord kindel. Intervjuu valimiks valiti eesmärgipärane valim, mille korral intervjuueeritavate valimistel lähtuti uurimisküsimustest ja teema valikust (Flick, 2009, p. 120). Valimi moodustasid 4 Muuga ja 4 Assaku päästekomando meeskonnvanemat. Intervjuu helisalvestus transkribeeriti manuaalselt ja seejärel tulemused jagati ühiste tunnuste alusel kodeerimistabelisse. Dokumentide analüüsi moodustavad kaks õppematerjali elektriautode päästesündmusele reageerimisel, millest üks on hetkel kasutusel meeskonnvanemate täiendkoolituseks ja teine FightAR projektis loodud õppematerjal. Autor tutvus põhjalikult mõlema õppematerjaliga ja seejärel jagas ühiste tunnuste alusel tulemused kategooriate kaupa tabelisse.

Käesolev lõputöö jaguneb kaheks osaks. Töö esimeses peatükis käsitletakse elektriautot ning sellega seotud ohte ja riske ning virtuaal- ja liitreaalsust ning nende kasutamise võimalusi päästesündmuste koolitamisel. Töö teine peatükk jaguneb neljaks alapeatükiks, millest esimeses alapeatükis keskendutakse meetoodika kirjeldusele. Teises alapeatükis analüüsitakse kahte õppematerjali elektriautode päästesündmuste lahendamiseks. Kolmandas alapeatükis kirjeldatakse intervjuude tegemist ja tulemusi meeskonnvanematega. Neljandas alapeatükis tehakse järeldused ja ettepanekud.

1. ELEKTRIAUTO, SELLEGA SEOTUD OHUD JA PÄÄSTETEENISTUJATE VÄLJAÕPE

1.1 Elektriauto ajalugu

Elektriautode ajalugu ulatub 19. sajandisse. Ungarlane Yedlik Anjos lõi 1828. aastal uue elektrimootoriga auto mudeli. 1838. aastal töötas šotlane Robert Davidson välja elektriveduri, mis saavutas kiiruse 6 kilomeetrit tunnis. Aastatel 1832-1839 leiutas inglane Robert Anderson esimese elektriauto, mis töötas mittelaetavatel akudel. Selle suurimaks puudus peeti seda, et elektriakut ei olnud võimalik laadida, mistõttu ei olnud selle eluiga väga pikk. Sellest hoolimata oli see leiutus elektriautode loomise aluseks. (Leitman & Brant, 2013)

Aastal 1900 töötasid 28 protsenti USA-s toodetud autodest elektrimootoritega. Alates 1912. aastast vähenes elektriautode järele nõudlus. See tulenes Henry Fordi poolt leiutatud uue sise põlemismootori tulekust ja konveieri kokkupaneku meetodist. 1913. aastal maksis sise põlemismootoriga auto 650 dollarit, elektriauto aga 1750 dollarit. 1970. aastate alguses kasvas taas huvi elektriautode vastu. Sellel kümnendil alustas Sebring-Vanguard väikebusside CitiCar tootmist. Selle maksimaalne kiirus oli 60 kilomeetrit tunnis. Ühe laadimisega suutis väikebuss läbida 65-kilomeetrise distantsti. (Abdukhalilovich & Abdusalilovich, 2020, pp. 37-40).

Alates 1990. aastast on Norra valitsus pakkunud elektriautode omanikele palju eeliseid. Lisaks on elanikele võimaldatud alates 1999. aastast linnades tasuta parkimine. 2016. aasta lõpuks moodustasid Norras elektriautod 5% kõigist riigi teedel liikuvatest autodest. (Khusanjonov, *et al.*, 2020)

Väljaspool Euroopat kasvas huvi elektriautode vastu 1990. aastatel, kui autode heitkogused suurenesid paljudes riikides (Fayziyev, *et al.*, 2022, pp. 89-94):

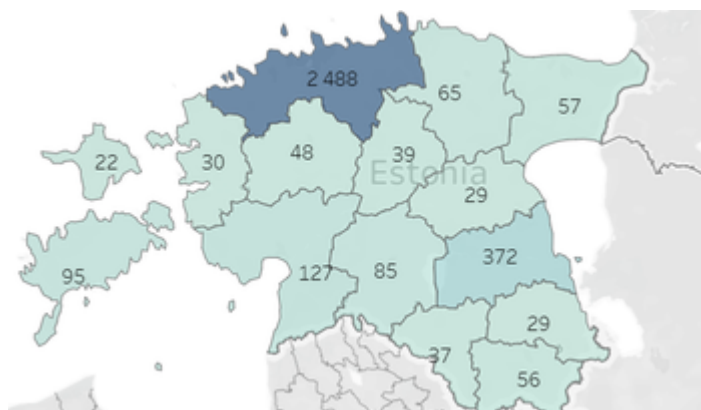
- 2008. aastal oli Tesla esimene ettevõtte 21. sajandil, mis hakkas elektriautosid masstootma.

- 2009. aastal võttis Hiina valitsus vastu plaani muuta oma riik maailma suurimaks elektriautode tegija aastaks 2020. Plaan oli maksta igale tootjatele elektriauto eest 9,3 tuhat dollarit. Hiina akufirma CATL tõi turule esimese autode aku, mille kasutusiga on miljon miili (1,6 miljonit kilomeetrit). See tähendab, et päevas 300 kilomeetrit läbiva auto aku eluiga on 14,5 aastat. See tähistab järjekordse revolutsiooni algust elektriautode tööstuses.

Paljude autotootjate sõnul ületab peagi elektriautode müük bensiini- ja diiselmootoril töötavate autode oma ning samuti plaanivad paljud autotootjad varsti minna üle vaid elektriautode tootmisele. Näiteks Jaguar plaanib alates 2025. aastast müüa ainult elektriautosid. Volvo plaanib sama teha aastaks 2030 ja Lotus aastaks 2028. General Motors elektrifitseerib kõik oma autod aastaks 2035, Ford müüb alates 2030. aastast Euroopas ainult elektriautosid ja Volkswagen lubab, et 2030. aastaks moodustavad 70% müügil olevatest autodest elektriautod. (Fayziyev, *et. al.*, 2022)

1.2 Elektriautode kasutamine Eestis

Transpordiameti andmetel võetakse Maanteeametis arvele üha rohkem elektriautosid. Elektriautode arv on viimase nelja aasta jooksul tõusnud pea 16 korda (Transpordiamet, 2023). Joonisel 1 on ära toodud elektriautode arv maakondade lõikes.

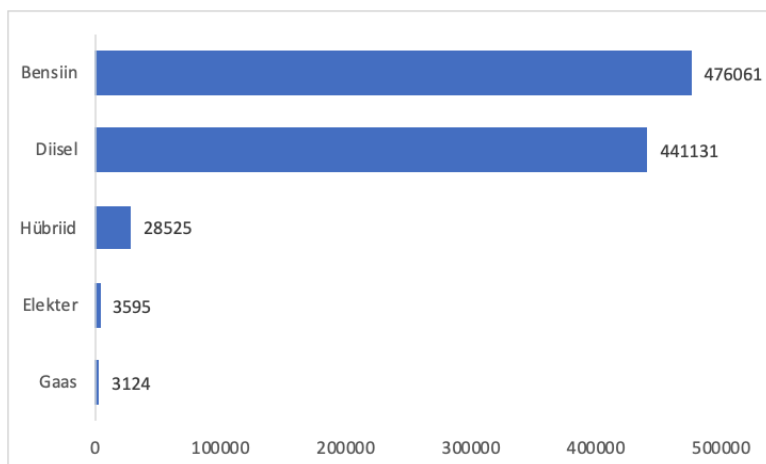


Joonis 1. Elektriautode arv maakondades (Transpordiamet, 2023)

Kuna elanike arv Harjumaal on kõrgem võrreldes teiste maakondadega, on loogiline, et ka elektriautosid on Harjumaal rohkem, kui teistes maakondades (joonis 1, tumesinine). Sellest võib järeldada seda, et kõige rohkem päästesündmusi elektriautodega juhtub just

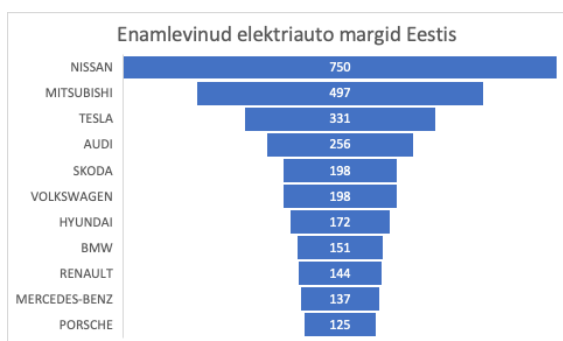
Harjumaal ja seal olevaid päästekomandosid tuleks enim koolitada elektriautodega seonduvatest ohtudest.

Aasta 2023 seisuga on Eesti maatedel 3595 elektriautot (joonis 2), mis moodustab kõikidest Eestis registreeritud sõiduautodest 0,4 %. (Transpordiamet, 2023)



Joonis 2. Elektriautode arv võrreldes teiste Eestis registreeritud sõiduautodest (Transpordiamet, 2023)

Populaarseim elektriauto Eestis on Nissan, mida on Eestis 750, sellele järgnevad Mitsubishi ja Tesla vastavalt 497 ja 331 autot (joonis 3).



Joonis 3. Eestis kasutuses olevad elektriautod (Transpordiamet, 2023)

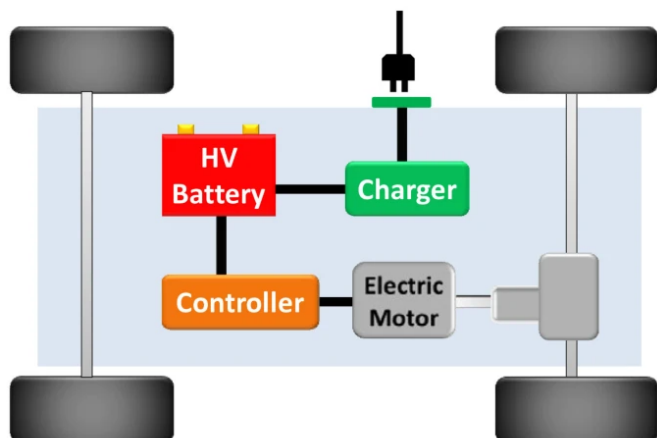
Kuna elektriautode ehitused võivad olenevalt tootjatest teatud aspektides erineda, siis Eestis tuleks enim rõhku panna just Nissani, Mitsubishi ja Tesla elektriautode ehituse ja ohutuse koolitamisele (joonis 3).

Elektriautode soetamise hüppelist tõusu on soodustanud energiatõhusam maailmavaade ja Eesti Vabariigi otsus toetada elektriautode soetamist SA KredEx vahendusel (KredEx, 2018). Aastal 2010 otsustasid Eesti poliitikud suurendada elektriautode laadimise kättesaadavust ja samuti luua toetuste skeem elektriautode soetamiseks. 2013. aastaks oli Eestis ehitatud maailma esimene üleriigiline elektriautode kiirlaadimisvõrk, mis sisaldas 165 laadimisjaama (ABB, 2013). Samal ajal toetati elektriautode soetamist kuni 50% sõiduki kohta. Keskmise toetus sõiduki kohta oli seega 16 500 eurot (KredEx, 2018).

Kiirlaadimisvõrgu ja toetuste tulemusena osteti perioodil 2011-2014 650 elektriautot erakasutusse ja 507 elektriautot omandas Eesti Vabariigi Valitsus (KredEx, 2018). Peaaegu kümme aastat hiljem on elektriautode turul toimunud sisuline muutus. Sõiduulatused on suurenenud üle 200 km, mitmed automudelid läbivad ühe laadimisega 300-400 km (EV andmebaas, 2020). Püüdes elektriautode turgu elavdada ja luua seeläbi märkimisväärne süsiniku kokkuhoid, otsustas Eesti Valitsus hiljuti taaskehtestada toetused elektriautode omanikele, kes on kohustatud läbima 4 aasta jooksul vähemalt 80 000 km. Toetus on olnud populaarne ja kogu 2020. aasta vabad vahendid olid ammendatud mõne päevaga. Selle tulemuseks registreeriti 232 uut elektriautot Eesti teedele (KIK, 2020).

1.3 Elektriauto ehitus

Lihtsustatult võib öelda, et elektriauto koosneb akust, elektrimootorist, mootori kontrollseadmest, inverterist, sagedusmuundurist ja kõrgepingejuhtmestikust. Joonisel 4 on näha, kus asuvad elektriauto laadija (charger), elektriaku (HV battery), inverter (controller) ja elektrimootor (electric motor) (Helmerts & Marx, 2012). Valdavalt on Eesti maanteedel sõitvad elektriautod varustatud liitiumioonakudega, mille eeliseks on selle kergus ja mahtuvus (Viidalepp, 2018, lk 8). Liitiumioonakusid võib iseloomustada kui energiasalvestussüsteeme, kus laengu kandjateks on liitiumioonid.

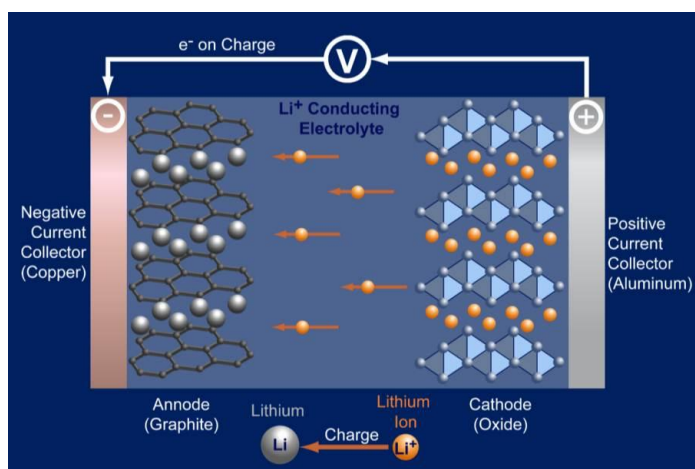


Joonis 4. Elektriauto komponentide asukohad (Helmers & Marx, 2012)

Li-ioon aku põhikomponentideks on (Un-Noor, *et al.*, 2017):

- Positiivne elektrood: näiteks oksüdeerunud koobaltematerjal.
- Negatiivne elektrood: näiteks süsinikmaterjal.
- Elektrolüüt: liitiumsoola lahus orgaanilises lahustis.

Li-ioon aku talitus põhineb elektrolüüsi protsessis Li-ioonide liikumisel anoodilt (graphite) katoodile (oxide) ja vastupidi. Laadimise ajal liiguvad Li-ioonid anoodile ja tühjenemisel anoodilt katoodile. Li-ioonelemendis on anoodide ja katoodide kihid eraldatud poorse kilega (separaatoriga). Joonisel 5 on välja toodud Li-ioonaku ehituse skeem, kus Li-ioonid liiguvad läbi separaatori katoodilt anoodile, ehk toimub aku laadimine (Park, 2013, p.8).



Joonis 5. Liitiumioonaku ehituse ja talitluse skeem (Park, 2013, p.8)

Li-ioon akul põhineval elektriautol on võrreldes fossiilsel kütusel sõitvate autodega omad eelised ja puudused. Tabelis 1 on toodud välja Li-ioon aku eelised ja puudused (Un-Noor, *et al.*, 2017).

