Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Aimar Sikka

DROONI KASUTAMISE VÕIMALIKKUS PÕLEVAINE LADUSTAMISE LAOPLATSIDE PAIKVAATLUSES LÕUNA PÄÄSTEKESKUSE NÄITEL

Lõputöö

Juhendaja:
Viljar Schmidt, BA

Kaasjuhendaja:
Feliks Angelstok, Ph

Tallinn 2017

SISEKAITSEAKADEEMIA LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

Päästekolledž	Kaitsmine: Juuni 2017
Töö pealkiri eesti keeles: Drooni kasutamise võimalikkus põlevaine ladustamise laoplatside paikvaatluses Lõuna päästekeskuse näitel Töö pealkiri võõrkeeles: The Possibility of Using a Drone in the Observation of Storage Yards for Flammable Substances Based on the Example of South Rescue Board. Lühikokkuvõte: Lõputöö koosneb 51 leheküljest, sisaldades 8 lehekülge lisasid ning 17 joonist. Lõputöö on kirjutatud eesti keeles, võõrkeelne kokkuvõte on koostatud inglise keeles. Lõputöö eesmärk on hinnata droonide kasutamisest tekkivat lisandväärtust Päästeameti ohutusjärelevalve poolt läbiviidava paikvaatluse teostamisel põlevainete laoplatsidel. Eesmärgi saavutamiseks viib autor läbi katse, kasutades drooni põlevaine laoplatsi paikvaatluse läbiviimisel ning vajalike mõõtetulemuste saamiseks rakendas erinevaid tarkvaralahendusi. Töö tulemusena selgus, et droonide kasutamine tuleks kindlasti töösse võtta ohutusjärelevalve poolt läbiviidavates menetlustoimingutes põlevainete laoplatsidel paikvaatluse teostamisel. See võimaldaks vähendada ametnike töökoormust, muuta paikvaatlust kiiremaks ja saada täpsem ülevaade.	
Võtmesõnad: droonid, ohutusjärelevalve, põlevainete laoplatsid	
Võõrkeelsed võtmesõnad: drones, safety supervision, storage yards for flammable substance	
Lõputöö seos riiklike arengukavade ja prioriteetidega: Siseturvalisuse arengukava aastateks 2015-2020, Päästeameti strateegia aastateks 2015-2025.	
Säilitamise koht: SKA raamatukogu	
Töö autor: Aimar Sikka Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste tööde autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas. Allkiri:	
Vastab lõputöö nõuetele Juhendaja: Viljar Schmidt Allkiri:	
Vastab lõputöö nõuetele Kaasjuhendaja: Feliks Angelstok Allkiri:	
Kaitsmisele lubatud Kolledži direktor: Ain Karafin Allkiri:	

SISUKORD

ANNOTATSIOON....……2

SISUKORD...…….3

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU ...……5

SISSEJUHATUS……6

1. OHUTUSJÄRELEVALVE ÜLESANDED JA DROONIDE KASUTUSVÕIMALUSED ……9

1.1 Ohutusjärelevalve ……9

1.2 Põlevmaterjali ladustamine ja tuleohutusnõuded …...……...12

1.3 Droonipõhine aeromõõdistamine ...……...14

1.3.1 Aerofotogramm-meetria ……...……..14

1.3.2 Droonidelt mõõdistamine ……...……16

2. UURING ……...……..19

2.1 Uuringu eesmärk ja metoodika ……..19

2.1.1 Eksperiment ……19

2.1.2 Eksperimendi tulemus ja kokkuvõte ……...……...23

2.2 Küsitlus ……..27

2.2.1 Ankeetküsitlus ja valim ……...……...27

2.2.2 Ankeetküsitluse tulemused ja nende analüüs ……...……..28

2.3 Järeldused ja ettepanekud ……...……...35

KOKKUVÕTE ……...…….38

SUMMARY……...……..40

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU ……..41

TABELITE JA JOONISTE LOETELU ……..42

LISAD …...……..44

Lisa 1 ...……44

Lisa 2 ……...……46

Lisa 3 ……...……47

Lisa 4 ……...……48

Lisa 5 ……...……49

Lisa 6 ……...……50

Lisa 7 ……...……51

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

OJB - ohutusjärelevalve büroo

TKT - tuleohutuskontrolli teenus

EKT - ehituskontrolli teenus

TTVT - tulekahju tekkepõhjuste väljaselgitamise teenus

KKT - kemikaaliohutuse kontrolli teenus

UAV – droon ehk mehitamata õhusõiduk (inglise keeles *Unmanned Aerial Vehicle*)

UAS – mehitamata lennuvahendi/õhusõiduki süsteem (inglise keeles *Unmanned aerial vehicle system*)

SISSEJUHATUS

Droonide ehk UAV-de mehitamata lennuvahendite kasutamine maailmas järjest kasvab. Kui algselt olid droonid kasutusel ainult relvajõududes, siis käesolevaks ajaks näeme nende lennuseadmete kasutust igapäevaselt tsiviilkäibes. Tsiviilkasutuses on mehitamata õhusõidukid kasutusel väga erinevates valdkondades. Droonid on jõudnud kasutusele filminduses, keskkonnaseires, maa-alade kaardistamisel, põllumajanduses, politseitöös, kaupade transpordil. Droonide kasutamine mitte-sõjalistel otstarvetel on arenenud jõudsalt ning eelkõige just seepärast, et nad on muutunud tavakasutajatele oma hinna poolest kättesaadavamaks (Harwin, Lucieer 2012. 1573-1599).

