

Sisekaitseakadeemia

Päastekolledž

Sandra Danilson

**MAJAPIDAMISES KASUTATAVATE AKUSEADMETE JA
AKUDE HOIUSTAMISE, LAADIMISE NING
KASUTAMISE TULEOHUTUS**

Lõputöö

Juhendaja:

Pavel Ivanov, MA

Kaasjuhendaja:

Helari Viiart, BA

Tallinn 2024

ANNOTATSIOON

Kolledž/instituut: Sisekaitseakadeemia Päästekolledž	Kaitsmise kuu ja aasta: Juuni 2024
Töö pealkiri eesti keeles: Majapidamises kasutatavate akuseadmete ja akude hoiustamise, laadimise ning kasutamise tuleohutus	
Töö pealkiri võõrkeeles: <i>Fire safety of using, charging and storing household batteries and battery-powered devices</i>	
Lühikokkuvõte: Lõputöö on koostatud eesti keeles, eesti- ja inglisekeelse kokkuvõttega. Töö koos lisadega on 53 lehekülge ning sisaldab 7 tabelit ja 11 joonist.	
Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada inimeste teadlikkus akude ja akuseadmete hoiustamise, laadimise ja kustutamise osas ning pakkuda lahendused elanike teadlikkuse suurendamiseks. Teoreetilises osas antakse ülevaade akudest ning akuseadmetest ja nende tuleohtlikkusest. Empiirilises osas kirjeldatakse läbi viidud kvantitatiivset uuringut, visualiseeritakse ja analüüsitakse tulemused ning tehakse järeldused ja ettepanekud. Uurimisprobleem, milline on inimeste majapidamises kasutatavate akude ja akuseadmete tuleohutusosalane teadlikkus. Lahendamiseks on vastanud autor neljale uurimisküsimustele:	
<ol style="list-style-type: none">1. Millised on akudele ja akuseadmetele esitatavad kasutus-, hoiustamise ja laadimise nõuded?2. Kui paljud tarbijad jälgivad tootjate poolseid juhiseid?3. Kui hästi teavad inimesed, kus hoiustada ja laadida enda kodus olevaid akuseadmeid ja akusid?4. Kui teadlikud on inimesed põlema läinud akuseadme kustutamisel?	
Uurimuse tulemusena leiti, et inimeste tuleohutusosalane teadlikkus sõltub nende endi panusest. Oluline on intensiivistada teavitustööd sotsiaalmeedia ja muu meedia kaudu ning tagada informatiivsed kasutusjuhendid.	
Lisad: puuduvad	
Võtmesõnad: Eesti märksõnastik: akuseadmed, akud, hoiustamine, laadimine	
Võõrkeelsed võtmesõnad: <i>battery, battery-powered devices, storing, charging</i>	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia	
Töö autor: Sandra Danilson	
Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.	
Allkiri: allkirjastatud digitaalselt	Kommentaar (soovi korral)
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Pavel Ivanov	Allkiri: allkirjastatud digitaalselt
Kaasjuhendaja: Helari Viiart	Allkiri: allkirjastatud digitaalselt
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor: Jaanis Otsla	Allkiri: allkirjastatud digitaalselt

SISUKORD

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU	4
SISSEJUHATUS	5
1. MAJAPIDAMISES KASUTATAVAD AKUSEADMED JA AKUD	8
1.1. Akude ja akuseadmete liigid, kasutamine, hoiustamine ja laadimine	8
1.2. Eestis müüdavate seadmete tootejuhiste ja kasutusjuhendite nõuded	14
1.3. Akuseadmetest ja akudest alguse saanud tulekahjud Eestis ja mujal maailmas ning tekkiva tulekahjuohu ennetamine	15
1.4. Akuseadmete ja akude tulekahjude kustutamine ning vahendid kustutamiseks.....	18
2. EMPIIRILINE UURING	20
2.1. Uuringu meetod, protsess ja valim.....	20
2.2. Uuringu tulemused.....	21
2.3. Järeldused ja ettepanekud	35
KOKKUVÕTE	38
SUMMARY	41
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	43
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	47
Lisa 1. Küsitluse vorm	49

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

Aku – „energia talletamise seade, mida saab pärast tühjenemast uuesti laadida“ (Sõnaveeb, 2024a).

Akuseade – elektrooniline seade või süsteem, mis töötab elektrilise energia abil, mida hoitakse ja vabastatakse akude abil. Akude kasutamine võimaldab seadmetel töötada ilma otsest elektritoiteallikat kasutamata, muutes need mugavaks ja mobiilseks

Dissotsiatsioon – „molekulide lagunemine lihtsamateks molekulideks, aatomiteks, vabadeks radikaalideks või ioonideks keskkonna mõjul või kiirguse või soojuse toimele“ (Sõnaveeb, 2024c).

Elektriseade – seade, mis vajab töös püsimiseks pidevat elektritoidet.

Energiasalvestusüksus – „elektripaigaldise osa, kus salvestatakse energiat, sealhulgas kahesuunalist laadimist võimaldav elektrisõiduki laadimispunkt“ (Elektriturseadus, 2003).

Kasutusjuhend – juhend, kuidas mingit toodet (seadet) kasutada ja hooldada. (Sõnaveeb, 2024d)

Liitiumioonaku – „aku, milles kannavad elektrilaengut ühelt elektroodilt teisele liitiumi ioonid“ (Sõnaveeb, 2024e).

Lühis – „elektriseadme eri pingega osade vahel isolatsiooni läbilöögi, lülitusvea vm tagajärjel tekkinud rike, mis võib põhjustada tule- ja plahvatusohtu“ (Sõnaveeb, 2024b).

Seade – „kindla otstarbega tehniline või elektrooniline vahend või paljude detailidega süsteem“ (Sõnaveeb, 2024f).

Termiline ahelreaktsioon – protsess, mille käigus aku poolt tekitatud soojus ei hajugi ning kõrgenergeetilised materjalid ja orgaanilised komponendid ei ole stabiilsed ning kalduvad rohkem soojust tekitama. (Kong, *et al.*, 2018, pp. 1-2)

Tulekahju – „kontrolli alt väljunud, kahju põhjustav põlemine“ (Sõnaveeb, 2024g).

SISSEJUHATUS

Akuseadmed põimuvad meie igapäevaellu aina rohkem ning sellest sõltuvalt on kasvamas tulekahjude arv, mis on alguse saanud akuseadmetest. Aastal 2023 sai Eestis alguse akudest ja akuseadmetest 24 tulekahjusündmust (Päästeamet, 2024b). Tuleohutus on äärmiselt oluline osa majapidamises kasutatavate akuseadmete ja akude hoiustamisel, laadimisel ning kasutamisel. Valesti hoiustades, laadides või kasutades võivad akud põhjustada tulekahjusid ja muid ohtlikke olukordi, mis võivad kahjustada inimeste vara ja tervist. Sageli on raske kindlaks teha, kes või mis on õnnetuse põhjustanud – inimene, seade, tootja või on tegu hoopis kõikide osapoolte tegevuste kokkulangemisega. Palju sõltub sellest, kui heas seisukorras on seade ning kas selle eest on hästi hoolitsetud ja jälgitud tootja poolseid kasutusjuhendeid. Enamasti räägitakse sellest, et mobiiltelefone peab laadima raskesti süttival pinnal, kuid vähem muudest olulistest aspektidest, mis kindlustaks seadme pikema eluea või aitaks vältida nendest tekkivaid õnnetusi.

Töö on **aktuaalne**, kuna iga aastaga suureneb 26% õnnetuste arv (vt tabel 1), mis on alguse saanud akust või akuseadmest. Siseturvalisuse arengukava 2020-2030 üks tegevussuundasid on kaitstum vara, ohutum keskkond, mille raames soovitakse suurendada teadmisi ja oskusi, vähendada varakahju ning vee-, tule-, elektri- ja gaasiõnnetusi. (Siseministeerium, 2023, lk 23) Akuseadmete kasutamise teadlikkus aitab ettevõtetel ja elanikel ennetada ning vähendada õnnetusi, lisaks kaitsta enda ja teiste vara.

Lõputöö teema on **uudne**, sest akuseadmete ja akude tulekahju tekkepõhjuseid on vähe uuritud. Samuti ei ole analüüsitud inimeste käitumist majapidamises kasutatavate akude ja akuseadmete suhtes. Sisekaitseakadeemia lõputöodes on varasemalt käsitletud elektriseadmeid ja elektriautosid, kuid pole uuritud akuseadmeid ja nendest alguse saanud tulekahjusid ning seadme olemust. Tallinna Tehnikaülikoolis on kirjutatud mitmeid bakalaureuse-, magistri- ja doktoritöid akude, akuseadmete ja akuelementide kohta.

Lõputöö **uurimisprobleemiks** on küsimus: milline on inimeste majapidamises kasutatavate akude ja akuseadmete tuleohutusala teadlikkus?

Uurimisprobleemi lahendamiseks on püstitatud **uurimisküsimused**:

1. Millised on akudele ja akuseadmetele esitatavad kasutus-, hoiustamise ja laadimise nõuded?
2. Kui paljud tarbijad jälgivad tootjate poolseid juhiseid?
3. Kui hästi teavad inimesed, kus hoiustada ja laadida enda kodus olevaid akuseadmeid ja akusid?
4. Kui teadlikud on inimesed põlema läinud akuseadme kustutamisel?

Lõputöö **eesmärgiks** on välja selgitada inimeste teadlikkus akude ja akuseadmete hoiustamise, laadimise ja kustutamise osas ning pakkuda lahendused elanike teadlikkuse suurendamiseks.

Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud neli **uurimisülesannet**:

1. Analüüsida majapidamises kõige enam kasutatavaid akuseadmeid ja akusid.
2. Analüüsida inimeste harjumusi hoiustada majapidamises akusid ja akuseadmeid.
3. Analüüsida inimeste harjumusi lugeda ja jälgida kasutusjuhendeid.
4. Sünteesida teooria ja uuringu tulemusi akuseadmete ja akude laadimise kohta ning teha ettepanekuid elanike teadlikkuse suurendamiseks ning kõige efektiivsemaks kustutamiseks.

Lõputöö raames viiakse läbi kvantitatiivne uuring. Andmekogumismeetodina kasutatakse ankeetküsitlust, sest nii saab koguda laia valiku andmeid ja tagada inimeste anonüümsuse. (Leavy, 2017, p. 19) Küsitluse valimiks on mugavusvalim (Leavy, 2017, p. 149). Andmeanalüüsimeetodina rakendatakse pärast küsitluse läbiviimist kirjeldavat statistikat, mille käigus tulemused analüüsitakse, visualiseeritakse ja kirjeldatakse (Leavy, 2017, pp. 111-112). Uuringu tulemuste põhjal tehakse järeldused ning pakutakse välja ettepanekuid teadlikkuse tõstmiseks ja õnnetuste ennetamiseks.

Lõputöö struktuur koosneb kahest peatükist. Esimene peatükk on jaotatud neljaks alapeatükiks ja annab ülevaate akudest ja akuseadmetest ning nende tuleohhtlikkusest.

Lõputöö teine peatükk on empiiriline osa, mis jaotub kolmeks alapeatükiks, kus kirjeldatakse metoodikat ja valimit, antakse ülevaade uuringu tulemustest ning tehakse järeldused ja ettepanekud lähtudes lõputöö eesmärkidest. Kokkuvõttes on ülevaade teoreetilise osa tulemustest, peamised järeldused ja ettepanekud ning vastused töö sissejuhatuses püstitatud uurimisküsimustele.

1. MAJAPIDAMISES KASUTATAVAD AKUSEADMED JA AKUD

1.1. Akude ja akuseadmete liigid, kasutamine, hoiustamine ja laadimine

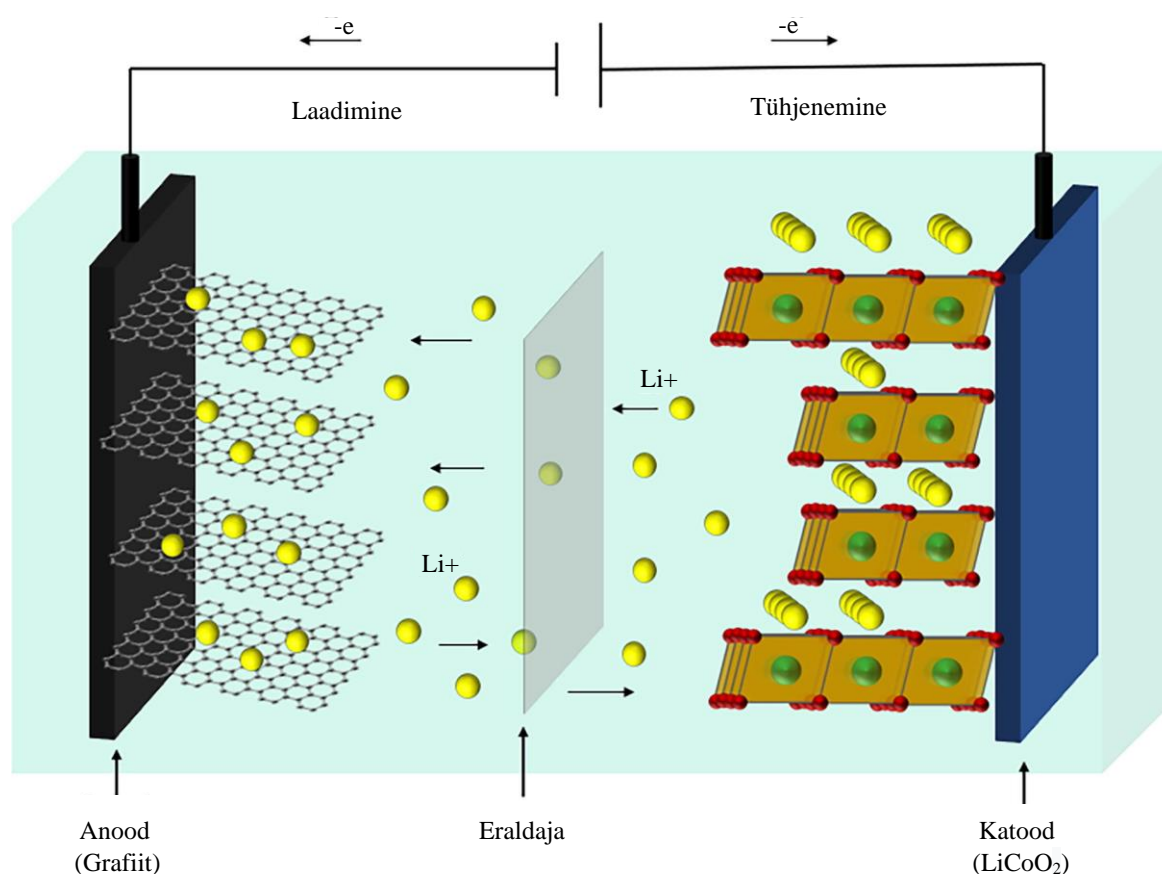
Tehnika arenguga on meie ümber tekkinud rohkem seadmed, mis teevad meie elu lihtsamaks ja mugavamaks. Elektri avastamine viis erinevate salvestusseadmete, nagu akude ja kondensaatorite, leiutamiseni. Energia salvestamine akudes on efektiivne ja usaldusväärne salvestusviis. (Kainat, *et al.*, 2024, p. 2) Aku on energia talletamise seade, mida saab pärast tühjenemast uuesti laadida (Sõnaveeb, 2021). Akuseade on elektrooniline seade või süsteem, mis töötab elektrilise energia abil, mida hoitakse ja vabastatakse akude abil. Akude kasutamine võimaldab seadmetel töötada ilma otsest elektritoiteallikat kasutamata, muutes need mobiilseteks ja mugavateks. Võrreldes elektriseadmetega, mida tuleb hoida pidevalt vooluvõrgus on akuseadmed palju kompaktsemad ja kaasaskantavad. Näiteks ei saa me tavalist külmkappi pistikupesast eemaldada ja endaga kaasas kanda, kuid on olemas külmkapid, millel on akud ja need võimaldavad tööaega ilma pideva vooluvõrgu ühenduseta.

