

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Kevin Tammekand

RS180

**MEHITAMATA MAISMAASÕIDUKITE KASUTAMINE
PÄÄSTJATE OHUTUSE TAGAMISEKS PÄÄSTETÖODEL**

Lõputöö

Juhendaja:

Triin Melnik, MSc

Kaasjuhendaja:

Ivar Frantsuzov

Tallinn 2021

ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: juuni 2021
Töö pealkiri: Mehitamata maismaasõidukite kasutamine päästjate ohutuse tagamiseks päästetöödel	
Töö pealkiri võõrkeeles: Unmanned Ground Vehicle Usage to Ensure the Safety of Rescue Workers	
Töö autor: Kevin Tammekand	Allkiri:
<p>Lühikokkuvõte: Töö on kirjutatud eesti keeles, eesti- ja inglisekeelse kokkuvõttega. Töö koos lisadega on 55 lehte, millest 38 moodustab töö põhiosa. Töös on kasutatud kokku 49 eesti- ja võõrkeelset allikat.</p> <p>Lõputöö eesmärgis oli välja selgitada UGV-de rakendamise võimalused päästjate ohutuse tagamiseks päästetöödel. Lõputöö on empiiriline uuring, kus kasutatakse kvalitatiivse ja kvantitatiivse uurimismeetodi kombinatsiooni. Empiirilises uuringus kasutati dokumendi analüüsi, eksperimenti ja intervjuud. Lõputöö uurimisülesanneteks on anda ülevaade UGV-de klassifikatsioonist, kasutamisest ja ohutusest, viia läbi kombineeritud uuring UGV-de kasutamisele võtmise võimalustest ja kitsaskohtade osas ning teooria ja uuringu põhjal teha ettepanekuid UGV-de kasutamise eeliste kohta.</p> <p>Esimeses peatükis uuriti UGV-de tüüpe ja suuruseid. Masinaid on võimalik kategoriseerida kaheti: suuruse ja otstarbe järgi.</p> <p>Lõputöö põhilise uurimistulemusena leiti, et UGV-sid on võimalik kasutada mitmetes erinevates keskkondades, mis suudaksid tagada päästjate ohutuse päästetöödel.</p> <p>Eraldi tehti ka ettepanekuid, kuidas tulevikus kasutada UGV-sid.</p>	
Võtmesõnad: UGV, keeluala, ohutus	
Key words:UGV, restricted area, safety	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia raamatukogu	
Töö autor: Kevin Tammekand	
Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad on nõuetekohaselt viidatud. Annan loa oma lõputöö avaldamiseks elektroonilises keskkonnas.	
Vastab lõputöö nõuetele Juhendaja: Triin Melnik	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele Kaasjuhendaja: Ivar Frantsuzov	Allkiri:
Kaitsmisele lubatud Kolledži direktor: Häli Allas	Allkiri:

SISUKORD

ANNOTATSIOON	2
MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU.....	5
SISSEJUHATUS	6
1. UGV-DE JAGUNEMINE, KASUTAMINE JA OHUTUS	8
1.1 UGV-de olemus ja kasutamine	8
1.2 UGV-de Klassifikatsioon.....	10
1.2.1 Klassifikatsioon otstarbe järgi	10
1.2.2 Klassifikatsioon suuruse järgi.....	12
1.3 UGV-de kasutamine valdkondades.....	14
1.3.1 Pääste valdkond.....	14
1.3.2 Põllumajandus	16
1.3.3 Demineerimine	18
1.3.4 Sõjavägi.....	18
1.4 Ohutus	20
2. EMPIIRILINE UURING.....	23
2.1 Uuringu meetodika, protsess ja valim.....	23
2.1.2 Protsess	25
2.2 Uuringute kirjeldused.....	26
2.2.1 Dokumendi analüüs	26
2.2.2 Katsete kirjeldus	27
2.2.3 Intervjuude kirjeldus.....	28
2.3 Uuringu tulemused	28
2.3.1 Analüüs.....	28
2.3.2 Katsete tulemused.....	31

2.3.3 Intervjuud	33
2.4 Järeldused ja ettepanekud	38
2.4.1 Järeldused.....	38
KOKKUVÕTE	42
SUMMARY	44
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU.....	45
LISAD	50
LISA 2. SUPER- II EOD Robot Süsteem	52
LISA 3. Gladiaator.....	52
LISA 4. Serpentiiniroboti ehitus.....	53
LISA 5. Protokoll.....	53
LISA 6. Intervjuu küsimused.....	55

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

ALV – *Autonomous land vehicle* – autonoomne maismaasõiduk

DARPA – The Defence Advanced Research Projects Agency – Kaitseuringute Agentuur

EOD – *Explosive ordnance disposal* – lõhkekeha

IED – *Improvised explosive device* – improviseeritud lõhkeseadeldis

IRS – *International Rescue System* – Rahvusvaheline Pääste Süsteemi Instituut

LUGV – *Large unmanned ground vehicle* – suur mehitamata maismaasõiduk

MBU – *Mobile base unit* – mobiilne baasüksus

MGV – *Manned ground vehicle* – mehitatud maismaasõiduk

MÕS – *Unmanned aircraft system* – mehitamata õhusõiduk

NBC – *Nuclear, biological, chemical* – tuuma, bioloogiline, keemiline

OCU – *Operator control unit* – operaatori juhtplokk

PÄKE – Päästejuhised keemiaõnnetustel

RSTA – *Reconnaissance, surveillance, and target acquisition* – sihtmärkide tundmaõppimine, jälgimine ja leidmine

SAR – *Search and rescue* – otsimine ja päästmine

SUGV – *Small unmanned ground vehicle* – väike mehitamata maismaasõiduk

TUGV – *Tactical unmanned ground vehicle* – taktikaline mehitamata maismaasõiduk

UGV – *Unmanned ground vehicle* – mehitamata maismaasõiduk

UUV – *Unmanned underwater vehicle* – mehitamata veesõiduk

UXO – *Unexploded ordnance* – plahvatamata laskemoon

SISSEJUHATUS

Tehnoloogia areng on suurendanud robotiliste mehitamata sõidukite kasutamist mitmetes valdkondades, näiteks mehitamata õhusõiduk (edaspidi MÕS), mehitamata veealune sõiduk (UUV) ja mehitamata maismaasõiduk (edaspidi UGV). Mehitamata maismaasõiduk on sõiduk, mis tegutseb kontaktis maaga ilma inimese pardalolekuta, see on maapealne robot, mis on erinev MÕS-ist (mehitamata õhusõidukist) ja UUV-st. (Chen, 2016, p. 15) Laiemas “sõnaraamatu“ tähenduses on mehitamata maismaasõiduk mis tahes mehhaniseeritud seade, mis liigub üle maapinna ja toimib kui vahend, mis veab või transpordib midagi, kuid selgesõnaliselt ei kannu inimest (Gage, 1995, p. 1).

Rahvusvaheline Pääste Süsteemi Instituut (IRS) on tööstus, valitsus, akadeemia ja tsiviil uuringute organisatsioon, mis proovib arendada tippasemel tehnikat, millest oleks abi katastroofide ajal (International Rescue System, i.aa). IRS-ile on usaldatud projekteerimine ning uurimine, mis on seotud pääste süsteemidega (International Rescue System, i.ab).

Teema on **aktuaalne**, sest Päästeameti strateegias on välja toodud, et tahetakse kaasata uut tehnoloogiat päästetöödel, mis tagaks tööprotsesside tõhususe ja arendaks päästetöö teenuste osutamist (Päästeamet, 2016, lk 38). Siseturvalisuse arengukavas on välja toodud, et turvalisuse tagamisel oleks vaja uuenduslikku tehnoloogiat (Siseministeerium, 2020, lk 5)

Teema on **uudne**, sest varasemalt pole päästekolledžis mehitamata maismaasõidukite kasutamisest päästetöödel kirjutatud. Sisekaitseakadeemias on kirjutatud lõputöid MÕS-ide kohta. Päästekolledži magister Marek Matiisen kirjutas oma magistritöö MÕS-idega seotud ohtudest siseturvalisuses (Matiisen, 2019). Pelle Puusepp kirjutas 2018. aastal lõputöö teemal „Roomikpuksiiri kasutamine Päästeameti ülesannete hõlbustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel“, kus autor kirjutab roomikpuksiiri kasutamisest.

Lõputöö **uurimisprobleem** on esitatud küsimusena: Kuidas mehitamata maismaasõidukite abil tagada päästjate ohutust?

Uurimisprobleemi täpsustamiseks on sõnastatud järgmised **uurimisküsimused**:

1. Kuidas klassifitseeritakse UGV-sid?
2. Kuidas UGV-d tagavad päästjate ohutuse?
3. Kuidas kasutada UGV-sid päästesündmustel?

Tulenevalt püstitatud uurimisprobleemist on lõputöö **eesmärgiks** selgitada välja UGV-de rakendamise võimalused päästjate ohutuse tagamiseks päästetöödel.

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

1. Anda ülevaade UGV-de klassifikatsioonist, kasutamisest ja ohutusest.
2. Viia läbi kombineeritud uuring UGV-de kasutamisele võtmise võimaluste ja kitsaskohtade osas.
3. Teooria ja uuringu põhjal teha ettepanekuid UGV-de kasutamise eeliste kohta.

Lõputöö on kvalitatiivse ja kvantitatiivse uuringu kombinatsioon (Cresswell, 2014, p 42). Andmeid kogutakse nii kvalitatiivselt (intervjuud) kui ka kvantitatiivselt (katse ja dokumendi analüüs) ning uurimisstrateegiaks on juhtumiuuring (*case study*). Juhtumiks valiti „Mehitamata maismaasõidukite kasutamine Eestis“. Valim koostati eesmärgistatud valimi (*purposive sampling*) põhimõttel (Flick, 2009, pp. 122-123).

Töö koosneb kahest peatükist, millest esimeses on käsitletud UGV-de jagunemist, kasutamist ja ohutust, ning teises on kirjeldatud uuringu metoodikat, läbiviimist ning tutvustatud tulemusi.

1. UGV-DE JAGUNEMINE, KASUTAMINE JA OHUTUS

1.1 UGV-de olemus ja kasutamine

Teises maailmasõjas arendas Saksamaa UGV-d nimega Koljat (*Goliath*). See oli väike roomikutega sõiduk, mida sai kontrollida kaabliga, mis oli 400 meetrit pikk. Selle ainuke mõte oli plahvatada vahetus läheduses. (Lamm, 2012, p. 12) Esimest generatsiooni mehitamata maismaasõidukeid kasutati 1940. aastastel tasastel või poolpinnastel maastikel (Ebrahimi & Mardani, 2019, pp. 20-26). 1950. aastal mõtles Walter välja esimese UGV prototüübi, mis inspireeris teisi disainereid, nagu Tinius 1950. aastal (Walter, 1950, tsit Ebrahimi & Mardani, 2019, pp. 20-26).

1960. aastate lõpus esitleti USA-s ühte esimest autonoomset robotit *Shakey*. Selle praktilisus oli limiteeritud, aga umbes tunniga sai robot aru, kuidas ja kuhu liikuda laboris. (Lamm, 2012, p. 12) Roboti ülesandeks oli paigutada ümber (lükates) lihtsaid esemeid enda keskkonnas (Nilsson, 1969, p. i). Robotit juhtis iseseisvalt kaks samm-mootorit, mis asuvad mõlemal pool sõidukit. Masinal oli *vidiconi* telekaamera ja optiline kaugusemõõtja liigutavas „peas“. Sõiduki pardal asuv juhtimisloogika suunas käsked arvuti abil asjakohastesse toimimiskohtadesse. Lisaks juhtivmootoritele, oli ka mootorid, mis kontrollisid kaamera fookust, iirist ja pea kallet. Peale telekaamera ja kaugusemõõtja oli robotile kinnitatud palju puuetundlikke sensoreid. Need puuetundlikud sensorid võimaldasid robotil aru saada, kui ta millegi vastu põrkab. (Nilsson, 1969, p. 1)

1980. aastatel sponsoreeris Kaitseuringute Agentuur (edaspidi DARPA) programmi nimega Autonoomne Maismaasõiduk (ALV). See oli esimene suur programm, mis tegeles autonoomse sõitmisega väliskeskkonnas. Selleks kutsuti kokku USA kõige võimekamad teadlased ning neid varustati kõige võimsamate arvutitega. Kahjuks oli ALV osaliselt edukas, sest areneti väga väikesel kiirusel. ALV programm näitas, et autonoomne sõitmine on väga kallis ja raske. (Madhavan, *et al.*, 2007, p. 3)

UGV ehitus on väga mitmekülgne. Habib ja Baudoin (2010, p. 4) töid välja, et selline robot koosneb sensoritest, arvutitest ja erinevatest tarkvaradest. Tarkvara alla loetakse erinevaid

seadmeid, mis aitavad masinal paremini tajuda ja navigeerida. Eraldi on UGV-s veel elektrisüsteeme, ülekandelink ja muid erinevaid seadmeid (sõltub masina kasutusviisist).

Kaasaegsete päästerobotite evolutsioon sai alguse 1995. aastal. Sellel ajal toimusid Oklahoma linna pommiplahvatused. Varem oli liiga palju ning suured robotid olid liiga suured, mis pani kartma, et võib tekkida sekundaarne varing. Sellest hakatigi mõtlema, et on vaja väikeseid ja kergeid roboteid. Esimest korda kasutati päästeroboteid DARPA poolt New Yorgis, kui toimus Maailma Kaubanduskeskuse katastroof 2001. aastal. Kuigi see polnud esimene sündmuskoht, kus kasutati päästeroboteid. Doktor Red Whitaker Carnegie Melloni Ülikoolist ehitas roboteid, mis käisid uurimas Kolme Miili Saare (*Three Mile Island*) tuumajaama peale 1979. aasta õnnetust ning 1986. aasta Tšernoboli tuumakatastroofi. Need robotid olid üldiselt aeglased, aga kiirus polnud õnneks probleem, sest siis tehti katastroofijärgset parandamist. (Murphy & Arkin, 2014, pp 2-4)

De Cubber, *et al.* (2014, p. 1) toovad välja, millele tuleks tähelepanu pöörata, kui ehitatakse maismaa robotit/UGV-d:

1. Hea liikumisvõime erinevate pindade peal.
2. Hea vastupidavus vihmale ja tolmule.
3. Suuteline töötama erinevate valgustusega keskkondades.
4. Suuteline ise navigeerima keskkonnas, kui side on nõrk.
5. Kaugjuhitav.

Kokkuvõtteks tekkisid esimesed UGV-d juba 1940. aastatel. Saksamaa kasutas ka sellist masinat juba teises maailmasõjas. Suurem UGV prototüüp tekkis 1950. aastal ning sellega sai ka inspiratsiooni teised disainerid. *Shakey* oli üks esimesi autonoomseid roboteid, mida ehitati, ning selle mõte oli lihtsalt paigutada ümber asju. Olles üks esimesi roboteid, võttis selle tajumine ümbruskonnas umbes tund. 20. sajandi lõpul alustati ka päästes kasutatavate robotite ehitamist. Roboteid kaasati päris mitmes erinevas keskkonnas.