Teemat valides võttis autor aluseks Eesti „Siseturvalisuse arengukava 2015-2020“ , mis toob välja vajaduse tõhusamalt rakendada tehnoloogiat, olles avatud kiirelt areneva tehnoloogia kasutuselevõtmiseks ja pakkuda uusi teenuseid (Siseministeerium, 2014). Lisaks Päästeameti strateegiale 2015-2025, mis märgib, et kasutades uusi tehnoloogilisi lahendusi oskuslikult, saame oluliselt tõsta riigi elanike ja elukeskkonna turvalisust. Turvalisuse tagamisel on oluline leida tõhusamad ja nutikamad lahendused, kuidas inimressursi kõrval rakendada uuenduslikku tehnoloogiat (Päästeamet, 2014).

Areneva tehnoloogiaga kaasas käies, võttis Päästeamet 2016. aasta teisel poolel kasutusele esimesed 4 drooni kõikides päästekeskustes. Eesmärgiks rakendada strateegiast lähtuvalt, arenevat tehnoloogiat. Üks nendest droonidest on juba edukalt kasutust leidnud päästevaldkonnas inimese päästmisel, kus Päästeameti droon aitas üles leida metsa eksinud vanemaealise mehe. Päästeametil on aga ka mitmeid teisi ülesandeid kus drooni võimalik rakendada. Droonide kasutuselevõtmine erinevatel kasutusaladel vajab analüüsi valdkonnapõhiselt.

Lõuna päästekeskuse Ohutusjärelevalve büroo (edaspidi OJB) inspektorid kasutasid objekti kontrollil drooniga tehtud pilte esmakordselt 2015. aastal. Objekti paikvaatlus drooni kaasabil viidi läbi Tartu lähedal Raadil, kus ettevõte ladustas lahtisel laoplatsil mittenõuetekohaselt põlevmaterjali, ca 12 000 tonni sõidukite rehve (Päästeameti Lõuna päästekeskuse paikvaatluse protokoll haldusmenetluses nr.7.2-5.2/3567-2)(lisa2).

Lennuvahendi kasutamisel tehtud fotod lihtsustasid inspektorite sõnul nende tööd, kuna saadi objektist hea ülevaade õhust, mis

kiirendas osaliselt haldusmenetluse läbiviimist objektil. Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite poolt läbiviidu ajendas uurima antud teemat laiemalt.

Teema on kajastamist leidnud kui metsatulekahju kustutustöö teenusest lähtuvalt. 2014. aastal käsitles Vitali Merkurjev oma Sisekaitseakadeemias kaitstud lõputöös droonide kasutamise võimalusi ja otstarbekust metsatulekahjudel luuret läbi viies, kuid ohutusjärelevalve teenuse osas see puudub. Sellest tulenevalt käesoleva töö **aktuaalsus.** Koos droonide arenguga toimub pidevalt erinevate valdkonnapõhiste tarkvarade arendus, mis loovad aluse nende lennumasinate kasutusalade laienemisele. Käesolevas lõputöös sõnastatud **uurimisprobleemiks** on päästekeskustes kasutuses olevate droonide võimalik kaasamine ohutusjärelevalve poolt teostavates põlevaine ladustamise laoplatside paikvaatluses.

Uurimisprobleemist lähtudes püstitab lõputöö autor uurimisküsimused:

1. Kas annab droonide kasutamine aja ja ressursi kokkuhoidu ohutusjärelevalve tuleohutuskontrolli teenuses paikvaatluse teostamisel?

2. Millised on Lõuna päästekeskuse OJB menetlustoiminguid läbiviivate ametnike hoiakud droonide kasutamise osas oma töös?

3. Millised võiksid olla droonide kasutamise arengud ohutusjärelevalve menetlustoimingutes paikvaatluse läbiviimisel?

Käesoleva uurimistöö **eesmärgiks** on hinnata kas droonide kasutuselevõtmine Päästeameti ohutusjärelevalve poolt läbiviidava paikvaatluse teostamisel põlevainete laoplatsidel, annab võimaliku lisandväärtuse. Eesmärgist tulenevalt kerkib käesoleva uuringu põhiküsimuseks, kas muutub teenus läbi selle kiiremaks ja kvaliteetsemaks.

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitan lõputöö **uurimisülesanded**:

1. Analüüsida teoreetilist kirjandust ning hinnata drooni kasutamise praktilist poolt, eelnevalt valitud objekti inspekteerimisel.

2. Viia läbi küsitlus Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite hulgas, et hinnata nende arvamusi droonide kasutamiseks paikvaatluste läbiviimisel.