Tabel 1. Li-ioon aku eelised ja puudused (Un-Noor, *et al.*, 2017).

| Eelised | Puudused |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Kõrge energiatihedus | Kõrged tootmiskulud |
| Hea jõudlus kõrgel temperatuuril | Ajakulukas laadimine |
| Suur võimsus | Tuleohtlik |
| Suur energia | Ohtlikud gaasid põlengu korral |
| Pikk eluiga | Aku purunemisel söövitusoht |
| Taaskasutatav | |

Valdavalt on Eestis sõitvad elektriautod varustatud Li-ioonakudega, mis on energiasalvestussüsteem, kus laengu kandjateks on liitiumioonid (Helmerts & Marx, 2012). Li-ioonakudega varustatud elektriautodel esineb fossiilsete kütustega võrreldes nii eeliseid kui ka puuduseid. Li-ioon aku eelised on kõrge energiatihedus, hea jõudlus kõrgel temperatuuril, suur võimsus, suur energia, pikk eluiga ja taaskasutatav. Puuduseks on kõrged tootmiskulud, ajakulukas laadimine, tuleohtlik, ohtlikud gaasid põlengu korral ja aku purunemisel söövitusoht.

1.4 Elektriautodega seotud ohud

Tänapäeval peavad päästjad üha enam tegelema elektriautodega seotud päästesündmustega, sealhulgas nende kustutamise ning ohutuks tegemisega. Paraku ei pöörata hetkel päästjate koolitamisel piisavalt suurt rõhku elektriautodega päästesündmuste lahendamisele. Elektriautodega seotud päästesündmuste efektiivse reageerimise eelduseks on see, et päästjad on teadlikud elektriautode ehitusest ja nende ohutuks tegemisest. Lisaks on nad teadlikud sellest, millised võivad olla iseärasused võrreldes tavalise fossiilsel kütusel töötavate autodega. Oluline on teada ka, milliseid ohte ja ohtudega seotud riske elektriautod endas kujutavad.

Elektriauto suurimaks ohuks on tulekahju, mis on põhjustatud elektriakust. Aku põleng on ohtlik, kuna elektriakut on väga keeruline kustutada. Akumoodulitele lisatakse jahutussüsteeme, et piirata temperatuuri tõusu akupakkide sees, sest säde võib tekkida juba 66,5°C juures ja peale kustutamist taas süttida. Elektriauto põlenguga kaasneb suur soojuse

ja ohtlike gaaside eraldumine, mis on ohtlikud päästjatele ja raskendavad päästetegvust. Põlengu intensiivsus ja kestus oleneb aku laetuse tasemest. Mida kõrgem on elektriaku laetuse tase, seda kiirem on energia vabanemine ja põlengu intensiivsus. (Larsson, *et al.*, 2017, pp. 7-9)

Sõidukitulekahjudele reageerimise taktikat mõjutab ka üha suurenev plastide kasutamine sõidukikomponentides. Plastkomponente leidub peaaegu kõigis kaasaegsete sõidukite ehituses (mootor, kabiin, lastiruum) ja sõidukite välispindadel. Plastidel on suurem soojuseralduskiirus kui vanemate sõidukite ehitamisel kasutatavatel toodetel. Lisaks võivad tänapäevastel sõidukitel olla metallist valmistatud komponendid, mis võivad põleda ja veega reageerida. (Park, 2013, p.17)

Elektriauto kaabeldus ja komponendid on veetud sõiduki põhja mööda akust mootoriruumi, sellest tulenevalt ei ole võimalik sõidukit avarii puhul lõigata ega avada tavapärastest lõikamispunktidest, nagu näiteks Tesla elektriauto rattakoopast, kuna elektriauto rattakoopas võib asuda inverter, mida ei tohi elektrilöögi saamiseks vigastada. Joonisel 6 on näha rattakoopas olev inverter, mida ei tohi vigastada, elektrilöögi vältimiseks. (Trakmann, 2022)



Joonis 6. Invertori asukoht Tesla elektriautol (GTspirit, 2013)

Veel võib päästjaid ohustada elektrilöögi oht, kui nad puutuvad kokku pingestatud kõrgepinge komponentidega, mis on kahjustunud tulekahju või kokkupõrke tagajärel (Park, 2013, p. 22).

Ajakiri „ScienceDirect“ on teinud uurimuse „Scenarios Involving Accident-Damaged Electric Vehicles“, kus käsitletakse stsenaariumeid, mis hõlmavad endas õnnetuses kahjustatud elektriautosid. Selleks, et hinnata kõiki võimalikke avariiliste elektriautode asjaolusid, mis võivad päästeteenistuse jaoks esile kerkida, on uurimuses antud ülevaade elektriautode avariide stsenaariumitest, mis on juhtunud. Nad leidsid, et kõige sagedamsemad stsenaariumid on: laadimine, liikluses paigalseis/parkimine, liiklusummik, pukseerimine, kergelt kahjustatud või tugevalt kahjustatud elektriautod. (Geisbauer, *et al.*, 2021, pp. 2-3)

Tabelis 2 välja õnnetuse stsenaarium, ohtu põhjustava auto või keskkonna osa ning hinnatud riske EUCAR ohutaseme hindamissüsteemiga, kus 7-palli skaalal hinnatakse liitumelementide, moodulite ja süsteemide ohutaset (Doughty & Crafts, 2006). Doughty et al hinnangul on suurima ohutasemega stsenaarium elektriauto pukseerimise käigus tekkinud põleng, mille ohutaset hinnatakse vahemikku 5-6 palli, mis tähendab, et on plahvatuse ja tulekahju oht. Kuni 6- pallise ohutaseme hinnang on antud stsenaariumile, mille käigus ummikus seisvale elektriautole sõidab tagant otsa veoauto. Kõrge ohutasemega, 5- palli, on hinnatud elektriauto laadimist puksiirautole ning laadimisel süttimist, mis leiab aset kas siis koduses garaažis, maa-aluses parklas või avalikus tiheda liikulusega laadimisjaamas. Madalaima ohutasemega, 0-1 palli, hinnatakse sündmust, mille käigus elektriauto sõidab otsa takistusele kiirusel kuni 30 km/h, mille tulemusena sõiduk võib vajada kaitseseadise (aku korpus) remonti. Madala riskiga stsenaariumiks on hinnatud ka erijuhtumit, kus tormi käigus kahjustab kukkuv puu elektriautot.

Tabel 2. Õnnetuse stsenaarium, ohtu põhjustava auto või keskkonna osa ning riskihinnang EUCAR ohutaseme hindamissüsteemiga. (Geisbauer, *et al.*, 2021, pp. 2-3)

| Stsenaarium | Stsenaariumi seletus | Ohutase |
|------------------|---|---------|
| Laadimine | Elektriauto laeb kodus (garaažis) ja süttib | 5 |
| Laadimine | Elektriauto laeb maa-aluses parklas ja süttib | 5 |

| | | |
|--|---|-------|
| Laadimine | Elektriauto laeb maantee lähedal asuvas avalikus laadijas ja süttib | 5 |
| Liiklus (paigalseis)/ Parkimine | Pikisuunas tänavale pargitud elektriauto saab löögi teiselt sõidukilt | 1 - 5 |
| Liiklusummik | Ummiku lõpus seisev elektriauto saab veoautolt löögi | 1 - 6 |
| Liiklusummik | Tunnelis ummiku lõpus seisev elektriauto saab veoautolt tagant löögi | 1 - 6 |
| Erijuhtumid | Elektriautole kukub tormi ajal puu otsa | 0 - 2 |
| Erijuhtumid | Elektriauto on remondigaraažis, töömeeste äpardus toob kaasa lühise | 2 - 5 |
| Erijuhtumid | Rehvide vahetamisel pannakse tungraudad valesse kohta ja surub elektriaku peale | 0 - 3 |
| Pukseerimine | Elektriauto laadimisel puksiirautole tekib tulekahju | 5 |
| Pukseerimine | Elektriauto süttib puksiiriga transportimisel põlema | 5 - 6 |
| Kergelt kahjustatud elektriautod | Kahe auto kokkupõrge, millest üks on elektriauto | 1 - 2 |
| Kergelt kahjustatud elektriautod | Elektriauto sõidab otsa takistusele väikesel kiirusel (kuni 30 km/h) | 0 - 1 |
| Tugevalt kahjustatud elektriautod | Elektriauto sõidab otsa takistusele suurel kiirusel (üle 30 km/h) | 2 - 6 |

0 = ei mingit mõju, 1 = kaitseseadise (aku korpus) remont on vajalik, 2 = defekt, kahjustus (element kahjustatud, remont on vajalik), 3 = leke; elektrolüütide kaalukaotus < 50%, 4 = leke; elektrolüütide kaalukaotus > 50%, 5 = tuli või leek ilma plahvatuseta, 6 = plahvatust pole, vaid aktiivse massi lendavad osad, 7 = plahvatus

Elektriautoga toimunud päästesündmuse ohutuks lahendamiseks peab päästetööjuht omama eriteadmisi elektriauto komponentidest, võimalikest ohtudest ja omama eritehnikat, et päästesündmuse lahendamine oleks efektiivne ja ohutu.

1.5 Päästeteenistujate väljaõpe ja virtuaal- ja liitreaalsuse kasutamine

Elektriautode päästesündmusele saabumisel peab päästetööjuht (edaspidi PTJ) ajakriitilises olukorras tegema võimalikult kiire ja õige otsuse, kuidas ja millist taktikat päästesündmuse lahendamiseks kasutada. PTJ teeb päästesündmusel oma otsuseid, kas intuiitiivselt ehk kogemustele tuginedes või kasutades standardtegevusi, mis on kogemuste ja juhtunud sündmuste analüüsi tulemusel koostatud (Mumma & Tammik, 2017, lk 36).

1.5.1 Standard tegevusjuhised mujal maailmas

Ameerika Ühendriikides on koostatud põhjalik juhised, kuidas käituda elektriauto päästesündmuse lahendamisel ning mis järjestuses päästetegevusi teha. Tegevusjuhised on päästetegevused jagatud viieks etapiks (Park, 2013, p. 21):

1. Sõiduki tuvastamine
2. Sõiduki liikumise takistamine
3. Sõiduki ja kõrgepingesüsteemi välja lülitamine
4. Kannatanute vabastamine ja päästmine
5. Kustutamine

Sõiduki tuvastamine on esimene väljakutse päästjate saabumisel sündmuskohale. Paljudel juhtudel saab sõidukit tuvastada tema margi/mudeli või välistunnuste abil, nagu näiteks autotootja märk või aku laadimisauk.. Muudel juhtudel, kui sõiduk on avarii korral ümber või põlema läinud, võib tuvastamine väga keeruline olla. Sellisel juhul tuleb päästjatel otsida elektriauto hoiatussilti, mis hoiatab kõrgepinge eest. Kui sõiduk on sisse lülitatud, võivad päästjad näha auto armatuuril kriipsu sümboleid, mis näitavad aku laetuse olekut, või et kütust pole, mis tähendab, et tegu on elektriautoga (Park, 2013, pp. 20-23).

Tavaliste fossiilsete kütustega sõidukite puhul on oluline asetada tökiskingad sõiduki ette ja taha. Võimalusel tuleb sõiduk panna hädapidurduse peale ning käigukang asetada asendisse parkimine, see lisab täiendava kaitse tahtmatu liikumise eest. Kui sõiduki liikumine on takistatud, tuleb kindaks teha, kas sõiduk on sisse lülitatud või mitte. Seda

saab kindlaks teha kas võti on asendis „on“ või „off“. Uuematel sõidukitel tuleb võti sõidukist viia vähemalt 5 meetri kaugusele, et sõiduk ennast täielikult välja lülitaks. Järgmiseks tuleb lahti ühendada auto 12 voldine aku. Selleks tuleb lahti ühendada aku negatiivne ja siis positiivne maanduskaabel. Peale eelnimetatud võivad päästjad asuda kannatanut päästma, kuid peavad siiski hoiduma kontaktist kõrgepinge komponentidega, mis võivad aku lahti ühendamisest hoolimata elektrivoolu all olla. Peale kannatute päästmist hakatakse sõidukit kustutama, kui läheduses on mõni muu süttiv auto või hoone. Kui auto ei ohusta mingit muud objekti, lastakse autol kontrollitult ära põleda (Park, 2013, pp. 20-25).

1.5.2 Virtuaal- ja liitreaalsus päästeteenistujate ja teiste valdkondade väljaõppes

Virtuaalreaalsust defineeritakse kui kolmemõõtmelist (3D) kujutist või arvutisimulatsiooni, kus virtuaalkeskkonnas luuakse arvuti abil kasutaja jaoks kas reaalse maailma elementidega

või nende alusel simuleeritud objektidega kujutletav maailm (Dong & Gu, 2014, p. 4230). Liitreaalreaalsuse all mõistetakse olukorda, kus kombineeritakse vahetult virtuaalkeskkonna elemente reaalse maailmaga (Alla, 2013). Virtuaalreaalses keskkonnas ei näe kasutaja teda ümbritsevat pärismaailma, kuid liitreaalsuse kasutajale kuvatakse reaalne maailm koos virtuaalsete objektidega nii, et kasutajal tekib tunne, et virtuaalsed ja reaalsed objektid eksisteerivad samal ajal samas ruumis (Azuma, 1997, p. 385).

Liitreaalsust kasutades saab kasutajale kuvada helilisi ja visuaalseid sisendeid õppimiseks. Kuigi liitreaalsust peetakse sageli virtuaalreaalsuse üheks tüübiks, on see ainulaadse omaduste ja erineva eesmärgiga tehnoloogia. Liitreaalsus täiustab praegust keskkonda, luues selle reaalsuse asendamise asemel segareaalsuse. (Edwards-Stewart, *et al.*, 2016, pp. 199-202)

Tänapäeval on juba mitmed ettevõtted võtnud kasutusele liitreaalsuse, et lihtsustada tegevust ja parandada ning täiustada väljaõpet. *Information in Place*, on sõlminud lepingud armee, õhujõudude ja rannavalvega, kuna sõdurite tegevus ja liitreaalsuse tsiviilkasutuses võib kattuda näiteks navigatsioonitoe, side täiustamise, remondi ja hoolduse ning erakorralise meditsiini valdkonnas. Sõjaväekasutajatele omased lisahüved võivad olla suuremahuliste lahingustsenaariumide väljaõpe ja vaenlase reaalses tegutsemise simuleerimine. (Krevelen & Poelam, 2010, pp. 13-14)

Samuti on kasutatud liitreaalsust matemaatika- ja geomeetria õppe tööriistana insenerihariduse väljaõppes. Lisaks tuntakse ka meditsiinis huvi virtuaalreaalsuse kasutamise vastu. Virtuaalreaalsusega saaks siduda ka ultraheliuuringuid ja reaalseid operatsioone, mis lihtsustaksid kirurgide tööd inimeste opereerimisel. (Krevelen & Poelman, 2010, pp. 13-14)

Hofmann ja Polikarpus (2022) kirjutavad artiklis “Application of Augmented Reality in firefighters training: From Safe to SafAR” liitreaalsuse kasutamisest päästjate koolitamiseks aladel, mis on reaalarajas läbiviimiseks liiga kallis või ohtlik. Liitreaalsus võimaldab näiteks kasutajale luua 3D liikuvat mudelit elektriautost ja selle komponentide asukohast, mis võimaldab päästjatel elektriautot tundma õppida, ilma päris elektriautot omamata. Samuti on liitreaalsuga võimalik tekitada holograafilisi sündmuskohti, kus päästjad saavad testida ja täiustada oma teadmisi. Võrreldes virtuaalreaalsusega on liitreaalsus kasutajale käepärasem ja mugavam ning samuti ka odavam. (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 7)

Hofmann ja Polikarpus (2022) kirjutavad, et liitreaalsuse kasutamine on veel esmareageerijate koolitusel uudne ja seetõttu tuleb seda veel edasi uurida. Hofmanni ja Polikarpuse arvates võiks teha päästjatele katseid, kas liitreaalsus aitab parandada tuletõrjajate olukorrateadlikkust tehniliste oskuste andmiseks uudsel viisil. (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 7)

Autorite arvates saaks kasutada liitreaalsust päästjate koolitamiseks elektriautode avariidele reageerimiseks. Liitreaalsuse abil saab luua holograafilise sündmuskoha, mille abil testida ja koolitada päästjaid ja PTJ-e päästesündmust lahendama. Virtuaalreaalsuses võimaldab luua elektriautost ja selle komponentidest holograafilise kujutise, mis annab parema ettekujutuse autost ja selle ehitusest ning aitaks tagada päästjate suuremat teadlikkust elektriautode ehitusest ja päästesündmuste lahendamisest.