DARPA hakkas toetama 1980. aastatel suurt projekti, mille mõte oli autonoomsete masinate kasutamine välikeskkonnas. Suur miinus projekti puhul oli selle väike arenemiskiirus. UGV koosneb väga paljudest osadest, mis aitavad sellel tajuda ümbruskonda ning uurida erinevaid esemeid. *Shakey* puhul oli välja toodud ka masina täpsem ehitus. Masinal oli mitu erinevat

mootorit, mida kasutati nii masina liigutamiseks kui ka robotis oleva kaamera fokuseerimiseks ning masina „pea“ pööramiseks.

1.2 UGV-de Klassifikatsioon

UGV-sid saab liigitada nii nende otstarbe kui ka suuruse järgi. Klassifitseerida UGV-sid on vajalik, et oleks võimalik masinate otstarbeid ja suurusi nii-öelda lahterdada. Selle tagajärjel saab paika panna mihukesi masinaid kus kasutada (eesliin, tagala). Suurusi uurides on võimalik ka näha ja uurida, et mihukesi saab kasutada luureks (väiksemad) ja eritöödeks (lammutus jne).

1.2.1 Klassifikatsioon otstarbe järgi

EOD robot

Lõhkekeha hävitamise (*Explosive ordnance disposal*, edaspidi EOD) robotid on sisuliselt kaugelt juhitud seadmed, mis lõhkavad või muudavad kahjutuks improviseeritud lõhkeseadeldisi (*Improvised explosive device*, edaspidi IED) (Roderick, 2010, p. 235). Constantin ja Toma (2018, p. 1) toovad välja, et EOD robot on keeruline masin, mis suudab navigeerida erinevates keskkondades, et täita oma missioon.

EOD robotid võtavad inimeste koha pommide otsimises, eemaldamises, transportimises ning lõhkamises. Pomme, mida on raske lammutada või neutraliseerida asukoha tõttu, ei ole võimalik lõhata inimeste vigastuste või hoone kahjude pärast. Operaator kontrollib robotit pommide kõrvaldamiseks, vaadates kaamerat, kuhu tuleb kohapeal olev pilt. (Jian-Jun *et al.*, 2007, p. 247)

SUPER-PLUS on üks paljudest EOD robotitest. Roboti põhi on loodud selleks, et oleks võimalik kiirelt kohaneda ebäühtlase maapinnaga. Sellise roboti puhul on tegemist põhjaga, kus on metallraam ja rattad. Põhja külge on ühendatud veel 'käsi' ning 'käte' peal on veel kauguseandur (vt LISA 2). (Jian-Jun *et al.*, 2007, p. 248)

Taktikaline mehitemata maismaasõiduk

Taktikaline mehitemata maismaasõiduk (*Tactical Unmanned ground vehicle*, edaspidi TUGV) on mehitemata, robotiliselt kontrollitud süsteem, mille eesmärgiks on leida vaenlase sihtmärke ja asukohti (Cersovsky & Kleinschmidt, 1993, p. 3). TUGV koosneb kahest masinast: mobiilne baasüksus (*Mobile base unit*, edaspidi MBU), milles asub sensoorne moodul, ning operaatori

juhtplokk (*Operator control unit*, edaspidi OCU), kus sõdurid juhivad mobiilset baasüksust (Cersovsky & Kleinschmidt, 1993, p. 17).

TUGV peamine ülesanne on tegutseda pikema aja jooksul, samal ajal läbi viies luuret, seiret ja sihtmärgi uurimist. Sellise ülesande jaoks on baasüksuse külge kinnitatud mitmeid erinevaid sensoreid. Need andurid hõlmavad optilisi, termilisi, akustilisi, radioloogilisi, bioloogilisi ja keemilisi (*Nuclear, Biological and Chemical, NBC*) tuvastusseadmeid. (Cersovsky & Kleinschmidt, 1993, p. 3)

Praegu kasutavad USA mereväelased taktikalist mehitamata maismaasõidukit Gladiaator (*Gladiator*) (vt LISA 3). Nende ülesandeks on minimaliseerida ohtu konfliktis keskpunktis. Gladiaator teeb luuret ja vajadusel avab ka tule. Esimesi mõtteid väljendati 1993. aastal. (GlobalSecurity.org, i.a)

Pääste mehitamata maismaasõiduk

Päästerobotite kaasamine lubab esmareageerijatel kaugusest tööd teha. Selliseid masinaid kasutatakse ennetuses, ettevalmistuses, reageerimises ja taastumises. Päästerobotite puhul kasutatakse erinevaid termineid: otsingu- ja päästerobot, päästerobot ja katastroofirobot. (Murphy & Arkin, 2014, p. 1)

Päästerobotid jagatakse kolme erinevasse kategooriasse:

1. Mobiilsed robotid – tavapärasemad robotid (pommirobotid).
2. Biomimeetilised robotid – sobivad hästi imiteerima loodust.
3. Kübemed – väga väikesed, rohkem sobivad sensoriteks.

MILREM on ehitanud UGV nimega *The Multiscope* UGV, mida saab kasutada päästetöodes. Selline UGV on väga mitmekesise kasutusvõimega. Seda saab modifitseerida nii päästetöödeks kui ka tagalätöödeks. (MILREM, i.a)

Eelnevast saab järeldada, et UGV-de otstarbeid on väga erinevaid. On olemas EOD robotid, mille eesmärgiks on vajadusel lõhkekeha õhkamine või nende kahjutuks tegemine. EOD robotid annavad suure eelise ka inimeste turvalisuses, sest masinad suudavad ise need neutraliseerida või ka vajadusel ära transportida. Kasutatakse ka TUGV-sid ehk masinaid, mille eesmärgiks on

avalikustada vaenlase asukoht. UGV-d nimega Gladiaator on kasutuses praegu USA mereväelaste seas. Masina põhiline eesmärk oli ohu kõrvaldamine sõjalises olukorras. TUGV koosneb üldiselt kahest osast (MBU ja OCU).

1.2.2 Klassifikatsioon suuruse järgi

Murphy ja Arkin (2014, pp. 65-66) on välja toonud, et suuruse järgi saab UGV-sid jagada kolmeks: pakendatav (*Man-packable*), isikuga kaasaskantav (*Man-portable*) ja maxi (*Maxi*).

Pakendatav (*Man-packable*)

Pakendatavaid roboteid saab kanda ühes või kahes kotis koos isiku enda kaitsevarustusega. Pakendatav on ta sellepärast, et kui ta ühendada koti külge, siis isiku raskuskese ei hakka kõikuma, kui liigutakse üle killustiku, üles-alla redelist või pikal distantsil. Pakendatavaid roboteid saab eraldi jaotada veel mikroks (*micro*) ja **miniks** (*mini*). (Murphy & Arkin, 2014, p. 65)

Mikrorobotid saab täielikult ühte kotti ära mahutada ning neid saab kasutada kohtades, kuhu inimene või koer ei ulatu. Nad on tavaliselt tankilaadsed ja nad on samasuured kui jalanõukarbid. Mõned mikrorobotid on pallilaadsed. Visates, nad veerevad või hüppavad ning uurivad ümbrust. Kõige tavalisemad mikrorobotid, mida kasutatakse on: Inuktun Microtrac, VGTV ja VTGV Xtremes. (Murphy & Arkin, 2014, p. 65)

Minirobotid on väga väikesed masinad, mida on kerge transportida, sest need võtavad vähe ruumi. Neile saab peale panna sensoreid ja muud vajalikku atribuutikat, et oleks võimalik täita robotile antud ülesanne. Üks minirobot, mis on kasutuses, kannab nime AMiRo. (Herbrechtsmeier, *et al.*, 2012 p. 101)

Isikuga kaasaskantav (*Man-portable*)

Isikuga kaasaskantavad robotid ei mahu kotti, aga neid saab kaasa võtta, kui üks või kaks isikut seda kannavad. Selle kotti panek muudaks inimese raskuskese liiga ebaühtlaseks. Need on samuti tankilaadsed robotid, aga neile on antud robotkäsi. QinetiQ Talon ja iRobot Packbot koos manipulaatori käega on kõige tavalisemad robotid, mida kasutatakse. Sellised roboteid kasutatakse olukordades, kuhu isik mahub ainult roomates. (Murphy & Arkin, 2014, p. 66)

Robotid, mis on tehtud selleks, et sõdureid aidata, tuleb kohale viia samade sõdurite poolt. Kaasaskantavat robotit saab üks sõdur kanda enda seljakotis. Kõige tavalisemad robotid sõjaväes on väikesed, lamedad ja roomikutel. Need suudavad peaaegu igas keskkonnas hakkama saada ning neil on peal palju erinevaid sensoreid (audio, video ja keemiline tuvastus). Sellised robotid on mitmekesised, erinevate sensorite või relvastusega ja kaasaskantavad. (Grabianowski, 2005)

Maxi (*Maxi*)

Maxi roboteid tavaliselt transporditakse treileriga, sest need on liiga suured ja rasked, et kaasas kanda. Neil võivad olla roomikute asemel veel rattad ja mitu manipulaator kätt. Tihti võivad neil veel olla sensormastid, et oleks tagatud veel parem vaade. Maxi-suurusega roboteid ei kasutata väga katastroofide korral, sest nende raskus võib tekitada sekundaarse varingu. Ühte robotit (ANDROS Wolverine) on kasutatud kuuel korral kaevanduste päästel. (Murphy & Arkin, 2014, p. 66)

Eelnevast võib järeldada, et UGV-sid võib jaotada kolme suurusjärku (pakendatav, isikuga kaasaskantav ja maxi). Igal ühel neist on omad miinused ja plussid, mis annavad neile eelise teise roboti ees. Mikroroboteid saab hästi kasutada väikestes kohtades, kuhu inimesed või koerad ei mahu. Isikuga kaasaskantavaid robotitele annavad eelise nende manipulaatori käsi ja nende suurus. Maxi robotite suur eelis on just nende suurus, aga miinuseks saab lugeda nende transportimist (treileriga).

Autor tegi internetist infokorje päästes kasutusel olevate UGV-de kohta (vt LISA 1). Selle põhjal saab UGV-sid klassifitseerida kolme kaaluklassi (kuni 750 kg, 750-2500 kg ja 2500 kg+). Kõik UGV-d, mis leiti infokorjega, on diisel- või elektrimootori peal. Kaaluvahemik on 185-4300 kg.

Kuni 750 kg kaaluklassi kuuluvad üldiselt UVG-d, mis töötavad rohkem eesliinil (kustutustööd). Suurem osa neist on ka modifitseeritavad. Tagalas saab ka neid kaasata seoses transpordiga (kannatanud, varustus). Thermite RS1 valmistati aastal 2014, olles kõige varasema tootmisaastaga. Suurem osa UGV-sid selles kaaluklassis on toodetud 2020. aastal. Thermite RS1 on üks väheseid UGV-sid, mida pole võimalik ka muuta (modifitseerida). Seda UGV-d saab kasutada kustutustöödel esiliinis. Puhtalt tagaliini UGV sellises kaaluklassis on Barakuda, seetõttu pole võimalik seda ka modifitseerida (spetsiaalne). Sellist UGV-d kasutatakse varustuse transpordis.

750-2500 kg kaaluklassis on masinad, mis töötavad nii eesliinil kui ka tagalas. Infokorje järgi on kõige vanem neist 2017. aastal ehitatud LUF60 ja kõige uuem Thermite RS3 (2020). Mõlemad on otseseks kustutustööks mõeldud UGV-d. Sellisesse kaaluklassi läheb ka Eesti enda ehitatud UGV MILREMi poolt (*The Multiscope* UGV) (MILREM, i.a). *The Multiscope* UGV-d saab kasutada nii eesliinil kui ka tagalas. Eesliinil saab kaasata *The Multiscope* UGV-d kustutustöödel, tagalas voolikute vedamisel ja üldise varustuse transportimisel. Kõik UGV-d selles kaalukategoorias on modifitseeritavad.

Kaaluklassi 2500 kg+ kuuluvad infokorje järgi kaks UGV-d. Need on kõige suuremad ja raskemad masinad. Mõlemad UGV-d on spetsiaalsed ehk neid pole võimalik muuta ega modifitseerida. Selliseid UGV-sid kaasatakse suuremate sündmuste puhul. LUF120 on kõige raskem UGV (4300 kg) ning seda kasutatakse suuremate kustutustööde puhul. Teine UGV on LUF Multi, mida kasutatakse voolikusüsteemi nii üles võtmisel kui ka maha seadmisel.

Üldlevinud klassifikatsiooni suuruse järgi on kuni 500 kg (*small*), 500-3000 kg (*medium*) ja 3000+ kg (*heavy*). MILREM-i *The Multiscope* UGV on *medium* klassi UGV. (Vellak, 2021a)

1.3 UGV-de kasutamine valdkondades

1.3.1 Pääste valdkond

Murphy ja Arkin (2014 pp. 1-2) on toonud oma teoses välja viis küsimust UGV-de loomuse ning kasutuse kohta, millele vastatakse kogu peatüki vältel. Eraldi kirjeldati (2014, p. 6) veel, millega peaks UGV hakkama saama ekstreemsetes tingimustes. Toodi välja, et masinatel on vaja liikuda läbi nii sopast, mudast kui ka väga väikestest avadest.

Mehitamata maismaasõidukeid on tihti kasutatud katastroofidele reageerimise valdkonnas. Neid kasutatakse karmi ja ebastabiilse maastiku uurimiseks otsingu- ja päästeoperatsioonide jaoks. (Paillat *et al.*, 2009, pp. 255-276) Loodusõnnetustesse kaasatakse üha rohkem maismaa roboteid, sellepärast on nende arendamine ka suur prioriteet. Euroopas on väga palju roboteid (lindiga või ratastega) kasutatud erinevates keskkondades. (Delmerico, *et al.*, 2018, p. 4) Erinevate keskkondade alla võib lugeda nii liivaseid, mullaseid kui ka asfaltpindu.

Päästerobotiks peetakse masinat, mida saab kasutada erinevates keskkondades ning ebatavalistel maastikel. Sellised masinad peavad üldiselt olema väikesed, sest neid on vaja kasutada kohtades,

kuhu ei pääse suurte masinatega. (Murphy & Arkin, 2014, pp. 4-5) On tekkinud ka olukordi, kus telliti UGV-sid operatsioonide tegemiseks, kuid neid ei kasutatud. 2001. aastal sooviti kasutada UGV-d söekaevanduses (Jim Walter nr. 5) toimunud plahvatuses, aga kardeti, et masin võib sütitada metaani. (Murphy & Arkin, 2014, pp. 22-39)

Õnnetusrobotite arengus pannakse pidevalt rõhku masina liikumisvõime arendamist keskkonnas. Õnnetuste puhul on keskkond üldiselt ebauhtlane (struktureerimata), kus pidevalt esineb ka erinevaid probleeme ja takistusi. (Delmerico, *et.al.*, 2018, p. 3)

Mobiilsed robotid on domineerinud päästerobotite seas. Välirobotid erinevad suuruste poolest, kuigi tavaliselt kasutatakse mingit turvist või linti liikumiseks. Lint võib olla kinnine või lahtine (lint võib maha joosta). Päästeks mõeldud robotid tuginevad rohkem akutoitele kui sisepõlemisele, sest nii on neid kergem transportida ja liigutada. (Murphy & Arkin, 2014, pp. 64-65)

Mehitamata maismaasõidukeid pääste valdkonnas saab jagada kolme kategooriasse, millest autor kirjutas ka punktis 1.2.1.