3. Tulenevalt teoreetiliste allikate ja praktilise osa analüütilisest ülevaatest ning empiirilise uuringu tulemusest, anda ülevaade ja teha ettepanekuid droonide võimalikuks rakendamiseks Päästeameti ohutusjärelevalve teenuses põlevmaterjalide laoplatside paikvaatluses.

Lõputöö esimeses peatükis käsitleb autor ohutusjärelevalve toiminguid ning droonide kasutamise teoreetilisi lähtekohti, mis võimaldaksid rakendada neid ohutusjärelevalve teenuses paikvaatluse läbiviimisel laoplatsidel.

Lõputöö teine peatükk koosneb kolmest osast. Teise peatüki esimeses osas tutvustab autor uurimistöö eesmärki ja metoodikat. Annab ülevaate autori tehtud eksperimendist, milles drooni kasutati objekti paikvaatluseks, selle raames saadud tulemustest ning sisaldab kokkuvõtet teostatust. Teise peatüki teine osa kirjeldab läbiviidud küsitlust ja moodustatud valimit ning analüüsib küsitluse käigus saadud tulemusi. Teise peatüki kolmas osa koosneb järeldustest ning ettepanekutest.

1. OHUTUSJÄRELEVALVE ÜLESANDED JA DROONIDE KASUTUSVÕIMALUSED

1.1 Ohutusjärelevalve

Päästeameti poolt läbiviidava ohutusjärelevalve eesmärk on luua turvaline elukeskkond, suurendada inimeste teadlikkust ja luua eeldused tulemuslike päästetööde teostamiseks. Päästeameti ohutusjärelevalvebürood tegelevad Põhja, Ida, Lääne, ning Lõuna päästekeskustes nelja teenusega. Ohutusjärelevalve on üks kuueteistkümnest Päästeameti teenustest. Ohutusjärelevalve teenus jaguneb omakorda viieks teenuseks: tuleohutuse kontroll, ehituskontroll, tulekahjude tekkepõhjuste väljaselgitamine, tuleohutusteenuste kontroll, kemikaaliohutuse kontroll**.** Hinnatakse ehitiste, nendes toimuva tegevuse ja avaliku ürituse tuleohutusnõuetele vastavust. Viiakse läbi kontrolli kinnisasjade, seadmete ja tegevuste vastavuse üle tuleohutusnõuetele, nõuete täitmist hoonete ning rajatiste planeerimisel, projekteerimisel ja ehitamisel ning selgitatakse välja tulekahjude tekkepõhjused. Tuleohutusnõuete rikkumise korral on ohutusjärelevalve inspektoritel õigus alustada haldus- või väärteomenetlust ja vajaduse korral rakendada riikliku sundi. (Päästeamet)

Päästeameti poolt läbiviidav tuleohutuse kontrolli teenus on ehitiste, nendes toimuva tegevuse ja avaliku ürituse tuleohutusnõuetele vastavuse hindamine, mille tulemusena kontrollitud objektid vastavad kehtestatud tuleohutusnõuetele. Kontrolli teostatakse riskipõhiselt ohuprognoosi alusel ja taotluste alusel ning ohukahtluse korral, mis tugineb ohuprognoosile ja varasematele kontrollidele, enesekontrolli aruannetele või toimunud rikkumisele (päästesündmusele). Tuleohutusnõuete täitmise tagamiseks kasutatakse haldus- ja väärteomenetlust ning rakendatakse riiklikku sundi. Lähtuvalt teenustasemest kontrollitakse tööplaanide alusel tuleohutusnõuete täitmist 4500 ehitises. Kontrolli teostatakse ohuprognoosi ning avalduste alusel.(Päästeameti TKT teenuskaart 2016)

Päästeameti ohutusjärelevalve büroo tuleohutuse kontrolli teenust teostavate ametnike põhiülesanneteks on:

a) Tuleohutusjärelevalve teostamine objekti, tegevuse ja seadme töö tuleohutusnõuetele vastavuse üle;
b) Väärteomenetluse ja haldusmenetluse läbiviimine ning haldussunni rakendamine seadusega ettenähtud korras ja juhtudel;
c) Tuleohutusalases ennetus- ja selgitustöös osalemine (Päästeameti TKT töökorralduse rakendusjuhis);

Ehitise või objekti tuleohutuskontrolli viib läbi Päästeameti OJB inspektor TKT teenuskaardi alusel vastavalt kinnitatud kvartali tööplaanile või tööplaani väliselt saabunud avalduse või ohukahtluse alusel.
Tuleohutuskontrolli läbiviimiseks alustab inspektor haldusmenetluse, mille käigus toimub eelteabe kogumine, menetlusosaliste teavitamine menetluse alustamisest, paikvaatluse läbiviimine, menetlusosalise ära kuulamine, haldusakti koostamine ning järelkontrolli teostamine ettekirjutuse (konkreetse nõude haldusaktis) üle. Menetleval objektil viib inspektor läbi menetlustoiminguna paikvaatluse, mille eesmärgiks on fikseerida kontrollitava objekti tuleohutusalane olukord. Inspektorite ülesandeks on teostada kehtiva valdkonna ohuprognoosil põhinevaid erakorralisi kontrolle (Päästeameti ohutusjärelevalve töökorraldusjuhend).
Vestluses Lõuna päästekeskuse OJB büroo töötajatega on probleemiks põlevmaterjalide ladustamise laoplatsid, mis paiknevad suurtel pindaladel ja sisaldavad põlevainet suurtes kogustes. Tihti asuvad sellised ladustamise alad kohtades kuhu juurdepääs on raskendatud, muutes läbiviidava paikvaatluse adekvaatse info saamiseks aeganõudvaks ja ressursimahukaks.