2. LIITREAALSUSE PRILLIDE TESTIMINE JA STANDARDTEGEVUSJUHISTE ANALÜÜS

Lõputöö teises peatükis kirjeldatakse valitud uurimismetoodikat ja valimit. Läbiviidud uurimistöö probleem oli, kuidas saab kasutada liitreaalsust HoloLens 2 prillidega päästeteenistujate koolitamisel, lõimituna praegusesse täiendkoolitusse. Andmete kogumiseks kasutas autor kvalitatiivseid uurimismeetodeid: intervjuud ja dokumentide analüüsi (Hirsjärvi, *et al.*, 2010, lk 203-205). Esimesele uurimisküsimusele, millised on elektriautodega seotud ohud ja nende ohtudega seotud riskid ning kuidas neid maandada päästesündmustel, vastab autor õppematerjalide analüüsi ja teooria põhjal. Teisele uurimisküsimusele, millised tingimused peavad olema täidetud liitreaalsuse kasutamiseks elektriautode osade ja ohtude õpetamises õppetöös, ja kolmandale uurimisküsimusele, millised eelised ja puudused päästeteenistujatele ja koolitajatele loob liitreaalsus elektriautode avariide lahendamise koolitamisel, vastab lõputöö autor meeskonnavanematega läbiviidud intervjuude analüüsi ja teooria põhjal.

Teise peatüki esimene alapeatükk annab ülevaate kasutatud uurimismetoodikast ja valimist. Teises alapeatükis kirjeldatakse ära dokumentide analüüs, mille käigus analüüsitakse kahte õppematerjali elektriautodega päästesündmustele reageerimisel ja analüüsitulemused. Kolmandas alapeatükis on toodud intervjuude kirjeldus ja tulemused. Neljanda alapeatüki lõpus tehakse uurimistulemuste järeldused ja ettepanekud.

2.1 Metoodika ja valim

Lõputöö andmete kogumiseks kasutas autor kvalitatiivset uurimismeetodeid: intervjuu ja dokumentide analüüs (Hirsjärvi, *et al.*, 2010, lk 203-205). Dokumentide analüüsi valimi moodustasid kaks õppematerjali. Elektriautode täiendkoolituse moodle õppematerjal, mille alusel hetkel meeskonnavanemaid koolitatakse (Lisa 1) ja FightARs projekti raames loodud õppematerjal (Lisa 2). Õppematerjalide analüüsi käigus võrreldi olemasolevaid õppematerjale ning jagati ühiste tunnuste põhjal rühmadesse, mille alusel moodustati 7 koodi ja 3 kategooriat (Lisa 3). Õppematerjalide analüüsi kodeerimistabeli koodid ja kategooriad moodustati õppematerjalide erinevate etappide põhjal. Koodide ja kategooriate

alusel tõi autor välja õppematerjalide erinevused ja sarnasused. Analüüsi tulemused on kirjas peatükis 2.2.

Intervjuud viidi läbi ajavahemikus 27.03.2023-30.03.2023. Intervjuu liigina kasutas autor struktureeritud intervjuud, kus teemad koos küsimustega oli ette antud (Robson, 2002, p. 270). Intervjuu läbiviimise aluseks oli intervjuu kava (Lisa 4). Intervjuu valimiks oli eesmärgipärane valim, mille korral intervjuueeritavate valimisel lähtuti uurimisküsimustest ja -teemast (Flick, 2009, p. 120). Intervjuu valimiks osutusid neli Muuga päästekomando ja neli Assaku päästekomando meeskonnavanemat. Meeskonnavanematele oli läbiviidud elektriautode täiendkoolitus, mis lõi võimaluse võrrelda juba läbitud koolitust liitreaalsuse lisamisega koolitusele. Intervjuu pikkused olid 7 – 15 minutit. Intervjuueeritavate meeskonnavanemate tööstaaž jäi vahemikku 9-20 aastat. Salvestatud intervjuud transkribeeriti manuaalselt 9 leheküljel ning kodeeriti ja kategoriseeriti testitud harjutuste ja intervjuu küsimuste kaupa, mille alusel moodustati 13 koodi ja 4 kategooriat (Lisa 5). Enne intervjuu algust tutvustas autor meeskonnavanematele Hololens liitreaalsuse prille, kuidas neid kasutada ning kuidas neil tuleb harjutusi teha prillides. Seejärel meeskonnavanemad testisid nelja harjutust:

1. elektriauto mootori osad,
2. elektriauto piilarid (kere),
3. elektriauto deaktiveerimine,
4. elektriauto lõikamine ja stabiliseerimine.

Peale testimist viidi meeskonnavanematega läbi intervjuu (Lisa 4), et saada tagasisidet iga läbitud harjutuse kohta. Intervjuude andmete analüüsimiseks koostati kava, kuhu kirjutati üles kõikidest andmetest saadud märksõnad. Märksõnad analüüsiti ning need jagati tunnuste põhjal omakorda erinevate intervjuu teemavaldkondade vahel koodideks ja lisati kodeerimistabelisse (Lisa 5) kategooriate lõikes. Seejärel tehti kodeerimistabeli põhjal järeldused ja analüüs, mis on toodud peatükis 2.3.

2.2 Õppematerjalide analüüs

Õppematerjalid koostatakse selleks, et meeskonnavanematel ja päästjatel oleks selge nägemus ja tegevuste jada, mida nad peavad eriliiki päästesündmustel tegema. Elektriautode avariide lahendamine on väga keeruline ja tehniline protsess, ning seepärast

on nende lahendamiseks koostatud käitumisjuhised, et päästesündmuste lahendamine oleks ohutu ja efektiivne.

Õppematerjalide analüüsi eesmärgiks oli välja selgitada millised on ohud ja ohtudega seotud riskid elektriautode päästesündmusel, ning kuidas neid maandada. Samuti oli õppematerjali analüüsi eesmärgiks kahte õppematerjali võrrelda ja vajadusel teha ettepanekuid praegu kasutusel oleva õppematerjali täiendamiseks. Alljärgenvalt esitatakse õppematerjalide analüüsi tulemused kategooriate ja koodide kaupa.

1. Elektriauto tuvastamine ja ohutuks tegemine (kategooria 1)

Kodeerimistabeli esimene kategooria koosneb kolmest koodist: elektriauto tuvastamine (kood 11), elektriauto deaktiveerimine (kood 12) ja kõrgepinge väljalülitamine (kood 13). Õppematerjalide analüüsi kodeerimistabeli esimese koodi “Elektriauto tuvastamine” (Lisa 3) tulemusena selgus, et elektriauto täiendkoolituse õppematerjali põhjal saab elektriautot tuvastada autootootja mudelimärgi, aku laadimise augu ja auto registreerimismärgi järgi. FightARs õppematerjali järgi saab elektriautot tuvastada mitme tunnuse järgi: auto tootja kaubamärk, auto tootja mudelimärk, auto registreerimismärk, heitgaaside väljalasketoru puudumine ja auto dokumentatsioon. Mõlemas õppematerjalis olid peamised auto tuvastamise tunnused samad. FightARs õppematerjalis oli lisaks välja toodud, et elektriautot on võimalik tuvastada sõiduki dokumentatsiooni järgi.

Kodeerimistabeli esimese kategooria teine kood oli “Elektriauto deaktiveerimine” (Lisa 3). FightARs õppematerjalis on elektriauto deaktiveerimine jagatud kolmeks. Esmane deaktiveerimine: auto mootor on välja lülitatud, süütevõtme eemaldamine auto sisemusest ja 12 voldise aku lahti ühendamine. Kui esmast deaktiveerimist ei ole võimalik teha, toimub sekundaarne deaktiveerimine: 12 voldine aku lahti ühendada ja kõrgepinget blokeeriv kaitselüliti tõmmata välja. Kui eelmainitud tegevusi pole võimalik teha toimub erakorraline deaktiverimine: 12 voldine aku lahti ühendada ja hoolduspistik lahti ühendada. Elektriautode täiendkoolituse õppematerjali järgi tuleb auto deaktiveerimiseks kõige pealt muuta liikumisvõimetuks, seejärel 12 voldise aku välja lülitama, käigukang asendisse parking ja tõkiskingadega stabiliseerida sõiduk. FightARs õppematerjalis on auto deaktiveerimine jagatud kolmeks, olenevalt auto seisukorrast ja päästesündmuse ohtlikusest, mis võiks olla hea täiendus praegusesse täiendkoolituse moodle õppematerjalile.

Esimese kategooria kolmas kood on "Kõrgepinge väljalülitamine" (Lisa 3). FightARs õppmaterjali järgi tuleb kõrgepinge välja lülitamiseks tõmmata välja kõrgepinget blokeeriv kaitselüliti ja ühendada lahti hoolduspistik. Elektrisõidukite täiendkoolituse põhjal saab samuti kõrgepinget välja lülitada mootoriruumist kaitselüliti välja tõmbamisel või kaitsmekarbist pistiku lahti ühendamisel. Mõlema õppmaterjali põhjal peab elektriauto kõrgepinge väljalülitamiseks tõmbama välja kõrgepinget blokeeriva kaitselüliti või ühendama lahti hoolduspistiku kaitsmekarbist.

2. Elektriauto tootjad ja autoosade asukohad (kategooria 2)

Dokumentide analüüsi kodeerimistabeli teine kategooria koosneb kahest koodist: elektriautode tootjad (kood 21) ja autoosade asukohad (kood 22). Koodi "Elektriauto tootjad" (Lisa 3) tulemused on toodud vaid elektriautode täiendkoolituse õppmaterjalis. Tesla elektriauto lõikamisel tuleb vältida inverteeri vigastamist auto rattakoopas ja kannatanu jalgade päästmiseks tuleb läbi lõigata ka turvatala. FightARs õppmaterjalis ei ole toodud eraldi välja erinevate autotootjate elektriautode iseärasusi.

Teise kategooria teise koodi "Autoosade asukohad" (Lisa 3) tulemusena selgus, et FightARs õppmaterjali järgi asub 12 V aku mootoriruumis, pagasiruumis või tagaistme all, kõrgepinge aku asub pagasiruumis, kaassõitja tagaistme all või elektriauto põhja all, kõrgepingekaablid asuvad sõiduki eri kohtades ja on tähistatud oranžide kaitsekarpidega, elektriline mootor asub mootoriruumis ja hädaolukorra katkestusseade asub pagasiruumis, salongis tagaistmete kõrval või salongis sisekattematerjalide all. Elektrisõidukite täiendkoolituse põhjal asub 12 voldine aku peamiselt pagasiruumis, kõrgepingekaablid on tähistatud oranžide värvidega ja paiknevad auto erinevates kohtades, kõrgepinge aku asub auto põhja all ja mootor on mootoriruumis. Mõlema õppmaterjali põhjal asuvad elektriauto peamised osad samades kohtades. Elektriautode täiendkoolituse õppmaterjalis on välja toodud rakendus rescucode, mida hetkel meeskonnavanemad kasutavad. Rakendusega rescucode saab vaadata elektriautode osade asukohti olenevalt auto tootjast ja mudelist.

3. Ohtudest ülevaate saamine ja eriolukorrad (kategooria 3)

Kodeerimistabeli kolmas kategooria oli "Ohtudest ülevaate saamine ja eriolukorrad" (Lisa 3), mis jaguneb kaheks koodiks: tegevused, kui auto on vees (kood 31) ja ohtudest ülevaate saamine enne päästetegevusi (kood 32). Kood "Tegevused, kui auto on vees" (Lisa 3) on

kirjeldatud elektrisõidukite täiendkoolituse õppematerjalis. Vette sattunud sõiduki korral tuleb võimalusel esimesena välja lülitada auto toitelüliti ja seejärel auto veest välja tuua. FightARs õppematerjalis ei ole kirjeldatud tegevusi, kui elektriauto on vette sattunud.

Kolmanda kategooria teine kood "Ohtudest ülevaate saamine enne päästetegevusi" (Lisa 3) on kirjeldatud ainult elektrisõidukite täiendkoolituse õppematerjalis. Päästesündmusel elektriauto avarii korral kasutavad meeskonnavanemad ohtudest ülevaate saamiseks mobiilirakendust rescucode. Rakenduses rescucode saab olenevalt autost ülevaate auto ehitusest, kus asuvad autol olulised komponendid, ning kust on võimalik kõrgepingesüsteem ja elektriaku välja lülitada, et vältida süttimise ja elektrilöögi ohtu.

2.3 Intervjuude tulemused meeskonnavanematega

Intervjuu läbiviimise aluseks oli intervjuu kava (Lisa 4). Tulemused on esitatud kodeerimistabeli kategooriate ja koodide kaupa (Lisa 5). Tulemusi on täiendatud intervjuu transkriptsioonidest välja valitud tsitaatidega. Tsitaadid on märgitud kaldkirjas ning eraldatud ülejäänud tekstist. Intervjueeritavad meeskonnavanemad on tähistatud tähega "M" ning selle taga olev number eristab meeskonnavanemaid teineteisest. Sellest tulenevalt näitab näiteks märgis M1 esimese respondendi tsitaati. Alljärgnevalt toob autor meeskonnavanematega läbiviidud intervjuude tulemused kodeerimistabeli kategooriate ja koodide kaupa (Lisa 5).

1. Elektriauto mootori osad ja elektriauto kere (kategooria 1I)

Intervjuude tulemuste kodeerimistabeli esimene kategooria oli "Elektriauto mootori osad ja elektriauto kere" (Lisa 5), mis omakorda jagunes kuueks koodiks: objektide liigutamine (kood 1I1), kujutatud visuaalide tegelikkus (kood 1I2), 3D hologrammide käsitlemine (kood 1I3), liitreaalsuse võrdlus piltmaterjaliga (kood 1I4), kui hea ettevalmistuse annab liitreaalsus 3D objektide näol (kood 1I5) ja harjutuse sisu informatiivsus (kood 1I6). Esimese koodiga uuris intervjuu läbiviija seda, kui lihtne või raske on liitreaalsusprillidega hologramme liigutada ja uurida (Lisa 5). Kuuel meeskonnavanemal kaheksast oli alguses probleeme hologrammide liigutamise ja uurimisega, aga mida rohkem nad prille kasutasid, seda lihtsamaks see muutus. Kaks meeskonnavanemat said asja kohe selgeks ning hologrammide liigutamise probleem polnud.