Mobiilseid roboteid kasutatakse kõige suuremal hulgal päästeoperatsioonidel. Suurusklass on sellistel masinatel väga mitmekesine, aga liigutakse üldiselt kas rataste või roomikute peal. Mobiilseid roboteid saab jagada veel eraldi kolme kategooriasse, millest autor kirjutas ka punktis 1.2 (Murphy & Arkin, 2014, pp. 65-66):

1. Pakendatav;
2. Kaasaskantav;
3. Maxi.

Biomeetiliste robotid on rohkem tuleviku plaan. Need suudavad imiteerida väga hästi bioloogiat, eriti just liikumise poolest. Selliste masinate puhul võib kasutusel olla roomikute ning rataste asemel ka jalad. (Murphy & Arkin, 2014, p. 66)

Biomeetilisi roboteid saab jagada kahte gruppi (Murphy & Arkin, 2014, p. 66):

1. vabad serpentiinrobotid;
2. fikseeritud baasil serpentiinrobotid.

Watanabe, *et al.* (2008, pp. 1685-1686) seletavad lahti, milline peaks välja nägema serpentiinirobot. Masinal on mitu erinevat liiget, mis aitavad sellel liikuda nagu madu (vt LISA 4).

Vaba serpentiinirobot on iseseisev ning liigub ainult siis, kui on pidev kontakt pinnaga. Fikseeritud serpentiinirobot, nagu ka nimest aru saada, on ühendatud mingi teise robotiga ehk seda saab kasutada kohtades, kuhu ei pääseta suure robotiga (Murphy & Arkin, 2014, p. 66).

Kübe robotid, tulenevalt oma nimest, on väga väikesed robotid. Selliseid roboteid peetakse rohkem sensoriteks, sest nende liikumisvõime on tugevalt seotud keskkonnaga. (Murphy & Arkin, 2014, p. 65)

Kübe robotiga on võimalik mõõta keskkonnas toimuvat. Täpsemalt saab mõõta temperatuuri, niiskust ja keemiliste ainete kontsentratsiooni õhus. Sellised sensoreid on ka kasutatud õppustel. Need ühendatakse roboti külge, kus nad saavad mõõta keskkonnas toimuvat ning anda vajalikku informatsiooni edasi operaatorile. (Kumar, *et al.*, 2004, pp. 25,29)

1.3.2 Põllumajandus

Robotite kaasamine põllunduseerialal aitab vähendada inimeste liigset energiakulu. Masinad saavad nüüd ise suurema osa välitöödest ära teha, mis toob kasu ka saagi tootmisel. Enam ei teki nii suurt vahet plaanitaval ja kätte saadud saagil. (Quaglia, *et al.*, 2020, p. 1)

Põllumajanduses kasutusel olevaid roboteid saab jagada kolme kategooriasse: umbrohutõrjeks mõeldud masinad, väliuurimusteks ning saagikorjeks. Umbrohutõrjeks mõeldud robotitel on peal erinevad spreid ning kemikaalid, mis aitavad tõrjuda igasuguseid liike. Väliuuringuteks on masinatel peal erinevad sensorid, mis aitavad neil paremini manööverdada ning vajadusel on nad suutelised ka maast näite võtma. Saagi kättesaamiseks kasutatakse masinaid, kuhu on vajadusel kinnitatud käsi, et oleks võimalikult hea lõpptulemus. (Quaglia, *et al.*, 2020, p. 2)

Agri.q on ehituses olev UGV, mida saab kasutada põllumajanduses. Masinale on peale kinnitatud päikesepaneel, kuhu vajadusel on võimalik peale mahutada ka MÕS-e, mis omakorda annab võimaluse teha koostööd kahe erineva masina vahel. Sellist UGV-d on võimalik kallutada, et oleks pidev võimalus droonidel maanduda ning õhku tõusta. Eraldi on sellel veel olemas “käsi”, millega on võimalik võtta proove. Tootjad ei soovinud, et selle kaaluklass oleks suur, sest on

vaja hoida maa terviklikkus ning sellepärast kaalub masin umbes 100 kg. (Quaglia, *et al.*, 2020, p. 2-7)

Täppispõllunduse algsed juured lähevad aastatesse 1970 ja 1980. Põllunduses kasutatakse seire- ja sekkumisvõimalusi, mille eesmärk on parandada efektiivsust. Täppispõllunduse arengu mõte on paremini toime tulla ruumilise ja ajalise varieeruvusega. Üks lähenemisviis on kasutada intelligentsemaid masinaid, sisendite tõhusamaks vähendamiseks ja sihtimiseks. Autonoomsete süsteemiarhitektuuride tulek annab võimaluse arendada uusi põllumajandusseadmeid, mis põhinevad väikestel nutikatel masinatel, mis vähendavad jäätmeid, parandavad majanduslikku jõulisust, vähendavad keskkonnamõju ja suurendavad toidu säilivust. Robotitel on märkimisväärne potentsiaal sekkumisvõimaluste suurendamiseks, näiteks märjal maapinnal liikumine, öösel töötamine. (Duckett, *et al.*, 2018, pp. 3-4)

Robotite kasutamine põllumajanduses peab vastama järgmistele reeglitele (Bechar & Vigneault, 2016, p. 97):

1. Tootega arvestamine on kõige tähtsam.
2. Kasutades olemasolevat tehnoloogiat peab ülesanne ja selle osad teostatavad olema.
3. Põllumajanduslike robotite maksumus peab olema väiksem kui tekkiv tulu.

UGV-sid kasutatakse veel saagi fenotüüpimisel. Peale selliste masinate kaasatakse veel mehitatud maismaasõidukeid (edaspidi MGV) ja MÕS-e. MÕS-id annavad suurema ülevaate õhust, aga neile ei saa palju sensoreid kinnitada ning halb ilm piirab nende lendu. Siin tekib UGV-del ja MGV-del väga suur eelis MÕS-ide üle. UGV-de kasutamine on kõige otstarbekam, sest nende puhul puudub inimfaktor (eksimine sõitmisel). Sellistele robotitele saab panna peale erinevaid sensoreid, mis teevad nendest tähtsa komponendi täppispõllunduses. (Nguyen, *et al.*, 2021, p. 2)

Nguyen, *et al.* (2021, p. 2) toovad eraldi välja põllumajanduses kasutatavate UGV-de tüübid. Üheks suuremaks UGV-ks on automatiseeritud traktorid. Põhiliselt kasutatakse neid põllu harimisel. Suureks probleemiks on nende suur raskus, mis võib tekitada suurt kahju mullale (mulla tihendamine). Eraldi kasutatakse veel autonoomseid mobiilseid roboteid. Nende eelis tekibki just nende kerguses. Sellised masinad saavad rohkem liikuda erinevatel maastikel, mis toob kaasa ka väiksema mulla tihendamise.

1.3.3 Demineerimine

EOD robotitest on saanud põhiline vahend, millega eemaldatakse IED-sid. Neid kasutatakse, et ei tekiks liigseid vigastusi demineerijate seas. (Sun & Tan, 2020, p. 1)

Demineerimiseks mõeldud robotite nõuded on väga täpsed. Masina platvorm peab olema väga tugev, et see suudaks kohanduda erinevate maastikega ja vedada raskeid sensoreid. Eelise toob ka see, kui platvorm on vihmakindel. Robot peab suutma liikuda väga täpselt, eriti kui on tegemist lõhkeseadeldiste otsimisega. Samasuguse ehitusega peab olema ka otsimise ja päästmise robot (SAR). (De Cubber, *et al.*, 2014, p. 2)

Demineerimisrobotitel on peal erinevad tööriistad, mis aitavad neil leida miine ja plahvatamata laskemoona (UXO). Eraldi on veel atribuute (tuvastamiseks ja kõrvaldamiseks), mille eesmärk on hävitada või eemaldada sellised esemeid. (De Cubber, *et al.*, 2014, p. 3)

Kõige esimene pommirobot oli *Wheelbarrow*, mida kasutati Põhja-Iirimaal autopommide kahjutuks tegemisel. Demineerijatel on kasutusel erinevate suurustega pommirobotid (tennisepall-ekskavaator). (Tammine, 2021a)

Igal robotil on oma otstarve. Roboteid kasutatakse nii vaatluseks kui ka demineerimistöodeks. Vaatlusrobotite mõte on kuulata, vaadelda ja vajadusel ka kompida. Masinatele on peale pandud kaamerad (360 kraadi), mikrofonid ja käed (lõikamine). Demineerimiseks mõeldud robotite mõte on lõhkekeha kahjutuks tegemine või selle liigutamine. (Tammine, 2021a)

Vajadusel saab kasutada demineerimiseks ka veekahurit, mida on võimalik paigaldada EOD robotile. Veekahurite mõte on lasta vett IED pihta, mille tagajärjel seadeldis lakkaks töötamast. Veekahuril peab puuduma tagasilöökk, sest muidu võib robot viga saada. (Chantrasm, *et al.*, 2018, p. 1)

1.3.4 Sõjavägi

UGV-sid kasutatakse nii USA sõjaväes kui ka teiste suuremate riikide vägedes. Algselt kasutati UGV-sid raske varustuse veoks, aga lõpuks hakati neid arendama ka muude eesmärkide täitmiseks. Masinad ehitati luureks ja IED-e hävituseks. (Browne, 2019, p. 48) Sõjaväes kasutusel olevad UGV-d on väikesed, kaugjuhitavad ja rataste või lindiga. Sellised UGV-d peavad suutma liikuda igas keskkonnas (muda, lumi, vesi ja liiv) ning ronida treppidest üles.

Kõik UGV-d, mida kasutatakse luureks või IED-e hävituseks, on mõeldud kaitsvaks tegevuseks, aga eraldi on ehitatud ka ründetegevuseks mõeldud UGV-sid (Bogue, 2016, p. 354) Venemaa on välja toonud mitmeid UGV-sid, mida nad on kaasanud sõjalises tegevuses (Platforma-M, Taifun-M, Uran-9, URP-01G) (Bogue, 2016, p. 355)

UGV-d ei hakka asendama sõdureid, vaid parandavad vägede tugevust sõjas. Jalaväele on UGV-d suureks abiks, aga sellised masinad ei suuda liikuda ja strateegiliselt kohanduda nagu inimesed. Masinale annab eelise see, et robot ei tunne väsimust ning suudab koheselt kohalduda uue relvaga. (Matejka, 2020, p. 8)

Matejka (2020, pp. 13-15) toob välja 9 omadust, mis peavad olema sõjaväe UGV-l (toetuseks või lahingutegevuseks):

1. Väikesed mõõtmed – masin ei tohi olla liiga suur, sest kompaktsed masinat on raskem märgata. Linnaoperatsioonidel on väga kasulik, sest suudab siseneda hoonesse ilma eelneva lammutamiseta.
2. Kiirus ja liikuvus maapinnal – kiirus sõltub jalaväe tempost. UGV peab suutma liikuda jalaväega samal kiirusel isegi raskendatud kohtades (metsad, liivased pinnad). Masin peab suutma kiirust tõsta, kui on vaja teha manöövreid ning vajadusel ka takistusi vältima.
3. Hea patareide maht – UGV peab olema suuteline töötama ohtlikus tsoonis 24+ tundi. Masin võiks osata “magada” ehk säästa patareisid, kui see ei liigu.
4. Takistuste ületamine – peab suutma liikuda üle takistuste ning treppidest üles sõitma, sest linnalises olukorras on see kõige tähtsam omadus.
5. Veekindel – vee ületamine ei tohiks olla probleem masinale.
6. Väikerelvade kaitse – UGV-l peab olema hea soomus, et oleks võimalik anda kattetuld jalaväele. Masin ei peaks olema täielikult soomustatud (eest ja külgedelt).
7. Kaitse massihävitusrelva vastu – masin peab vastu pidama massihävitusrelva plahvatusele, olgu see siis keemiline, radioloogiline, bioloogiline või elektromagneetiline impulss.
8. Kasutaja sõbralik – peab abiks olema igal võimalusel ning eelise annab ka see, kui masinat on võimalik kiirelt modifitseerida.

9. Kohapealne teenindamine – parandamine peaks olema kerge ja ilma liigsete tööriistadeta.

1.4 Ohutus

Looduslikud kataastroofid on vältimatud ning nendest totaalselt taastumine on ligidal võimatule. Looduskatastroofid võivad juhtuda igas riigis (arengumaades või arenenud riigis). Looduskatastroof tekitab suuri kahjustusi nii majanduslikult kui ka sotsiaalselt. Selliseid kataastroofe ei ole võimalik vältida, aga neid on võimalik ennetada tehes erinevaid plaane, uuringuid ja tehnoloogia arendusi. Kõige tavalisemad looduskatastroofid on maavärinad, üleujutused, vulkaanipursked, tsunaamid, orkaanid, taifuunid, laviinid, troopilised tormid ja metsapõlengud. Sellised kataastroofid tekitavad majanduslikult suurt kahju (hoonete lagunemised jne). (Habib & Baudoin, 2010, p. 1)

Robotite kaasamine on eriti kasulik siis, kui inimfaktor pole enam piisavalt osav. Habib ja Baudoin kirjeldavad, milline peaks olema hea päästerobot. Toodi välja kuusteist erinevat punkti seoses roboti ehitusega. Ehitusega seotud omadused on järgmised (Habib ja Baudoin, 2010 pp. 2-3):

1. Varisenud struktuuride avastamine ja kaartide koostamine.
2. Robot peaks suutma töötada mitmes erinevas režiimis (automaatne, kaugtöödeldav, poolautomaatne).
3. Masin on mitmekülgne.
4. Inimene võib osaleda robotitega koostöös ning olla nende koordinaator.
5. Robot on modifitseeritav.
6. Robotil on andurid, millega saab ülesannet täita (koguda teavet erinevate asukohtade kohta)
7. Robot leiab helide täpse asukoha ning oskab neid õigesti tõlgendada.
8. Leiab ohtliku asukoha ning teatab sellest.
9. Kõik atribuudid (andurid jne) peaksid töötama ka kriitilistes tingimustes.
10. Robotil on täpne ja usaldusväärne kommunikatsioonisüsteem, et oleks võimalik edastada pidevat informatsiooni.
11. Tugev side inimese ja roboti vahel, et oleks tagatud hea koostöö.

12. Robot on õppimisvõimeline, et oleks tagatud pidev tegutsemine, kui ei saada ülesandest täielikult aru.
13. Robot peaks olema kaitstud erinevate kemikaalide ja vee eest.
14. Robot on väike, odav ning seda saab kergelt hooldada.
15. Roboti kasutamine peab olema kiire.
16. Masin peab olema vastupidav.