Kasutusel on mitmeid akusid ja nendes sisalduvaid materjale. Näiteks on mobiiltelefonides, sülearvutites, akupankades, elektri- ja hübriidautodes kasutusel liitiumioonakud. Autoakude puhul on kasutusel hoopis pliiakud. Päikese- ja tuuleenergia salvestamiseks kasutatakse aga naatriumioonakusi. (Theodore, 2023, p. 1; Kainat, *et al.*, 2024, p. 2)

Liitiumioonakud on aastate jooksul muutunud üheks peamiseks energiasalvestusüksuseks. Näiteks leiame majapidamises liitiumioonakud elektrilistes tükeraatustes, varstolmuimejates ja elektrilistes hambaharjades jm. Nende eluiga on kõrge tänu energiatihedusele ja tsüklite omadustele (Kainat, *et al.*, 2024, p. 2). Kuid liiga kõrge või madal temperatuur ja tihe energiakasutus võivad mõjutada liitiumioonaku elutsüklit, kasutus kulu ja energiatihedust ning tuua kaasa võimsuse kaotust ja halvemat töö efektiivsust (Chattopadhyay, *et al.*, 2023, p. 1; Kainat, *et al.*, 2024, p. 2; Theodore, 2023, p. 8).

Liitiumioonaku koosneb katoodist, anoodist, elektrolüüdist ja eraldajast. Akus liiguvad liitiumioonid tühjenemisel negatiivse elektroodi kaudu elektrolüüdini ja laadimisel tagasi positiivse elektroodi suunas nagu on visualiseeritud joonisel 1. (Badi, *et al.*, 2022, p. 2) Laadimisprotsessi käigus salvestatakse elektrienergia anoodile ja keemiline energia katoodile, samas tühjenemise ajal vabaneb energia elektri kujul (Kainat, *et al.*, 2024, p. 2). Liitiumioonide liikumine akus kaasneb laenguvoole liikumisega ja mõjutab liitiumioonide ülekande efektiivsust ning akumahutavust. (Badi, *et al.*, 2022, p. 3) Olulist rolli mängivad nanomaterjalid, mis aitavad parandada aktiivmaterjali reageerimise aega ja/või kaitseomadusi (Theodore, 2023, p. 2).

Alloleval joonisel 1 on kujutatud liitiumioonaku komponendid ning aku laadimise ja tühjenemise protsess.



Joonis 1. Liitiumioonaku komponendid ning ionide liikumine akus laadimise ja tühjenemise ajal (Cheng, *et al.*, 2021, p. 453)

Aku tavapärane konfiguratsioon hõlmab viit põhikomponenti: anoodi, katoodi, eraldajat, voolukandjaid ja elektrolüüti. Nendest komponentidest on eraldaja ja elektrolüüt vähem

vastupidavad temperatuuri tõusule võrreldes elektrodide ja voolukandjatega, mis on valmistatud metalli oksiidist/grafiidist või metallist. Liitiumioonaku kasutab polümeerseparatsiooni ja süttivat elektrolüüti, mõlematel on teatud temperatuuripiirangud ohutuks toimimiseks. Kui liitiumioonaku temperatuur tõuseb 130-150 °C, ei ole kõrgenergeetilised materjalid ja orgaanilised komponendid stabiilsed ning hakkavad rohkem soojust tekitama. Sellist nähtust nimetatakse termiliseks ahelreaktsiooniks mis võib käivituda, kui akus tekitatud soojus ei haju, suureneb akutemperatuur ja kiireneb soojuse eraldumise protsess. Termiline ahelreaktsioon võib käivituda, kui akul on teatud defektid, mis võivad põhjustada lühise. Üldiselt laguneb elektroodi passivatsioonikiht (tahke elektrolüüdi piirpind) umbes 69 °C juures. Pärast kihi lagunemist reageerib elektrolüüt elektrodiga ja eraldab süsivesinik ühenditest koosnevaid gaase, mis võivad süttida. Polümeeri eraldaja sulab umbes 130 °C juures. Kõrgematel temperatuuridel laguneb positiivne elektrood ja eraldab hapnikku. (Kong, *et al.*, 2018, pp. 1-2)

Liitiumioonakudel on ka mitmed puudused, nagu vastuvõtlikkus väärkasutusele, mis võib viia tulekahju või plahvatuseni. Pärast täielikku tühjenemist on akudel märgatud teatud paisumist, mis tuleneb madalama pinge poolt toodetavast gaasist. Lühenevate elektrolüütide poolt toodetud vesinikfluoriidi kogus on märkimisväärselt väiksem sama elektroodi kõrgema pinge korral. (Badi, *et al.*, 2022, p. 3) Elektrolüüdid toimivad ionide liikumise transpordikeskkonnana elektrodide vahel ja vastutavad akude parema töö ja stabiilsuse eest. Elektrolüüdid jaotatakse juhtivuse põhjal tugevateks ja nõrkadeks elektrolüütideks, nende juhtivus sõltub ionide kontsentratsioonist. Tugevad elektrolüüdid dissotsieeruvad lahustumisel täielikult ionideks. Materjalid, mis osaliselt dissotsieeruvad oma ionideks on nõrgad elektrolüüdid. (Kainat, *et al.*, 2024, p. 2)

Maailmaturul on akude nõudlus jõudnud punkti, kus toimub kiire liitiumiressursside tarbimine. Kvaliteetsed liitiummaaki on väga piiratud koguses ning ressurss on globaalselt ebahühtlaselt jaotunud, peamiselt asuvad Austraalias ja Lõuna-Ameerikas. Praeguste liitiumi tarbimise kiirusega saavad ressursid otsa 65 aasta jooksul, arvestamata ringlussevõtmist. (Yu, *et al.*, 2023b, pp. 2-3)

Pliiakud on populaarne valik energia salvestamiseks laialdase kättesaadavuse ja suhteliselt madala hinna tõttu, kuid neil on lühem tsükliiga ja nad ei ole keskkonnasõbralikud. (Nundwe, *et al.*, 2023, p. 1) Pliiakusid kasutatakse enim liikuvate sõidukite nagu

mootorrattad ja autode puhul, eriti levinud on need stop-start süsteemiga sõidukites. Näiteks peab hübriidelektriauto täitma kohustusi, mis on palju nõudlikum kui traditsioonilise energia vajadus. *Stop-start* sõiduk, kus mootor lülitub välja alati, kui sõiduk seisab, peab suutma töötada oma kavandatud eluea jooksul kümme korda rohkem mootoripöördeid, kui selle tavaline eelkäija. Lisakoormuse toetamiseks on hübriidelektriautodel täiendav aku ja lisaelektronika, mis võimaldab neil pakkuda stardiabi. (Moseley, et al., 2012, pp. 75-76)

Suurt huvi tuntakse taastuva pidurdusenergia kogumise vastu, see tähendab sõiduki pidurdamise käigus tavaliselt hajutatud kineetilise energia osa taastamist ja selle tagastamist akusse. Selle rakendamiseks peab aku töötama kõrge kiirusega osalaengu olekus, kuna sõiduki pidurdusest pärit energia koguneb väga kiiresti ja osaliselt laetud olekus. Aku peab olema valmis vastu võtma juurde laetavat energiat, kui see muutub võimalikuks. Kahjuks ebaõnnestuvad kõrge kiirusega osalaengu olekus pliikud, mis on aastakümnete jooksul välja töötatud. Seega kujutab tehnoloogiline üleminek *stop-start* sõidukitele ja hübriidelektriautodele pliikaku jaoks suuri väljakutseid. (Moseley, et al., 2012, p. 76)

Naatriumioonaku on uut tüüpi teisejärguline keemiline energiasalvesti. Selle kõrge energia ümbertöötlemise tõhusus, pikk tsükliiga, töökindlus, hea toimepidevus kõrgel ja madalal temperatuuril, kiire laadimis- ja tühjenemiskiirus ning madalad hoolduskulud toovad eelise elektriautode ja suurte energiasalvestusseadmete energia salvestamisel. Igapäevases majapidamises ei ole naatriumioonakud levinud. Suuremahulised energiasalvestusseadmed on peamiselt pumpelektrijaamad hüdroenergia salvestamiseks, elektrokeemilise energia salvestamine, hoorattas energia salvestamine, suruõhuenergia salvestus jne. Elektrokeemiline energiasalvestus on nendest praegu kõige laialdasemalt kasutatav ja suurima arengupotentsiaaliga energiasalvestustehnoloogia. Selle madalad kulud, kõrge energiatõhusus, suur võimsustihedus, pikk eluiga, lühike ehitustsükkel, ökonoomsus ning muude eeliste tõttu. Praegune naatriumioonaku tsüklilise eluea pikkus on umbes 2000–3000 korda, tehnoloogia arenguga võib eluiga hakata võrdlema liitiumiooniga, ulatudes 10 000 tsüklilise eluni. (Yu, et al., 2023b, pp. 1-3)

Laadida ja kasutada tuleks igat seadet tootja poolt ettenähtud viisil. Kõige enam süttivad akuseadmed just laadimisel (Päästeamet, 2024b).

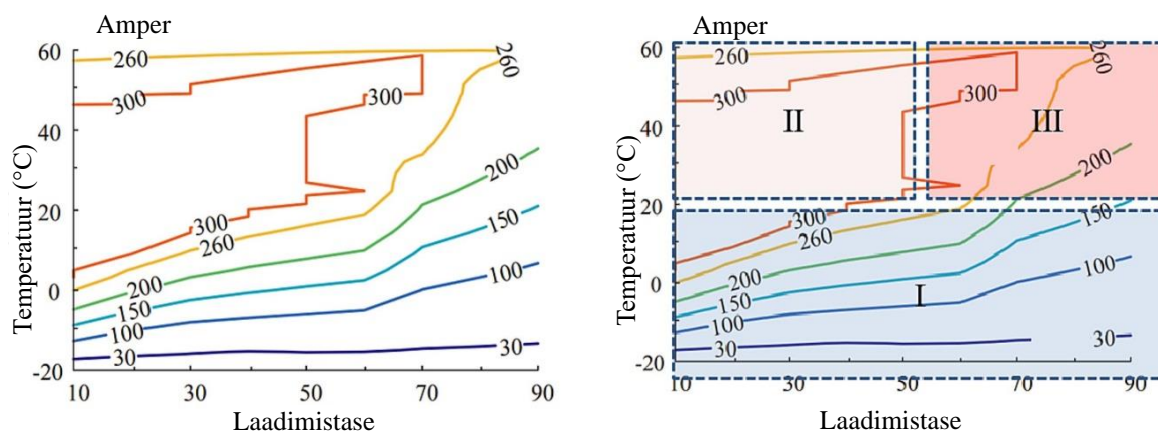
Seadmeid ei tohi laadida kohtades, mis on umbsed ehk neile puudub või on osaliselt takistatud õhu juurdepääs. Umbseteks kohtadeks loetakse näiteks padja või teki alust pehmet pinda. Seega tuleb tagada seadme laadimisel sellele õhu ligipääs ja laadida tuleb seda kohas, mille peal ja ümber ei oleks midagi, mis temperatuuri tõustes võiks süttida. Veel on oluline, et seadmel oleks olemas CE-märgis, mis on Euroopa Liidu keskkonnakaitse-, tervise- ja ohutusnõuetele vastav. Ilma märgiseta toodete kasutamine ei ole soovitatav, sest selle elektriohutuse nõuetele vastavuses ei saa kindel olla. Lisaks ei ole hea laadida seadet niiskes keskkonnas. (Elektrilevi, 2024)

Akudel esinevad vead tekitavad mitmeid probleeme ja on sageli keerulised. Vead ulatuvad väikestest kõrvalekalletest aku töös kuni tõsiste juhtumiteni, mis viivad katastroofiliste kahjustuste ja rikete tekkimiseni. Kergemateks vigadeks on temperatuuri kõikumised või väike ülelaadimine, mis tavaliselt toob kaasa minimaalse töövõime vähenemise. Mõõdukas viga võib olla püsiv ülekuumenemine, laadimisprobleemid (katkestused või kõikumised laadimisprotsessis) ja liiga suured pingelangused. Need probleemid võivad tuleneda defektsetest komponentidest, ebasobivatest laadimispraktikatest või tarkvaraprobleemidest, mis viivad aku eluea ja töö märgatava vähenemiseni. Tõsised vead esindavad olulisi kõrvalekaldeid normaalsest aku tööst ja võivad olla tingitud sisemistest lühisühendustest, pidevast ülekuumenemisest või pikaajalisest ülelaadimisest. Sellised vead kujutavad endast märkimisväärseid riske aku ohutusele ja funktsionaalsusele, põhjustades märkimisväärset tööjõu kaotust ja ohuolukordi. Kõige äärmuslikumal juhul võivad need kriitilised või katastroofilised vead viia termilise ahelreaktsioonini või ulatuslike füüsiliste kahjustusteni. Sageli juhtuvad sellised õnnetused liigse ülekuumenemise, füüsilise trauma või tootmisdefekti tagajärjel. (Zhao, *et al.*, 2024, p. 3)

Üheks tulevikus arengu fookuseks on erinevad institutsioonid seadnud uudsete kiirlaadimisstrateegiate rakendamise. Ameerika Ühendriikide Energeetikaministeerium (*United States Department of Energy*) nimetas 2028. aasta eesmärgiks elektriautode laadimisaja saada alla 15 minuti, samas Euroopa Tehnoloogia- ja Innovatsiooniplatvorm (*European Technology and Innovation Platform*) seab eesmärgiks laadimisaja alla 20 minuti aastaks 2030. Eesmärkide saavutamiseks tuleb tavalistesse akusüsteemidesse teha täiustusi, et saavutada kõrgemad laadimiskiirused. (Gamra, *et al.*, 2024, pp. 1-2) Laadimise ja tühjenemise ajal tekitavad aku komplektid palju soojust ning kui seda õigeaegselt ei hajutata, võib see kahjustada aku tööd, eluiga ja ohutust (Shen, *et al.*, 2024, p. 1; Zhao, *et al.*, 2024, p. 2).