- *“Alguses oli liigutamine ja uurimine raske, ei saanud asjale pihta. Aga kui asjast aru sain, siis ei olnud probleemi.”* (M2)

- *“Liigutamine raske, ei taha alluda korraldustele. Vajab harjutamist. Peaks olema lihtsam.”* (M3)

- *“Ei olnud raske, vajab harjumist. Meeldis, et saab seda igatpidi liigutada.”*(M5)

Autor jõudis tulemuseni, et hologrammide liigutamine on alguses raske ja keeruline ning see vajab harjumist. Enne koolitamist tuleb meeskonnvanematel lasta prillidega harjuda ja harjutada, et koolitus oleks efektiivne. Samuti peab olema koolituse läbiviija koolitatava kõrval ja teda juhendama ja aitama, kui mõni küsimus prillide juhtimise kohta tekib.

Esimese kategooria teine kood, mille kohta autor uuris, oli *“Kujutatud visuaalide tegelikkus”* (Lisa 3). Autor uuris sellega seda, kas liitreaalsuses nähtud kujutatud visuaalid vastavad tegelikkusele. Vaid ühe meeskonnavanema arvates oleksid võinud visuaalid paremad olla. Kõigi teiste arvates olid visuaalid head ja tõetruud. Samuti mainiti, et visuaalide teravus sõltub ruumi valgusest. Mida pimedam ruum, seda teravam visuaal.

- *“Visuaalide tegelikkus oli väga kõrgetasemeline, väga terav pilt ja selge.”* (M1)

- *“Üsna reaalsed visuaalid olid. Õppimise mõttes väga head.”* (M6)

- *“Visuaalid olid nagu joonistatud, ei olnud väga reaalne. Tulevikus võiks olla reaalsem.”* (M2)

- *“Visuaalid olid head aga kontrasti ei olnud väga, kuna ruumid peaksid pimedamad olema.”* (M4)

Tulemustest võib järeldada, et ruum, kus liitreaalsuse prille kasutatakse peab olema pime ja suur. Pime ruum võimaldab näha visuaale paremini ja seeläbi muuta õppimise tõhusamaks. Hea koht, kus komandos prille kasutada on garaaž, kuna seal on palju ruumi.

Kategooria *“Elektriauto mootori osad ja elektriauto kere”* järgmine kood oli *“3D hologrammide käsitlemine”* (Lisa 5). Kõigi kaheksa intervjueeritava arvates oli harjutuse sisu ja käsitlemine arusaadav, aga selle kasutamine oli kuue meeskonnavanema jaoks raske, kuna hologrammide liigutamine oli keeruline.

- *“Pilt oli arusaadav, aga on vaja harjutada selle kasutamist, kuidas liigutamine toimub, et kõik oleks täpne ja kiirem.”* (M1)

- *“Oli arusaadav, aga objektide liigutamine muutis selle raskeks.”* (M2)

- *“Alguses oli keeruline aga kui asjale pihta sain siis oli juba lihtne. Vajab lihtsalt harjumist.”* (M6)

Vastuste tulemusena võib järeldada, et hologrammide käsitlemine oli arusaadav. Keeruliseks muutis selle prillide juhtimine. Prillide juhtimist tuleb enne koolitamist eelnevalt harjutada.

Esimese kategooria neljas kood, mille kohta uuriti oli *“Liitreaalsuse võrdlus piltmaterjaliga”* (Lisa 5). Meeskonnavanemate arvamused jagunesid võrdselt kaheks. 50% vastanutest leidis, et liitreaalsus võiks olla efektiivsem ja parem viis, kui piltmaterjal või arvuti. Samas ülejäänud 50% leidsid, et arvutiga on mugavam ja lihtsam viis õppimiseks.

- *“Liitreaalsus on paremal tasemel. Piltmaterjali vaadeldes ei ole nii huvitav ja ei jää nii hästi info meelde. Huvitavaks muudab just kogu auto ja auto komponentide nägemine ja selle hea vaadeldavus.”* (M1)

- *“Peaks prille rohkem kasutama ja proovima, ei saanud väga asjale pihta. Hetkel piltmaterjal tundub parem ja lihtsam viis õppimiseks.”* (M2)

- *“Kindlasti on parem viis õppimiseks, kui piltmaterjal. Saab suurendada ja liigutada objekti.”* (M6)

- *“Meie oleme harjunud tegema kõike lihtsalt arvutis aga see on tulevik ja me peame sellega harjuma. Mina hetkel pigem valiksin arvuti ja piltmaterjalid.”* (M8)

Kokkuvõtlikult võib öelda, et uue asja kasutusele võtmine meeskonnavanemate seas vajab harjumist. Hetkel on harjutud pigem moodle põhise õppega ja arvuti taga tuntakse ennast kindlamana kui liitreaalsuse prillidega õpiülesandeid lahendades. Sellegi poolest tuntakse uue tehnoloogia vastu huvi ja leitakse, et liitreaalsus võiks olla parem viis õppimiseks, kui piltmaterjal.

Intervjuude esimese kategooria viies kood oli *“Kui hea ettevalmistuse annab liitreaalsus 3D objektide näol”* (Lisa 5). Kõigi meeskonnavanemate arvates annab auto 3D mudeli

nägemine hea ettevalmistuse. Kõige suurem eelis on see, et auto mudelit on võimalik keerata ja igalt poolt vaadelda.

- *“Annab kindlasti hea ettevalmistuse. Just see võimalus autot keerata ja mitmest küljest vaadelda.”* (M7)

- *“Kindlasti annab hea ettevalmistuse, kui oled prillidega harjunud ja oskad sellega tööd teha.”* (M8)

- *“Väga hea ettevalmistuse annab. Kindlasti tõhusam viis õppimiseks, kui piltmaterjal.”*
(M6)

3D objektide nägemine ja liigutamine oli meeskonnvanemate arvates väga põnev ja uus viis õppimiseks. Kõige rohkem meeldis meeskonnvanematele just 3D objektide liigutamine ja hea vaadeldavus. Meeskonnvanemate arvates võiks 3D objektid läbi liitreaalsuse olla lisatud täiendusena praegusse elektriautode täiendkoolituse õppematerjalidesse.

Kategooria “Elektriauto mootori osad ja elektriauto kere” kuues kood, mille kohta uuriti oli “Harjutuse sisu informatiivsus” (Lisa 5). Kuus meeskonnvanemat arvasid, et harjutuste sisud on piisavalt informatiivsed. Kaks vastajat arvasid, et harjutused võiksid olla veelgi informatiivsemad ja auto osade seletused võiksid olla eesti keeles ning konkreetsemad ja paremini hoomatavad.

- *“Minu arvates oli piisavalt informatiivne.”* (M6)

- *“Oli informatiivne aga prillide juhtimine muutis informatsiooni saamise keeruliseks.”*
(M4)

- *“Võiks olla informatiivsem. Rescucode on üks näide, kus on väga põhjalikult toodud erinevate autode ehitus ja komponendid.”* (M3)

Tulemuste põhjal võib järeldada, et harjutuse sisu oli koolitamiseks piisavalt informatiivne. Informatsiooni saamise muutis keeruliseks prillide juhtimine, mis vajab eelnevalt harjutamist. Samuti mainiti, et elektriauto osade ja kere informatsioon peaks olema peale inglise keele ka eesti keeles, kuna paljud vanemad meeskonnvanemad ei oska inglise keelt piisavalt hästi.

2. Elektriauto deaktiveerimine (kategooria 2I)

Intervjuude tulemuste kodeerimistabeli teine kategooria oli “Elektriauto deaktiveerimine” (Lisa 5), mis omakorda jagunes kaheks koodiks: deaktiveerimise harjutuse efektiivsus liitreaalsuses (kood 2I1) ja eelteadmised auto deaktiveerimiseks (kood 2I2). Esimene kood, mille järgi tulemused rühmadesse jagati oli “Deaktiveerimise harjutuse efektiivsus liitreaalsuses” (Lisa 5). Harjutus seisnes õigete deaktiveerimise etappide valimises elektriautol, olenevalt sündmusest. Nelja vastajat arvates oli sellist harjutust põnev ja teistsugune liitreaalsuses teha, aga nad leidsid, et sama saaks teha ka arvutis. Ülejäänud nelja arvates oleks see harjutus efektiivne, kui harjutuse juhtimine oleks lihtsam.

- *“Oleks efektiivne aga lihtsam tundub hetkel teha seda arvutis, kuna just nende kastikeste tabamine oli keeruline.”* (M7)

- *“Sama võiks teha ka arvutis aga põnevam oli ikka.”* (M5)

- *“Oleks kindlasti efektiivne kui lisada Moodle õppele juurde. Annaks kindlasti head täiendust 3D mudelite näol.”* (M3)

- *“Esiialgu oli raske, kuna ei osanud hästi hologrammi liigutada ja kastikesi aktiveerida. Aga kui käsitlemine on selge oleks kindlasti parem ja efektiivsem, kui Moodle harjutus.”* (M1)

Meeskonnvanemate arvates oleks sellist harjutust lihtsam lahendada arvutis. Sellegi poolest arvati, et liitreaalsuses lahendamine on põnevam, kui arvutis, aga hetkel muudab prillide juhtimine selle keeruliseks. Samuti mainiti, et selline harjutus võiks olla täiendusena Moodle õppele.

Intervjuu teise kategooria teine kood, mille kohta meeskonnavanematelt tulemused saadi, oli “Eelteadmised auto deaktiveerimiseks” (Lisa 5). Kõigi meeskonnavanemate arvates oleks enne harjutuse lahendamist vaja elektriautode koolitus läbida või omada iseseisvalt mingit teadmist elektriautode deaktiveerimise kohta.

- *“Kasuks tuleks kindlasti eelnev moodle põhine koolitus elektriautodest.”* (M3)

- *“Kindlasti on eelnevalt vajalik elektriautode koolitus.”* (M5)

- *“Enne harjutuse läbimist tuleks endale selgeks teha elektriautode teooria.”* (M7)

Tulemuste põhjal tuleb enne harjutuse tegemist läbida mingisugune elektriautode koolitus või ise elektriautode kohta uurida ja õppida. Intervjueeritavad meeskonnvanemad olid eelnevalt läbinud elektriautode täiendkoolituse, tänu millele, oli vastanutel vajalik teadmine juba olemas. Meeskonnvanemate arvates oleks väga hea enne liitreaalsuse prillide kasutamist eelnevalt läbida Moodle põhine õpe elektriautodest.

3. Elektriauto lõikamine ja stabiliseerimine (kategooria 3I)

Kolmas kodeerimistabeli kategooria oli “Elektriauto lõikamine ja stabiliseerimine” (Lisa 5), mis jagunes kaheks koodiks: auto lõikamise ja stabiliseerimise harjutuse tõhusus (kood 3I1) ja selle harjutuse kasutamise eelised/puudused võrreldes praeguse täiendkoolitusega (kood 3I2). Kategooria esimene kood oli “Auto lõikamise ja stabiliseerimise harjutuse tõhusus” (Lisa 5). Kõik meeskonnvanemad jäid kogetuga rahule, kuid puuduseks toodi välja, et tööriistade liigutamine oli keeruline ja juhtum oleks võinud kasutaja tegevusest edasi areneda.

- *“Oleks tõhus, kui edasi arendada. Näiteks kui lõikad valest kohast võiks minna mingi juhtmestik punaseks ja sündmus vastavalt edasi areneda. Ehk siis võiks tegevustele järgneda mingisugused sündmuste jadad ja asi edasi areneda. Lihtsalt asjade paigutamises ei näe väga mõtet.”* (M3)

- *“Tundus väga põnev aga tööriistade liigutamine tekitas raskusi ja seepärast ei olnud õppeviis väga efektiivne.”* (M7)

- *“Oleks põnev, kui juhtum edasi areneks tööriistade paigutamisel.”* (M8)

Vastanute arvates tuleks harjutust edasi arendada nii, et vastavalt tööriistade paigutamisel areneb liitreaalsuses nähtav sündmus edasi. Näiteks toodi välja, et kui kõrgepingemuhtumestiku läbi lõikad värvub juhtmestik punaseks ja sündmus areneb edasi. Harjutuse puudusena toodi välja, et tööriistade paigutamine autole oli keeruline

Kolmanda kategooria teine kood, mille kohta uuriti, oli “Selle harjutuse kasutamise eelised/puudused võrreldes praeguse täiendkoolitusega” (Lisa 5). Eeliseks toodi välja harjutuse uudsus, põnev lahendamine ja auto hea vaadeldavus. Puuduseks oli meeskonnvanemate arvates harjutuses olevate tööriistade liigutamine ja paigutamine õigesse kohta elektriautol..

- *“Puudus on kindlasti asjade liigutamine, vajab harjutamist. Eeliseks võib lugeda, et autot saab igast küljest vaadelda.”* (M2)

- *“Visuaalid ja nende liigutamine on kindlasti eelis aga puudus on see, et nende liigutamine on keeruline.”* (M3)

- *“Puudus on asjade liigutamine. Eelis oleks parem arusaam autost ja komponentide asukohast tänu 3D objektile.”* (M6)

Harjutuse kasutamise eelis võrreldes praeguse täiendkoolitusega on põnev lahendamine, mis muudab õppimise efektiivsemaks. Puuduseks oli tööriistade paigutamine, mille kõrvaldamiseks tuleb parandada harjutuse juhtimist. Samuti tuleb enne harjutuse lahendamist liitreaalsuse prillidega harjuda.

4. Liitreaalsuse kasutamine tulevikus (kategooria 4I)

Neljas ja viimane tulemuste kodeerimistabeli kategooria oli “Liitreaalsuse kasutamine tulevikus“ (Lisa 5), mis jagunes kolmeks koodiks: kuidas võib liitreaalsuses õpitu olla abiks koolitamisel (kood 4I1), kuidas saab liitreaalsus täiendada praegust koolitamist (kood 4I2), liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad (kood 4I3). Kategooria esimene kood oli “Kuidas võib liitreaalsuses õpitu olla abiks koolitamisel“. (Lisa 5) Kõigi vastajate arvates on liitreaalsuse eelis 3D objektide liigutamine ja selle hea vaadeldavus igast küljest. Samuti lisati, et selline õppimise viis tekitab põnevust, mis muudab õppimise mängulisemaks ja huvitavamaks. Neli meeskonnavanemat mainis, et selline koolitamise viis võiks täiustada praegust Moodle täiendkoolitust.

- *“Oleks kindlasti koolitamisel kasuks, just auto vaadeldavuse ja uudsuse ja põnevuse mõttes.”* (M8)

- *“Võiks olla kindlasti hea täiendus Moodle õppele aga hetkel täiesti eraldiseisva koolituse meetodina nende harjutuste näol ei näe.”* (M3)

- *“Võiks olla kindlasti abiks koolitamisel nii meeskonnavanematele kui ka päästjatele, sest ka päästjad peavad teadma, kus auto erinevad asukohad paiknevad.”* (M1)

Vastanute tulemuste põhjal võiks liitreaalsus olla kindlasti abiks meeskonnavanemate koolitamisel. 3D objektide nägemine loob parema ettekujutuse elektriautost. Samuti loob

liitreaalsus põneva keskkonna õppimiseks. Meeskonnavanemate arvates võiks selline õppimise viis olla lisaks praegusele Moodle õppele.