Masinaid kasutatakse rohkem info kogumiseks või olukordades, kus inimeste võime ei ole enam piisav. Tehnoloogiast on väga palju abi olukordades, kus on suur riskikeskkond või automaatika kasutamine annab kiirema ja parema tulemuse. Eraldi kasutatakse neid veel luure tegemiseks ohtlikus alas, et oleks võimalik aru saada ohukoldes toimuvast. Masinate kasutamine füüsiliste tööde puhul annab ohutuma tulemuse kui inimeste kaasamine. (Delmerico, *et al.*, 2018, pp. 9, 14) Roboteid on kaasatud tulekahjude kustutamisel või kannatanute transpordil. Transportimisel on masin ise suuteline tõstma kannatanu kandraami peale ja temaga välja sõitma. Samuti on võimalik läbi roboti meditsiinilist abi anda. Tulekahjude kustutamisel saab kaasata masinaid nende vastupidava ehituse pärast. Keskkondades, kus tulekahju on liiga ohtlik päästjate jaoks, saab kasutada roboteid (UGV-sid). UGV-sid on kaasatud juba mitmes sündmuses seoses kannatanute leidmisega. 2001. ja 2011. aastal kaasati UGV-sid kannatanute otsingutes kokku varisenud hoonete seest. Samuti on kasutatud UGV-sid uputuste ja tuumakatastroofide puhul, sest inimestele endale on see olnud liiga ohtlik. (Delmerico, *et al.*, 2018, pp. 2-6).

Berns, *et al.* (2017, p. 54-56) toovad ka välja, et päästemissioonideks oleks just vaja kahte erinevat liiki UGV-sid. Suuri, mida saab kasutada suurte asjade tõstmiseks ja vedamiseks ning informatsiooni kätte saamiseks ohtlikest keskkondadest. Väikeseid, mida saab saata kohtadesse, kuhu inimene ei mahu ja otsida kannatanuid. Suurt mehitamata maismaasõidukit (LUGV) saab kasutada suuremate tööde tegemiseks (puhastamised, lõhkumised). Sellise masina kasutamine tagab päästjatele parema ohutuse, sest vajadusel saab seda UGV-d kasutada ka maja stabiilseks tegemisel. Väikese mehitamata maismaasõiduki (SUGV) külge on võimalik ühendada kaameraid, et oleks võimalik näha, mis toimub hoones sees, kui ohufaktor on päästja jaoks liiga suur. Robotite mõte on aidata ning parandada inimeste võimet operatsioonidel.

Delmerico, *et al.* (2018, p. 14) toovad välja, et robotite kaasamine erinevatesse riskikeskkondadesse (kitsad kohad, vee alused, kõrgused, plahvatusohtlikud ja kõrge temperatuuri kohad) parandab inimeste ohutusfaktorit. Eraldi tuuakse välja, et tulekahjude puhul on tegemist mitmete erinevate ohtudega, kus oleks abi masinatest (UGV). Soovitakse saada UGV-sid ja MÕS-e, mis suudaksid pidevalt anda tagasisidet riskikeskkondades.

2019. aastal registreeriti Päästeametis kokku 52 tööõnnetust, nendest 10 olid raskemad. Kõige suurem osa (22), leidis aset just päästesündmusel/tulekahjul. (Spiegel, i.a)

Kõige rohkem vigastati oma jalgu (19 korda) ja käsi (15 korda). Tavaliselt oli tegemist, kas luumurdudega, sidemete venituste või löikehaavadega. Spiegel (i.a) toob välja ka peamised põhjused:

- Ettevaatamatus;
- Kiirustamine;
- Ettenägematu olukord päästesündmusel;
- Halva nähtavuse tõttu ohuolukorra mittemärkamine;
- Ohuolukorra vale hindamine;
- Ohutusnõuete eiramine teenistujate poolt;
- Päästetehnika vale kasutamine.

Suurem osa õnnetusi on siiski hooletusest. Kõik sellised õnnetused on UGV-dega lahendatavad, sest masin ei tekita hooletusvigu, mis võivad esineda isikutel. Masin töötab täpselt nii, nagu operaator seda juhib.

2. EMPIIRILINE UURING

2.1 Uuringu metoodika, protsess ja valim

Käesoleva lõputöö uurimisstrateegiaks on juhtumiuuring (*case study*) (Flick, 2009, p. 134). Flick kirjutab, et juhtumiuuring on väga detailne ja täpne. Eraldi on Flick veel välja toonud miinusena olukorra, kus ühe juhtumi uuringust võib saada üldistamine. Seda saab vältida, kui teha mitu juhtumiuuringut. (Flick, 2009, p. 134) Õunapuu (2014, lk 59) toob välja, et juhtumiuuringu puhul kogutakse palju infot läbi erinevate andmekogumismeetodite. Autor valis juhtumiks “Mehitamata maismaasõidukite kasutamine Eestis”.

Töö eesmärgi saavutamiseks kasutab autor kvalitatiivse ja kvantitatiivse uurimismeetodi kombinatsiooni, sest lõputöö eesmärgi saavutamiseks on vaja läbi viia nii katsed, intervjuud kui ka dokumendi analüüs, mis on kombineeritud uuringu strateegia üks põhiomadusi. (Flick, 2009, pp. 25-27).

Uurimuse saab jaotada kolme erinevasse etappi: andmete kogumine, andmete analüüs ja ettepanekute tegemine.

Peale statistika uurimist ja analüüsi viidi läbi katsed Rapla päästekomando õuel, kuhu kaasati ka Rapla päästekomando liikmed katsete ülesehituseks. Tekitati kaks erinevat stsenaariumi ning mõlemat sündmust viidi läbi kaks korda. Peale katseid viidi läbi intervjuud päästekeskustes töötavate operatiivkorrapidajatega ja regiooni vastutavate korrapidajatega, kus uuriti, kas masinatest oleks abi olnud, ning lõpuks tehti ettepanekud seoses UGV-de kasutamisega.

Valimi koostas autor eesmärgistatud valimi põhimõttel (Teddlie & Yu, 2007, p. 77). Valim jaguneb kolmeks: UGV, päästesündmused ja operatiivkorrapidajad/regiooni vastutavad korrapidajad. UGV-d kasutatakse katsete tegemiseks. Teisena on kaasatud päästesündmused, kus oleks saanud kaasata UGV-sid (keelualad ja ohualad). Operatiivkorrapidajate ja regiooni vastutavate korrapidajate kaasamine valimisse oli vajalik, et saaks ülevaate ka isikute enda arvamusel UGV-de kaasamisest.

Laherand (2008, lk 25) toob välja, et dokumendi analüüsi on võimalik teha nii kvalitatiivselt kui ka kvantitatiivselt. Kõik sõltub sellest, kuidas andmeid kasutatakse. Statistilisi ülevaateid

(Päästeameti andmeid) on võimalik kasutada dokumendi analüüsi all. Lõputöös käsitletakse andmeid kvantitatiivselt.

Päästesündmuste kaasamiseks võeti ühendust Päästeametiga ning taotleti hoonetulekahjude andmeid. Valimis tuuakse täpsemalt välja kõrgemate astmetega (aste 3-4) tulekahjude arv keskuste raames ning keelu- ja ohualaga toimunud sündmused keskuste raames. Kasutatakse selliseid andmeid, sest UGV-sid saab hästi kasutada keelu- ja ohualaga sündmustel ja ka suuremate sündmuste puhul ning seal tuleb välja nende kasulikkus inimeste ohutusele.

Eksperiment ehk katse on kvantitatiivne uurimismeetod, mida autor kasutab lõputöös empiirilises uuringus tulemuste saamiseks. Õunapuu (2014, lk 59) toob välja, et eksperimenti tehes saab teha järeldusi, kuidas üks asi mõjutab teist. Siin lõputöös ongi välja toodud mõjutusosadeks UGV ja keeluala. Valiti sellised mõjutusobjektid, et oleks võimalik katsetada, kas on võimalik UGV-ga liikuda keelualas ja kuidas see opereerib sellises tingimuses, kui pole ümber ühtegi isikut.

Teiseks valimiks kasutatakse MILREM-i poolt ehitatud *The Multiscope* UGV Type 4.5-te. Masinat kaasatakse katsete läbiviimiseks välitingimustes. *The Multiscope* UGV Type 4.5 on üks *The Multiscope* UGV tüüpe. Masinas on algselt ehitatud transpordiks (korv sees). Katsete tegemiseks modifitseeriti UGV-d vastavalt vajadusele.

Masina tehniliste andmete saamiseks võeti ühendust MILREM-i tsiviilarengu juhi Priit Vellakuga. Masina tippkiirus on 20 km/h. ning mõõtmed on igal *The Multiscope* UGV-l samad (2,4x2x1,15 m). Masina kogukaal on 1630 kg ning kandevõime 750 kg. UGV suureks eeliseks on selle suur kontrollimiskaugus, milleks on 1,5 kilomeetrit. UGV-l on toitevalikuks diisel ja elektriline hübriidmootor. Tõmbejõud on masinal 21 000 N (2100 kg). (Vellak, 2021b) Masinat saab juhtida juhtpuldil, mida omab operaator. Juhtimiseks on vaja kõrgepinget, aga vajadusel saab juhtpuldile järele panna ka generaatori.

Laherand (2008, lk 176-179) seletab lahti, et intervjuud on vestlused, millal on mingi kindel eesmärk. Intervjuudel on oma plussid ja miinused. Plussidena saab välja tuua andmekogumise paindlikkuse ehk on võimalik muuta ja reguleerida andmekogumist. Miinustena on välja toodud selle ajaline maht. Üldiselt võtavad intervjuud aega tund kuni kaks tundi.

Kolmanda valimina kaasati uuringusse operatiivkorrapidajad ja regiooni vastutavad korrapidajad igast päästekeskusest üle Eesti. Isikutele tehti intervjuud, mis viidi läbi Skype keskkonna.

2.1.2 Protsess

Dokumendi analüüs tehti Päästeameti statistika põhjal. Saadi statistikat seoses hoonetulekahjudega ning selle tagajärjel sai uurida täpsemalt, kus on toimunud kõige rohkem sündmuseid keelu- ja ohualadega. Eraldi uuriti veel, kui palju toimus hoonetulekahjusid ja toodi veel välja ohualade suurused numbriliselt. Eraldi kirjeldati veel aste 3-4 sündmuste kogust keskuste vahel. Toodi välja ka protsendid, et oleks näha täpsemalt, kui suured erinevused on keskuste raames. Joonistena toodi välja, kõik eelnevalt kirjeldatud tulemused.

Katsete ülesehituseks kaasati Rapla päästekomando, nende varustus, MILREM UGV, UGV operaator ja Päästeameti ekspert Ivar Frantsuzov. Katsed viidi läbi kõvakattega (asfalt) teel.

Katsete tegemiseks oli vaja modifitseerida MILREM-i poolt antud UGV-d. Lafettjoatoru ja käsijoatoru kinnitati UGV-le erinevate lahenduste läbi (kaablisidemed, koormarihmad, voolikuremmid, pitskruvid). Masina põhja külge kinnitati lafettjoatoru koormarihmade ja kaablisidemete abil. Koormarihmadega fikseeriti lafettjoatoru ning kaablisidemetega kinnitati jalad põhja külge. Käsijoatoru paigaldati UGV roomikute peal oleva resti külge koos pitskruvide, pulga ja koormarihmaga. Joatorude taha oli vaja kinnitada ka voolikud. Voolikuremm tõmmati masina põhja külge ning teine osa ühendati voolikuliitmikuga (vooliku ots). Sellist lahendust oli vaja kasutada, sest nii ei saanud liigselt viga liitmikud (Foto 4). Peale masina enda modifitseerimist oli vaja maha asetada voolikusüsteem, et UGV saaks sellega “sündmuskohale” liikuda.



Foto 4. UGV ehitus katseteks. (autori tehtud)

Intervjuude tegemine toimus läbi Skype keskkonna ajavahemikus 31.03.-02.04.2021. Intervjuusid viidi läbi kahel korral päevas (kell 10-11 ja 18-19) Skype keskkonnas. Kutsuti kohale iga päästkeskuse teine ja kolmas juhtimistasand. Intervjuude läbiviimiseks koostati autori ja kaasjuhendaja koostöös küsimused. Kokku esitati 5 küsimust (LISA 6).

2.2 Uuringute kirjeldused

2.2.1 Dokumendi analüüs

Dokumendi analüüsis kasutatakse Exceli tabelit, kus olid kategooriad seoses sündmuste astmetega, hoone kasutusotstarvetega, kasutatud veekogustega jne. Andmed pärinevad aastatest 2018-2020 ehk hilisemad sündmused.

Analüüsiti täpsemalt ohualade ja keelualade numbreid, sest sellistes tingimustes tekibki UGV-del eelis päästjate ees. Keelu- ja ohualadele on võimalik saata UGV-sid, et ei tekiks liigset ohtu päästjatele.

Võrreldi omavahel keskuseid ning toodi välja kõige suuremate numbritega keskused ja kirjeldati ka protsentuaalselt. Pikema analüüsi tagajärjel esitati tulemused nii graafiliselt kui ka kirjalikult. Tulemused toodi välja punktis 2.3.

2.2.2 Katsete kirjeldus

Katsete eesmärgiks on uurida masina tööd keelualas, et oleks näha, kuidas saaks rakendada UGV-d olukorras, kuhu pole võimalik päästjaid saata. Katsed viidi läbi Rapla päästekomandos koos valves oleva päästjate ja meeskonnavanemaga (1+2 koosseis) 25.04.2021 kell 11.00-13.00 kõvakattega (asfalt) pinnal. Tekitati ka keeluala ehk masin pidi operaatori juhendamisel liikuma 100 meetrit, et viia läbi jahutustööd. Tekitati kaks erinevat stsenaariumit. Üheks oli „mahuti jahutamine“ ning teiseks „ballooni jahutamine“. Hiljuti (13.03.2021) leidis Nõmmel aset sündmus, kus oli vaja jahutada põlevat ballooni ning UGV-de puudumise korral oli vaja päästjatel ise vahetuslähedusse liikuda. Uuriti juhust Päästejuhised Keemiaõnnetustel (2017, lk 160) (edaspidi PÄKE), kus toodi välja, et atsetüleeniballooni korral tuleb kasutada mehitamata joatoru (saab kasutada ka UGV-d, sest UGV on mehitamata). Ballooni jahutamise toimuski olukorras, kus oli tegemist atsetüleeniballooniga. Teine katse „mahuti jahutamine“ valiti sellepärast, et keelualade korral, saab UGV-d rakendada nii, et päästjad ei pea ise vahetusläheduses olema. PÄKE-s (2017, lk 160) toodi välja täpsemalt mahuti jahutamine (Juhis M7b: mahuti jahutamine). Juhendis kirjeldati, et mahutit on vaja jahutada olukorras, kui tsisternis on tekkinud reaktsioon, mille tagajärjel tõuseb vedeliku temperatuur ja rõhk. Jälgides seda mõtet, tehtigi katse „Mahuti jahutamine“. Kokku tehti kaks katset ning mõlemat stsenaariumi viidi läbi kaks korda.