Lõuna päästekeskuse OJB nõuniku Almar Nuuma sõnul kooskõlastab päästekeskus aastas ca 20 põlevmaterjali ladustamise plaani.ja lisaks tuleohutusülevaatused plaani kohustusega objektide üle. Paikvaatluste läbiviimisel avastatakse pahatihti erinevaid rikkumisi, kus eiratakse tuleohutusnõudeid. Põlevmaterjali ladustatakse virnas või aunas oluliselt rohkem kui lubatud. Sellised rikkumised tekitavad reaalse ohu, millele võib järgneda päästesündmus.

Sellistest võiks välja tuua 2013. aasta novembris Pärnumaal Sauga vallas pelleti graanuleid tootva osaühingu Purutuli maa-alal hakkpuiduauna pikalt kestnud kustutustööd, mis läksid Päästeametile hinnanguliselt maksma üle 45 000 euro. (Pärnu Postimees 13.06.2013). Lõunapäästekeskuse piirkonnas on üheks selliseks näiteks antud töös eelnevalt mainitud Tartu linna külje all Raadil asuv kasutatud rehvide ladustamise plats. Objektil toimunud põleng 2013 aasta juunis ohustas oma mürgise suitsuga ümbruskonna elanikke, tekkis märkimisväärne keskkonnakahju ning kustutustöödele kulunud summa oli küllaltki suur.

Ohutusjärelevalve inspektorite poolt läbiviidav tuleohutuskontroll on üks ennetavatest meetmetest reaalse ohu ärahoidmisel. Oluline on jõuda menetluste läbiviimisega kohtadesse, kus ohu tekkimine võib olla reaalne. Seda paraku aga takistab mahukas tööplaan ja inimressursi piiratus. Seetõttu nähakse tulevikku vaadates võimalikke lahendusi arenevast tehnoloogiast ja IT –lahendustest, mis võiksid kasutuses tagada kokkuhoiu finantsiliselt poolelt.

1.2 Põlevmaterjali ladustamise ja tuleohutusnõuded

Siseministri 2. septembri 2010. a määruse nr 44 „Põlevmaterjalide ja ohtlike ainete ladustamise tuleohutusnõuded“ § 5 lg 1 sätestab, et kui objekti territooriumil ladustatakse põlevmaterjali rohkem kui 1 000 m3, tuleb tagada põlevmaterjali ohutu kaugus ehitisest, muust põlevmaterjalist ning krundi välispiirist ning päästetööde teostamise võimalikkus, sealhulgas ligipääs päästemeeskonnale. Määruse § 5 lg 2 paneb suures koguses põlevmaterjali ladustajale kohustuse koostada põlevmaterjali ladustamise kohta plaan ja kooskõlastada see asukohajärgse päästekeskusega. Kooskõlastamise käigus peab päästekeskus hindama plaani vastavust nõuetele ja tegeliku ladustamise vastavust plaanis kajastatule. Nõuetekohane ladustamine võimaldab päästemeeskonnal päästetöid teostada ja mõistliku aja jooksul tulekahju kustutada. Mõistlikuks ajaks loetakse alla 24 tunni kestvat päästetööd (VV 09.09.2010 nr 134).

Ladustamise vastavust nõuetele hindab päästekeskus ka edaspidisel tuleohutusjärelevalve teostamisel. Lõuna päästekeskus ja Keskkonnaameti Lõuna regioon on omavahel kokku leppinud, et kõik üle 1000 m3 mahuga põlevmaterjalide ja põlevmaterjalidest jäätmete ladustamise jäätmelubade taotlused saadetakse enne loa väljastamist arvamuse esitamiseks Lõuna päästekeskuse ohutusjärelevalve büroosse. Kokkulepe hõlmab nii uute objektide lubasid kui ka olemasolevate laoplatside lubade uuendamist. Päästekeskus peab kooskõlastama ladustamisplaani ja hindama tegelikku ladustamist plaanis kajastatule ning kontrollima nõuetele vastavust edasiste tuleohutusjärelevalve toimingute käigus.

Palgi- ja saematerjalide, saepuru, hakkepuidu, freesturba jms lahtise laoplatsi rajamisel tuleb arvestada, et virna või auna süttimise korral oleks põlevmaterjali omaniku varaline kahju võimalikult väike.

Laoplatsi rajamisel on oluline, et:

- päästemeeskonnal oleks võimalik mõistliku aja jooksul tulekahju kustutada;

- päästemeeskonnale oleks tagatud juurdepääs virna või auna igale küljele;

- päästemeeskonnale oleks tagatud juurdepääs laoplatsi jaoks ettenähtud veevõtukohale;

- oleks tagatud põlevmaterjali ohutu kaugus ehitisest, muust põlevmaterjalist ja krundi välispiirist;

- oleks olemas eelnevalt projekteeritud ja ehitatud tuletõrjeveevärk.