Neljanda kategooria järgmine teine kood oli “Kuidas saab liitreaalsus täiendada praegust koolitamist“ (Lisa 5). Kõigi meeskonnavanemate arvates võiks liitreaalsus täiendada praegust koolitamist just 3D mudelite näol, mis annavad autost ja auto komponentidest parema ülevaate ja arusaama, kui piltmaterjaliga. Lisaks toodi välja, et liitreaalsuse kasutamine muudab koolituse põnevamaks ja mängulisemaks.

- *“Parem ülevaade autost ja auto osadest. Väga informatiivne ja põnev.”* (M1)
- *“Elektriautode osade tundmaõppimiseks võiks olla kasu. Aga vajab eelnevalt harjutamist.”* (M2)
- *“Põnevam ja uudsem viis õppimiseks. Objektide hea vaadeldavus ja liigutamine.”* (M5)
- *“Mängulisem ja reaalsem, kui piltmaterjal. 3D auto mudelid väga reaalsed.”* (M7)

Neljanda kategooria teise koodi tulemusena selgus samuti, et 3D mudelid võiksid praegusele õppele hea täiendus olla. Lisaks toodi välja, et liitreaalsus muudab õppimise mängulisemaks, mis loob tõhusama viisi õpitu omandamiseks.

Kodeerimistabeli neljanda kategooria “Liitreaalsuse kasutamine tulevikus“ kolmas ja viimane kood oli “Liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad“ (Lisa 5). Kõik meeskonnavanemad mainisid kitsaskohana liitreaalsuses hologrammide ja 3D mudelite keerulist liigutamist. Toodi välja, et harjutuste sisu võiks peale inglise keele ka eesti keeles olla, kuna paljud vanemad meeskonnavanemad ei oska nii hästi inglise keelt. Veel toodi välja, et väga pikalt ei saa nende prillidega harjutusi teha ja õppida, kuna silmad väsivad ära. Lisaks sellele peab keskkond, kus liitreaalsuse prille kasutatakse olema pime ja suur, et hologrammi ja 3D mudeli kontuurid oleksid selgesti nähtavad.

- *“Keskkond kus prille kasutatakse peab olema väga pime ja suur. Objektide liigutamine oli väga keeruline, peaks olema kuidagi lihtsam, et koolitamine oleks efektiivsem. Silmad väsivad ka samuti kiiresti ära.”* (M4)

- *“Prillide juhtimine võiks olla ka eraldi puldist, kuna näpuga juhtimine oli keeruline.*

Samuti pildi teravus ei olnud alati kõige parem.” (M6)

- “Juhtimine. Meeskonnavanemate vanus, kuna nad ei ole nii sina peale arvuti ja erinevate tehnoloogiatega. Kõrvaltoimena ka silmade väsimus, ei saa pikalt prille kanda ja harjutusi lahendada.” (M1)

Tulemuste analüüsist selgus, et liitreaalsuse prillide tõhusamaks muutmiseks tuleks muuta prillide juhtimine lihtsamaks ja täpsemaks, et prillide juhtimine ei takistaks õppimise protsessi, objektide “lohistamine ja keeramine” ning rippmenüüde “tabamine” nõuab harjutamist. Lisaks tuleks harjutuse sisu tõlkida inglise keelest eesti keelde, et inglisekeele oskus ei saaks määravaks informatsioonist aru saamisel ning oleks arusaadav ka madalama keeleoskusega osalejatele. Testimise käigus selgus, et liitreaalsusprille on parem kasutada hämaramas, kehvema valgusega keskkonnas, kus hologrammid ja 3D objektide kontuurid on selgesti nähtavad.

2.4 Järeldused ja ettepanekud

Elektriautode arv on tänapäeva ühiskonnas pidevalt kasvanud ja kasvab veelgi. Mitmed autotootjad on teada andnud, et kavatsetakse lähitulevikus minna üle kas osaliselt või täielikult elektriautode tootmisele (lk 10).

Esimesele uurimisküsimusele, millised on elektriautodega seotud ohud ja nende ohtudega seotud riskid ning kuidas neid maandada päästesündmustel, jõuti töö teooria (lk 14-18) ja dokumentide analüüsis (lk 22-25) järeldusele, et elektriautodel on võrreldes tavaliste fossiilsete kütustega mitmeid ohte: auto põlengu keeruline kustutamine ja ohtlikud gaasid, elektrilöögi oht, auto iseeneslik süttimine, akurike, kõrgepinge juhtmestiku vigastamine. Nende ohtude ja ohtudega seotud riskide maandamiseks on koostatud mitmeid käitumisjuhiseid ja õppematerjale, mida antud töös analüüsiti (lk 22-25). Töö teooria osas, kus autor kirjeldab elektriautode päästesündmuste lahendamist mujal maailmas (lk 18-19) ja õppematerjalide analüüsis (lk 22-25) selgus, et olenevalt päästesündmuse liigist tuleks esmalt välistada auto iseeneslik liikumine, seejärel seisata mootor ja eemaldada võti sõidukist, viies see vähemalt viie meetri kaugusele ning peale seda lahti ühendada auto 12-voldine aku, et vältida elektrilööki ja võimalikku põlengut.

Intervjuude tulemuste kategooria 2I ja kood 2I1 (lk 29) tulemusena selgus, et meeskonnavanemate arvates on elektriauto deaktiveerimise harjutus väga põnev ja uudne

viis õppimiseks aga hetkel on seda lihtsam teha arvutis, kuna liitreaalsuse juhtimine on keeruline ja takistab õppeprotsessi. Siiski mainiti, et kui liitreaalsuse prillide juhtist parandada, oleks elektriautode deaktiveerimise harjutus hea täiendus Moodle teooriamaterjali õpitu omandamiseks.

Hetkel on elektriautode päästesündmuse lahendamist koolitatud meeskonnavanematele läbi elektriautode täiendkoolituse, mis on koostatud tuginedes autotootjate ohutusjuhenditele (Lisa 1). Projekti FightARs raames on samuti loodud õppematerjal elektriautode kohta ning selle kohta, kuidas käituda elektriautode päästesündmuse lahendamisel (Lisa 2). Töö teooria osas toob autor ülevaate, kuidas käitutakse elektriautode päästesündmusel mujal maailmas (lk 18-19). Autor analüüsis mõlemat õppematerjali ja tulemuseks saadi, et suuri erisusi õppematerjalide vahel ei esinenud. Samuti töö teooria osas toodud käitumisjuhised mujal maailmas (lk 18-19) sarnaneb juhiste ja nende järjekorra poolest kahe analüüsitud õppematerjaliga. Mõlemas õppematerjalis on elektriauto päästesündmuse reageerimine sarnane ning tegevuste järjekord sama (Lisa 3). Õppematerjalide analüüsi kodeerimistabelis (Lisa 3) selgus, et elektriautode täiendkoolituse käitumisjuhises on kirjeldatud täpsemini autotootja Tesla elektriauto iseärasusi, mida tuleb teha auto vette sattumisel ning kuidas saada ohtudest ülevaadet enne päästetegevusi. FightARs õppematerjalis on toodud lisaks, kuidas käib auto deaktiveerimine erinevas staadiumis oleval päästesündmusel.

Õppematerjalide analüüsi (Lisa 3) ja teooria (lk 14–18) põhjal koostas autor elektriautode päästesündmuse ohtudest, ohtudega seotud riskidest ja riskide maandamisest tabeli.

Tabel 3. Elektriautode ohud, ohtudega seotud riskid ja riskide maandamine.

| Oht | Ohuga seotud risk | Riskide maandamine | Õppematerjalide kodeerimistabeli kategooria ja kood (Lisa 3) |
|---------------------|-------------------------------|---|--|
| Elektriauto põleng. | Suur kuumus, ohtlikud gaasid. | Päästjad jahutavad autot suure hulga veega kandes isikukaitsevarustust ja hingamisaparaati. | Kategooria 1 (Elektriauto tuvastamine ja deaktiveerimine) |

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | Võimalusel lülitatakse välja kõrgepinge. | Kood 13 (Kõrgepinge väljalülitamine) |
| Auto avarii, põlengut ei toimu. | Auto võib süttida. | Auto liikumise takistamine, mootori seiskamine, võtme eemaldamine autost vähemalt 5 meetri kaugusele, 12 voldise aku lahti ühendamine. | Kategooria 1 (Elektriauto tuvastamine ja deaktiveerimine) Kood 12 (Elektriauto deaktiveerimine) |
| Kannatanu vabastamine autost löikeriistadega. | Kõrgepingekaabli vigastamine, elektrilöögi oht. | Vältima kõrgepingekaablite vigastamist, kõrgepingekaablite asukohta saab vaadata rakendusega <i>Rescuecode</i> . | Kategooria 3 (Ohtudest ülevaate saamine ja eriolukorrad) Kood 32 (Ohtudest ülevaate saamine enne päästetegevusi) |
| Elektriauto tõstmine põhja alt. | Elektriauto aku vigastamine. Oht elektrilöögiks, põlenguks. | Auto aku asukoht tuleb kindlaks teha kasutades rakendust <i>rescuecode</i> . | Kategooria 2 (Elektriauto tootjad ja autoosade asukohad) Kood 22 (Autoosade asukohad) |
| Elektriauto akurike. | Oht aku ülekuumenemiseks, millele võib järgneda põleng. | Auto liikumise takistamine, mootori seiskamine, võtme eemaldamine ning 12 voldise aku lahti ühendamine. | Kategooria 1 (Elektriauto tuvastamine ja deaktiveerimine) Kood 12 (Elektriauto deaktiveerimine) |
| Vette sattunud sõiduk. | Oht elektrilöögiks | Välja lülitada auto toitelüliti. | Kategooria 3 (Ohtudest ülevaate saamine ja eriolukorrad) Kood 31 (Tegevused, kui auto on vees) |

Õppematerjalide (Lisa 3) ja teooria (lk 14-18) analüüsi tulemusena tuleks praegusesse elektriautode täiendkoolitusse lisada FightARs õppematerjalis olev erinevas staadiumis päästesündmusel oleva elektriauto deaktiveerimise juhise. See loob parema arusaama tegevuste järjekorrast olenevalt päästesündmuse olemusest.

Intervjuu tulemuste (Lisa 5) ja dokumentide analüüsi (Lisa 3) põhjal jõuti järeldusele, et liitreaalsuse 3D liigutavad elektriauto mudelid on meeskonnvanemate arvates hea täiendus praegusesse Moodle õppesse. Seitsme meeskonnvanemate arvates kahekast võiks koolitusel kõigepeale tutvuda Moodle teoreetilise materjaliga ja seejärel seda kinnitada liitreaalsuse nähtud 3D mudelite näol, mis loob reaalse ja selgema pildi elektriautost ja selle komponentide asukohast.

Samuti töö teooria osas toob autor ülevaate Hofmanni ja Polikarpuse (2022) kirjutatud artiklis “Application of Augmented Reality in firefighters training: From safe to SafAR” (lk 20), kus kirjutatakse, et liitreaalsus võimaldab luua 3D mudelit elektriautost ja selle osade asukohast, mis võimaldab päästjatel elektriautot paremini tundma õppida, ilma päris elektriautot omamata (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 7). Veel kirjutavad Hofmann ja Polikarpus (2022) oma artiklis (lk 20), et päästjatele võiks teha katseid, et uurida, kas liitreaalsus aitab parandada päästjate olukorradeadlikkust tehniliste oskuste andmiseks uudsel viisil (Hofmann & Polikarpus, 2022, p. 7). Intervjuu tulemusi kodeerimistabelis (Lisa 5) analüüsid, jõudis autor järeldusele, et liitreaalsus lõi meeskonnvanematele põnevama ja mängulisema keskkonna, mis muudab õppimise efektiivsemaks. Intervjuudest saadud tagasiside põhjal (Lisa 5) ja teooriat (lk 20) analüüsid, teeb autor ettepaneku liitreaalsuse 3D mudelit kasutusele võtta täiendusena praegusesse elektriautode päästesündmuste lahendamise koolitamisesse. 3D mudelid loovad koolitatavale lisaks Moodles olevale piltmaterjalile parema arusaama elektriauto olemusest ja komponentide asukohast.

Vastates uurimisküsimusele number 2, millised tingimused peavad olema täidetud liitreaalsuse kasutamiseks elektriautode osade ja ohtude õpetamises õppetöös, selgus intervjuude tulemuste põhjal (lk 25-33), et harjutuste juhtimine oli keeruline ja tehnoloogiaga on vaja harjuda ja harjutada. Lisaks toodi välja, et harjutuste sisu võiks peale inglise keele olla ka eesti keeles, kuna paljud meeskonnvanemad ei oska piisavalt hästi inglise keelt. Selle järeldusena teeb autor ettepaneku autoosade ja harjutuste sisu inglise keelest eesti keelseks muutmiseks. Samuti toodi välja, et keskkond, kus prille kasutatakse,

peab olema piisavalt hämar ja harjutuste jaoks on vaja suurt ruumi, et prillide kasutamine oleks maksimaalselt efektiivne. Seepärast teeb autor ettepaneku, et liitreaalsusprille kasutada koolitamiseks vaid suures ja hämaras ruumis.

Viimasele uurimisküsimusele vastates, millised eelised ja puudused päästeteenistujatele ja koolitajatele loob liitreaalsus elektriautode avariide lahendamise koolitamisel, selgus, et liitreaalsuse eelised praeguse Moodle piltmaterjalidega on elektriauto 3D mudeli reaalsem ja parem vaadeldavus, mis loob põnevama ja mängulisema keskkonna õppimiseks ja mis omakorda muudab õppimise tulemuslikumaks. Puuduseks toodi välja hologrammide ja 3D mudelite keeruline liigutamine ja lühike liitreaalsusprillide kasutusaeg, kuna silmad väsivad ära. Veel toodi välja, et hologrammide sündmused võiksid vastavalt kasutaja tegevusele edasi areneda (lk 25-33). Selle järelalusena teeb autor ettepaneku liitreaalsuse 3D mudelid kasutusele võtta täiendusena praegusesse täiendkoolitusse. Samuti teeb autor ettepaneku koolitavatel lahendada 1 harjutus korraga ja mitte lasta harjutust kauem lahendada, kui 30 min. Veel teeb autor ettepaneku, et elektriauto löikamine ja stabiliseerimise harjutus (kategooria 3I) võiks vastavalt kasutaja tegevusele edasi areneda. Näiteks, kui vigastad kõrgepingeakut, auto süttib ja hakkab suitsu tulema.

KOKKUVÕTE

Lõputöö “Elektriautode avariide lahendamise koolitamisel liitreaalsuse kasutamine päästeteenistujate väljaõppes” eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas saaks kasutada elektriautode avariide lahendamise koolitamisel liitreaalsust täiendusena praegusesse täiendkoolitusse ja millised tingimused peavad selleks olema täidetud. Samuti uuriti, millised ohud ja ohtudega seotud riskid on elektriautode päästesündmustel, ning kuidas neid maandada. Töö eesmärgini jõudmiseks uuris autor teooria materjali, viis läbi dokumentide analüüsi, ning kaheksa intervjuud meeskonnvanematega. Dokumentide analüüsi käigus moodustati 7 koodi ja 3 kategooriat (lk 22-25). Intervjuude tulemusena moodustati kodeerimistabelisse 13 koodi ja 4 kategooriat (lk 25-33).