Liitiumiaku suurimaks laadimisvoolu kiiruseks on kuni 296 A (amprit), mis saavutatakse temperatuuril 20 °C kuni 45 °C, kui laadimistaseme on 0–50%. Kui temperatuur peaks tõusama 60 °C-ni, väheneb aku voolutalutavus 250 A-ni. Laadimistaseme vahemikus 50–90% väheneb maksimaalne vool kiiresti ning temperatuur tõuseb. (Shen, *et al.*, 2024, p. 3)

Alloleval joonisel 2 on kujutatud liitiumioonaku laadimistaseme ja temperatuuri kasvu ning nende omavahelist seost laadimise efektiivsusel.



Joonis 2. Temperatuuri ja laadimistaseme kasv liitiumioonaku laadimisel (Shen, *et al.*, 2024, p. 3)

Akuseadet tuleks **hoiustada** kuivas ja varjulises kohas. Seadel, mille akusid on võimalik eemaldada tuleks seda teha, kui seade pole kasutuses. Akud tuleb panna elektrit mitte juhtiva pakendi sisse nagu näiteks pappkarp, sest see kaitseb akut ka vee ja niiskuse eest. Lisaks ei tohi hoiustamiseks kasutatav asukoht olla liiga kõrge või madala temperatuuriga. (STIHL, 2024)

Hetkel on akude ladustamise jaoks tuleohutusstandardite ja -spetsifikatsioonide koostamine Eestis alles algfaasis. Hiinas on kehtestatud eeskirjad ja standardid liitiumioon aku tootmise ja ladustamisprotsessi kohta. Näiteks peab aku laadimistaseme väärtus olema alla 70% pärast tehastest lahkumist. Laohooned, kus ladustatakse akusid peavad olema varustatud automaatse tulekustutusüsteemiga, kui hõlmavad pindala üle 1500 m². Siiski pole Hiinas praegu spetsiifilist standardit ladustusriiulite vahemaade kohta. Ameerika Ühendriikide Riiklik Tulekaitseühing (National Fire Protection Association) on kehtestanud suhteliselt üldised standardid ladustusriiulite vahemaade kohta ning soovib ühekordsete ja kahekordsete riulite vahekauguseks vastavalt vähemalt 1,2 m ja 2,4 m, mida saab

kohandada riuli kõrguse ning automaatse sprinklersüsteemi parameetrite ja muude asjakohaste teguritega. Standard märgib ka, et riulitel, mille vahekaugus paigutusel on alla 2,4 m võib tuli kergesti levida ühelt riulilt teisele. (Xie, *et al.*, 2022, p. 1)

1.2. Eestis müüdavate seadmete tootejuhiste ja kasutusjuhendite nõuded

Tuleohutuse seaduse § 27 lg 1 kohaselt tuleb paigaldise ja seadme kasutamisel, hooldamisel ja kontrollimisel vältida tuleohtu ning juhendada kasutusjuhendist ja õigusaktidest. Lõige 2 kohaselt on keelatud kasutada tuleohtu põhjustada võiva rikkega paigaldist ja seadet. (Tuleohutuse seadus, 2010)

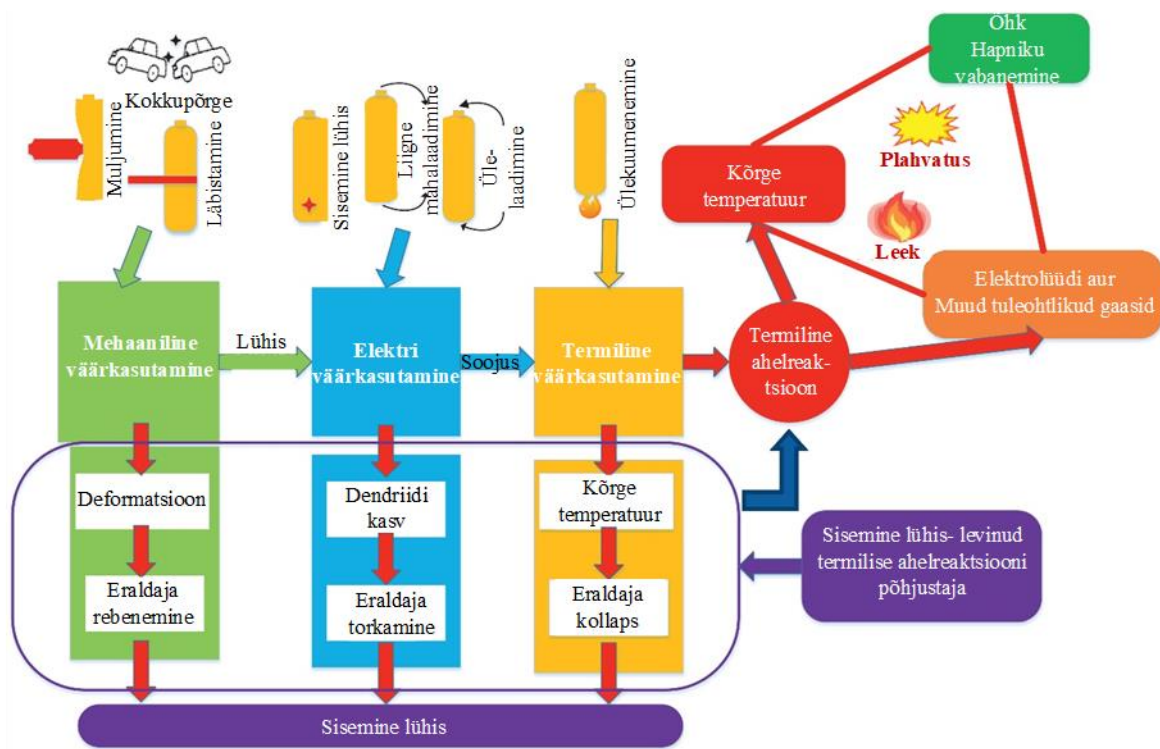
Tarbijakaitse seadus § 5 kohaselt peab tarbijale pakutaval või müüdaval kaubal olema sellele tootele vastavad juhised kauba kasutamiseks ja tingimused säilitamiseks. Lisaks ettevaatusabinõud ja hoiatused kauba kasutamise või hävitamisega seonduvate ohtude vältimiseks. Lõike 5 kohaselt peab eelnevalt nimetatud informatsioon olema esitatud kauba märgistusel, kinnitatud etiketil või kaasas olevas kasutusjuhendis. Tarbijale esitatud teave peab kaupa võimaldama sihipäraselt ja ohutult kasutada. Lõige 6 nõuab, et teave esitataks eesti keeles ja kirjalikult. Kasutada on lubatud juhendavaid või hoiatavaid jooniseid, piktogramme, sümboleid ja märke, kuid edastatud teave peab olema tarbijale arusaadav. Paragrahvi 6 lg-tes 3 ja 4 on öeldud, et võõrkeelne kasutusjuhend peab olema eesti keelde tõlgitud ning kaupleja annab tarbijale kasutusjuhendi ja eestikeelse tõlke paberil või muul andmekandjal või tarbija nõusolekul tehakse kasutusjuhend kättesaadavaks muul viisil. Paragrahv 6 lg-s 1 on öeldud, et tehniliselt keerukale, ohtlikke aineid sisaldavale kaubale peab tootja lisama kasutusjuhendi. Lõikes 2 on kirjas, et kasutusjuhend peab sisaldama vajalikku teavet tarbijale kauba ohutuks, sihipäraseks ning säästlikuks kasutamiseks ja kauba õigeks kokkupanemiseks, ühendamiseks, paigaldamiseks, hooldamiseks või säilitamiseks ning vajaduse korral hävitamiseks. (Tarbijakaitse seadus, 2015)

1.3. Akuseadmetest ja akudest alguse saanud tulekahjud Eestis ja mujal maailmas ning tekkiva tulekahjuohu ennetamine

Liitiumioonakudel on suur mahtuvus, energiatihedus ja võimsustihedus. Need eelised toetavad liitiumioonakude pikaajalist tööd ja suurt voolutarbimist, mis on vajalikud paljude tänapäevaste kaasaskantavate elektroonikaseadmete jaoks. Siiski on liitiumioonakud tuleohtlikud ja lühisesse sattumise või kõrge temperatuuriga kokku puutumisel võib käivituda eksotermiline reaktsioon, käivitades nn "termiline ahelreaktsioon" – protsess, mis võib viia aku süttimise ja plahvatamiseni. (Kong, *et al.*, 2018, p. 1)

Aku korrektse hoiustamise ja kasutamise juures on akuseadme rikke võimalus väga väike. Kuid ootamatute asjaolude puhul nagu ülekuumenemine, väline kuumutamine, füüsiline seadme väärkohtlemine mõjutab seadme võimalust minna katki. Kuigi liitiumioonakudel on mitmeid ennetusabinõusid, on siiski toimunud mitmeid suuri õnnetusi. Peamisteks põhjusteks on ülekuumenemine, lühis, ülelaadimine, isekuumenemine ja füüsilised kahjustused. (Wang, *et al.*, 2019, p. 101)

Alloleval joonisel 3 on visualiseeritud erinevate akuga seotud õnnetuste tagajärgi, mis võib juhtuda liitiumioonakuga. Kujutatud on mehaanilise, elektri ning termilise väärkasutamise tagajärgi, mis viib lühise või termilise ahelreaktsioonini.



Joonis 3. Süsteemaatiline skeem liitiumioonaku õnnetuste tagajärgede kohta (Wang, *et al.*, 2019, p. 102)

Eestis suureneb iga aastaga 26% tulekahjusündmuste arv eluhoonetes, mis on alguse saanud akust või akuseadmest ning nende laadimisest (vt tabel 1). 2021 aastal sai 15 tulekahjusündmust alguse eluhoones, mille tekkepõhjuseks oli aku või selle laadimine. 2022 oli samade sündmuste arv 19 ning 2023 leidis aset 24 sündmust. Akudega juhtub kõige enam sündmusi laadimisel ning hetkel ei ole akuseadmete laadimisele ja hoidmisele kehtestatud tuleohutusnõudeid (Päästeamet, 2024b).

Allolevas tabelis 1 on visualiseeritud aastatel 2021–2023 alguse saanud aku või aluseadme tulekahjusündmused eluhoonetes.

Tabel 1. Eluhoone tulekahjusündmused, mille põhjuseks on aku (Päästeamet, 2024b)

Aasta	Tulekahjusündmuste arv
2021	15
2022	19
2023	24

Aastatel 1991 kuni 2018 teavitas Ameerika Ühendriikide Föderaalne Lennuamet (*Federal Aviation Administration*) 206 õhu ja lennujaama tulekahjust/plahvatuses seoses liitiumioonakudega. 2011 mais süttis pistikhübriidsõiduk Chevrolet Volt kolm nädalat pärast kokkupõrketesti. Aastal 2013 süttis mitu elektriautot Tesla Mudel S pärast seda, kui need olid teekatte poolt kahjustatud. Tesla tugevdas uute ja olemasolevate autode akukilpi, kuid 2016. aastal süttis üks Tesla elektriauto Prantsusmaal turundustuuri käigus. (Kong, *et al.*, 2018, p. 1) 2016. aastal süttis 92 Samsung Note 7 nutitelefonit ning põhjustas suuremahulise toote tagasikutsumise, kuid kõige suurim tagasikutsumine oli 2006, kui Dell kutsus tagasi 4,1 miljonit sülearvutit (Frankel, 2016).

Termilist ahelreaktsiooni saab leevendada meetoditega, mis hakkavad toimima erinevates termilise läbimurde protsessi etappides. Neid meetmeid saab liigitada kolme kategooriasse, sõltuvalt nende mõjust protsessile. Üldiselt mõjutab soojusläbimurde potentsiaali aku laetustase, töötingimused, aku elektrodidmaterjalid, elektrolüüt ja eraldaja. Esimene kategooria on ennetavad meetmed, kus lisatakse aku termilise stabiilsuse tagamiseks tulekindlad ained. Teine kategooria on ohutuselased meetmed, mis peatavad või vähendavad termilise läbimurde põhjustatud kahju; nendeks on näiteks eraldaja väljalülitamine ja rakkude ventileerimine. Kolmas kategooria hõlmab meetmeid liitiumioonaku tulekahjude kustutamiseks pärast termilise läbimurde tekkimist. (Kong, *et al.*, 2018, p. 1)

Hoolimata liitiumioonakude laialdasest kasutusest on need juba aastaid näidanud ohutusriske, mis tekivad erinevatel kasutuseetappidel. Pikaajalise kasutuse käigus võivad seadme sisemised komponendid hakata lagunema ja kannatada teatud tüüpi väliseid lööke. Eriti suureks väljakutseks on tsüklilise lagunemise ja väliste löökide kombinatsioonid. Seetõttu on vanemate akude ohutusriskide hindamine sama oluline kui uute akude puhul.