Põlevmaterjalide lahtiste ladude ohutu kaugus hoonetest on toodud EVS 818-4:2011 tabelis 3 ja päästemeeskonna tegutsemise võimalused EVS 812-7:2008 punktis 15.

Ladustamistingimused loetakse täidetuks kui palgi- ja saematerjalid virnastatakse või saepuru, hakkepuit, freesturvas jms. kuhjatakse mitmesse auna. Virn või aun on võrdsustatud tuld kartva (TP 3) ehitisega.

Põlevmaterjalide lahtise laoplatsi territooriumile tuleb ette näha ühe vähemalt 1000 m^2 pindalaga reservplatsi olemasolu, kuhu on võimalik tulekahju korral põlevat saepuru, hakkepuitu, freesturvast jms ümber ladustada. Ladustamise platsi ja reservplatsi ohutusvahemaa on vähemalt 8 m.

Lõuna päästekeskuse OJB jälgib jätkuvalt regulaarselt Raadil paikneval laoplatsil toimuvat rehvide ladustamist. Lähtuvalt hetkel olevale võimekusele on OJB inspektoritel ladustatavate põlevmaterjali kuhilate vaheliste kauguste mõõtmiseks kasutada mõõdulindid. Objektil ladustatavate rehvide paiknemise ja mahtude tõttu on mõõtmine mõõdulintidega äärmiselt komplitseeritud ja aeganõudev. Mõõtmisprotokolli tehes on objekti suurust arvestades oht eksida. Teostatava paikvaatluse kiiremaks läbiviimiseks tööaja efektiivsema kasutamise eesmärgil on inspektorid kasutanud mõnikord ka drooni abi. Drooniga eri aegadel tehtud fotode võrdlemine lihtsustas objektil vahepeal toimunud muutuste visuaalset hindamist.

1.3 Droonipõhine aeromõõdistamine

Lennuvahenditelt mõõdistamine on sama vana kui lennundus. Kuni hiljutise ajani oli see aga väga kulukas ning õigustas end ainult suurte mahtude korral. Droonitehnoloogia, digifotograafia ja andmetöötluse areng on teinud aeromõõdistamise kättesaadavaks kõigile ning majanduslikult otstarbekaks ka väikesemahuliste projektide puhul. Mehitamata õhusõidukid (droon, UAV, UAS) jagunevad multirootoriteks (kopter-tüüpi) ja fikseeritud tiibadega (lennuki-tüüpi) vahenditeks, mis töötavad kas akutoitel või sisepõlemismootoriga. Mõõdistamise eesmärgil kinnitatakse droonile kaamera (lisaks n-ö tavakaamerale multi- või spektraalkaamera) ja/või laserskanner. Aerofotogramm-meetria põhimõte seisneb selles, et objekt „kaetakse“ piltidega, mis omavahel kattuvad. Hilisema töötluse käigus luuakse saadud piltidest ortofoto ja maapinnamudel (Liba, N. 2005).

1.3.1 Aerofotogramm-meetria

Aerofotogramm-meetria areng on jõudnud tänu tehnoloogia arengule uuele tasemele, mis hõlmab nii rakendatavaid õhusõidukeid kui ka pildistamiseks kasutatavat riistvara. Aerofotogramm-meetria on meetod, mille abil on võimalik määrata objektide asendit, mõõtmeid ja kuju, kasutades selleks aerofotosid. Droonide levik on viinud ka fotogramm-meetrilised tööd uuele tasemele, andes võimaluse paindlikumaks ja kiiremaks aeromõõdistuseks. Arendatud tarkvarad võimaldavad tänu arvutite kasvanud võimsusele ja arvutigraafika ning pilditöötluse arengule, korraga läbi töötada suure hulga fotosid, tuvastada nendelt iseloomulikud punktid, mille abil fotod omavahel seotakse. Seejärel kasutades erinevates tarkvaralahendustes sisalduvaid algoritme ja matemaatilisi lähenemisi, luues fotografeeritud objektist 2D- või 3D-mudeli. Kogu protsess on seejuures suuremas osas automatiseeritud. Seetõttu on võimalus aerofotode töötlus teostada ka ilma spetsiaalse mahuka ettevalmistuseta.

Drooni kasutamisega fotogramm-meetrilisel mõõdistamisel, saab määratakse objekti kuju, mõõtmed ja asend fotode järgi. Fotogramm-meetria jaguneb kolmeks: satelliit-, aero- ja terrestiline fotogramm-meetria. Satelliitfotogramm-meetria korral paikneb kaamera satelliidil, aerofotogramm-meetria korral õhusõidukil ning terrestilise fotogramm-meetria puhul maapinnal statiivil.