Dokumentide analüüsi (lk 22-25) ja teooria (lk 14-18) põhjal jõuti tulemusena, et elektriautode päästesündmuste peamiseks ohtudeks on tulekahju, mille põlemisel eraldub suures koguses ohtlike gaase ning mille kustutamine on keeruline. Samuti on raskendatud päästetegevused elektriautodega, kuna kõrgepingejuhtmestik ja aku võib auto löikamisel viga saada, mille tulemusena on oht elektrilöögiks. Õppematerjalide ja teooria analüüsist selgus, et elektriautodega seotud riskide maandamiseks tuleb võimalusel kõigepealt takistada auto liikuma hakkamine, seejärel seisata auto mootor, eemaldada võti autost vähemalt 5 meetri kaugusel ning ühendada lahti auto 12-voldine aku.

Intervjuude tulemuste põhjal (lk 25-33) jõuti järeldusele, et keskkond, kus liitreaalsuse prille kasutatakse, peab olema piisavalt hämar ja harjutuste jaoks on vaja suurt ruumi, et prillide kasutamine oleks maksimaalselt efektiivne. Intervjuude tagasiside põhjal selgus, et liitreaalsuses kujutatud elektriauto ja auto komponentide asukohad koos seal nähtud informatsiooniga meeskonnavanematele väga meeldis. Kaheksast kuus meeskonnavanemat soovivad seda õppevahendit kasutada täiendusena praeguses täiendkoolituses, kuna 3D mudel loob parema arusaama elektriautost, kui piltmaterjal. Liitreaalsuse puudusena toodi välja selle raske juhtimine, mis vajas harjumist ja harjutamist. Ettepanekutena toob autor välja harjutuste sisu eestikeelseks muutmine, harjutuses olevate juhtumite edasine areng vastavalt kasutaja tegevusele ning liitreaalsuse juhtimise lihtsamaks muutmine.

SUMMARY

The aim of the thesis “ The Use of Augmented Reality in Responding to an Electric Vehicle Accident in Emergency Services Training ” was to find out how augmented reality could be used in the training of electric vehicle accident resolution. The step was to investigate the dangers and risks associated with electric vehicles rescue events, and how to mitigate them.

Based on the analysis of documents (pp. 22-25) and theory (pp. 14-18), it was concluded that the main dangers of electric car rescue events are fires, which emit large amounts of dangerous gases during combustion and are difficult to extinguish. Rescue operations with electric cars are also complicated, as the high-voltage wiring and battery can be damaged when the car is cut, resulting in a risk of electric shock. The analysis of study materials and theory revealed that to mitigate risks related to electric cars, if possible, first stop the car from moving, then stop the car's engine, remove the key at least 5 meters away from the car and disconnect the car's 12-volt battery.

Based on the results of the interviews (pp. 25-33), it was concluded that the environment where the augmented reality glasses are used must be dark enough and a large space is needed for the exercises so that the use of the glasses is maximally effective. Based on the feedback from the interviews, it turned out that team leaders liked the location of the electric car and car components depicted in augmented reality. Six out of eight team leaders recommend using this learning tool as an addition to the current advanced training, as the 3D model creates a better understanding of the electric car than image material. The disadvantage of augmented reality was its difficult control, which needed to get used to and practice. As suggestions, the team leaders put forward changing the content of the exercises into Estonian, the further development of the cases in the exercise according to the user's actions, and making the management of augmented reality easier

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

ABB, 2013. World's first nationwide EV charging network starts – based on ABB fast charger technology. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://new.abb.com/news/detail/13069/worlds-first-nationwide-ev-charging-networkstarts-based-on-abb-fast-charger-technology> [Kasutatud 05.03.2023].

Abdukhalilovich, I. I., & Abdujalilovich, J. A. (2020). Description Of Vehicle Operating Conditions And Their Impact On The Technical Condition Of Vehicles. *The American Journal of Applied Sciences*, 2(10), 37-40.

Accelerista, 2023. Iga 7. kasutatud elektriauto võib olla võltsitud läbisõiduga. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.accelerista.com/eluviis/uuring/elektriauto-keritud-labisoiduga/> [Kasutatud 11.01. 2023].

Alla, R. 2013. ESTGIS Annual Conference 2013: Augmented Reality and GIS. (ESTGIS-i aastakonverents 2013: Rikastatud reaalsus ja GIS). [Võrgumaterjal] Leitav: https://estgis.ee/archive/wp-content/uploads/2013/10/estigis_rr_OK.pdf [Kasutatud 11.12. 2022].

Azuma, R. 1997. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), p. 385.

Brand, S., Petri, M., Haas, P., Krettek, C. and Haasper, C., 2013. Hybrid and electric low-noise cars cause an increase in traffic accidents involving vulnerable road users in urban areas. *International journal of injury control and safety promotion*, 20(4), pp.339-341.

Classifying different types of augmented reality technology, 2016. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Edwards> [Kasutatud 29.12. 2022].

Dong, W., Gu, W.J. 2014. Application of virtual reality in forestry. *Advanced Materials Research*, p. 4230.

Doughty, D.H. and Crafts, C.C., 2006. *FreedomCAR: electrical energy storage system abuse test manual for electric and hybrid electric vehicle applications* (No. SAND2005-

3123). Sandia National Laboratories (SNL), Albuquerque, NM, and Livermore, CA (United States).

Edwards-Stewart, A., Hoyt, T. and Reger, G., 2016. Classifying different types of augmented reality technology. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 14, pp.199-202.

EV database, 2020. Range of Full Electric Vehicles. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://ev-database.org/cheatsheet/range-electric-car> [Kasutatud 20.12. 2022]

Fayziyev, P.R., Ikromov, I.A., Abduraximov, A.A. and Dehqonov, Q.M., 2022. Timeline: History of the Electric Car, Trends and the Future Developments. *Eurasian Research Bulletin*, 6, pp.89-94.

FIGHTARs, 2023. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://fight-ar.com/> [Kasutatud 10.03. 2023]

Flick, U., 2009. An introduction to qualitative research. 4 toim. London: SAGE Publication Ltd, p. 120

Geisbauer, C., Wöhrl, K., Lott, S., Nebl, C., Schweiger, H.G., Goertz, R. and Kubjatko, T., 2021. Scenarios involving accident-damaged electric vehicles. *Transportation research procedia*, 55, pp.1484-1489.

GTspirit, 2013. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://gtspirit.com/2013/03/08/video-tesla-model-s-torn-apart-by-jaws-of> [Kasutatud 3.02.2023].

Helmets, E. and Marx, P., 2012. Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), pp.1-15.

Sirkka Hirsjärvi, Remes, P., Sajavaara, P., 2010. Uuri ja Kirjuta. Tallinn: Medicina, lk 195-205.

Hofmann, J. and Polikarpus, S., 2022. Application of Augmented Reality in firefighters training: From Safe to SafAR. In *GI VR/AR Workshop 2022*. Gesellschaft für Informatik eV.

Khusanjonov, A., Makhammadjon, Q. and Gholibjon, J., 2020. Opportunities to improve efficiency and other engine performance at low loads. *JournalNX*, pp.153-159.

KIK, 2020a. Purchasing Fully Electric Vehicles. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.kik.ee/en/supported-activity/purchasing-fully-electric-vehicles> [Kasutatud 23.03.2023].

Kredex veebileht, 2018. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://kredex.ee/et/elmo> [Kasutatud 11.12.2023].

Kurilov, O. 2022. *Päästemeeskonna juhtide teadlikkuse ja tegutsemise kaardistamine gaasibusside õnnetuse korral Põhja päästekeskuse näitel*. Sisekaitseakadeemia.

Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P. and Mellander, B.E., 2017. Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Scientific reports*, 7(1), pp.1-13.

Leitman, S. and Brant, B., 2013. *Build your own electric vehicle*. McGraw Hill Professional.

Liu, C., Zhao, L. and Lu, C., 2022. Exploration of the characteristics and trends of electric vehicle crashes: a case study in Norway. *European transport research review*, 14(1), pp.1-11

Mumma, A., Tammik, A., 2017. Päästetöö juhtimise taktilised alused I ja II juhtimistasandile. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

National Fire Protection Association, 2018. Emergency Field Guide Hybrid, Electric, Fuel Cell, and Gaseous Fuel Vehicles. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://catalog.nfpa.org/Emergency-Field-Guide-P13872.aspx> [Kasutatud 13.12.2022].

Park, O.B., 2013. Best practices for emergency response to incidents involving electric vehicles battery hazards: A report on full-scale testing results. *The Fire Protection Research Foundation, Quincy, MA, Report*, (1205174.000), p.F0F0.

Reigo, J. 2022. *Elektri- ja sisepõlemismootoriga autode efektiivsusnäitajate võrdlev analüüs*. Eesti Maaülikool.

Robson, C., 2002. *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner Researchers*. Oxford: Blackwell, p. 270.

Transpordiamet, 2023. Sõidukite statistika. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.transpordiamet.ee/soidukite-statistika> [Kasutatud 20. 03. 2023].

Trakmann, J., 2022. *Elektriautod*. Päästekolledž.

Un-Noor, F., Padmanaban, S., Mihet-Popa, L., Mollah, M.N. and Hossain, E., 2017. A comprehensive study of key electric vehicle (EV) components, technologies, challenges, impacts, and future direction of development. *Energies*, 10(8), p. 1217.

Van Krevelen, D.W.F. and Poelman, R., 2010. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International journal of virtual reality*, 9(2), pp.1-20.

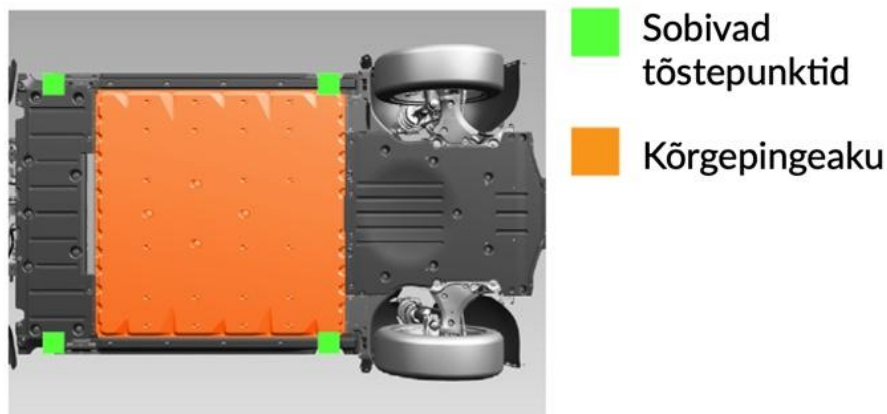
Viidalepp, T., 2018. *Elektromobiilsuse areng Eestis*. Eesti Maaülikool.

LISA 1. EESTIS KASUTATAV TEGEVUSJUHEND ELEKTRIAUTODEGA PÄÄSTESÜNDMUSELE REAGEERIMISEKS

Elektriautode päästesündmuste lahendamiseks on Jan Trakmann koostanud asjakohase standardjuhise. Juhend on koostatud Jani poolt kasutades erinevate elektriautode tootjate ohutusjuhendeid. Tegevusjuhises on välja toodud erinevad elektriautod, nende ehitused ja tegevused päästesündmusel elektriauto avarii korral (Trakmann, 2022).

Liiklusavarii korral tuleb kõigepealt kindaks teha millised on kahjustused sõidukil: kannatanu seisund, kõrgepinge süsteem, süttimisoht. Võimalusel tuleb muuta sõiduk liikumisvõimetuks, lülitades 12 voldise aku välja, käigukang asendisse parking ja stabiliseerida sõiduk tõkiskingadega. Tõkiskingi ei tohi panna liitium-ioonaku alla, kuna see võib tekitada elektrilöögi. Joonisel 7 on näidatud sobivad tõstepunktid (Trakmann, 2022).

Tõstmispunktid

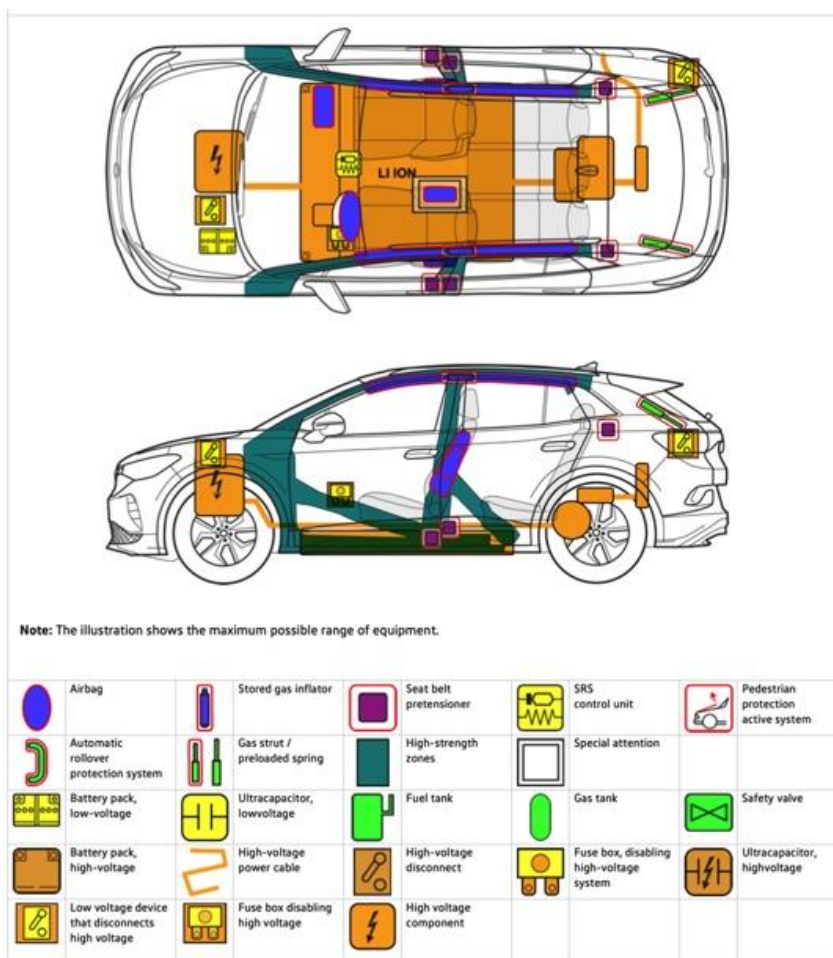


Joonis 7. Tõstmispunktid (Trakmann, 2022)

Joonisel 7 on rohelisega märgitud sobivad tõstmispunktid ja oranžiga kõrgepingeaku.

Enne kannatanu päästmist autovrakist päästevarustusega tuleb veendud, et kõrgepinge süsteem ei ole saanud viga. Osade eemaldamisel ei tohi puudutada raskete kehavigastuste või hukkumise vältimiseks kõrgepingekomponente ega oranžide kõrgepingekaablite paljastunud sisemust. Kõrgepingekomponentidega töötamisel tuleb alati kanda isikukaitsevahendeid (Trakmann, 2022).