Koondvarustus mõlema katse jaoks oli järgmine:

1. Laffettjoatoru;
2. Käsijoatoru;
3. Paakkonteiner;
4. Mahuti;
5. Balloon;
6. Prototüüpne voolikukerija;
7. 5-6 77 mm voolikut (5 voolikut ballooni jahutamiseks ja 6 voolikut mahuti jahutamiseks).

Katsed viidi läbi kahes erinevas faasis. Esimeses faasis liiguti survestamata voolikutega (95% teekonnast), et ei tekiks voolikute liigset lõhkumist. Teises faasis lasti voolikutele vesi sisse ning liiguti survestatud liiniga ohukolde vahetuslähedusse. Katse tulemused kirjeldati pikemalt lahti protokollis (LISA 5).

Ballooni jahutamine katse eesmärk oli läbi viia jahutustöö ballooni osas. Ülesande läbi viimiseks kaasati Rapla päästekomando päästjaid ja meeskonnavanemat (1+2 koosseis). Seati paika balloon ning ühendati voolikud UGV ja paakkonteineri vahel. Katset teostati käsijoatoruga. Katse sooritati kaks korda ning tulemused protokolliti.

Mahuti jahutamise katse eesmärgiks oli läbi viia jahutustöö suure mahuti osas. Nagu ka ballooni jahutamise osas, kaasati ka sellel katsel Rapla päästekomando liikmeid. Ülesehitus oli samasugune nagu ballooni kustutamine, aga siin kasutati käsijoatoru asemel laffettjoatoru (veehulk suurem, mida suudab välja lasta). Katset viidi läbi kaks korda.

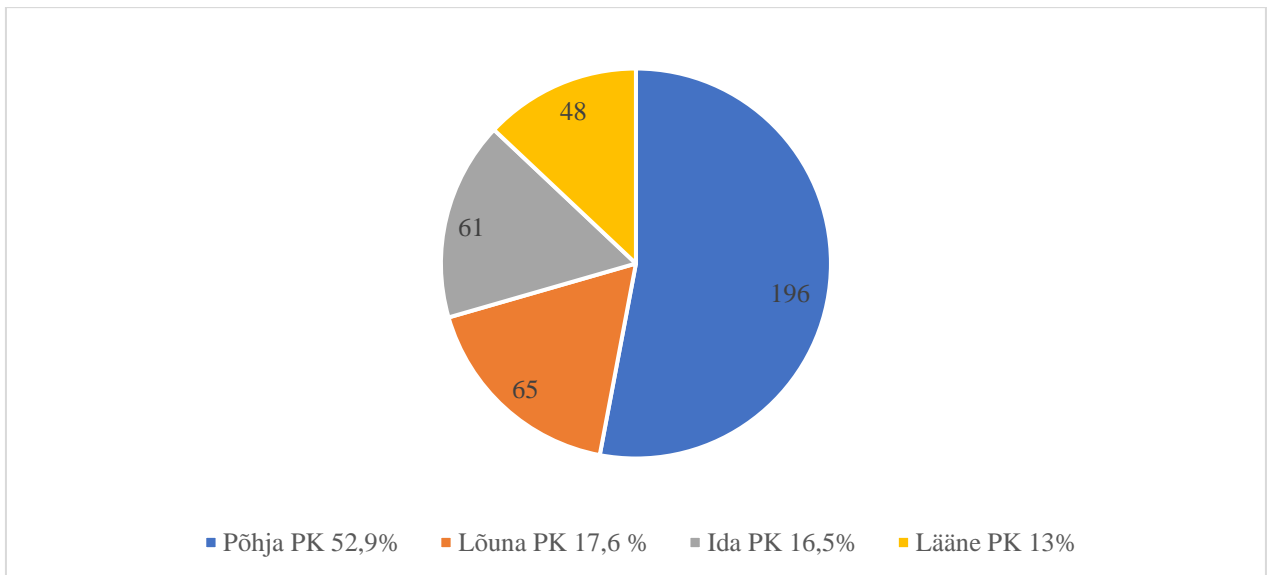
2.2.3 Intervjuude kirjeldus

Intervjuude eesmärk oli saada aru, kui palju teavad teine ja kolmas juhtimistasand UGV-de kohta ning kas nad on ise ka uurinud masina kohta vabatahtlikult. Intervjuusid viidi läbi kolmel erineval päeval, et oleks võimalik kaasata võimalikult palju isikuid. Algselt viidi läbi instruktaaz, et tekiks mingi kergem arusaam, mis on UGV. Iga küsimuse järel lasti vastata igal intervjuueritaval, et tekiks diskussioon. Peale intervjuude tegemist oli võimalik teha analüüs, et kirjeldada juhtimistasandite ettenägemusi ning kuidas nemad näevad ette masina kasutamist tulevikus.

2.3 Uuringu tulemused

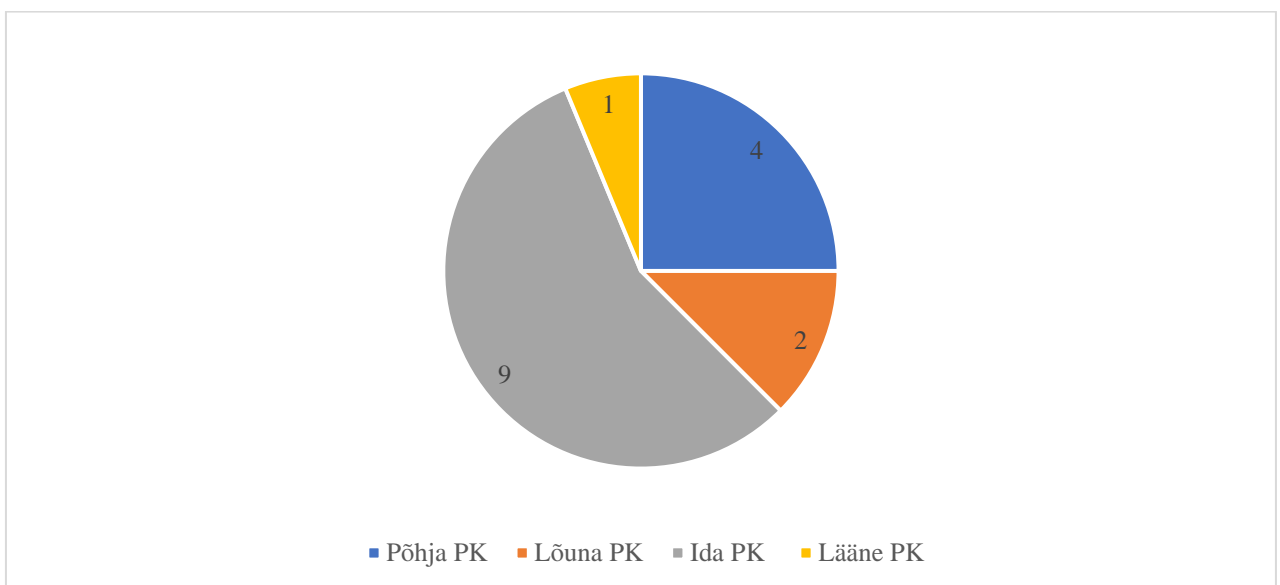
2.3.1 Analüüs

Aastatel 2018-2020 toimus Eestis 3313 hoonetulekahjut. Põhja päästkeskuses (edaspidi PK) leidis aset 196 põlengut, kus oli vajalik aste 3 või 4. Lõuna PK oli sellised sündmused kokku 65, Ida PK-s 61 ning Lääne PK-s 48. (Joonis 1) Sellest saab järeldada, et üle poolte sündmustest (52,9%) toimub just Põhja PK-s ning kõige vähem Lääne PK-s (13%).



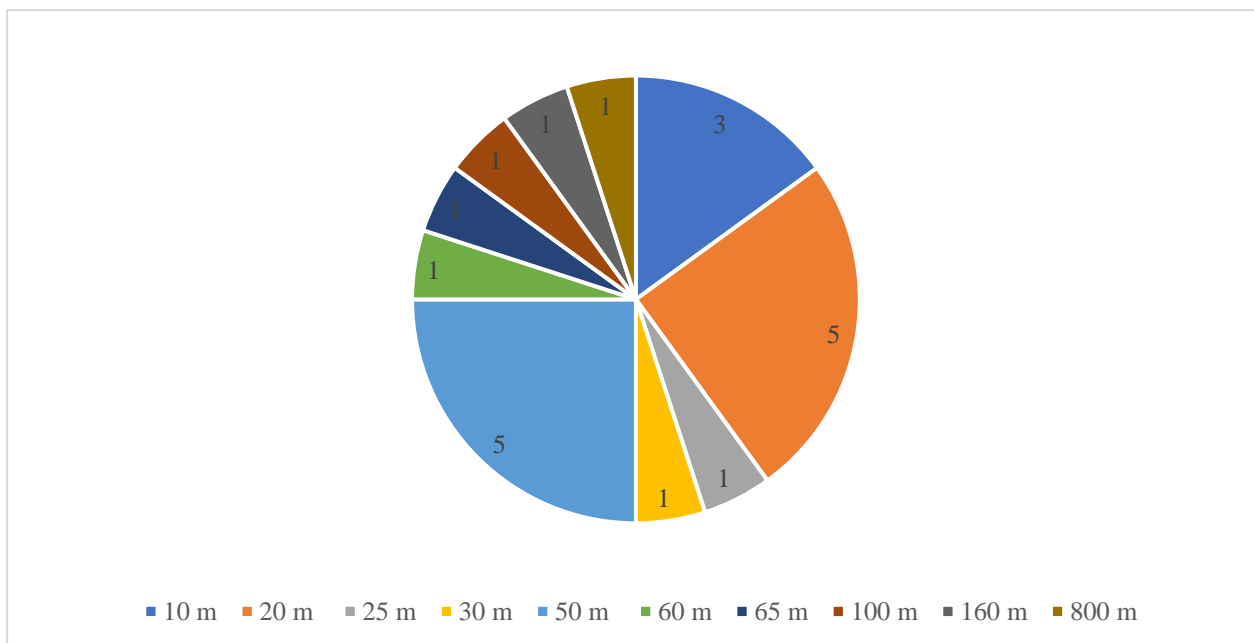
Joonis 1. Aste 3-4 hoonetulekahjud Eesti lõikes. (Päästeamet, autori koostatud)

Keelualaga (ala, kuhu on keelatud siseneda) hoonetulekahjusid esines 2018-2020 aastal 16 (0,48% kõikidest hoonetulekahjudest). Keeluala varieerus vahemikus 5-100 meetrit. Kõige rohkem kasutati keeluala Ida PK-s (9 sündmust), kus suurus jäi 5-20 meetri vahele (Joonis 2). 3-4 astmega sündmuste puhul rakendati keeluala Eestis kuuel korral ning siis jäi suurusvahemikku 10-50 meetrit. Sellest saab järeldada, et keelualadega tulekahjusid ei teki küll palju, aga selle esinemise korral, saab rakendada UGV-de töövõimet.



Joonis 2. Keelualaga hoonetulekahjud Eestis. (Päästeamet, autori koostatud)

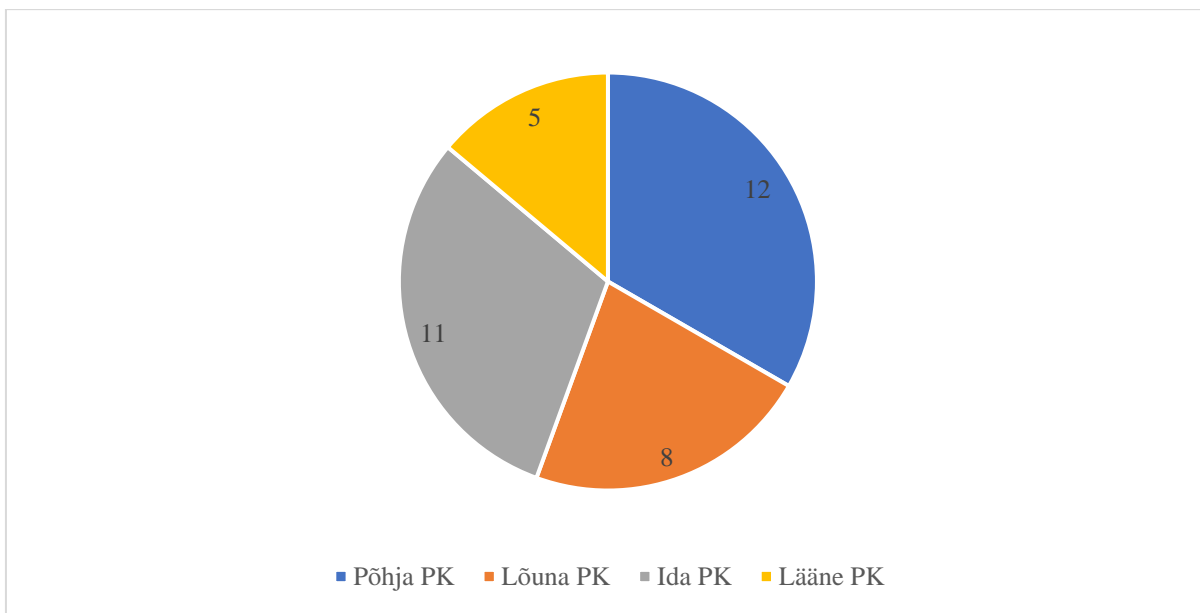
Ohuala (ala, kuhu võib siseneda isik, kes omab kaitseriietust ja piisavat väljaõpet) määrati hoonetulekahjude ajal 35 korral (1,05% hoonetulekahjudest). Eriti suurte hoonetulekahjude (aste 3-4) ajal kasutati ohualasid Eestis 20 korda, kus suurusvahemik jäi 10-800 meetri vahele (Joonis 3). Kõige rohkem esines ohualasid suuruses 20 meetrit ja 50 meetrit. Ohualade uurimisel vaadati sündmuseid, mille aste suurus oli kõrgem kui 2, sest madala astme puhul oli tegemist ohualadega, mille suurusjärk oli alla 10 meetri. Kõrgemate astmete puhul on tavaliselt sündmusmahud kordades suuremad ja ressursi hulk, mida kaasatakse sündmusele, suurem. Sellepärast tasuski uurida aste 3 ja 4 ohualasid.



Joonis 3. Ohuala suurused. (Päästeamet, autori koostatud)

Sündmuste raames kaasati selliseid alasid kõige rohkem just Põhja PK-s (12) ning kõige vähem Lääne PK-s (5). (Joonis 4) Oli ka olukordi, kus sündmusel on rakendatud nii ohu- kui ka keeluala. Selliseid sündmusi esines kogu Eesti peale 9 ning kõige suurem keeluala ja ohuala kombinatsioon oli 100 meetrit (ohuala) ja 20 meetrit (keeluala).

Statistika analüüsist on näha, et Eestis ei toimu väga palju sündmuseid, kus on vaja rakendada ohu- või keeluala, kuigi nende vajaduse korral on alade suurused jäänud 5-800 meetri vahele. 3-4 astmega sündmuseid oli Eestis 5,9%, mis jällegi omakorda näitab, et selliseid sündmuseid ei esine väga palju, aga ka taolises olukorras on võimalik rakendada UGV-d töösse.