Aerofotogramm-meetrilise mõõdistamise korral võib spetsiaalne kaamera paikneda nii mehi-tatud kui mehitamata õhusõidukil. Tegelikult pole aerofotogramm-meetria korral suurt tehno-loogilist erinevust, kas kasutatakse mehitamata või mehitatud õhusõidukit, drooni puhul on lennu kõrgus lihtsalt madalam. Fotogramm-meetria puhul määravad saadavate andmete täpsuse kasutatava kaamera parameetrid ning fotode ülekattuvus, samuti ka piltide töötlemiseks kasutatav tarkvara. (Liba, N. 2005). Tehtavate piltide ülekattuvus peaks spetsialistide hinnangul olema vähemal vähemalt 60%.

Fotogramm-meetrias on kõrgusmudelite koostamisel oluline saadav punktipilv mis peab olema piisavalt tihe, võimaldades loodava pinna sarnasuse reaalse olukorraga. (Draeyer, B. 2015. 32-35)

Aerofotogramm-meetrilise mõõdistamise meetod sobib oma olemuselt ideaalselt objektidele, kus on vaja määrata mahtusid ning monitoorida mahtude muutusi (karjäärid, ladustatud materjalide kuhilad jms). Seda kõike praktilises käsitlusel toob välja käesoleva töö teises osas kirjeldatud Lõuna päästekeskuses kasutatava drooni DJI Phantom 4 teostatud eksperimentaalne lend ning lennuga kogutud fotomaterjalist erinevate tarkvarade abil saadud mõõdistusandmed.

1.3.2 Droonidelt mõõdistamine

Droonid on muutunud asendamatuteks seadmeteks, mis võivad kontrollida erinevate taristute, elektriliinide, tuulikute ja tööstusparkide töökorda. Olgu see topograafia või termograafia, geoloogilised uuringud või industriaalsed tehnopargid – droone kasutatakse üha enam erinevate keskkondade andmete analüüsiks ja pole oluline, kas kasutatav materjal on tehtud HD, 4K või termokaamera abil. Drooniga mõõdistamine võimaldab saada kõrgema kvaliteediga pilti maapinnast kui aero- või satelliitmõõdistamise korral. Seega on sellisel viisil võimalik mõõdistada ka neid objekte, mis aero- või satelliitmõõdistamisel jäävad häguseks või liiga väikeseks. Droonide lihtne kasutatamine ning madalad ülalpidamiskulud võimaldavad teha pidevaid ja kõrgekvaliteedilisi seireid (Harwin, Lucieer .2012. 1573-1599)

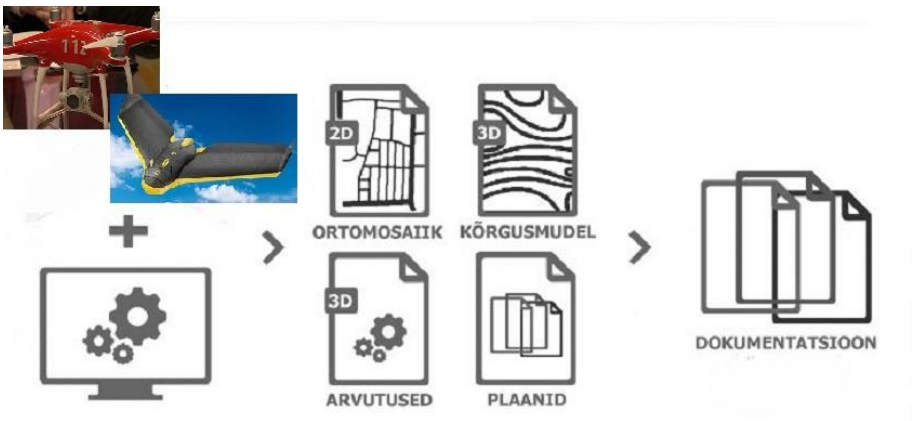
Droonidelt teostatavate pildistamise, filmimise ja mõõdistamise suureks eeliseks on see, et lennuvahendid pääsevad ligi kohtadesse, kuhu inimesel on raske pääseda. Näiteks maalihete, suuremate maapinna tööde ja ebakindla pinnasega alade seire puhul on mehitamata lennukid kiire lahendus vastavate maa-alade uurimiseks.(Fráter, T., Juzsakova, T., Lauer, J., & Dióssy, L. 2015. 85-91.)

Seoses ajalise ja ka materiaalse ressursi piiratusega on ettevõtted reeglina huvitatud mõõdistamismeetoditest, mis võimaldavad saada piisava täpsusega andmed võimalikult kiiresti ja odavalt. Õhust inspekteerimiseks ja kontrolliks on droon asendamatu abimees väikse riski ja kulunumbritega. Droonid programmeeritakse lendama kindlatel kõrgustel ja kiirustel tegemaks spetsiifilisi tegevusi etteantud marsruudil. Andmed, mis kaameraga salvestatakse, digitaliseeritakse eritarkvara abil täpseks analüüsiks.(Siebert, S., Teizer, J. 2014.1-14)

Mehitamata õhusõidukid ja nendega pildistamine ning filmimine on viimaste aastatega saavutanud maailmas suure populaarsuse, see tendents kasvab pidevalt ka Eestis. Kuid droonidelt tehtavate aeromõõdistamise ja aerofotogramm-meetriaga tegelevad veel vähesed.