Päästesündmusel elektriauto avarii korral, kasutava meeskonnavanemad ohtudest ülevaate saamiseks mobiilirakendust rescucode (Joonis 8). Rakenduses rescucode saab olenevalt autost ülevaate auto ehitusest, kus asuvad autol olulised komponendid, ning kust on võimalik kõrgepingesüsteem ja elektriaku välja lülitada (Trakmann, 2022)



Joonis 8. Elektriauto osad (Trakmann, 2022)

Joonisel 8 on näidatud, kus asuvad elektriauto erinevad osad.

Kõige erilisem on elektriautode juures asjaolu, et töötavat elektrimootorit pole kuulda. Seetõttu peavad päästjad õnnetusse sattunud auto puhul esimesena takistama selle iseenesliku sõitma hakkamise ning seejärel veenduma, et mootor oleks välja lülitatud.

Kõrgepingesüsteemi väljalülitamine on üks olulisemaid tegevusi, et päästetööde tegemine oleks ohutu ja ennetada tulekahju tekkimist. Kõrgepingesüsteemi saab välja lülitada mootoriruumist ja kaitsmekarbist, mis on näidatud joonisel 9 (Trakmann, 2022).



Joonis 9. Kõrgepinge väljalülitamine mootoriruumist (Trakmann, 2022)

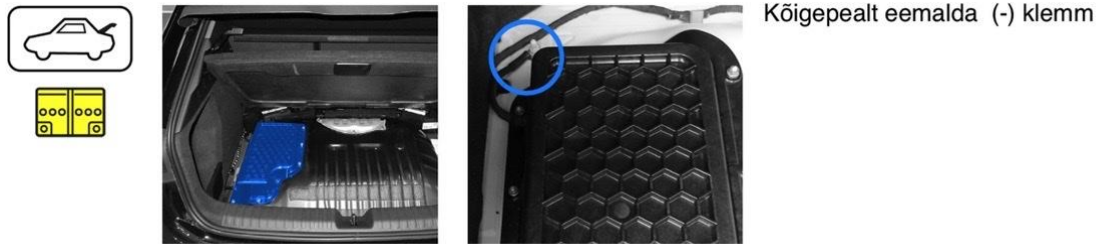
Pistiku leiab mootoriruumist ja pistik on märgistatud joonisel oleva tähisega.



Joonis 10. Kõrgepinge väljalülitamine kaitsmekarbist (Trakmann, 2022)

Joonisel olev kaitse tuleb kõrgepinge väljalülitamiseks eemaldada.

Samuti peale kõrgepingesüsteemi tuleb avarii korral lahti ühendada 12- voldine elektriaku (Joonis 11), et vältida põlengut ja elektrilööki (Trakmann, 2022)



Joonis 11. Aku lahti ühendamine (Trakmann, 2022)

12- voldised akud võivad paikneda autodel erinevates kohtades, kuid peamiselt asuvad need auto pakiruumis. Auto aku asukoha kindlaks tegemiseks on võimalik kasutada rakendust Rescuecode (Trakmann, 2022)

Elektriauto Tesla erineb kõrgepingesüsteemi ja aku lahti ühendamisest teistest autodest.



Joonis 12. Tesla kõrgepingekaabli asukoht (Trakmann, 2022)

Olenevalt auto väljalaske aastast on nende kõrgepinge kaabli läbilõikamise asukoht erinev (nii vasakul, kui paremas nurgas) (Joonis 12). Tesla puhul ei saa kaablit lahti ühendada vaid kaablilt tuleb tükk välja lõigata. Seda selleks, et vältida juhtmete kokkupuudet nii auto kerega kui juhtmeotste omavahel (Trakmann, 2022)

Tesla 12- voldise aku lahti ühendamisel tuleb arvestada sellega, et katkeb elektri tarbel töötavate seadmete töö, nagu näiteks iste, ukсед ja rool (Trakmann, 2022).

Samuti tuleb olla ettevaatlik uste lõikamisel, kuna Tesla elektriautol asub inverter rattakoopas (joonis 13) ning kannatanu jalgade päästmiseks tuleb läbi lõigata ka turvatala (Joonis 14) (Trakmann, 2022).



Joonis 14. Turvatala läbilõikamine (Trakmann, 2022)



Joonis 13. Invertori asukoht (Trakmann, 2022)

Tulekahju korral kustutakse elektriautot kas vee või vahuga. Väiksema elektrilise põlengu või õlipõlengu korral võib põlengu kustutamiseks kasutada ABC- tüüpi kustutit. Vette sattunud sõiduki korral tuleb võimalusel esimesena välja lülitada auto toitelüliti ja seejärel auto veest välja tuua (Trakmann, 2022)

LISA 2. ELEKTRIAUTODE AVARIIDE LAHENDAMISE ÕPPEMATERJAL KOOSTATUD PROJEKTI FIGHTARS RAAMES

Päästespetsialistid erinevatest riikidest on loonud õpikeskkonna FightARs, mille eesmärgiks on päästjate koolitamine kaasahaaravas keskkonnas. FightARs õpikeskkonna üheks osaks on elektriautod, nende deaktiveerimine (FightARs, 2022). Alljärgnevalt toob autor ülevaate õppematerjalist.

Päästesündmusele jõudes tuleb kõigepealt tuvastada, kas tegemist on elektriautoga. Elektriautot saab tuvastada mitme tunnuse järgi: sõiduki tootja kaubamärk, sõiduki tootja mudelimärk, sõiduki registreerimismärk, heitgaaside väljalasketoru, märgistus sõiduki sees, sõiduki dokumentatsioon.

Peale elektriauto tuvastamist tuleb auto deaktiveerida. Deaktiveerimiseks peab päästja teadma, kus paiknevad elektriauto erinevad osad. Tabelis 3 on välja toodud elektriautode komponendid, nende asukohad ja deaktiveerimine (FightARs, 2022).

Tabel 4. Elektriauto osade asukohad selle deaktiveerimiseks (FightARs, 2022).

| Elektriauto osa | Autoosa asukoht autos | Elektriauto deaktiveerimine |
|-----------------------------|---|--|
| 12 V aku | mootoriruumis, pagasiruumis või tagaistme all | lõigata läbi negatiivne akujuhe |
| võti | auto võtmeaugus | eemaldada sõidukist vähemalt 5 meetri kaugusele |
| kahvelkaitse | mootoriruumis või auto salongis | kaitse tõmmata kaitsmekarbist välja |
| kõrgepingeline aku | pagasiruumis, kaassõitja tagaistme all või elektriauto põhja all | ei ole vaja eraldi lahti ühendada |
| kõrgpingekaablid | sõiduki eri kohtades, on tähistatud oranžide kaitsekarpidega | lõikamine või lahti võtmine keelatud |
| elektriline mootor | mootoriruumis | deaktiveerub koos auto välja lülitamisega |
| hädaolukorra katkestusseade | pagasiruumis, salongis tagaistmete kõrval või salongis sisekattematerjalide all | sulgurid lahti keerata, seejärel tuleb seade ise välja tõmmata |

Üldiselt on teada kolm elektriauto väljalülitamise viisi. Deaktiveerimise variant valitakse sõltuvalt liiklusõnnetuse olukorrast ja selle dünaamikast, võimalustest jõuda ühe või teise deaktiveerimisvahendini (FightARs, 2022).

Esmane deaktiveerimine

See deaktiveerimismeetod kujutab endast päästjale kõige väiksemat ohtu.

Deaktiveerimine toimub järgmises järjekorras (FightARs, 2022):

- auto mootor on välja lülitatud
- süütevõtme eemaldamine auto sisemusest (umbes 5 meetri kaugusel autost)
- 12 V aku on lahti ühendatud

Auto selliseks deaktiveerimiseks tuleb siseneda auto sisemusse, leida süütevõti, mis võib olla keeruline.

Sekundaarne deaktiveerimine

Kui autosse ei ole võimalik siseneda, saab auto deaktiveerida järgmises järjekorras (FightARs, 2022):

- 12 V aku on lahti ühendatud
- Kõrgepinget blokeeriv kaitselüliti on tõmmatud välja

Erakorraline deaktiveerimine

Avarii väljalülitamist tuleb teostada ainult juhul, kui auto kõrgepingesüsteemi ei ole võimalik teiste, eelnevalt nimetatud meetoditega lahti ühendada.

Seda tehakse järgmises järjekorras (FightARs, 2022):

- 12 V aku on lahti ühendatud
- Hoolduspistik on lahti ühendatud

LISA 3. ÕPPEMATERJALIDE KODEERIMISTABEL

ANALÜÜSI

Tabel 5. Õppematerjalide analüüsi kodeerimistabel.

| | | Õppematerjalid elektriautode päästesündmuste lahendamiseks | |
|---|----------------------------------|--|---|
| Kategooria | Kood | FightARs õppematerjal | Elektriautode täiendkoolituse õppematerjal (Trakmann) |
| 1. Elektriauto tuvastamine ja ohutuks tegemine. | 11. Elektriauto tuvastamine. | Elektriautot saab tuvastada mitme tunnuse järgi: sõiduki tootja kaubamärk, sõiduki tootja mudelimärk, sõiduki registreerimismärk, heitgaaside väljalasketoru, märgistus sõiduki sees, sõiduki dokumentatsioon. | Autotootja mudelimärk, aku laadimise auk, auto registreerimismärk. |
| | 12. Elektriauto deaktiveerimine. | Esmane deaktiveerimine: auto mootor on välja lülitatud, süütevõtme eemaldamine auto sisemusest (umbes 5 meetri kaugusel autost), 12 voldine aku on lahti ühendatud. Sekundaarne deaktiveerimine: 12 voldine aku on lahti ühendatud, kõrgepinget blokeeriv kaitselüliti on tõmmatud välja. Erakorraline deaktiveerimine: 12 voldine aku on lahti ühendatud, hoolduspistik on lahti ühendatud. | Võimalusel tuleb muuta sõiduk liikumisvõimetuks, lülitades 12 voldise aku välja, käigukang asendisse parking ja stabiliseerida sõiduk tõkiskingadega. Tõkiskingi ei tohi panna liitium-ioonaku alla, kuna see võib tekitada elektrilöögi. |
| | 13. Kõrgepinge väljalülitamine. | Kõrgepinget blokeeriv kaitselüliti tõmmata välja, hoolduspistik lahti ühendada. | Mootoriruumist või kaitsmekarbist. |

| | | | |
|--|--|---|---|
| 2. Elektriauto osade asukohad ja tootjad. | 21. Elektriauto tootjad. | | Tesla elektriautol asub inverter rattakoopas ning kannatanu jalgade päästmiseks tuleb läbi lõigata ka turvatala. |
| | 22. Elektriauto osade asukohad. | 12 V aku - mootoriruumis, pagasiruumis või tagaistme all kõrgepinge aku - pagasiruumis, kaassõitja tagaistme all või elektriauto põhja all kõrgepingekaablid - sõiduki eri kohtades, on tähistatud oranžide kaitsekarpidega elektriline mootor - mootoriruumis hädaolukorra katkestusseade - pagasiruumis, salongis tagaistmete kõrval või salongis sisekattematerjalide all. | 12 V aku - peamiselt pagasiruumis kõrgepingekaablid - on tähistatud oranžide värvidega, paiknevad auto erinevates kohtades kõrgepinge aku - auto põhja all mootor - mootoriruumis Autoosade asukohtade teada saamiseks kasutatakse rescucode. |
| 3. Ohtudest ülevaate saamine ja eriolukorrad | 31. Tegevused, kui auto on vees. | | Vette sattunud sõiduki korral tuleb võimalusel esimesena välja lülitada auto toitelüliti ja seejärel auto veest välja tuua. |
| | 32. Ohtudest ülevaate saamine enne päästetegevusi. | | Päästesündmusel elektriauto avarii korral, kasutava meeskonnavanemad ohtudest ülevaate saamiseks mobiilirakendust rescucode. Rakenduses rescucode saab olenevalt autost ülevaate auto ehitusest, kus asuvad autol olulised komponendid, ning kust on võimalik kõrgepingesüsteem ja elektriaku välja lülitada. |

LISA 4. INTERVJUU KAVA

Intervjuu kava

Mis on Teie tööstaaž päästeametis?

Harjutus 1 – Elektri auto mootori osad (car components)

Harjutus 2 - Elektriauto piilarid, kere (show chassis)

1. Kui lihtne või raske oli teie jaoks hologrammi liigutada ja uurida?
2. Kuidas hindate liitreaalsuses nähtud kujutatud visuaalide tegelikkust?
3. Kui arusaadav on harjutuses 3D hologrammi käsitlemine? Mis muutis selle arusaadavaks/arusaamatuks?
4. Kuidas hindate liitreaalsuses nähtud kujutatud visuaalide tegelikkust?
5. Kui võrdlete seda info esitlemise viisi piltmaterjali ja teooria osaga seni toimunud liiklusõnnetuste avariide koolitusel, siis kui efektiivseks antud viis autoosade nägemiseks peate?
6. Kuidas hindate kui hea ettevalmistuse liiklusõnnetuse elektriautoga lahendamiseks annab auto mudeli läbilõike ja autoosade nägemine 3D mudeli kujul?
7. Kui informatiivseks peate harjutuse sisu (sh autoosad, asukoht, selgitav tekst)?

Harjutus 3 - Deaktiveerimine (deactivation)

Juhtum 1 - Kohale jõudes näete elektriautot. Autojuht on teadvuseta autos. Valige tegevuste jada, mille abil te teostate auto deaktiveerimise.

Küsimused:

1. Kui efektiivseks peate juhtumi lahendamist liitreaalsusprillide kaudu?
2. Milliseid eelteadmisi juhtumi lahendamiseks vajasite?

Harjutus 4 - Lõikamine ja stabiliseerimine (cutting and stabilisation)

Viimasel harjutusel tuleb paigutada vajalikud tööriistad õigesse asukohta, et sõiduk oleks stabiliseeritud ja lõikamiseks õiged tööriistad.

1. Kui tõhusaks peate kogetud õppimist harjutuse lahendamisesest?
2. Kuidas hindate liitreaalsuses nähtud kujutatud visuaalide tegelikkust?
3. Millised on selle harjutuse kasutamise eelised/puudused võrreldes praeguse täiendkoolitusega (sh ettevalmistus teooria ja piltmaterjali põhised)?
4. Millised takistused esinesid harjutuse kasutamisel?
5. Millised on teie poolsed parandusettepanekud, soovitud kõigile neljale harjutusele?

Kokkuvõtlikud küsimused

1. Kuidas võib liitreaalsuses õpitu olla abiks meeskonnavanema/päästjate koolitamisel?
2. Kuidas saab läbi liitreaalsuse täiendada praegust päästjate koolitamist?
3. Millised on liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad, mida ise kogesite või arvate, et võib esineda?