Joonis 4. Ohualaga hoonetulekahjud Eestis. (Päästeamet, autori koostatud)

2.3.2 Katsete tulemused

Enne katsete tegemist räägiti läbi, mis on katse plaan, ning seletati ka UGV operaatorile lahti tema liikumine masinaga. Eraldi toodi ka voolikud valmis ja pandi paakkonteiner positsioonile ning käivitati ka selle pump. Enne katse algust seati üles veel balloon, millega tehti esimene katse. Teise katse jaoks liigutati konteinerauto koos mahutiga positsioonile, mis asus Rapla päästekomando territooriumilt väljas.

Ballooni jahutamise katsed viidi läbi keelualas, mille suuruseks oli 100 meetrit. Masin läbis vahemaa 40 sekundiga. Võttes arvesse, et masina maksimaalne liikumiskiirus on 20 km/h, liiguti aeglasemalt, sest tegemist oli siiski keelualaga.

Masin suutis vedada survestamata voolikusüsteemi ilma raskusteta. Sellest on abi, kui on vaja masinal tulevikus ka keelualades ringi liikuda. Viimased meetrid pidi masin liikuma survestatud voolikuliiniga. Masina tõmbevõimet arvestades ei tekkinud ka siis masinal probleemi liikumisega.

Vahetuslähedusse jõudes alustati jahutustöödega. Masin oli väga pädev viima läbi kustutustöid kaugjuhituna. Kontsentreeritud juga oli hästi suunatud ballooni suunas, mis tagas piisava ballooni kattumise. Vajadusel liigutati ka masinat ligemale, et tekiks suurem kontsentratsioon

(Foto 5). Esimesel katsel viidi läbi jahutustöid 21 sekundit ning teisel katsel 15 sekundit. Siin tekkis erinevus lehviku suuruses.

Katse läbi viimisel leiti ka murekoht. Katse sooritamisel ei ole võimalik reguleerida lehviku suurust. Sellises olukorras tehti ka teine katse, kus ise reguleeriti enne katse algust lehviku suurust, et oleks võimalik terve balloon paremini katta.



Foto 5. Ballooni jahutamine. (autori tehtud)

Mahuti jahutamine katse eesmärgi täitmiseks tekitati keeluala, mille suuruseks oli 110 meetrit. Masin läbis ettenähtud vahemaa 43-44 sekundiga. Nagu ka ballooni jahutamise korral, vedas algselt UGV survestatmata voolikuliini.

Masinal on väga suur tõmbejõud (2100 kg), sellises olukorras suudab masin voolikuid väga kergekäeliselt vedada.

Vahetusläheduses lasti voolikutesse vesi sisse (survestatud liin). UGV suutis liikuda voolikuliiniga mahutile ligemale ning alustada jahutustöödega (Foto 6). Masin suutis ennast ka kiiremas korras keerata, et tagada kogu mahuti jahutamine. Tavalise statsioneeritud laffettjoatoruga on see võimalik väikesel määral. Jahutustöid tehti kokku 25 sekundit (sama ka korduskatse korral).

Sama probleem tekkis siin, nagu ka ballooni jahutamisel. Keelualas ei ole võimalik lehviku suurust muuta. Teisel katsel liigutati lehviku suurust, et saaks suurema pindala korraga ära katta.



Foto 6. Mahuti jahutamine. (autori tehtud)

2.3.3 Intervjuud

Uuringu läbiviimiseks viidi läbi struktureerimata intervjuud. Struktureerimata intervjuu on vabas vormis olev intervjuu. Sellise intervjuu puhul ei ole tegemist valikvastustega, vaid lastakse intervjuueeritaval rääkida pikemalt. (Laherand, 2008, lk 180) Kõik küsimused, mis intervjuueeritavatele esitati, olid lahtised (LISA 6). Teise ja kolmanda juhtimistasandi seas viidi läbi ekspertgruupiintervjuu. Ekspertgruupiintervjuu mõte on viia läbi vabavestlus ekspertide vahel. Kokku võttis osa intervjuudest 22 isikut, kellest 20 andsid ka vastuseid. Kõige rohkem võttis osa Lõuna PK-st (6+1 peaspetsialist) ning kõige vähem Põhja PK-st (4). Ida PK puhul ilmus kohale 5 isikut, aga nendest rääkis ainult 3, ning Lääne PK-st tuli kohale kokku 6 isikut. Esitati kokku viis küsimust ning nende järel viidi läbi analüüs, mille tagajärjel tekitati kategooriad, kus kirjeldatakse pikemalt intervjuude tulemusi.

Ekspertgruupiintervjuude analüüsimiseks kaasati Tallinna Tehnikaülikooli poolt loodud veebipõhist transkribeerimisprogrammi. Kõik toimus automaatselt ning programm ei salvestanud ühtegi faili. (Alumäe, *et al.*, 2018)

Üldised teadmised UGV-dest

Esimesena küsiti intervjueeritavate käest nende teadmisi UGV-de kohta üldiselt. Kõik intervjueeritavad olid mingil määral kursis UGV-dega. Põhjuseks toodi välja, et Eestis tegutsev MILREM tegeleb selliste masinatega. Üks intervjueeritav tõi välja, et teises maailmasõjas oli juba kasutuses UGV nimega Koljat (*Goliath*), mida ka autor oli ise välja toonud punktis 1.1. Üks isik oli ka realselt juhtinud ning puutunud MILREM UGV-d, viies läbi õppust. Toodi ka välja, et Pariisi Jumalaema kiriku (*Notre Dame'i*) põlengu ajal uuriti rohkem ning eraldi kirjeldati ka Ivar Frantsuzovi tegevuste kohta. Toodi ka välja, et ollakse kursis sellega, et Ivar Frantsuzov tegeleb MILREM-i UGV edendamise. Kokkuvõttes isikutel puudub täpne teadmine UGV-de kohta. Masinaga puudub suurem kokku puutumine, mõnel üksikul on olnud eeliseid, kus on nähtud masinat töötamas. Toodi välja ka paar sündmust, kus sai UGV-d kaasatud.

Kasutamine viimase kolme aasta lõikes

Teisena uuriti intervjueeritavate käest, kas masinatest oleks olnud abi viimaste aastate lõikes. Siin lasti neil mõelda sügavalt ning nii suurelt ja väikselt, kui sooviti. Toodi välja, et Eestis pole väga mastaapseid sündmusi, kus oleks saanud kaasata sellist masinat, kuigi tuli ette ka olukordi, kus tõesti oleks võinud kaasata, et ei oleks pidanud seadma ohtu päästjaid. Pikemalt räägiti, et UGV-sid oleks saanud kaasata metsatulekahjudes ning maastikupõlengutes. Sellist masinat saab sellises olukorras kaasata nii varustuse transportimiseks kui ka luureks. Luure eesmärgil pakuti ka MÕS-e, aga maismaa luuramiseks oleks neist abi, kui MÕS-idele ühendada termokaamera. Termokaamera abil saab tuvastada koldeid igas keskkonnas (turbapinnased jne). Raba tulekahju korral oleks saanud kaasata sellist masinat, sest pehme pinnase korral on ohtlik kasutada päästjaid.

Eraldi kirjeldati ka sündmust, kus toimus maastikupõleng ning puudusid teed, mis viiksid sündmuskohale, ning ATV-d ja UTV-d väga liikuda ei saanud. Üks intervjueeritav tõi välja sündmuse, kus põles ammoniaagi balloon metallitööstuses, oli vaja sisse saata päästjad, et mõõdetaks temperatuuri ning paigaldataks joatorud. Kokkuvõttena leidis isik, et keemiatööstuse

puhul on masinast suurt kasu, kui on vaja mõõta kontsentratsiooni, jahutada või muid suuri päästetöid teha. Pakuti, et seal oleks olnud tõsiselt abi sellisest masinast, sest siis poleks pidanud seadma ohtu päästjate elusid. Toodi välja, et kui on soine pinnas ning masinal on hea pidavus, siis oleks selliste sündmuste raames UGV-st väga palju abi.

UGV-d pääste valdkonnas

Järgmisena küsiti intervjuueritavatelt nende teadmisi UGV-de kasutamisest pääste valdkonnast üldiselt. Üldine vastus oli, et väga ei oldud uuritud päästet puudutavate UGV-de kohta, kuigi leidis isikuid, kes olid rohkem süvenenud ning uurinud. Toodi välja, et sellist masinat oli kasutatud varade evakueerimiseks. Masin olevat sõitnud hoone ette, laoti kõik väärtuslik peale ning peale seda liiguti koos masinaga minema.

Toodi välja ka, et Eestis on kasutusel demineerijate pommirobotid ning neid on kasutatud isegi päästetöodes. Robotile on ühendatud külge termokaamera ning saadetud luurele. Eeliseks oligi see, et see masin oli väike ning seda sai hästi liigutada (operatiivne). Selgitati ka, et UGV alla ei lähe ainult masinad, millel on rattad või lintsüsteem, vaid ka jalgadega robotid. Siin toodi ka eraldi välja Pariisi Jumalaema kiriku tulekahju, kus oli kasutuses UGV nimega *Colossus*, millele oli ühendatud laffetid ning voolikusüsteem. Leiti, et üks suur eelis UGV-del on nende võime minna alale, kuhu ei ole võimalik päästjaid saata, ilma et nende elusid ohtu seataks. Seoses Pariisi Jumalaema kiriku tulekahjuga toodi välja, et on olnud ka fookus väiksemate UGV-de osas, et saaks neid kaasata hoone tulekahjudel.

UGV-de kasutamine tulevikus

Küsi ka teise ja kolmanda juhtimistasandi käest, kuhu nende arvates võiks UGV-d tulevikus liikuda. Koheselt toodi välja, et masinad saab kasutada keelualades töötamisel, sest sinna ei saa isikuid sisse saata. Üks intervjuueritav seletas, et tulevikus oleks vaja UGV-d, millele on ühendatud nii laffett, termokaamera kui ka voolikuliin, sest siis on sellist masinat võimalik kasutada praktiliselt igas keskkonnas (maa-alune garaaž, mets, parkimismajad). Soovitakse, et masinal oleks ka mingi transportimisvõimalus GPS-i baasil. Seletati pikemalt lahti, et masin liigub punktist A punkti B, kus ootab teda päästja, kes võtab masinalt varustuse maha ning, siis liigub algpunkti tagasi, kui on selleks vajadust. Arvati, et tugev areng hakkab toimuma just keemia ning ohtlike ainete suunas ning raske töö tegemise (voolikute, varustuse vedu) suunas.

Eraldi seletati ka, et neid saaks tulevikus kaasata kaevandustes, sest seal oleks sellest palju abi. Loodetakse, et neid on võimalik tulevikus ka suurte angaaride põlemisel kasutada, kui nende hind ei oleks nii kõrge. Samuti toodi ka siin välja, et loodetakse, et neid saab kaasata metsa- või maastikutulekahjudel. Arvati ka, et neist võib olla rohkem kasu tulevikus just Põhja PK-s ja Ida PK-s, sest seal on rohkem tööstuseid (nafta, keemia).

Muud tähelepanekud robotikas

Viimasena uuriti, kas on operatiivkorrapidajad ja regiooni vastutavad korrapidajad on leidnud uusi lahendusi robotikas, mis aitaksid kaasa päästetöödele nii eesliinil kui ka tagalas. Väga palju toodi välja droonidega seotud arendusi. Leiti, et on olemas droonid, millel on peal päästerõngas. Selle kaasamisega saab uppuvatele isikutele kiiremini ligi ning algne abi ulatada. Toodi välja ka, et on võimalik droonidega saata esmaabivahendeid liiklusõnnetustele, kui puudub ligipääs sündmuskohale liiklusummikute tõttu. Droone kaasati ka tulekahjude kustutamisel. Masinale oli kinnitatud voolik ning siis sellega lastud tulekoldesse. Oldi ka uuritud atribuutika kohta, mis konkreetselt aitaks päästjaid. On olemas keha toetav süsteem, mille saab ümber inimese panna. Selle kasutamisel on inimene võimeline rohkem tõstma.

UGV-de miinused ja eelised

UGV-de puhul toodi välja ka mõned probleemkohad (opereerimine, andmete puudumine, hinnaklass, signaal). Üheks suuremaks murekohaks toodi masina operaatorite koolitamine. Toodi välja, kuidagi peaks toimuma UGV-de operaatorite välja koolitamine. Leiti, et see ei oleks hea, kui sellega peaks ka operatiivkorrapidaja tegelema. Oldi üldsegi väga skeptilised seoses UGV-de, sest isikutel puuduvad täpsed andmed masina osas. Andmete puudumise korral ei osata väga spekuloida ning leiti, et kui oleks masina info paremini teada, suudetaks masinaid paremini kasutada. Väga suureks probleemiks leiti masina hind. Leiti, et kui hoone ei ületa masina maksumust, siis ei julgeta ka seda kasutada. Arutleti, et siin tekib kaalutlus, kas saata masin sisse või ei. Siin tekib eraldi ka mõttekoht, et kas kaasata masinat, mida saab vajadusel ka uuesti osta ja parandada või saata sisse päästja, kes võib hukkuda. Moraalne kahju ületab rahalise kahju, sest kui võtta arvesse ka meediat, siis suurema kahju tooks see, kui kirjutatakse, et päästesündmusel hukkus päästja. Toodi välja, et ehk oleks targem lasta hoonel maha põleda või

ei. Viimasena leiti, et probleemiks võib tulla signaali hoidmine masinaga. Kui kaasata masinat kaevandustes või teistes madala signaaliga aladel, kas siis seda on võimalik opereerida või ei.

UGV-sid saab kasutada suurte laohoonete tulekahjudel, kuhu on ohtlik päästjaid saata ning keelualadel päästetööde tegemiseks. Suur eelis on ka sellel luureks ohtlikes piirkondades, nagu toodi ka välja (maastikul). Intervjuude käigus tuli ka välja, et päästjad on kaasanud demineerijate roboteid oma päästesündmustel (luure tegemiseks). Selline masin mahub ka kõige väiksemasse kaaluklassi (-500 kg). Vajadusel saaks ka selliseid roboteid kaasata kustutustöödel, aga selleks on teha väga head koostööd demineerimiskeskusega, et kõik sujuks hästi. 2020. aastal Ida piirkonnas kaasati EOD robotit vedela lämmastiku termosmahutisse puurimiseks (Tammine, 2021b). Oli vajadus likvideerida rõhust tulenev plahvatusoht. Siin tulebki välja koostöö päästjate ja UGV-sid saab kasutada ka kannatanute transpordis. Üks operatiivkorrupidaja oli õppuse käigus näinud, kuidas see välja nägi. Metsa- ja maastikupõlengutes on masinast kasu, kui ei ole võimalik liikuda teiste sõidukitega. Masinat saab kasutada ka varustuse transpordiks ohtlikku tsooni. Kokkuvõttes on UGV-l oma eelised ja miinused.