Tüüpiliste väliste löökide korral nagu kokku surumise, mõlkimise, painutamise ja lõikamise korral koostisaine deformeerub või puruneb, mis põhjustab anoodi ja katoodi vahel kontakti, mida nimetatakse lühiseks. (Jia, *et al.*, 2023, p. 1)

1.4. Akuseadmete ja akude tulekahjude kustutamine ning vahendid kustutamiseks

Aku või akuseade võib süttida põlema mitmel põhjusel, kuid üheks peamiseks põhjuseks on seadme väärkasutamine ja hooletusse jätmine. Laadimise ajal intensiivistuvad aku sisemised kõrvalreaktsioonid, mis tekitavad soojust ja võivad potentsiaalselt põhjustada termilist ahelreaktsiooni ning äärmisel juhul leekide teket, mis omakorda võib lõpuks põhjustada tulekahju (Yu, *et al.*, 2023a, pp. 609-618). Praegu olemasolevad tulekustutusmaterjalid ei suuda täielikult lahendada jahutuse, taassüütmise, reostuse jms probleeme liitiumioonakude puhul. Seetõttu on hädavajalik välja töötada tõhusad ja keskkonnasõbralikud tulekustutusmaterjalid (Zhou, *et al.*, 2023, p. 1).

Liitiumioonakude tulekahjusid kustutatakse kasutades peamist kolme tulekustutusaine liiki: CO₂ tulekustutusaineid, veepõhiseid tulekustutusaineid ja kuivpulber tulekustutusaineid. CO₂ tulekustutusainet kasutatakse laialdaselt elektritulekahjude korral ning selle kustutamise tulemus saavutatakse läbi lämmatamise, isoleerimise ja jahutamise. Kuna CO₂ kustuti mõju põlengule on lühiajaline, siis on risk taassüütmiseks. Veepõhises tulekustutusprotsessis kantakse kustutusainet veesudu kujul selleks, et tule kustutamine oleks efektiivne ning hoiaks kokku vett. Kuiv pulber tulekustutusaine sisaldab ABC-kuiv pulbrit, D-pulbrit (metallidega seotud tulekahjude kustutamiseks) ja BC-pulbrit (põlevvedelike ja -gaaside kustutamiseks) (Zhou, *et al.*, 2023, p. 2; Päästeamet, 2024a). ABC-kuivpulbril on pikenenud säilitamisperiood, madal hind, madal toksilisus, keskkonnasõbralikkus ning efektiivsus tulekahju kustutamisel. (Zhou, *et al.*, 2023, p. 2) Liitiumioonakudel tekitavad erinevatel põhjustel õnnetused, mille tagajärjel või aku taassüütda, mis põhjustab termilist ahelreaktsiooni. Kui temperatuur akus tõuseb liiga kiirelt ja liiga kõrgele, väljub see kontrollialt ja hakkab põlema. Liitiumioonaku põlemisreaktsioon toimub üldiselt aku sees ning vesi ei pääse ligi tulele, mis on tõsine probleem tulekahju korral. Liitiumioonaku kustutamine nõuab väga palju vett ja aega ning isegi peale aku kustutamist on oht selle taassüütmiseks. (Luo, *et al.*, 2018, p. 532).

Päästeameti projektis kodud tuleohutuks 2024 on esitatud tuleohutust tagavad vahendid ja seadmed. Nendeks on suitsuandur, esmased tulekustutusvahendid näiteks tulekustutustekk ja tulekustuti jne.(Päästeamet, 2024c) Süsihappegaaskustuti on mõeldud just pingestatud elektriseadmete ja -juhtmete kustutamiseks, samuti sobivad osad vahtkustutid elektriseadmete kustutamiseks (Päästeamet, 2024a). Kokkuvõttes saab kasutada aku tulekahju kustutamiseks erinevaid kodus leiduvaid vahendeid näiteks vesi, erinevad tulekustutid (vaht, pulber või süsihappegaas), tulekustutustekki. Lisaks saab kasutada ka muid vahendeid nagu liiv ja muld.

2. EMPIIRILINE UURING

Lõputöö teises peatükis viidi läbi uuring, mille eesmärk oli selgitada inimeste teadlikkus akude ja akuseadmete hoiustamise, laadimise ja kustutamise osas ning pakkuda lahendused elanike teadlikkuse suurendamiseks. Peatükk on jaotatud kolmeks alapeatükiks – uuringu meetodid, protsess ja valim, uuringu tulemused, järeldused ja ettepanekud.

2.1. Uuringu meetod, protsess ja valim

Käesolevas lõputöös viidi läbi kvantitatiivne uuring, mille raames vastanud inimesed täitsid ankeetküsimustiku (vt lisa 1). Kvantitatiivne uuring hindab statistilisi väärtusi ja üldistab tulemusi (Leavy, 2017, p. 87). Võrreldes kvalitatiivsete meetoditega võimaldab andmete kogumine suurelt inimeste hulgalt ulatuslikumat arusaamist (Vincent, et al., 2001, p. 21). Andmekogumismeetodiks on ankeetküsitlus, mille käigus uuritakse inimeste hoiakuid, arvamusi ja kogemusi. Ankeetküsitluse käigus saadud andmeid saab hiljem statistiliselt analüüsida ja üldistada seda suuremale populatsioonile. (Leavy, 2017, p. 101) Ankeetküsitlus on anonüümne, mille tulemusel tunnevad küsitletavad ennast mugavalt (Leavy, 2017, p. 19).

Küsitluse valimiks on mugavusvalim (Leavy, 2017, p. 149). Andmeanalüüsimeetodina rakendati peale küsitluse läbiviimist kirjeldavat statistikat, mille käigus analüüsiti arvandmeid, visualiseeriti ja kirjeldati tulemusi (Leavy, 2017, pp. 111-112). Valimile saadeti elektrooniline link veebipõhise suhtlusvõrgustiku *Facebook* vahendusel, mis võimaldas vastajatel ligi pääseda ankeetküsitlusele. Küsitlus postitati mitmesse Harju maakonna haldusüksuse *Facebooki* gruppi, mis hõlmas erinevaid eluhoone (üksikelamud, korterelamud jms) liike ja oli kõrge asustustihedusega piirkond. Lisaks oli inimestel võimalus jagada küsitlust väljaspool Harju maakonna gruppe. Platvorm, mille kaudu küsitlus toimus oli *Google Forms*. Platvorm sai valitud seetõttu, et seda keskkonda on mugav ja lihtne kasutada ning võimaldab vastata ilma sisselogimiseta ning tagatud on vastajate anonüümsus.

Ankeetküsitlusele, mis koosnes 15 küsimusest (vt lisa 1) vastas kokku 257 inimest, 14 küsimust olid valikvastustega ning üheksanda küsimuse juures oli võimalik vastajatel

lisada oma poolseid valikuid või avaldada enda arvamust. 13 küsimus on avatud vastusega küsimus, kus isikud saavad jagada enda kogemusi. Küsimustiku esimesed kaks küsimust hõlmavad vastaja sugu ja vanust, seejärel küsiti, milliseid seadmeid on inimestel majapidamises. Küsimustiku neljas kuni kuues küsimus uurivad tootjapoolsete juhiste ja juhendite jälgimist. Seitsmenda küsimusega uuriti vastanute harjumust jälgida toote seisundit enne selle kasutamist. Kaheksas kuni 11. küsimus uurivad akude ja akuseadmete hoiustamise ning laadimisega seotud teadmiste ja harjumuste kohta. 12. uurib, kas vastanutel on toimunud õnnetusi akuseadmetega ning 13. küsimus annab võimaluse soovi korral kirjeldada toimunud õnnetust. 14. ja 15. küsimuses tuleb vastata aku tulekahju kustutamise seotud küsimustele.

2.2. Uuringu tulemused

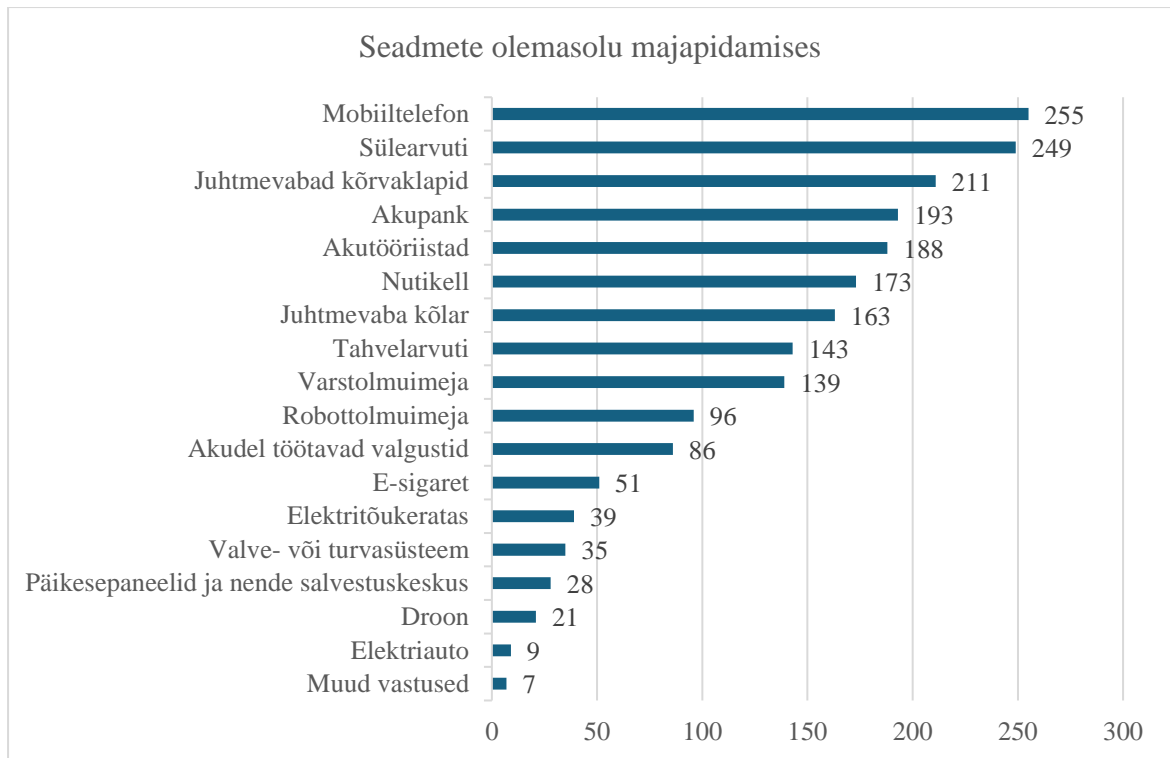
Ankeetküsitluse eesmärgiks oli selgitada välja vastused uurimisküsimustele ja täita lõputöös püstitatud eesmärk.

Ankeetküsitlusele vastas kokku 257 inimest, kellest 100 olid mehed (38,9%) ja 156 naised (60,7%). Üks vastaja eelistas mitte täpsustada oma sugu. Järgneva tabeliga antakse ülevaade vastanute vanuselisest jaotusest soo põhjal.

Tabel 2. Vanuseline ja sooline jaotus küsitletute põhjal (Autori koostatud, 2024)

Sugu	Naised		Mehed		Kõik	
	Vastajaid	Protsent	Vastajaid	Protsent	Vastajaid	Protsent
Kuni 20aastane	5	3,2	0	0	5	1,9
21- kuni 30aastased	39	25	28	28	67	26
31- kuni 40aastased	46	29,5	19	19	65	25,3
41- kuni 50aastased	39	25	35	35	75	29,2
51- kuni 60aastased	16	10,2	15	15	31	12,1
61- kuni 70aastased	8	5,1	2	2	10	3,9
Vanem kui 70	3	2	1	1	4	1,6

Tulemustest tabelis 2 kajastub, et vastanute vanuse jaotumine oli mitmekesine ning enamik vastanutest olid vanusevahemikus 41- kuni 50aastased. Järgmised enim vastanud vanusegrupid on 21- kuni 30aastased ja 31- kuni 40aastased ning kuni 20aastaste ja vanemate kui 70 vastajate osakaal oli kõige väiksem. Kõige enam naisi oli 31- kuni 40aastaseid ning 21- kuni 30aastaseid ja 41- kuni 50aastaseid oli sama palju, mehi vastas enim vanusegrupist 41- kuni 50aastased. Üldiselt võib öelda, et ankeedile vastajate demograafiline profiil oli mitmekesine, hõlmates erinevaid vanuserühmi ja soo identiteete. See mitmekesisus on oluline, kuna see võimaldab saada terviklikumat arusaamist uuritavast teemast, arvestades erinevate rühmade seisukohti ja kogemusi. Edasi paluti vastajatel märkida, millised seadmed on nende majapidamises, see annab ülevaate vastajate tehnoloogilisest profiilist.



Joonis 4. Seadmete olemasolu vastanute majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Uuringu tulemustest joonisel 4 ilmneb, et kõige levinumad seadmed vastajate majapidamistes on mobiiltelefonid, mida omab 99,2% vastanutest. 100% vastanud naistest omab mobiiltelefoni, kuid meestest omab seda 98%. Järgmisena on laialt levinud sülearvutid, mida omab 96,9% vastanutest. Juhtmevabad kõrvaklapid on samuti populaarsed, mida omavad 82,1% vastanutest. 75,1% vastanutest on akupank ning 73,2% omab akutööriistu. Nutikellad on 67,3% vastanutest ning juhtmevaba kõlarit leidub 63,4% vastanute majapidamistes. Tahvelarvutid on kasutusel 55,6% vastanute kodudes ning varstolmuimejad 54,1%.

Harvemini esinevad seadmed vastajate majapidamistes on robottolmuimejaid 37,4%, akudel töötavaid valgustid 33,5%, e-sigaretid 19,8%, elektritõukerattad 15,2%, valve- või turvasüsteemid 13,6%, päikesepaneelid koos nende salvestuskeskustega 10,9%, droonid 8,2% ning elektriautod 3,5%. Lisaks eelmainitud valikvastustele lisasid mõned vastajad ka teisi seadmeid, näiteks elektrijalgratas või akudega meditsiiniseadmeid nagu ninaaspiraator ja inhalaator. Joonisel neli kujutatud uuringu tulemustest saab välja lugeda, et kõige populaarsemateks seadmeteks majapidamises on liitiumioonakusid sisaldavad seadmed.