LISA 5. INTERVJUU TULEMUSTE KODEERIMISTABEL

Tabel 6. Intervjuu tulemuste kategoriseerimise- ja kodeerimistabel.

| Kategooria | Kood | Intervjueeritavate meeskonnavanemate (M1 - M8) tsitaadid. |
|---|---|--|
| II. Elektriauto mootori osad ja elektriauto kere. | II1. Objektide liigutamine. | <p>“Auto osasid oli päris kerge liigutada ja mugav.” (M1)</p> <p>“Alguses oli liigutamine ja uurimine raske, ei saanud asjale pihta. Aga kui asjast aru sain, siis ei olnud probleemi. Aga ruumi peaks olema avar ja pime.” (M2)</p> <p>“Liigutamine raske, ei taha alluda korraldustele. Vajab harjutamist. Peaks olema lihtsam.” (M3)</p> <p>“Ei ole midagi mõistust ületavat aga vajab harjutamist.” (M4)</p> <p>“Ei olnud raske, vajab harjumist. Meeldis, et saab seda igatpidi liigutada.” (M5)</p> <p>“Pigem oli minu probleem. Kui sai põhimõttest aru siis oli lihtne.” (M6)</p> <p>“Mõte on hea aga teostus ei olnud väga hea. Saab veel areneda.” (M7)</p> <p>“Liigutamine sõltub harjutustest. Vajab veidi harjutamist aga muidu väga põnev.” (M8)</p> |
| | II2. Kujutatud visuaalide tegelikkus. | <p>“Visuaalide tegelikkus oli väga kõrgetasemeline, väga terav pilt ja selge.” (M1)</p> <p>“Visuaalid olid nagu joonistatud, ei olnud väga reaalne. Tulevikus võiks olla reaalsem.” (M2)</p> <p>“Visuaalid olid piisavalt head.” (M3)</p> <p>“Visuaalid olid head aga kontrasti ei olnud väga, kuna ruumid peaksid pimedamad olema.” (M4)</p> <p>“Visuaalid olid tuttavad ja täiesti reaalsed.” (M5)</p> <p>“Üsna reaalsed visuaalid olid. Õppimise mõttes väga head.” (M6)</p> <p>“Visuaalid olid head, vastasid tegelikkusele.” (M7)</p> <p>“Visuaalid olid head.” (M8)</p> |
| | II3. 3D hologrammide käsitlemine. | <p>“Pilt oli arusaadav aga on vaja harjutada selle kasutamist, kuidas liigutamine toimub, et kõik oleks täpne ja kiirem.” (M1)</p> <p>“Oli arusaadav, aga objektide liigutamine muutis selle raskeks.” (M2)</p> <p>“Oli kõik arusaadav aga selle käsitlemine oli keeruline.” (M3)</p> <p>“Kõik oli arusaadav aga hologrammide liigutamine oli raske.” (M4)</p> <p>“Oli arusaadav, kuna juhendaja oli kõrval.” (M5)</p> <p>“Alguses oli keeruline aga kui asjale pihta sain siis oli juba lihtne. Vajab lihtsalt harjumist.” (M6)</p> <p>“Oli arusaadav.” (M7)</p> <p>“Kõik oli väga arusaadav. Väga hästi tehtud.” (M8)</p> |
| | II4. Liitreaalsuse võrdlus piltmaterjaliga. | <p>“Liitreaalsus on paremal tasemel. Piltmaterjali vaadeldes ei ole nii huvitav ja ei jää nii hästi info meelde. Huvitavaks muudab just kogu auto ja auto komponentide nägemine ja selle hea vaadeldavus.” (M1)</p> <p>“Peaks prille rohkem kasutama ja proovima, ei saanud väga asjale pihta. Hetkel piltmaterjal tundub parem ja lihtsam viis õppimiseks.” (M2)</p> <p>Võiks olla lisana moodle õppele. Õpid moodle teooriat ja siis näiteks vaatled 3D auto objekti.” (M3)</p> <p>“Kui kõik töötaks nii nagu peab siis oleks kindlasti efektiivsem ja huvitavam.” (M4)</p> <p>“3D objekti liigutamine ja uurimine oli väga põnev ja kindlasti tõhusam viis õppimiseks.” (M5)</p> <p>“Kindlasti on parem viis õppimiseks, kui piltmaterjal. Saab suurendada ja</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | | <p>liigutada objekti. On kindlasti tõhusam viis.” (M6)</p> <p>“Võiks olla kindlasti efektiivne. Minu jaoks oli see väga teistsugusem ja huvitavam.” (M7)</p> <p>“Meie oleme harjunud tegema kõike lihtsalt arvutis aga see on tulevik ja me peame sellega harjuma. Mina hetkel pigem valiksin arvuti ja pildimaterjalid.” (M8)</p> |
| | <p>1I5. Kui hea ettevalmistuse annab liitreaalsus 3D objektide näol.</p> | <p>“Annab väga hea ettevalmistuse. Autot saab hästi liigutada ja vaadelda erinevaid autoosaid.” (M1)</p> <p>“Asjal on potentsiaali aga hetkel on seda raske hinnata.” (M2)</p> <p>“Annab mingi ettevalmistuse aga võiks olla põhjalikum. Turvapatjade asukohad jne.” (M3)</p> <p>“Annab parema ettekujutuse, kui pilt materjalid aga võiks olla põhjalikum.” (M4)</p> <p>“Annab hea ettekujutuse aga eelnevalt võiks olla ka teoreetiline õpe.” (M5)</p> <p>“Väga hea ettevalmistuse annab. Kindlasti tõhusam viis õppimiseks, kui piltmaterjal.” (M6)</p> <p>“Annab kindlasti hea ettevalmistuse. Just see võimalus autot keerata ja mitmest küljest vaadelda.” (M7)</p> <p>“Kindlasti annab hea ettevalmistuse, kui oled prillidega harjunud ja oskad sellega tööd teha.” (M8)</p> |
| | <p>1I6. Harjutuste sisu informatiivsus.</p> | <p>“Oli piisvalt informatiivne.” (M1)</p> <p>“Asjade keeruline liigutamine muutis harjutuse sisu raskesti õpitavaks. Aga muidu oli väga informatiivne.” (M2)</p> <p>“Võiks olla informatiivsem. Rescucode on üks näide, kus on väga põhjalikult toodud erinevate autode ehitus ja komponendid.” (M3)</p> <p>“Oli informatiivne aga prillide juhtimine muutis informatsiooni saamise keeruliseks.” (M4)</p> <p>“Oli piisavalt informatiivne.” (M5)</p> <p>“Minu arvates oli piisavalt informatiivne.” (M6)</p> <p>“Oli informatiivne. Kuna mind juhendati. Aga teostus vajaks rohkem harjutamist.” (M7)</p> <p>“Oli võibolla isegi liiga informatiivne. Auto osade selgitav tekst võiks olla konkreetsem ja paremini hoomatav.” (M8)</p> |
| <p>2I. Elektriauto deaktiveerimine.</p> | <p>2I1. Deaktiveerimise harjutuse efektiivsus liitreaalsuses.</p> | <p>“Esiolgu oli raske, kuna ei osanud hästi hologrammi liigutada ja kastikesi aktiveerida. Aga kui käsitlemine on selge oleks kindlasti parem ja efektiivsem, kui moodle vms harjutus.” (M1)</p> <p>“Efektiivne küll aga sama saaks teha ka arvutis.” (M2)</p> <p>“Oleks kindlasti efektiivne kui lisada moodle õppele juurde. Annaks kindlasti head täiendust 3D mudelite näol.” (M3)</p> <p>“Oleks kasu, kui kõik töötaks nii nagu peab.” (M4)</p> <p>“Sama võiks teha ka arvutis aga põnevam oli ikka.” (M5)</p> <p>“Kindlasti oleks efektiivne aga võiks just seda juhtimist edasi arendada.” (M6)</p> <p>“Oleks efektiivne aga lihtsam tundub hetkel teha seda arvutis, kuna just nende kastikeste tabamine oli keeruline.” (M7)</p> <p>“Oleks küll aga eeldab teistsugust keskkonda, suur ja pime ruum.” (M8)</p> |
| | <p>2I2. Eelteadmised auto deaktiveerimiseks.</p> | <p>“Peab õppima rohkem prille käsitlema. Komponentide asukohti peab enne tundma ja deaktiveerimise võimalusi.” (M1)</p> <p>“Eelnevalt vajalik elektriautode koolitus.” (M2)</p> <p>“Kasuks tuleks kindlasti eelnev moodle põhine koolitus elektriautodest.” (M3)</p> <p>“Mingisugune teadmine elektriautode deaktiveerimisest peaks kindlasti olemas olema.” (M4)</p> <p>“Kindlasti on eelnevalt vajalik elektriautode koolitus.” (M5)</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>“Elektriautodest peab olema varasemalt läbinud koolituse.” (M6)</p> <p>“Enne harjutuse läbimist tuleks endale selgeks teha elektriautode teooria.” (M7)</p> <p>“Oleks vaja teada teooriat elektriautode kohta ja kuidas täpsemalt neid prille kasutada.” (M8)</p> |
| 3I. Elektriauto lõikamine ja stabiliseerimine. | 3I1. Auto lõikamise ja stabiliseerimise harjutuse tõhusus. | <p>“Väga meeldis, pakkus huvi, kasu on sellest kindlasti. Aga juhtimist tuleb ikkagi harjutada, et liigutused oleksid teravad.” (M1)</p> <p>“Väga ei pea aga ilmselt on maitse asi.” (M2)</p> <p>“Oleks tõhus, kui edasi arenada. Näiteks kui lõikad valest kohast võiks minna mingi juhtmestik punaseks ja sündmus vastavalt edasi areneda. Ehk siis võiks tegevustele järgneda mingisugused sündmuste jadad ja asi edasi areneda. Lihtsalt asjade paigutamiseks ei näe väga mõtet.” (M3)</p> <p>“Ei pea tõhusaks kuna asjad ei liikunud nii nagu pidi.” (M4)</p> <p>“Kui kõik liigub nii nagu peab oleks efektiivne. vastavalt sinu tegevusele võiks juhtum ka edasi areneda.” (M5)</p> <p>“Oleks tõhus, kui sündmus edasi areneks.” (M6)</p> <p>“Tundus väga põnev aga tööriistade liigutamine tekitas raskusi ja seepärast ei olnud õppeviis väga efektiivne.” (M7)</p> <p>“Oleks põnev, kui juhtum edasi areneks tööriistade paigutamisel.” (M8)</p> |
| | 3I2. Selle harjutuse kasutamise eelised/puudused võrreldes praeguse täiendkoolitusega. | <p>“Loob reaalse sündmuskoha ja tekitab harjutuse lahendamisel põnevust.” (M1)</p> <p>“Puudus on kindlasti asjade liigutamine, vajab harjutamist. Eeliseks võib lugeda, et autot saab igast küljest vaadelda.” (M2)</p> <p>“Visuaalid ja nende liigutamine on kindlasti eelis aga puudus on see, et nende liigutamine on keeruline.” (M3)</p> <p>“Loob põnevama keskkonna õppimiseks.” (M4)</p> <p>“Oleks potentsiaali kui liigutamine oleks lihtsam. Suur miinus asjade keeruline liigutamine.” (M5)</p> <p>“Puudus on asjade liigutamine. Eelis oleks parem arusaam autost ja komponentide asukohast tänu 3D objektile.” (M6)</p> <p>“Eelis on kindlasti selle uudsus ja harjutuse põnev lahendamine nagu mängulisem.” (M7)</p> <p>“Natuke piiratud on nägemine, võib olla mulle tundus lihtsalt nii. Aga kindlasti on huvitavam ja tekitab põnevust.” (M8)</p> |
| 4I. Liitreaalsuse kasutamine tulevikus. | 4I1. Kuidas võib liitreaalsuses õpitu olla abiks koolitamisel. | <p>“Võiks olla kindlasti abiks koolitamisel nii meeskonnavanematele kui ka päästjatele. Sest ka päästjad peavad teadma, kus auto erinevad asukohad paiknevad.” (M1)</p> <p>“Kellele selline õppeviis sobib, siis võiks olla abiks küll. Vanematele mv väga ilmselt ei meeldi/sobi.” (M2)</p> <p>“Võiks olla kindlasti hea täiendus moodle õppele aga hetkel täiesti eraldiseisva koolituse meetodina nenede harjutuste näol ei näe.” (M3)</p> <p>“Võiks olla abiks koolitamisel, kui prillide juhtimine oleks lihtsam.” (M4)</p> <p>“3D objektide liigutamine võiks kindlasti olla kasuks õppimisel.” (M5)</p> <p>“3D objektide uurimine lisatuna moodle õppele.” (M6)</p> <p>“Kindlasti selle uudsus ja mängulisus muudab õppimise põnevamaks ja läbi selle ka efektiivsemaks.” (M7)</p> <p>“Oleks kindlasti koolitamisel kasuks, just auto vaadeltavuse ja uudsuse ja põnevuse mõttes.” (M8)</p> |
| | 4I2. Kuidas saab liitreaalsus täiendada praegust koolitamist. | <p>“Parem ülevaade autost ja auto osadest. Väga informatiivne ja põnev.” (M1)</p> <p>“Elektriautode osade tundmaõppimiseks võiks olla kasu. Aga vajab eelnevalt harjutamist.” (M2)</p> <p>“3D objektid annavad hea ülevaate autost.” (M3)</p> <p>“Hea 3D objektide vaadeldavus.” (M4)</p> <p>“Põnevam ja uudsam viis õppimiseks. Objektide hea vaadeldavus ja liigutamine.” (M5)</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>“Kindlasti täiustaks praegust õppimist. Aga juhtimise jaoks võiks ka eraldi olla mingi pult vms, et see oleks lihtsam.” (M6)</p> <p>“Mängulisem ja reaalsem, kui piltmaterjal. 3D auto mudelid väga reaalsed ja hea vaadelda.” (M7)</p> <p>“3D objekti näol on elektriautost parem ülevaade ja seda saab keerata ja pöörata oma nägemise järgi.” (M8)</p> |
| | <p>4I3. Liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad.</p> | <p>“Juhtimine. Meeskonnavanemate vanus, kuna nad ei ole nii sina peale arvuti ja erinevate tehnoloogiatega. Kõrvaltoimena ka silmade väsimus, ei saa pikalt prille kanda ja harjutusi lahendada.” (M1)</p> <p>“Juhtimine ja selle harjutamine. Ruum peab olema avar ja pime. Samuti võiks harjutuse sisu olla ka eesti ja vene keeles.” (M2)</p> <p>“Kindlasti võiksid harjutused olla ka eesti keeles, kuna paljud vanemad meeskonnavanemad ei oska nii hästi inglise keelt.</p> <p>Puudus on ka kindlasti see, et silmad väsivad üsna kiiresti ära ja ei saa neid prille kaua kanda. Samuti peaks objektide liigutamine ole lihtsam, et koolitamine oleks efektiivsem.” (M3)</p> <p>“Keskfond kus prille kasutatakse peab olema väga pime ja suur. Objektide liigutamine oli väga keeruline, peaks olema kuidagi lihtsam, et koolitamine oleks efektiivsem. Silmad väsivad ka samuti kiiresti ära.” (M4)</p> <p>“Keskfond peab olema suur ja pime. Igal tegevusel võiks harjutus edasi areneda ja uut informatsiooni anda. Prillide juhtimine vajab harjumist.” (M5)</p> <p>“Prillide juhtimine võiks olla ka eraldi puldist, kuna näpuga juhtimine oli keeruline.</p> <p>Samuti pildi teravus ei olnud alati kõige parem.” (M6)</p> <p>“Prillide liigutamine ja juhtimine keeruline, vajab harjumist ja harjutamist. Samuti silmad väsivad ära. Samuti võiksid harjutused olla eesti keeles ka, kuna paljud vanemad kolleegid ei oska nii hästi inglise keelt.” (M7)</p> <p>“Juhtimine on veidi keeruline aga see võib ka harjutamise asi olla. Samuti võiksid prillid olla ka eesti keeles. Ja keskfond kus prille kasutada peab olema üpriski pime.” (M8)</p> |