Üheks selles valdkonnas tegutsevaks ettevõtteks Eestis on droonidega aeromõõdistamist, ehitiste ja objektide inspekteerimse teenuseid teostav OÜ J. Viru Markšeideribüroo. Ettevõte hindab oma igapäevatöös droonide abil kaevandusmahte, mõõtes kaevandatud maavarade hulka ning juba kaevandatud puistete hetkeseisu laoplatsidel. Autori vestlus ettevõtte geodeet Jürgen Aluojaga andis hea ülevaate sellest, et droonidelt mõõdistamisega on võimalik kahe lennuga, vastavat tarkvara kasutades, kõrgusmudelite erinevuste põhjal arvutada välja vahepealsel ajaperioodil teostatud kaevandamise hulk. Kaevandusmahte määratakse lähtudes pinnamoe muutustest fikseerituna mehitamata lennukitelt aeropildistamise abil valminud ortomosaiikide ja kõrgusmudelite põhjal (joonis 1).

Mõõdistamistöödel kasutab ettevõte nii pöörlevate rootoritega helikopter-tüüpi(DJI Phantom) ja tiibadega lennuki tüüpi (eBee) õhusõidukit. Mõõdistamistel rakendatavat, multirootorilist, koptertüüpi drooni kasutatakse kitsastes ja täpsust nõudvates paikades. Sellist tüüpi droonid on parima manööverdamisvõimega ja suudavad lennata stabiilselt väikestel kiirustel. Tiibadega lennuktüüpi drooni kasutatakse aga suuremate pindalade mõõdistamisteks. Sellist tüüpi drooni eeliseks võrreldes rootortüüpi drooniga on eelprogrammeeritavus teostatava lennu osas ja drooni autonoomne lend ning pikem lennuaeg.



Joonis 1. Drooniga teostatav aeromõõdistus ja infotöötlus (J. Viru Markšeideribüroo)

Droonilt mõõdistamise peamise eelisena tuuakse välja võimalus lühikese aja jooksul kaardistada suure pindalaga alad ning saada alade kohta detailsed ortofotomosaiigid, kõrgusandmed jne.

Samuti võib drooni eelisena tuua välja andmete keerulise manipuleeritavuse ning ka mõõdistamise objektiivsuse, kuna mõõdistuspunktide asukoht ja arv ei sõltu inimese hinnangust ega mõõdistamise kogemusest, vaid punktid paiknevad võrgustikuna. (Männamets, 2015)

Droonilt mõõdistamise puuduseks on sõltuvus ilmastikutingimustest, kuna vihma ja tugeva tuulega lennata ei saa. Samuti on lennu kõrgusest ja kaardistatava ala asukohast sõltuvalt vaja taotleda lennuluba, kusjuures kõrgemal kui 150 m lendamise korral tuleb lennuloa taotlus esitada vähemalt seitse tööpäeva enne lendu. Kontrollitavas õhuruumis ja piirangutega alal lendamiseks madalamal kui 150 m, tuleb lennuluba taotleda vähemalt kolm tööpäeva enne lendu.(Majandus ja taristuministri määrus nr 24 § 7)

Kahjuks ei kajastu veel droonidelt mõõdistamine seadusandluses. Veel ei ole võimalik droonilt mõõdistamise tulemusi kasutada põlevmaterjalide ladustatavate koguste tõendamisel kuna mõõteseadusest tulenevalt peaks mõõtevahend olema jälgitavalt kalibreeritud. (Mõõteseadus 2004) GPS-seadet pole aga võimalik taadelda ega kalibreerida, samuti pole võimalik drooni kalibreerida.

Hetkel on õigusaktides välja toomata droonidelt tehtavatele mõõdistamistele esitatavad nõuded, sertifikaadid kasutatavatele seadmetele, tarkvaralahendustele . Kuigi droonidelt tehtavate mõõdistamiste puhul kehtib väide, et üks pilt ütleb rohkem kui tuhat sõna on oluline antud mõõtemeetodi täpne kajastus seadusandluses.

2. UURING

2.1. Uuringu eesmärk ja metoodika

Uuring käesolevas lõputöös jaguneb kaheks osaks. Esimeses osas teostas autor eksperimendi, mis seisnes drooni kasutamises objekti paikvaatluses, hindamaks läbiviidavat protsessi ja saadavaid andmeid.

Teises osas viis autor läbi ankeetküsitluse Lõuna päästekeskuse OJB töötajate hulgas selgitamaks välja inspektorite teadlikkust ja arvamusi droonide kasutamisest antud valdkonnas.