UGV-sid saab ka kasutada koostöös MÕS-idega. Intervjuude käigus toodi välja, et UGV-sid saab kasutada maastikel. Siin tekibki hea koht, kus viia läbi koostöö MÕS-i ja UGV vahel. MÕS saab õhust anda ülevaate, et kus põleb ning selle ka vajadusel ära kaardistada. UGV sõidab ära kaardistatud kohale ning alustab kustutustöödega. UGV-de eelis MÕS-ide ees on rohkem operatiivne pool. UGV suudab vedada suures koguses voolikuid ning ka vajadusel siseneda hoonesse, et viia läbi kustutustöid. MÕS-ide puhul võibki tekkida probleem selles osas, et kui saadetakse masin keelualasse, siis võib see kiiremini hävineda, ilma et saab teha luuret või kustutustöid.

Masina hinnad sõltuvad alati nende suurusel. MILREM-i *The multiscope UGV* baasmasina hind on 200 000 eurot. Uuriti ka väiksema UGV hinnaklassi. Essence *Iron Horse*'i hind on 37 200 eurot, sinna alla läheb ka masina modifitseerimine (saab lisada vintsid, haaratsid, jne). Kokkuvõttes sõltub masina hind tema suurusel ja ka tema otstarbest.

2.4 Järeldused ja ettepanekud

2.4.1 Järeldused

Töö raames leiti vastused uurimisküsimustele. Lõputöö teoreetilises osas anti ülevaade UGV-de olemusest ja kasutamisest, klassifikatsioonist, kasutamisest valdkondades ning ohutusest. Töö teoreetilises osas said vastuse **kaks uurimisküsimust** (üks sai kinnitust ka katsete ja intervjuude tagajärjel). Esimese uurimisküsimusena sai vastuse UGV-de klassifikatsioon. UGV-de klassifikatsioon jagunes kaheks. Masinad on võimalik jagada otstarbe ja suuruse järgi. UGV-de otstarbeid on väga erinevaid. Autor valis ise välja kolm otstarvet, millest ka pikemalt kirjutati (lk 10-12). Valituks said järgmised UGV-d:

1. EOD robot;
2. Taktikaline mehitamata maismaasõiduk;
3. Pääste mehitamata maismaasõiduk.

Valiti sellised otstarbed, sest need kõik on kasutuses ka Eestis. EOD robotid on kasutusel demineerimiskeskusel. Taktikaliste mehitamata maismaasõidukitega tegeleb MILREM ja sama on ka pääste mehitamata maismaasõidukite puhul.

Suuruste järgi klassifitseeriti UGV-sid kolme kategooriasse:

1. Pakendatav;
2. Kaasaskantav;
3. Maxi.

Pakendatavad roboteid sai kanda ühes kuni kahes kotis koos inimese enda varustustega. Pakendatavaid roboteid sai eraldi jaotada veel **mikro** ja **mini** robotiteks. Mikrorobotid olid nii väikesed, et neid sai ühte kotti totaalselt ära mahutada ning neid sai kasutada kitsastes kohtades. Minirobotitele sai ühendada erinevaid sensoreid, et oleks tagatud pädev päästetöö.

Isikuga kaasaskantavate robotite miinuseks toodi välja, et need ei mahu kotti, kuigi neid saab kaasa võtta, kui seda tassitakse inimeste poolt. Autor on toonud välja ka, et kõige tavalisemaks kaasaskantavaks robotiks on iRobot Packbot (lk 12).

Maxi robotite vedamisel on vaja kaasata muud tehnikat (kärud, treilerid). Selliste robotite küljes võivad olla suuremad sensorid, mis aitavad parema ülevaate tagada. Miinuseks saab tuua, et

nende suurus võib olla kokkuvõttes ka probleem, sest nad võivad tekitada liigset raskust maapinnale, mis omakorda võib tekitada varisemise, kui ollakse kuskil kaevanduses/tunnelis.

Autor tegi läbi interneti ka infokorje, mille tagajärjel tekitati ise kolm kaaluklassi: -750 kg, 750-2500 kg ja 2500 kg+ kaaluklass. Punktis 1.2 toodi välja ka MILREM-i klassifikatsioon suuruse järgi. Autor leiab, et MILREM-i kaaluklasside klassifikatsioon on optimaalsem, sest selline järjestus on juba kasutuses.

Lähtuvalt teoreetilisest käsitlusest teeb autor järgmise ettepaneku:

- Hakata Päästeameti poolt kasutama UGV kaaluklasse: -500 kg (*small*), 500-3000 (*medium*) kg ja 3000 kg+ (*heavy*) ning vajadusel lisada ka eestikeelne nimetus.

Teise uurimisküsimuse, kuidas UGV-d tagavad päästjate ohutuse, leiti läbi intervjuude, katsete ja teoreetilise osa käigus.

Teoreetilises osas (lk 21-22) toodi välja, et UGV-sid saab kaasata riskikeskkondades, mis tähendab, et ei pea enam seadma ohtu isikute enda tervist. Masinaid saab kasutada ka luure tegemiseks ohtlikel aladel (keeluala). Päästjad on kasutanud ka demineerijate roboteid, kui on vaja luuret teha või päästetöid. Roboteid saab kasutada transportimiseks ja tulekustutustöodes. Ohtlikes keskkondades (liiga kuum temperatuur vms) on võimalik kasutada UGV-d, saates masina sisse, kui ei ole võimalik kasutada päästjaid või riskifaktor läheb liiga suureks. Erinevatesse riskikeskkondadesse UGV-de saatmine on kokkuvõttes ohutum kui inimfaktori kaasamine. Punktis 1.4 toodi ka välja Päästeameti statistika seoses tööõnnetustega. Suurem osa on siiski inimeste enda hooletuse tagajärjel. Selliste õnnetuste puhul on raske kaasata UGV-sid, aga kui on vaja siiski siseneda ohtlikku keskkonda (ohu- või keelualale), siis seal on see masin asendamatu, et ei oleks vaja liigselt ohustada inimeste elusid.

Katsete tulemusena saab välja tuua, et keelualadel töötamine on UGV-le igati asjakohane. See tagab omakorda päästjate ohutuse ehk ei ole vaja saata päästjaid olukorda, kus võib ohtu sattuda nende enda tervis. Masinale on võimalik kinnitada kõik atribuutika, et ei oleks vaja päästjatel isiklikult siseneda ohtlikku keskkonda.

Intervjuusid läbi viies toodi ka esile, et luure olukorras saab kaasata UGV-d, sest on olukordi (maastikul), kus päästjate ohufaktor võib tõusta, eriti kui on ebapiisav pinnas. Saab välja tuua ka

faktori: kustutustööd keemiatööstuses. Selliste sündmuste puhul võib olla liigne oht päästjatele, sest keemiatööstuste puhul on tegemist mitme erineva kemikaaliga, mis kahjustavad päästjate tervist. Sellises olukorras saab kaasata jällegi UGV-sid, et ei peaks ohtu seadma päästjaid. UGV-de teema on väga uudne ning seda kinnitas ka intervjuude tegemine, sest ei olda kursis masinatega.

Lähtuvalt eeltoodust teeb autor järgmised ettepanekud:

- Soetada igasse päästekeskusesse üks UGV, mis oleks võimeline töötama nii ees- kui ka tagaliinil, et vajadusel saaks rakendada masinat ilma, et peaks päästjad ohtu seadma.
- Viia läbi operatiivkorrapidajatele ja regionaalsetele korrapidajatele loenguid UGV-de osas, et oleks tulevikus parem teadmine ja oskus rakendada masinaid päästetöödel.
- Päästeamet hakkaks koolitama välja UGV-de operaatoreid, et oleks võimalik tagada masina pädev töötamine.

Kolmanda uurimisküsimuse, kuidas kasutada UGV-sid päästesündmustel, vastuse sai autor nii intervjuude kui ka statistika analüüsi toel.

Eesti operatiivkorrapidajad ja regiooni vastutavad korrapidajad tõid välja mitmeid erinevaid võimalusi, kuidas kasutada UGV-sid. Leiti, et mitmekülgne kasutamine on üks kõige suuremaid masina eeliseid. Pikemalt toodi välja, et parimaks kasutusala ongi maastiku- ja metsapõlengud. Eraldi toodi välja ka kaevanduste ja maa-aluste garaažide päästetööd. Seda täiendati ka tunnelite ja parkimismajade päästetöödega. Leiti, et UGV-del on väga palju erinevaid otstarbeid päästesündmustel. Eesliinis on võimalik masinat kasutada nii kustutustöödeks, luureks kui ka andmete edastamiseks ning tagalas on masinat võimalik kasutada varustuse transpordiks.

Statistika toel sai välja tuua, et Eestis on sündmuseid, kus on keelualad ning nende suurus varieerub väga drastiliselt. Keelualade puhul saab rakendada UGV töösse, ilma et oleks vaja kaasata päästjaid.

Tuginedes eelnevale teeb autor ettepanekud:

- Suurem koostöö tegemine Päästeameti ja Demineerimiskeskuse vahel, et oleks tulevikus võimalik rakendada demineerijate pommirobotit päästetöödel.

- Hakata kasutama UGV-sid nii maastike- ja metsatulekahjudel kui ka keemiatööstuste kustutamisel.
- Eraldi kasutada UGV-sid luure ja päästetööde otstarbel keelualadel. Väiksemaid masinaid kasutada varingualades ning suuremad suunata maastikele või metsadesse.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli leida vastus **uurimisprobleemile**, mis oli esitatud küsimusena: Kuidas mehitamata maismaasõidukite abil tagada päästjate ohutust? Lõputöö **eesmärgiks** oli välja selgitada UGV-de rakendamise võimalused päästjate ohutuse tagamiseks päästetöödel. Eesmärgi täitmiseks püstitati ka kolm uurimisülesannet.

Töö teoreetilises osas käsitles autor UGV-de olemust ja kasutamist, klassifikatsiooni, ohutust ja kasutamist valdkondade järgi. UGV-de olemuse ja kasutamise punktis (1.1) toodi täpsemalt välja masinate ajalugu ja ka nende täpsem ülesehitus. UGV-sid klassifitseeriti (1.2) autori poolt kahes erinevas võtmes: suuruse ja otstarbe järgi. Valdkondade kasutamise punktis (1.3) tõi autor välja kasutamise põllumajanduses, pääste valdkonnas, sõjaväes ja demineerimises. Punktis 1.4 kirjeldati pikemalt ohutuse faktorit UGV-de kasutamises. Toodi välja, mis eelised masin annab ja ka milline peaks pääste UGV olema.

Töö empiirilises osas tegi autor nii dokumendi analüüsi (statistika analüüs), katsed kui ka intervjuud. Statistika jaoks võeti ühendust Päästeametiga ning küsiti andmeid seoses hoonetulekahjudega. Katsed viidi läbi MILREM-i UGV-ga Rapla päästekomando territooriumil ning sinna kaasati ka valves olnud päästjad ja meeskonnavanem. Viimasena viidi läbi intervjuud teise ja kolmanda juhtimistasandiga, kus küsiti isikutelt täpsemalt masinate kohta, et saaks ka ülevaate, kui hästi ollakse kursis UGV-dega ning kuidas nemad näevad nende kasutamist.

Tehes nii teoreetilise osa kui ka viies läbi analüüsi, katsed ja intervjuud tegi autor ettepanekud. Esimene ettepanek oli seotud masinate klassifikatsiooniga. **Ettepanekuks** tehti UGV-de klassifitseerimine nende kaalu järgi. Leiti, et oleks vaja klassifitseerida UGV-sid kaaluklasside - 500 kg, 500-3000 kg ja 3000 kg+ ning leida kaaluklassidele ka nimetused.

Teise ettepanekuna süveneti rohkem päästjate ohutusse. Toodi välja, et tuleks soetada igasse päästekeskusesse üks UGV, mis oleks võimeline töötama nii ees- kui ka tagaliinil. **Kolmanda ettepanekuna** soovitati viia läbi koolitusi operatiivkorrapidajatele ja regionaalsetele korrapidajatele, et tulevikus oleks tagatud UGV-de pädev kaasamine päästetöödel. **Neljanda**

ettepanekuna pakuti välja Päästeametile UGV-de operaatorite koolitamine, mis omakorda tagaks masina pädeva liikumise.

Viienda ettepanekuna soovitati hakata kasutama UGV-sid nii maastike- ja metsatulekahjudel kui ka keemiatööstuste põlengutel, sest selliste sündmuste puhul on tegemist, kas suure maa-ala läbimisega või siis väga suure ohufactoriga. **Kuuenda ettepanekuna** soovitab autor kasutada UGV-sid luure ja päästetöödeks keelualadel. Intervjuude tagajärjel saadi infot, et selliseid masinad on väga hea kasutada luureks, kui neile kinnitati termokaamera või muud sensorid, mis annavad kiireid tulemusi.

Edasiseks uurimiseks näeb autor, et oleks vaja rohkem süveneda UGV-de kaasamiseks maastikele, kuna teise ja kolmanda juhtimistasandi intervjuude tulemusena tuli välja, et nõudlus sellise masina järele sellistes tingimustes on suur. Puudub ka piisav praktika sellises keskkonnas liikumiseks. Eraldi tasub veel uurida UGV kaasamist keskkonnas, kus on levi nõrk (maa-alused garaažid, parkimismajad, soojustatud paneelidega kõrgehitised), sest Eestis sellised kohti, kus võib tekkida probleeme leviga ning selle uurimine oleks kasulik.

SUMMARY

The subject of this dissertation unmanned ground vehicle usage to ensure the safety of rescue workers. The research paper is written in Estonian and then followed by English. The dissertation consists of 55 pages and 38 of that is the main part. The author has used 49 different sources, which have been written in Estonian and English.

The aim of the dissertation is to study how an unmanned ground vehicle could ensure the safety of rescue workers. To complete the research the author did document analysis (statistical analysis), an experiment and interviews with chief operating officers.

The first chapter of the dissertation examined the unmanned ground vehicle types and sizes. They can be categorized into two: by size and by purpose. Furthermore, the author examined the safety factor of an unmanned ground vehicle.

The second chapter was the empiric part of the dissertation. In this chapter the author did document analysis. The statistical analysis was based on building fires. The reason for the analysis was to examine and see how many restricted area building fires there has been, after which the author could make suggestions on where to use unmanned ground vehicles. The author had to do an experiment, which contained an unmanned ground vehicle and rescue equipment. The machine had to go into a restricted area and do cooling work. Finally, the author did group interviews with chief operating officers because it was necessary to see how well the officers know about the unmanned ground vehicles and how would they use it in the future.

The results showed that unmanned ground vehicles can be used in multiple environments, which could ensure the safety of many rescue workers.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Alumäe, T., Tilk, O. & Asadullah, 2018. *Advanced Rich Transcription System for Estonian Speech*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/50297> [Kasutatud: 02.04.2021].

Bechar, A. & Vigneault, C., 2016. Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, pp. 94-111.

Berns, K., Nezhadfar, A., Tosa, M., Balta, H. & De Cubber, G., 2017. Unmanned Ground Robots for Rescue Tasks. Rmt: *Search and Rescue Robotics: From Theory to Practice*. Rijeka: Janeza Trdine, pp. 53-76.