Tabel 3. Tootejuhiste ja/või kasutusjuhendite lugemise harjumus (Autori koostatud, 2024)

Sugu	Naised		Mehed		Kõik	
	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Protsent	
Loen alati	40	20	60	23,3		
Loen aeg-ajalt	65	35	101	39,3		
Loen harva	43	36	79	30,7		
Ei loe kunagi	8	9	17	6,6		

Küsimuse „kas Te loete tootega kaasas olevaid tootejuhiseid ja/või kasutusjuhendeid“ tulemused on kujutatud tabelis 3. 60 isikut (23,3%) vastas, et nad loevad alati juhendeid, 66,6% nendest olid naised ja 33% mehed. Aeg-ajalt loeb juhendeid 101 vastanut (39,3%), kellest 34,6% on mehed ja 64,3% naised. Pääaegu võrdelt väitsid naised ja mehed, et loevad tootejuhiseid ja kasutusjuhendeid harva või ei loe kunagi. Ilmnes, et 41,7% naistest loevad juhiseid aeg-ajalt samuti teevad seda 35% mehed, kuid 36% meestest eelistab lugeda juhiseid harva. Need tulemused kajastavad inimeste erinevaid lähenemisi juhiste ja juhendite lugemise kohta ning näitavad, kui regulaarselt tarbitakse tootega kaasas olevat informatsiooni. Enamus vastanutest ei tutvu alati juhistega enne toote kasutusele võtmist. See võib viidata näiteks sellele, et isikul on eelnev kogemus sarnaste toodetega, usaldus oma oskustesse toote kasutamisel või on isik liiga laisk juhiste lugemiseks.

Tabel 4. Informatsiooni kogus tootejuhistes ja kasutusjuhendites (Autori koostatud, 2024)

Sugu	Naised	Mehed	Kõik	
			Vastajaid	Protsent
Vastus	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Protsent
Kõik vajalik on olemas	91	52	144	56
Osaliselt puudulik	47	37	84	32,7
Liiga vähe	5	5	10	3,9
Muud vastused	13	6	19	7,4

Tulemused küsimusele „kuidas hindate informatsiooni toote kirjelduse, tehniliste andmete, kasutus- ja hooldusjuhiste kohta, mida tootejuhised ja kasutusjuhendid sisaldavad“ on kajastatud tabelis 4. 144 (56%) vastas, et kõik vajalik informatsioon on olemas. Osaliselt puudulikuks hindas informatsiooni 84 vastanut (32,7%) ning 10 vastanut (3,9%) leidis, et informatsiooni on liiga vähe. Lisaks jagasid 19 vastajat oma täiendavaid mõtteid, millest kõige sagedamini tõsteti esile informatsiooni liigset hulka, nad märkisid, et liiga palju teavet võib muuta juhiste lugemise ebameeldivaks ja aeganõudvaks. Üks vastaja mainis, et mitmel korral puudus tootel eestikeelne juhend, mis raskendas tootega tutvumist ja selle korrektset kasutamist. See rõhutab vajadust tagada, et tootega kaasas olevad juhendid oleksid kättesaadavad eesti keeles. Käesoleva töö lk 15 on toodud välja, et tarbijakaitseadus § 5 lõige 6 nõuab, et tootega kaasas olev kasutusjuhend oleks eesti keeles.

Tabel 5. Tootjapoolsete juhiste jälgimine toote kasutamisel (Autori koostatud, 2024)

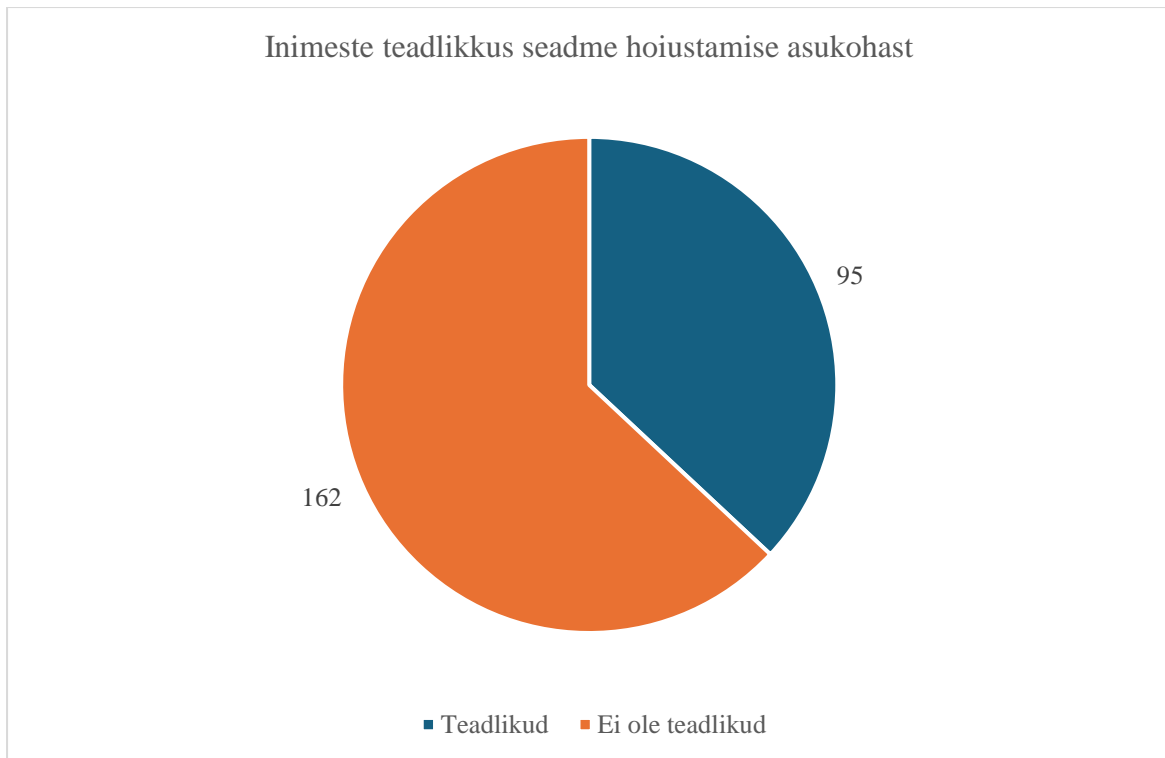
Sugu	Naised	Mehed	Kõik	
Vastus	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Protsent
Jah, järgin täielikult	58	28	87	33,9
Järgin osaliselt	95	66	161	62,6
Ei järgi üldse	3	4	7	2,7
Muud vastused	0	2	2	0,8

Tabelis 5 on kujutatud tulemused küsimusele „kas järgite tootja poolseid juhiseid, kui kasutate seadet“, millele vastas 87 inimest (33,9%), et nad järgivad täielikult tootja poolseid juhiseid. 9,1% rohkem naisi järgivad täielikult tootjate poolseid juhiseid. Osaliselt järgivad juhiseid 161 vastanut (62,6%), viidates seega sellele, et nad võivad juhenditega arvestada, kuid mitte alati neid täielikult järgida. 5,1% mehi järgivad osaliselt rohkem tootjate poolseid juhiseid. Ainult 7 vastanut (2,7%) ei järgi üldse tootjate poolseid juhiseid. Lisaks andisid kaks vastajat (0,8%) mõista, et nende käitumine sõltub konkreetsest seadmest või sellest, kas nad loevad alguses üldse juhendeid. Tabelist saab välja lugeda, et üle poolte vastanutest järgivad osaliselt tootjapoolseid juhiseid, kui nad neid seadmeid kasutavad. Selle põhjal saan järeldada, et inimesed järgivad juhiseid toote kasutamisel valikuliselt ja vajaduspõhiselt.

Tabel 6. Toote seisundi jälgimine selle kasutamiseks (Autori koostatud, 2024)

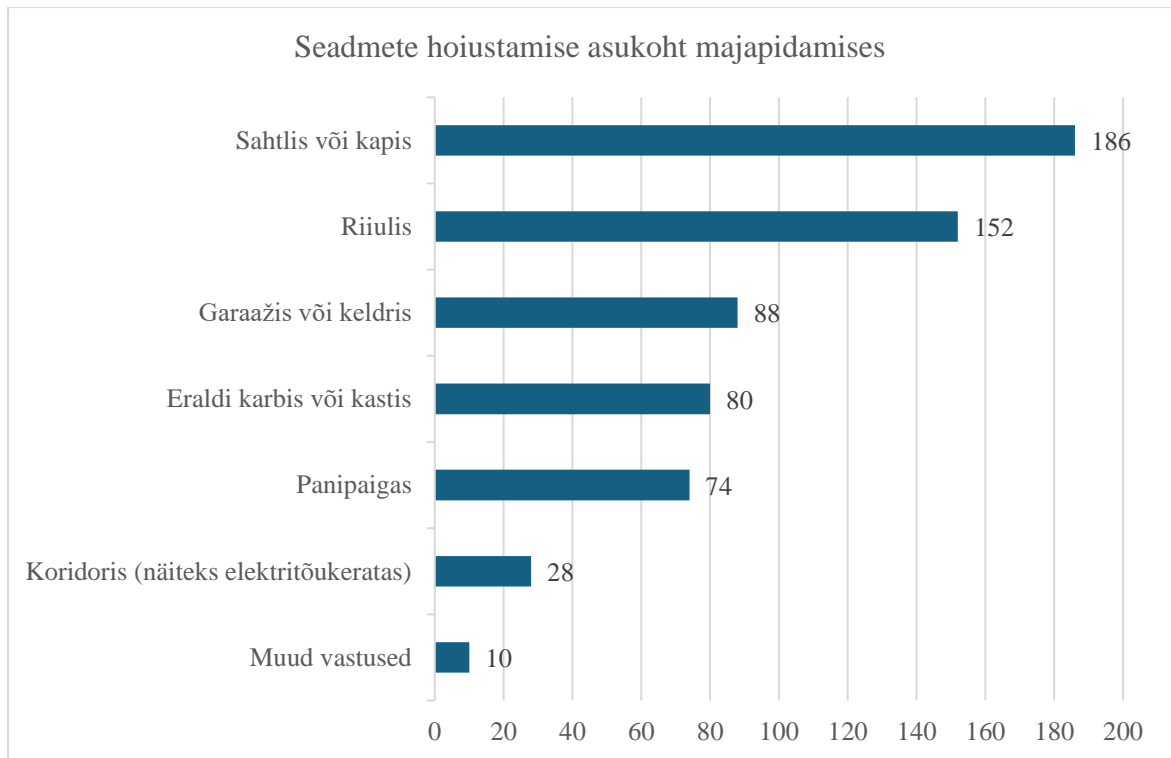
Sugu	Naised		Mehed		Kõik	
	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Protsent	
Jälgin alati	66	37	104	40,5		
Jälgin aeg-ajalt	83	55	138	53,7		
Ei jälgi kunagi	6	8	14	5,4		
Muud vastused	1	0	1	0,4		

Küsimuse „kui tihti jälgite, kas toote seisund on sobilik selle kasutamiseks“ tulemused on kujutatud tabelis 6. 104 (40,5%) isikut vastasid, et nad jälgivad alati toote seisundit enne selle kasutamist. 138 vastanut (53,7%) tunnistas, et jälgivad toote seisundit aeg-ajalt. Nad võivad seda teha sõltuvalt olukorrast või seadme kasutamise sagedusest, kuid ei pruugi alati olla täielikult pühendunud toote seisundi pidevale jälgimisele. Väike osa vastanutest, 14 isikut (5,4%), märkisid, et nad ei jälgi kunagi toote seisundit enne selle kasutamist. See võib viidata kas hooletusele või sellele, et nad ei pea seda vajalikuks, usaldades seadme töökindlust ilma eelneva kontrollita. Lisaks esitas üks vastaja (0,4%) alternatiivse vastuse, milles viitab sellele, et tema ise ei oska seisundit hinnata ning pöördus sellise küsimusega pigem professionaali poole.



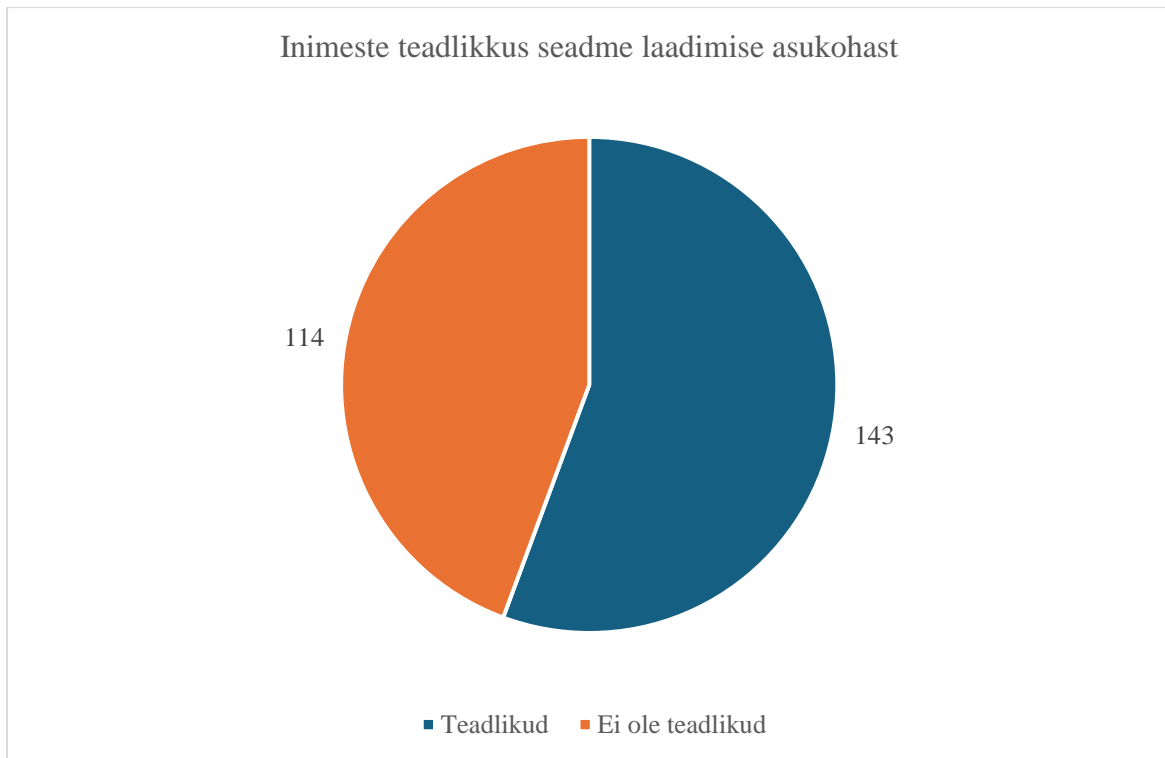
Joonis 5. Vastanute osakaal, seadme hoiustamise asukoha teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Joonisel 5 on kujutatud küsimuse „kas olete varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada akusid ja akuseadmeid“ tulemused. Enamus vastanutest 162 isikut (63%) kinnitasid, et nad ei ole varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada akusid ja akuseadmeid. 95 isikut (37%) vastas, et on varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada seadmeid. 72,4% naistest ning 49% meestest ei ole varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada akuseadmeid. Sellest saab järeldada, et akude ja akuseadmete hoiustamisest räägitakse liiga vähe.



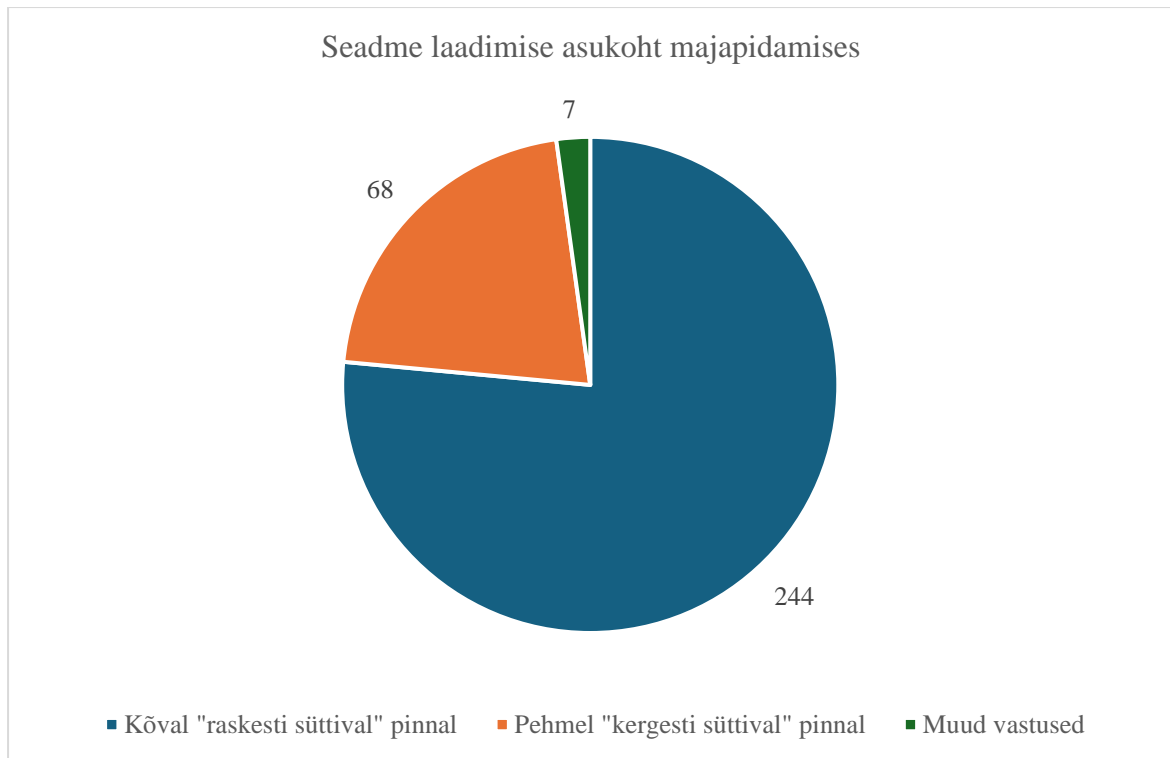
Joonis 6. Seadmete hoiustamine majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Uuringu tulemuses selgub, et suur osa vastanutest, 186 isikut (72,4%), hoiustavad akusid ja akuseadmeid sahtlis või kapis. Järgmine levinum koht hoiustamiseks, 152 vastanuga (59,1%) on riiulid. Eraldi karbis või kastis hoiustab oma akusid ja akuseadmeid 80 vastanut (31,1%). Garaažis või keldris hoiab oma akuseadmeid 88 vastanut (34,2%), kellest 42 (42%) on mehed ja 46 (29,5%) naised, sellest saab järeldada, et rohkem meeldib meestele hoiustada seadmeid garaažis või keldris. Panipaigas hoiab 74 vastanut (28,8%) oma seadmeid ning väiksem osa vastanutest, 28 isikut (10,9%), hoiustavad neid koridoris. Lisaks esitas 10 vastajat (3,8%) alternatiivseid vastuseid, milles mainiti näiteks akude hoiustamist seadmes, nähtaval kohal lauapeal ning spetsiaalsetes seadmega kaasas olevates kohvrites või kottides.



Joonis 7. Vastanute osakaal, seadme laadimise asukoha teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Küsimuse „kas olete varasemalt kuulnud, kus tuleks akusid ja akuseadmeid laadida“ vastused näitavad joonisel 7. Vastanutest oli 143 isikut (54,5%) varasemalt kuulnud, kus tuleks laadida akusid ja akuseadmeid. Kahjuks ei olnud 114 vastanut (45,5%), varasemalt kuulnud, kus tuleks laadida seadmeid. Meestest on 18,9% rohkem naisi, kes ei ole varasemalt kuulnud, kus tuleks laadida akusid ja akuseadmeid. Järeldada saab sellest, et akude ja akuseadmete laadimisest räägitakse liiga vähe.



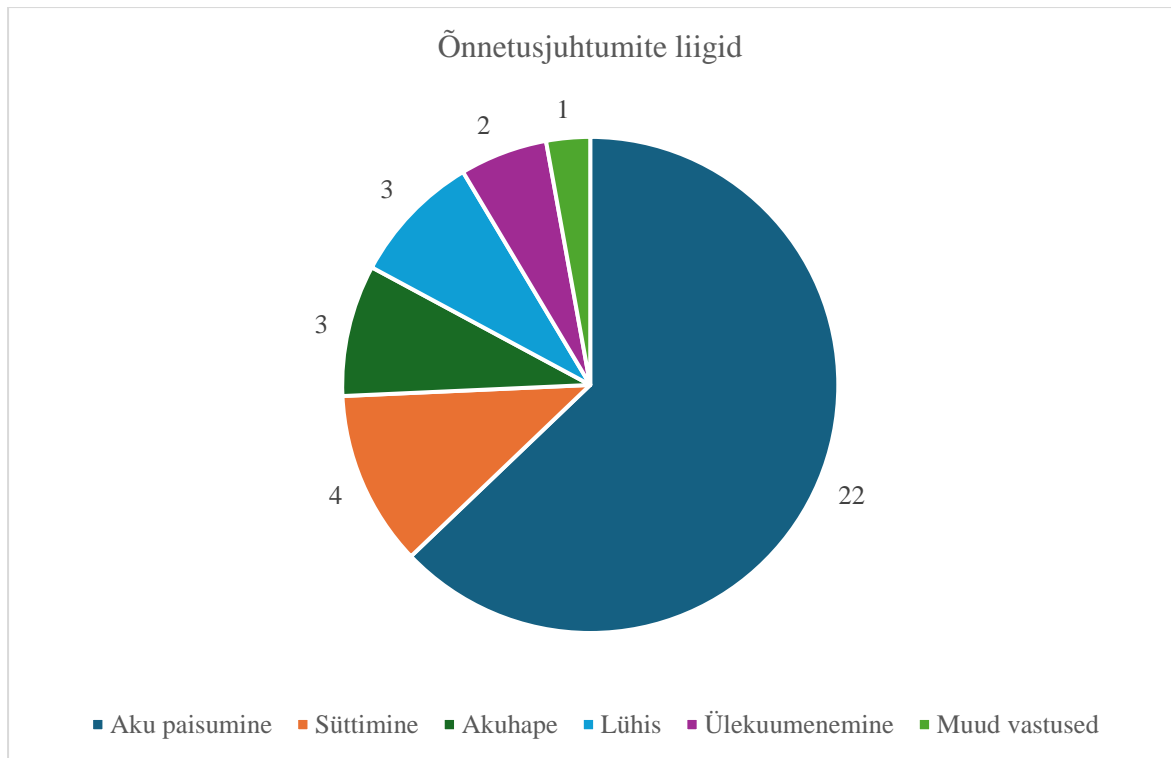
Joonis 8. Seadmete laadimise asukoht majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Joonisel 8 on kujutatud küsimuse „kus laete enda majapidamises akusid ja akuseadmeid“ tulemused. 244 isikut (94,9%) vastas, eelistab laadida akusid ja akuseadmeid kõval pinnal. 68 isikule (26,5%) meeldib laadida pehmel pinnal enda seadmeid. Lisaks esitas 7 vastajat (2,7%) alternatiivseid vastuseid, millest toodi kahel korral esile kivi- või plaatpõrandat. Üle 95% naised ja mehed laevad enda seadmeid kõval pinnal ning pehmel pinnal eelistab seadmeid laadida 21% meestest ja 31% naistest. Käesoleva töö lk 12 ja 13 on kirjutatud, et iga seadet tuleks laadida tootja poolt ettenähtud viisil ning mittesüttival pinnal, mille ümbruses ja peal ei oleks midagi, mis võiks süttida.

Tabel 7. Vastanute kogemus akuseadmete õnnetusjuhtumitega (Autori koostatud, 2024)

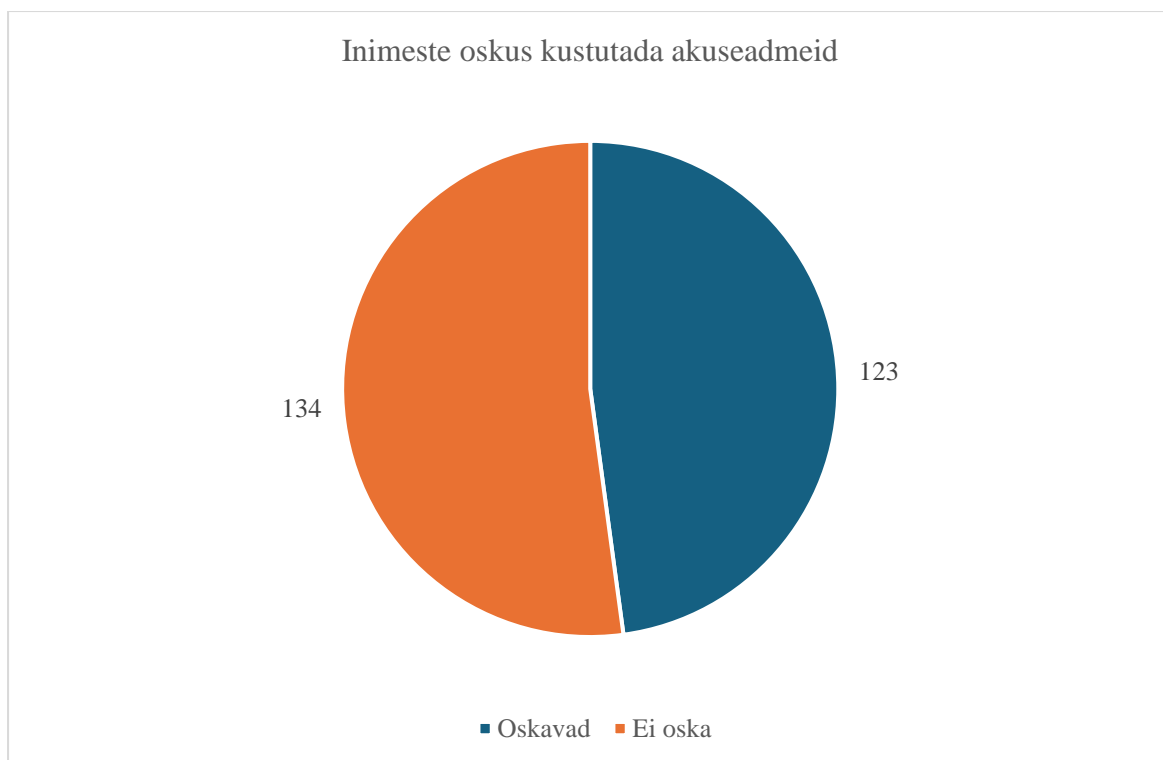
Sugu	Naised	Mehed	Kõik	
Vastus	Vastajaid	Vastajaid	Vastajaid	Protsent
Ei	119	69	189	73,5
Jah	20	15	35	13,6
Tean inimest, kellel on juhtunud õnnetus	15	13	28	10,9
Muud vastused	2	3	5	2

Tabelis 7 on kujutatud küsimuse „kas Teil on juhtunud õnnetus akuseadmega“ tulemused. 189 inimest (73,5%) vastas, et neil ei ole varem juhtunud õnnetust akuseadmega. Siiski on 35 vastanut (13,6%) märkinud, et neil on olnud varasemalt õnnetus akuseadmega. Lisaks 28 vastanut (10,9%) teavad kedagi, kellel on olnud õnnetus akuseadmega ning 5 inimest (2%) vastanutest esitasid alternatiivseid vastuseid. Vastajatel oli võimalus järgmisena kirjeldada juhtunud õnnetust.



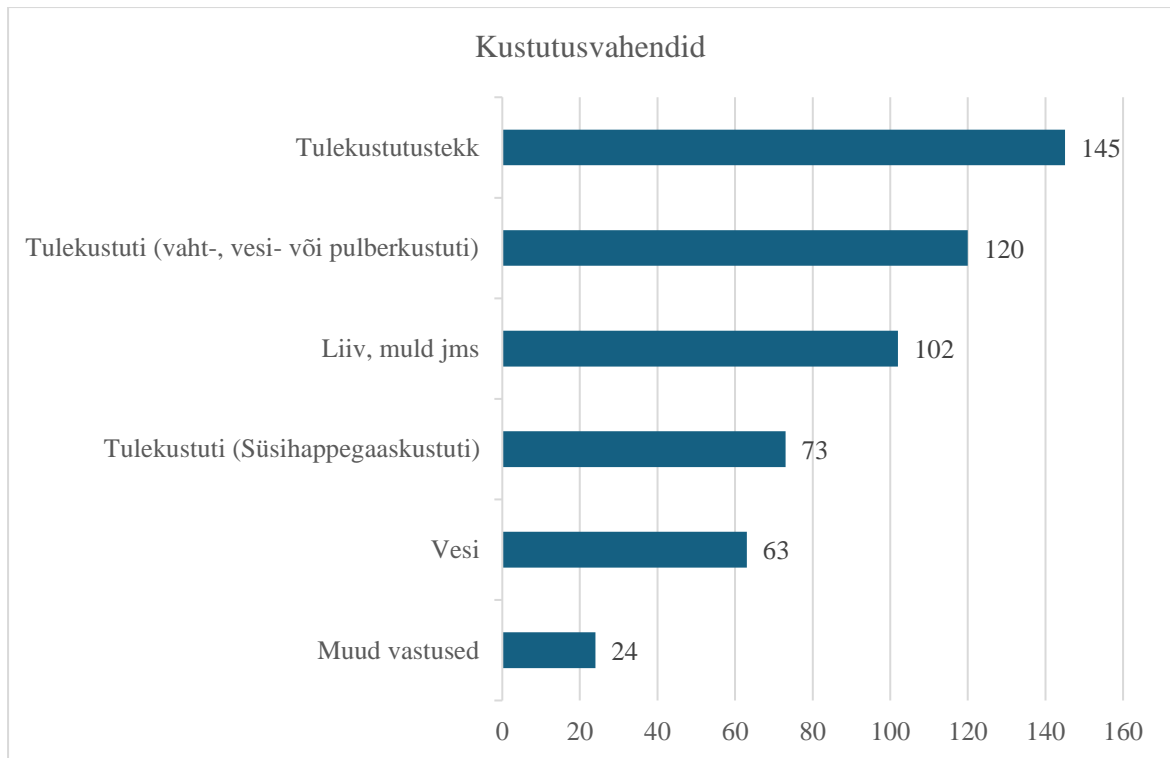
Joonis 9. Õnnetusjuhtumite liigid (Autori koostatud, 2024)

Küsimusele „kas Teil on juhtunud õnnetus akuseadmega“ vastanud isikute antud täiendavate kirjelduste põhjal ilmnis mitmesuguseid õnnetusi, mis on seotud akudega. Kokku anti 33 kirjeldust erinevatest õnnetustest. Enim mainitud õnnetuste hulka kuulusid akude paisumine, millest teatas 22 vastanut. Süttimist kirjeldati neljal juhul ning akuhappe ja lühistega seotud õnnetusi kolmel korral. Lisaks kirjeldati kahel korral ülekuumenemisega seotud juhuseid, mis oli põhjustatud seadme väärkasutamisest.