Browne, J., 2019. UAVs and UGVs Ready to Serve on the Battlefield and Beyond. *Microwaves & RF*, 58(12), pp. 48-52.

Cersovsky, D.-D. & Kleinschmidt, E., 1993. *Mathematical Model and Analysis of the Tactical Unmanned Ground Vehicle (TUGV) Using Computer Simulation*. Magistritöö. California: Naval Postgraduate School.

Chantrasmi, T., Hongthong, P. & Kongkaniti, M., 2018. Validation of CFD simulation of recoilless EOD water cannon by firing experiments with high speed camera. *Materials Science and Engineering*, 297(1), pp. 1-6.

Chen, Y., 2016. *Autonomous Unmanned Ground Vehicle (UGV) Follower Design*. Magistritöö. Ohio: Ohio State University.

Constantin, D. & Toma V.-F., 2018. TVF-1: Experimental Model of an EOD robot. *Journal of Military Technology*, 1(2), pp. 51-56.

Cresswell J.-W., 2014. *Research Design Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. Sage: California.

De Cubber, G., Balta, H. & Lietart, C., 2014. Teodor: A semi-autonomous search and rescue and demining robot. *Applied Mechanics and Materials*, 658. pp. 1-6.

Delmerico, J., Mintchev, S., Giusti, A., Gromov, B., Melo, K., Horvat, T., Cadena, C., Hutter, M., Ijspeert, A., Floreano, D., Gambardella, L.-M., Siegwart, R. & Scaramuzza D., 2019. The current state and future outlook of rescue robotics. *Journal of Field Robotics*, 36(7), pp. 1-21.

Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S. & Grieve, B., 2018. *Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture* [Võrgumaterjal] Leitav: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1806/1806.06762.pdf> [Kasutatud 08.10.2020].

Ebrahimi, S. & Mardani, A., 2019. Expanding scissor-based UGV for large obstacles climbing. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, 47(1), pp. 20-26.

Flick, U., 2009. *An introduction to Qualitative Research: Edition 4*. SAGE: London.

Gage, D.-W., 1995. A Brief History of Unmanned Ground Vehicle (UGV) Development Efforts. *Unmanned Systems Magazine*, 13(3), pp. 1-9.

GlobalSecurity.org, i.a. *Gladiator Tactical Unmanned Ground Vehicle*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/gladiator.htm> [Kasutatud 10.12.2020].

Grabianowski, E. 2005. *How Military Robots Work*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://science.howstuffworks.com/military-robot.htm> [Kasutatud 15.12.2020].

Habib, M.-K. & Baudoin, Y., 2010. Robot-Assisted Risky intervention, Search, Rescue and Environmental Surveillance. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 7(1), pp. 1-8.

Herbrechtsmeier, S., Rückert, U. & Sitte, J., 2012. AmiRo- Autonomous Mini Robot for Research and Education. Rmt: *Advances in Autonomous Mini Robots*. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, pp. 101-112.

International Rescue System, i.aa. *About/Access*. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://www.rescuesystem.org/en/about/> [Kasutatud 06.12.2020].

International Rescue System, i.ab. *Projects*. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://www.rescuesystem.org/en/project/> [Kasutatud 06.12.2020].

- Jian-Jun, Z., Ru-Qing, Y., Wei-Jun, Z., Xin-Hua, W. & Jun, Q., 2007. Research of Semi-automatic Bomb Fetching for an EOD robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 4(2), pp. 247-252.
- Kumar, V., Rus, D. & Singh, S., 2004. Robot and Sensor Networks for First Responders. *Pervasive Computing*, 3(4), pp. 24-33.
- Lahterand, M.-L., 2008. *Kvalitatiivne uurimisviis*. Tallinn: Sulesepp.
- Lamm, D.-R., 2012. Unmanned and Downrange. SwRI engineers successfully demonstrated military applications for autonomous unmanned ground vehicles during 2012. *Technology Today*, 33(2), pp. 12-16.
- Madhavan, R., Messina, E.-R. & Albus, J.-S., 2007. *Intelligent Vehicle Systems: A 4D/RCS Approach*. New York: Nova Science publishers inc.
- Matejka, J., 2020. Robot as a Member of Combat Unit A Utopia or Reality for Ground Forces? *Advances in Military Technology*, 15 (1), pp. 7-24.
- Matiisen, M., 2019. *Mehitamata lennuvahenditega seotud siseturvalisuse alased ohud ja nende maandamine muutub keskkonnas*. Magistritöö. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.
- Micire, J.-M., 2008. Evolution and Field Performance of a Rescue Robot. *Journal of Field Robotics*, 25(1), pp. 18-30.
- MILREM Robotics, i.a. *The Multiscope UGV*. [Võrgumaterjal] Leitav: <https://milremrobotics.com/commercial/> [Kasutatud 09.03.2021].
- Murphy, R.-R. & Arkin, R.-C., 2014. *Disaster Robotics*. London: The MIT Press.
- Nguyen, P., Badenhorst, P.-E., Shi, F., Spangenberg, G.-C., Smith, K.-F. & Daetwyler, H.-D., 2021. Design of an Unmanned Ground Vehicle and LiDAR Pipeline for the High-Throughput Phenotyping of Biomass in Perennial Ryegrass. *Remote Sensing*, 13(20), pp. 1-20.
- Nilsson, N.-J., 1969. *A Mobile Automaton: An Application of Artificial Intelligence Techniques*. [Võrgumaterjal] Leitav: <http://ai.stanford.edu/~nilsson/OnlinePubs-Nils/PublishedPapers/mobileautomaton.pdf> [Kasutatud 21.11.2020].

- Puusepp, P., 2018. *Roomikpuksiiri kasutamine Päästeameti ülesannete hõlpsustamiseks maastikul ja jäätunud veekogudel. Lõputöö*. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.
- Paillat, J.-L., Lucidarme, P. & Hardouin, L., 2010. Original Design of an Unmanned Ground Vehicle for Exploration in Rough Terrain. *Advanced Robotics*, 24, pp. 255-276.
- PÄKE, Päästejuhised keemiaõnnetustel, 2017. Soome keelest tõlgitud TOKEVA, Tõlget toimetanud Frantsuzov, Danilas, Polikarpus. Retsenseerijad Talvari, Suurkivi, Anton, Kriisa, Kääparin, Kaunissaar. Tallinn, lk 1-395 [Kasutatud 03.04.2021].
- Päästeamet, 2016. *Päästeameti strateegia aastani 2025*. 2. täiendatud trükk. Tallinn: Päästeamet.
- Quaglia, G., Visconte, C., Scimmi, L.-S., Melchiorre, M., Cavallone, P. & Pastorelli, S., 2020. Design of a UGV Powered by Solar Energy for Precision Agriculture. *Robotics*, 9(13), pp. 1-16.
- Roderick, I., 2010. Considering the fetish value of EOD robots. *International journal of Cultural studies*, 13(3), pp. 235-253.
- Siseministeerium, 2020. *Siseturvalisuse arengukava 2020-2030*. [Võrgumaterjal] https://www.siseministeerium.ee/sites/default/files/dokumendid/STAK/STAK2/siseturvalisuse_arengukava_2020-2030_2107.docx [Kasutatud 17.01.2021].
- Spiegel, K. i.a. *Päästeameti Tööõnnetused. 2019. a ülevaade* [Võrgumaterjal] Võetud intranetist. [Kasutatud 07.05.2021].
- Sun, T. & Tan, Y., 2020. Design of Multifunctional Handheld Terminal for EOD Robot. *Journal of Physics: Conference Series*, 1575, pp. 1-7.
- Tammine, K., 2021a. *Intervjuu Kalvar Tammisega [Intervjuu]* (01.02.2021).
- Tammine, K., 2021b. *EOD roboti kasutamine päästetöödel [E-kiri]* (07.05.2021).
- Teddle, C. & Yu, F., 2007. Mixed Methods Sampling: A Typology With Examples. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), pp. 77-100.
- Vellak, P., 2021a. *Milrem Robotics x Lõputöö [E-kiri]* (25.04.2021).

Vellak, P., 2021b. *Type 4.5 tehnilised spetsifikatsioonid [E-kiri]* (27.03.2021).

Watanabe, W., Kawakatsu, T. & Ishiguro, A., 2008. Rapid and Cheap Learning by Exploiting Biarticular Muscles- A Case Study With a Two-Dimensional Serpentine Robot. *Advanced Robotics*, 22(15), pp. 1683-1696.

Õunapuu. L., 2014. *Kvalitatiivse ja Kvantitatiivse Uurimisviis Sotsiaalteaduses*. Tartu: Tartu Ülikool.

LISAD

LISA 1. Päästes kasutatavad UGV-d

Päästes kasutusel olevad UGV-d. (autori koostatud)

NIMI	KONTAKT (koduleht)	MÕÕT (m)	KUBA TUUR	KAAL (kg)	MOOTOR	OTSTARVE	SPETS. VÕI MODU.	AASTA
Rhyno Protect	Shark Robotics https://www.shark-robotics.com/	1,15 x 0,74 x 0,51	0,43 m ³	185	2 x 600 W elektrilist mootorit	Eesliin (kustutustöö)	Modifitseeritav	2020
Barakuda	Shark Robotics https://www.shark-robotics.com/	1,6 x 1,2 x 0,95	1,8 m ³	400	4 x 4000 W elektrilist mootorit	Tagaliin (varustuse transport)	Spetsiaalne	2019
MTT-154	Martel transport Technology https://www.mtt136yvonmartel.com/en/home.html	2,23 x 0,58 x 0,63	0,81 m ³	226 (5,5 kwh patarei) 351 (22,5 kwh patarei)	5,5 kwh patarei 22,5 kwh patarei (elektriline)	Eesliin (kannatanute transport)	Spetsiaalne	2020
Colossus	Shark Robotics https://www.shark-robotics.com/	1,6 x 0,78 x 0,76	0,94 m ³	485	2x 4000 W elektrilist mootorit	Eesliin (kustutustöö)	Modifitseeritav	2017
TC800-FF	TecDron Robotic Systems https://www.robotpompier.com/en/	1,6 x 1,79 x 0,685	1,96 m ³	500	2 harjadeta elektrilist mootorit	Eesliin (kustutustöö, kannatanute vedu), Tagaliin (varustuse transport)	Modifitseeritav	2019
LUF Micro	LUF Fire Fighter https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-micro/	1,27 x 0,78 x 1,5	1,48 m ³	550	23,5 HP (diisel)	Eesliin (kustutustöö)	Spetsiaalne	2018

Iron Horse Essence	Lennartsfors https://lennartsfors.com/en/jarnhasten-firefighting-edition/	1,94 x 1,14 x 1,17	2,58 m ³	700	Honda iGX800 (elektriline)	Eesliin (ventileerimine) Tagaliin (transport, voolikusüsteem)	Modifitseeritav	2020
Thermite RS1	Howe & Howe https://www.howeandhowe.com/civil/thermite	1,96 x 1,11 x 1,62	3,52 m ³	725	24 HP Kohler KDW1003 (diisel)	Eesliin (kustutustöö)	Spetsiaalne	2014
Thermite RS3	Howe & Howe https://www.howeandhowe.com/civil/thermite	2,14 x 1,66 x 1,63	5,79 m ³	1587	36.8 HP Yanmar 3TNV88C (diisel)	Eesliin (kustutustöö)	Modifitseeritav	2020
The Multiscope UGV	MILREM Robotics https://milremrobotics.com/commercial/	2,4 x 2 x 1,15	5,52 m ³	1630	Diisel ja elektriline (hübriid)	Eesliin (kustutustöö) Tagaliin (voolikute vedu, varustuse transport)	Modifitseeritav	2019
LUF 60	LUF Fire Fighter https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/fire-fighting-robot-luf-60/	2,33x1,35 x2 (ventilaator pikali) 2,33 x 1,35x 2,5 (ventilator püsti)	6,29 m ³ 7,8 m ³	2200	John Deere 140 HP vesijahutus (diisel)	Eesliin (kustutustöö)	Modifitseeritav	2017
LUF Multi	LUF Fire Fighter https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-multi/	2,4 x 1,91 x 1,72	7,88 m ³	3365	Deutz V6 300 PS (diisel)	Tagaliin (voolikusüsteem)	Spetsiaalne	2017
LUF 120	LUF Fire Fighter https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/luf-120/	3 x 2 x 2,1	12,6 m ³	4300	Deutz V6 450 PS (diisel)	Eesliin (suuremad kustutustööd)	Spetsiaalne	2017

LISA 2. SUPER- II EOD Robot Süsteem



Foto 1. SUPER-II EOD Robot Süsteem (Jian-Jun *et al.*, 2007, p. 251)

LISA 3. Gladiaator



Foto 2. Gladiaator (GlobalSecurity.org, i.a)

LISA 4. Serpentiiniroboti ehitus

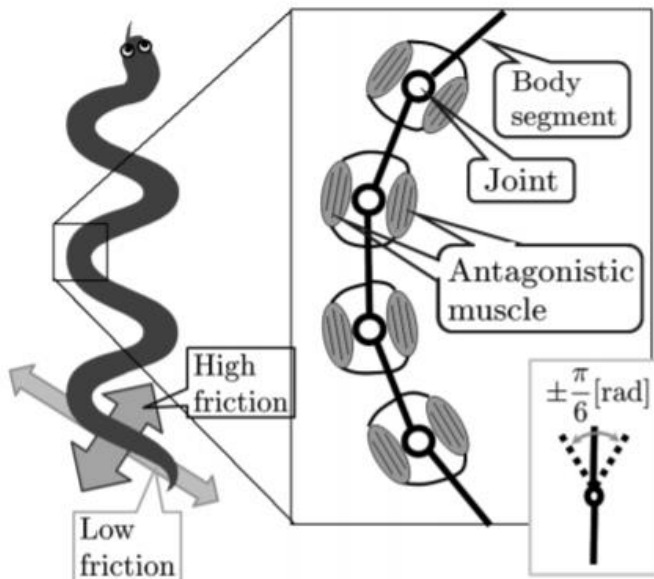


Foto 3. Serpentiiniroboti 2-D ülesehitus (Watanabe *et al.*, 2008, p. 1686)

LISA 5. Protokoll

Kevin Tammekand-i lõputöö katsed

Kõik katsed sooritati MILREM UGV-ga ning kaasati ka Rapla päästekomando teenistujad (2 päästjat, 1 meeskonnavanem). Eraldi kaasati ka Päästeametis töötav ekspert Ivar Frantsuzov.

Katsete eesmärgiks on uurida, kuidas suudab UGV liikuda keelualas, et oleks tagatud päästetööd.

Ballooni jahutamine

UGV ülesanne on liikuda keelualas oleva ballooni vahetuslähedusse ning anda piisava survega vett, et oleks tagatud pädev jahutustöö. Rapla päästekomando päästjad seavad üles voolikuliini, et oleks tagatud vesi, kui alustatakse masina liigutamist “sündmuskoha” suunas. Peale käsklust “start” hakkab masin liikuma ning peab jõudma ballooni juurde. Masina taga on survestamata tööliin, viimased 10 meetrit liigub masin survestatud tööliiniga. Surve suunamiseks kasutatakse