Joonis 10. Vastanute osakaal, seadme kustutamise teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Tulemused küsimuse „kas Te oskate kustutada põlema läinud akut või akuseadet“ on kujutatud joonisel 10. 123 inimest (47,9%) vastas, et oskab kustutada põlema läinud seadet. Kahjuks 134 vastanut (52,1%) ei oska kustutada seadmest tekkivat põlengut. 69,2% naistest ja 25% meestest vastas, et nad ei oska kustutada põlema läinud akut või akuseadet ning 75% meestest ja 30,8% naistest vastas, et oskab.



Joonis 11. Kustutusvahendid aku tulekahju kustutamiseks (Autori koostatud, 2024)

Küsimuse „milliseid tulekustutusvahendeid Te kasutaks, et kustutada aku tulekahju“ vastasid 145 isikut (56,4%), et nemad kasutaksid tulekustutustekki aku tulekahju kustutamiseks. 120 vastanut (46,7%) kasutaks vaht-, vesi- või pulbertulekustutit ning 102 isikut (39,7%) liiva, mulda ja muud sellist. Ainult 73 inimest (28,4%) leiaksid enda majapidamisest süsihappegaaskustuti, millega tuld kustutada ning 63 vastanut (24,5%) kustutaks veega. 24 vastanut (9,3%) lisasid juurde muid vastuseid, millest peamiseks olid kasutada mõnda muud paksemat tekki ning viia põlev seade õue ja lasta sellel põleda.

2.3. Järeldused ja ettepanekud

Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada inimeste teadlikkus akude ja akuseadmete hoiustamise, laadimise ja kustutamise osas ning pakkuda lahendused elanike teadlikkuse suurendamiseks. Eesmärgi saavutamiseks töötati läbi asjakohaseid teadusallikaid ja viidi läbi empiiriline uuring, mille käigus saadeti inimestele ankeetküsitlus ja vastas 257 isikut.

Esimesele uurimisküsimusele „millised on akudele ja akuseadmetele esitatavad kasutus-, hoiustamise ja laadimise nõuded“ annab ülevaate töö teooria teine alapeatükk (käesolev töö

lk 14), milles on väljatoodud tuleohutuse ja tarbijakaitseseaduses olevad nõuded. Saab teha järelduse, et akudele ja akuseadmetele esitatavad nõuded on väga pinnapealsed ja keskenduvad pigem sellele, et tarbijad jälgiksid tootja poolseid juhiseid. Täpsustatud pole seda, millist loetelu peaks sisaldama juhise näiteks kauba kasutamise ja säilitamise kohta. Ettepanekuna toodi välja, et on vaja töötada detailsemad seadused, mis reguleerivad kasutusjuhendeid, eriti tehniliselt keerukatele, ohtlikke aineid sisaldavatele toodetele.

Vastates teisele uurimisküsimusele „kui paljud tarbijad jälgivad tootjate poolseid juhiseid“ tuli välja, et inimesed loevad juhiseid aeg-ajalt (vt tabel 3). Küsides inimestelt, kas nad järgivad tootja poolseid juhiseid, kui nad kasutavad seadet, vastas 62,6%, et järgivad osaliselt (vt tabel 5). Sellest saab järeldada, et inimestel võib olla eelnev kogemus sarnase tootega, eeldus osata toodet kasutada ilma sellega tutvumist või on isik liiga laisk juhiste lugemiseks ja nende järgimiseks. Uurides inimestelt, kuidas nad hindavad informatsiooni, mida tootejuhised ja kasutusjuhendid sisaldavad, märkis 56% vastajatest (vt tabel 4), et kõik vajalik on olemas, kuid ülejäänud 44% ei saa juhistest kogu vajalikku informatsiooni toote kohta. Tehti ettepanek teha rohkem teavitustööd näiteks kampaaniate raames sotsiaalmeedias, et rõhutada juhendite olulisust seadme õigeks ja ohutuks kasutamiseks.

Vastates kolmandale uurimisküsimusele „kui hästi teavad inimesed, kus hoiustada ja laadida enda kodus olevaid akuseadmeid ja akusid“ selgus, et 63% vastanutest (vt joonis 5) ei ole varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada akuseadmeid ning 45,5% (vt joonis 7) ei teadnud, kus neid peab laadima. Järeldada saab seda, et inimesed ei loe toote kasutusjuhiseid ning kui loevad, siis on juhistes vähe informatsiooni toodete hoiustamise ja laadimise kohta. Lisaks võib olla probleemiks vähene teavitustegevus ning ebavajalikke detaile sisaldavad, kuid olulist informatsiooni kajastamata jätvad kasutusjuhised. Ettepanekuna toodi välja, et nõuded kasutusjuhenditele peaksid hõlmama selgemaid juhiseid hoiustamise ja laadimise kohta ning teavitustegevust akuseadmete tuleohutuse kohta tuleks intensiivistada.

Vastates neljandale uurimisküsimusele „kui teadlikud on inimesed põlema läinud akuseadme kustutamisel“ selgus, et 53,1% vastanutest (vt joonis 10) ei oska kustutada põlema läinud akut. Uurides inimestelt, milliseid kustutusvahendeid nad enda majapidamisest kasutaksid aku põlengu kustutamiseks, osutus kõige populaarsemaks tulekustutustekk (vt joonis 11). 73 inimest vastas, et nemad kustutaksid enda

majapidamises aku tulekahju süsihappegaaskustutiga. Sellest saab järeldada, et inimestel on kodudes olemas esmased tulekustutusvahendid ning ohuolukorras saavad nad neid kasutada. Tehti ettepanek suurendada teavitustööd akuseadmete kohta meedias, rõhutada konkreetseid meetodeid ja vahendeid aku tulekahjude kustutamiseks.

Vastates tervikuna uurimisprobleemile, milline on inimeste majapidamises kasutatavate akude ja akuseadmete tuleohutusala teadlikkus. Uurimistulemused näitavad, et inimeste tuleohutusala teadlikkus sõltub suuresti nende endi panusest ning juhiste jälgimisest. Seetõttu on oluline intensiivistada teavitustööd näiteks sotsiaalmeedia ja meedia kaudu. Lisaks tagada, et kasutusjuhendid sisaldaksid piisavalt selget ja olulist informatsiooni, et vähendada seadmetest tulenevate õnnetuste riski ja tagada inimeste ohutus.

KOKKUVÕTE

Lõputöö „Majapidamises kasutatavate akuseadmete ja akude hoiustamise, laadimise ning kasutamise tuleohutus“ eesmärgiks oli selgitada välja inimeste teadlikkus akude ja akuseadmete hoiustamise, laadimise ja kustutamise osas ning pakkuda lahendused elanike teadlikkuse suurendamiseks. Antud lõputöös viidi läbi kvantitatiivne uuring, mille tulemustest lähtudes esitati järeldused ja ettepanekud inimeste tuleohutuselise teadlikkuse suurendamiseks majapidamises kasutatavate akude ja akuseadmete kohta.

Uurimisküsimused:

1. Millised on akudele ja akuseadmetele esitatavad kasutus-, hoiustamise ja laadimise nõuded?
2. Kui paljud tarbijad jälgivad tootjate poolseid juhiseid?
3. Kui hästi teavad inimesed, kus hoiustada ja laadida enda kodus olevaid akuseadmeid ja akusid?
4. Kui teadlikud on inimesed põlema läinud akuseadme kustutamisel?

Esimesele uurimisküsimusele saadi vastuseks, et praegused akuseadmetele ja akudele esitatavad kasutuse, hoiustamise ja laadimise nõuded on pinnapealsed ning keskenduvad eelkõige tootjapoolsete juhiste järgimisele. Ettepanekuna toodi välja, et on vaja töötada detailsemad seadused, mis reguleerivad kasutusjuhendeid, eriti tehniliselt keerukatele, ohtlikke aineid sisaldavatele toodetele.

Teisele uurimisküsimusele saadi vastuseks, et inimesed ei jälgi alati tootja poolseid juhiseid ning juhendite lugemisel võib esineda nendes puudujääke. Sellest tulenevalt tehti ettepanek suurendada teavitustöö teostamist näiteks kampaaniate raames sotsiaalmeedias, et rõhutada juhendite olulisust seadme õigeks ja ohutuks kasutamiseks.

Kolmandale uurimisküsimusele saadi vastuseks, et paljud inimesed ei tea, kus hoiustada ja laadida akusid ja akuseadmeid, ning seda seetõttu, et kasutusjuhendites puudub piisav informatsioon. Ettepanekuna toodi välja, et nõuded kasutusjuhenditele peaksid hõlmama

selgemaid juhiseid hoiustamise ja laadimise kohta ning teavitustegevust akuseadmete tuleohutuse kohta tuleks intensiivistada.

Neljandale uurimisküsimusele saadi vastuseks, et suur osa inimestest ei tea, kuidas kustutada põlema läinud akuseadet ning milliseid kustutusvahendeid kasutada. Seetõttu tehti ettepanek suurendada teavitustööd akuseadmete kohta, rõhutada konkreetseid meetodeid ja vahendeid aku tulekahjude kustutamiseks

Kokkuvõtteks on peamisteks probleemideks inimeste tuleohutuslane teadlikkus, mis sõltub suuresti nende endi panusest ning juhiste järgimisest. Seetõttu on oluline intensiivistada teavitustööd ning tagada, et kasutusjuhendid sisaldaksid piisavalt selget ja olulist informatsiooni, et tagada inimeste ohutus ning vähendada õnnetuste riski.

Teooria analüüs toodi välja, et akudes sisalduvad materjale on erinevaid, kuid peamiselt kasutatakse liitiumioonakusid sellepärast, et nende eluiga on kõrge ning aku on efektiivne. Selleks, et aku eluiga oleks pikk, tuleb seda laadida ja kasutada tootja poolt ettenähtud viisil. Kuna akudega juhtub enim õnnetusi laadimisel tuleb arvestada, et seade asuks kõval mittesüttival pinnal ning selle peal ja ümber ei asuks midagi, mis temperatuuri tõustes võiks süttida. Laadimisel võib viga tekkida hoopis akus endas ning see viia ülekuumenemise, lühise või termilise ahelreaktsioonini.

Teises, empiirilises peatükis leiti vastused uurimisprobleemi täpsustamiseks püstitatud neljale uurimisküsimusele ning täideti uurimisülesanded. Uurimismeetodina kasutati kvantitatiivset uuringut, mis viidi läbi ankeetküsitlusena mugavusvalimi seas.

Uurimuse käigus ilmnes, et olemasolevate allikate hulk, mis pakuksid põhjaliku ülevaadet ja detailseid juhiseid akude ja akuseadmete hoiustamiseks, on piiratud. See näitab, et sellel alal on vajadus täiendava uurimistöö järele ning konkreetsemate juhiste väljatöötamiseks. Praeguse seisuga puuduvad allikad, mis pakuksid tarbijatele ja kasutajatele juhiseid, kuidas optimaalselt hoiustada erinevaid tüüpi akusid ja akuseadmeid vastavalt nende omadustele ja ohutusnõuetele.

Tulevikus on võimalik antud teemat edasi uurida, läbi viies uurimus, mis keskenduks akude ja akuseadmete ohutule hoiustamisele. See võiks sisaldada põhjalikumat analüüsi erinevate tüüpide ja suuruste akude sobilike hoiukohtade ning meetodite kohta, võttes arvesse nende

potentsiaalseid riske ja ohutusnõudeid. Selline uurimistöö võimaldaks luua kvaliteetseid ja põhjalikke juhiseid, mis aitaksid tarbijatel tagada akude ja akuseadmete ohutu ning efektiivse hoiustamise kodus või töökeskkonnas. Lisaks oleks oluline kaasata spetsialiste ja eksperte erinevatest valdkondadest, nagu tehnika, keemia ja tuleohutus, et tagada juhiste usaldusväärsus ja teaduspõhisus. Selline uurimus ja juhiste koostamine oleks oluline panus akude ja akuseadmete ohutusnõuete täitmisele ning tulekahjude ja muude ohtude ennetamisele. Samuti võiks see aidata kaasa üldise teadlikkuse tõstmisele selles valdkonnas ning parandada tarbijate teadmisi akude ohutu hoidmise kohta, mis omakorda võiks vähendada õnnetuste riski ja tõsta ühiskonna ohutustaset.

SUMMARY

The objective of the thesis „Fire safety of using, charging and storing household batteries and battery-powered devices“ was to determine people’s fire safety awareness of charging, storing and extinguishing household batteries and battery-powered devices and to propose solutions for increasing public awareness of fire safety related to these devices. A quantitative study was conducted, and based on its results, conclusions and proposals were made for increasing fire safety awareness among people regarding batteries and battery-powered devices used in households.

Research Questions:

1. What are the usage, charging and storing requirements for batteries and battery-powered devices?
2. How many consumers follow the manufacturer's instructions?
3. How well do people know where to charge and store batteries and battery-powered devices in their homes?
4. How aware are people of extinguishing a burning battery-operated device?

The theoretical analysis revealed that batteries contain various materials, but mainly lithium-ion batteries are used because of their long life and efficiency. To ensure battery longevity, it must be charged and used as prescribed by the manufacturer. Since most accidents involving batteries occur during charging, it must be ensured that the device is on a hard non-flammable surface, and nothing is placed on or around it that could ignite when temperatures rise. Faults during charging can occur in the battery itself, leading to overheating, short circuit, or thermal runaway. The location where the battery-powered devices are stored when not in use is also important.

In the second, empirical chapter, answers to the four research questions posed to specify the research problem were found and research tasks were completed. The research method used was a quantitative survey conducted as a questionnaire among a convenience sample.

During the study, it became evident that the number of available sources that provide a comprehensive overview and detailed guidelines for storing batteries and battery-powered devices is limited. This indicates that there is a need for further research in this area and the development of more specific guidelines. Currently, there are no sources providing consumers and users with instructions on how to optimally store various types of batteries and battery-powered devices according to their characteristics and safety requirements.

In conclusion, the main problems lie in people's fire safety awareness, which largely depends on their efforts and observance of guidelines. Therefore, it is important to intensify awareness campaigns and ensure that user manuals contain sufficiently clear and essential information to ensure people's safety and reduce the risk of accidents.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Badi, N., Theodore, A. M., Alghamdi, S. A., Al-Aoh, H. A., Lakhout, A., Singh, P. K., Norrrahim, M. N. F., Nath, G., 2022. The Impact of Polymer Electrolyte Properties on Lithium-Ion Batteries. *Polymers*, 14(15), pp. 1-22.

Chattopadhyay, J., Pathak, T. S., Santos, D. M. F., 2023. Applications of Polymer Electrolytes in Lithium-Ion Batteries: A Review. *Polymers*, 15(19), p. 1-29.

Cheng, H., Shapter, J. G., Li, Y., Gao, G., 2021. Recent progress of advanced anode materials of lithium-ion batteries. *Journal of Energy Chemistry*, 57, pp. 451-468.

Elektrilevi, 2024. *Tubased ohud*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.elektrilevi.ee/ohutus/tubased-ohud.html> [Kasutatud 02.05.2024].

Elektriturseadus (2003) RT I, 30.06.2023, 6.

Frankel, T. C., Tsukayama, H., 2016. Can you trust the lithium-ion battery in your pocket?. *The Washington post*, [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2016/09/16/can-you-trust-the-lithium-ion-battery-in-your-pocket/> [Kasutatud 10.01.2024].

Gamra, K. A., Wassiliadis, N., Allgäuer, C., Lienkamp, M., 2024. Revealing the effect of initial conditions and the potential of self-heating versus active heating on fast-charged lithium-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 84(110968), pp. 1-12.

Jia, Y., Gao, X., Ma, L., Xu, J., 2023. Comprehensive Battery Safety Risk Evaluation: Aged Cells versus Fresh Cells Upon Mechanical Abusive Loadings. *Advanced Energy Materials*, 13(24), pp. 1-9.

Kainat, S., Anwer, J., Hamid, A., Gull, N., Khan, S. M., 2024. Electrolytes in Lithium-Ion Batteries: Advancements in the Era of Twenties (2020's). *Materials Chemistry and Physics*, 313(128796), pp. 1-13.

Kong, L., Li, C., Jiang, J., Pecht, M. G., 2018. Li-Ion Battery Fire Hazards and Safety Strategies. *Energies*, 11(9), pp. 1-11.

Leavy, P., 2017. *Research Design. Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches*. New York: The Guilford Press.

Luo, W.-T., Zhu, S.-B., Gong, J.-H., Zhou, Z., 2018. Research and Development of Fire Extinguishing Technology for Power Lithium Batteries. *Procedia Engineering*, 211, pp. 531-537.

Moseley, P. T., Rand, D. A. J., Monahov, B., 2012. Designing lead–acid batteries to meet energy and power requirements of future automobiles. *Journal of Power Sources*, 219, pp. 75-79.

Nundwe, V., Makokha, A. B., Mwasiagi, J. I., 2023. Effect of electrolyte additives derived from natural plant extracts - Hibiscus Sabdariffa & Bidens Pilosa, on electrochemical performance of a lead-acid battery. *Cleaner Engineering and Technology*, 17, pp. 1-7.

Päästeamet, 2024a. *Erinevad tulekustutid*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://kodutuleohutuks.ee/tulekustuti/tulekustuti-kasutamine/> [Kasutatud 11.01.2024].

Päästeamet, 2024b. *2021-2023 akutulekahjud*. Tallinn: Päästeamet.

Päästeamet, 2024c. *Kodud tuleohutuks 2024*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://kodutuleohutuks.ee/koostooprojektid/142222/> [Kasutatud 05.05.2024].

Shen, K., Chen, L., Feng, X., Zheng, Y., Sun, Y., Xu, C., Wang, H., Jin, C., Han, X., Lai, X., Qian, X., 2024. Non-destructive battery fast charging constrained by lithium plating and high temperature limit based on simulation. *Journal of Energy Storage*, 84(110896), pp. 1-11.

Siseministeerium, 2023. *Siseturvalisuse arengukava 2020-2030*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.siseministeerium.ee/stak2030> [Kasutatud 12.01.2024].

STIHL, 2024. *Kuidas hooldada akuseadmeid?* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://farron.ee/blog/post/accumsan-lacus-vel-facilisis-volutpat-est>. [Kasutatud 01.05.2024].

Sõnaveeb., 2024a. Aku. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024b. Lühis. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024c. Dissotsiatsioon. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024d. Kasutusjuhend. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024e. Liitiumioonaku. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024f. Seade. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Sõnaveeb., 2024g. Tulekahju. [Võrgumaterjal] Tallinn: Eesti Keele Instituut. Leitav: <https://sonaveeb.ee/> [Kasutatud 15.05.2024].

Zhao, J., Feng, X., Tran, M.-K., Fowler, M., Ouyang, M., Burke, A. F., 2024. Battery safety: Fault diagnosis from laboratory to real world. *Journal of Power Sources*, 598(234111), pp. 1-26.

Zhou, G., Li, Y., Liu, Y., Zhang, Q., Wei, Z., Li, S., Yang, S., Yuan, S., Fan, T., Huang, Q., 2023. Preparation of a novel environmental-friendly lithium-ion battery fire suppression microcapsule and its fire extinguishing mechanism in coordination with ABC dry powder. *Journal of Cleaner Production*, 141438, pp. 1-56.

Tarbijakaitseadus (2015) RT I, 06.07.2023, 95.

Theodore, A. M., 2023. Progress into lithium-ion battery research. *Journal of Chemical Research*, 47(3), pp. 1-9.

Tuleohutuse seadus (2010) RT I, 16.12.2022, 20.

Vincent, T. F., Butterfoss, F. D., Capwell, E. M., 2001. Key Issues in Evaluation: Quantitative and Qualitative Methods and Research Design. *Health Promotion Practice*, 2(1), pp. 20-23.

Wang, Q., Mao, B., Stoliarov, S.I., Sun, J., 2019. A review of lithium ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies. *Progress in Energy and Combustion Science*, 73, pp. 95-131.

Xie, J., Li, J., Wang, J., Jiang, J., 2022. Fire protection design of a lithium-ion battery warehouse based on numerical simulation results. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 80(104885), pp. 1-12.

Yu, Z., Shen, X., Xu, R., Wang, Z., Wan, Z., Chen, M., Cui, Y., Fang, Y., Ma, X., 2023a. Understanding the combustion behavior of electric bicycle batteries and unveiling its relationship with fire extinguishing. *Journal of Energy Chemistry*, 91, pp. 609-618.

Yu, T., Li, G., Duan, Y., Wu, Y., Zhang, T., Zhao, X., Luo, M., Liu, Y., 2023b. The research and industrialization progress and prospects of sodium ion battery. *Journal of Alloys and Compounds*, 958(170486), pp. 1-15.

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Eluhoone tulekahjusündmused, mille põhjuseks on aku (Päästeamet, 2024b)

Tabel 2. Vanuseline ja sooline jaotus küsitletute põhjal (Autori koostatud, 2024)

Tabel 3. Tootejuhiste ja/või kasutusjuhendite lugemise harjumus (Autori koostatud, 2024)

Tabel 4. Informatsiooni kogus tootejuhistes ja kasutusjuhendites (Autori koostatud, 2024)

Tabel 5. Tootjapoolsete juhiste jälgimine toote kasutamisel (Autori koostatud, 2024)

Tabel 6. Toote seisundi jälgimine selle kasutamiseks (Autori koostatud, 2024)

Tabel 7. Vastanute kogemus akuseadmete õnnetusjuhtumitega (Autori koostatud, 2024)

Joonis 1. Liitiumioonaku komponendid ning ionide liikumine akus laadimise ja tühjenemise ajal (Cheng, et al., 2021, p. 453)

Joonis 2. Temperatuuri ja laadimistaseme kasv liitiumioonaku laadimisel (Shen, et al., 2024, p. 3)

Joonis 3. Süstemaatiline skeem liitiumioonaku õnnetuste tagajärgede kohta (Wang, et al., 2019, p. 102)

Joonis 4. Seadmete olemasolu vastanute majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Joonis 5. Vastanute osakaal, seadme hoiustamise asukoha teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Joonis 6. Seadmete hoiustamine majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Joonis 7. Vastanute osakaal, seadme laadimise asukoha teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Joonis 8. Seadmete laadimise asukoht majapidamises (Autori koostatud, 2024)

Joonis 9. Õnnetusjuhtumite liigid (Autori koostatud, 2024)

Joonis 10. Vastanute osakaal, seadme kustutamise teadlikkusest (Autori koostatud, 2024)

Joonis 11. Kustutusvahendid aku tulekahju kustutamiseks (Autori koostatud, 2024)

Lisa 1. Küsitluse vorm

Majapidamises kasutatavate akuseadmete ja akude hoiustamise, laadimise ning kasutamise tuleohutus

Minu nimi on Sandra Danilson ja ma õpin Sisekaitseakadeemia päästekolledži päästeteenistuse erialal ning kirjutan oma bakalaureuse lõputööd. Minu eesmärk selle küsimustikuga on uurida inimeste tuleohutusosalast teadlikkust majapidamises kasutatavate akuseadmete ja akude kohta.

Küsimustiku täitmine võtab aega umbes 5 minutit ja on anonüümne.

Tärniga tähistatud küsimused on kohustuslikud!

Küsimuste või murede korral saate minuga ühendust võtta meiliaadressil sandra.danilson@kad.sisekaitse.ee

1. Sugu*

- Naine
- Mees
- Ei soovi täpsustada

2. Vanus*

- Kuni 20aastane
- 21 kuni 30aastane
- 31 kuni 40aastane
- 41 kuni 50aastane
- 51 kuni 60aastane
- 61 kuni 70aastane
- Vanem kui 70

3. Palun märkige, millised järgmistest seadmetest on Teie majapidamises?*

- Mobiiltelefon
- Nutikell
- Sülearvuti
- Akupank
- Elektriauto
- Elektritõukeratas
- Päikesepaneelid ja nende salvestuskeskus
- Varstolmuimeja
- Robottolmuimeja
- Akutööriistad (nt akutrell, tikksaag, lehepuhur jms)
- Akudel töötavad valgustid
- Juhtmevabad kõrvaklapid
- Droon
- E-sigaret
- Valve- või turvasüsteem
- Muu:

4. Kas Te loete tootega kaasas olevaid tootejuhiseid ja/või kasutusjuhendeid?*

- Loen alati
- Loen aeg-ajalt
- Loen harva
- Ei loe kunagi
- Muu:

5. Kuidas hindate informatsiooni toote kirjelduse, tehniliste andmete, kasutus- ja hooldusjuhiste kohta, mida tootejuhised ja kasutusjuhendid sisaldavad?*

- Kõik vajalik informatsioon on olemas
- Informatsioon on osaliselt puudulik
- Informatsiooni on liiga vähe
- Muu:

6. Kas järgite tootja poolseid juhiseid, kui kasutate seadet?*

- Jah, järgin täielikult
- Järgin osaliselt
- Ei järgi üldse
- Muu:

7. Kui tihti jälgite, kas toote seisund on sobilik selle kasutamiseks?*

Näiteks seda, et seadmel ei ole füüsilisi kahjustusi, mis võivad takistada või mõjutada selle kasutamist.

- Jälgin alati – Kui märkan seadme seisundis muutusi, lõpetan kohe kasutamise
- Jälgin aeg-ajalt – Märgates seadme seisundis muudatusi, kaalun selle edaspidist kasutamist
- Ei jälgi kunagi – Kasutan seadet ka siis, kui selle seisundis on märgatavad muutused
- Muu:

8. Kas olete varasemalt kuulnud, kus tuleks hoiustada akusid ja akuseadmeid?*

- Jah
- Ei

9. Kus hoiustate enda majapidamises akusid ja akuseadmeid?*

- Sahtlis või kapis
- Riiulis
- Eraldi karbis või kastis
- Garaažis või keldris
- Panipaigas
- Koridoris (näiteks elektritõukeratas)
- Muu:

10. Kas olete varasemalt kuulnud, kus tuleks akusid ja akuseadmeid laadida?*

- Jah
- Ei

11. Kus laete enda majapidamises akusid ja akuseadmeid?*

- kõval "raskesti süttival" pinnal (näiteks puidust laud jms)
- Pehmel "kergesti süttival" pinnal (näiteks diivan või voodi)
- Muu:

12. Kas Teil on juhtunud õnnetus akuseadmega?*

Näiteks patarei või aku paisumine, põleng, lühis või mõni muu õnnetus

- Ei
- Jah
- Tean inimest, kellel on juhtunud õnnetus
- Muu:

13. Soovi korral võite juhtunut kirjeldada.

Teie vastus

14. Kas Te oskate kustutada põlema läinud akut või akuseadet?*

- Jah
- Ei

15. Milliseid tulekustutusvahendeid Te kasutaks, et kustutada aku tulekahju?*

Mõelge oma majapidamises leitavate vahendite peale

- Tulekustuti (vaht-, vesi- või pulberkustuti)
- Tulekustuti (Süsihappegaaskustuti)
- Tulekustutustekk
- Vesi
- Liiv, muld jms
- Muu:

Täna vastamast! Teie vastused aitavad minul ja teistel jõuda parema ning tuleohutuma tulevikuni!

Juhul kui soovite midagi lisada

Teie vastus