2.1.1. Eksperiment

Uurimistööks kasutas autor nii kvalitatiivset kui kvantitatiivset uurimismeetodit. Esmalt viis autor läbi eksperimendi selgitamaks välja Lõuna päästekeskuse valmisolekubüroos kasutusel oleva drooni DJI Phantom 4 võimalikku rakendust ohutusjärelevalve teenuses. Lõputöö autor teostas praktilise katse selgitamaks välja, kuidas ning missugust infot on võimalik koguda, kasutades objekti paikvaatluseks drooni. Katse kava nägi ette drooni lendu eelnevalt planeeritud objekti kohal tehes objektist õhust pilte erinevatest kohtadest ja muutuvate võttenurkade alt. Valminud fotomaterjal töödeldi mõningaid teadaolevaid tarkvaralahendusi kasutades ning saadi soovitud tulem info osas, mis kajastas objektil ladustatavate suurte põlevmaterjali kuhjade mahte ning nendevahelisi kujasid.

Kasutatavaks drooniks läbiviidud eksperimendis sai Lõuna päästekeskuse valmisolekubüroo droon DJI Phantom 4 (joonis 2) parameetritega:

- 4K/ 120 k/s videot ja kuni 12 megapiksliseid pilte tegev kaamera;
- Güroskoobiga varustatud 3-suunalise liikumisega kaameraalus, mis hoiab kaamera alati otse, isegi kui kopter end kallutab;
- Juhtimine ja otsepildi edastamine kuni 5 km kauguselt;
- iOS või Androidi seadmelt lennuparameetrite kuvamine;
- Lennuaeg kuni 28 minutit;
- Automaatne 4-suunaline takistuste vältimine visuaalsensoritega.

Allikas: https://store.dji.com/product/phantom-4#/overview

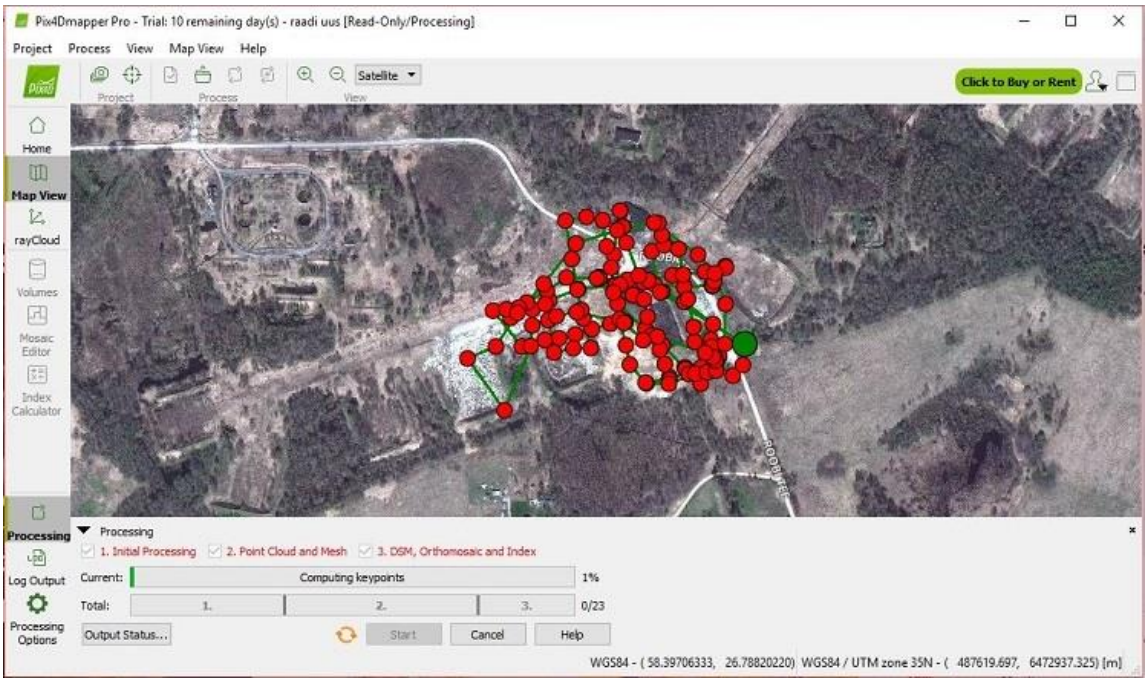
Joonis 2. Päästeameti Lõuna päästekeskuse droon DJI Phantom 4 (autori foto)

Teostatava katse inspekteeritava objekti osas langes valik Tartu külje all paikneva OÜ Rubronicu poolt hallatava autorehvide ladustusplatsi kasuks (joonis 3). Valitud koha eeliseks sai varasemalt teostatud kontrollid ning objekti lähedus Lõuna päästekeskusele. Valitud objekti jäämise tõttu kontrollitavasse õhuruumi tuli drooniga lendamiseks informeerida Lennuametit lennuloa saamiseks.

Joonis 3. Drooni DJI Phantom 4 tehtud foto 90 m. kõrguselt kasutatud autorehvide ladustamise laoplatsist Raadil ca 20 000 ruutmeetrisel alal (autori foto)

Koostöös Lõuna päästekeskuse valmisolekubüroo peaspetsialisti Urmas Saarepuuga teostas töö autor drooni lennu eelpool mainitud objektil. Läbiviidud katselend mööda vabalt valitud lennutrajektoori kestis 32 minutit.

Lennu jooksul tehti kokku 143 aeroülesvõtet (joonis 4). Drooni lennukõrguseks seadistati 90 meetrit.



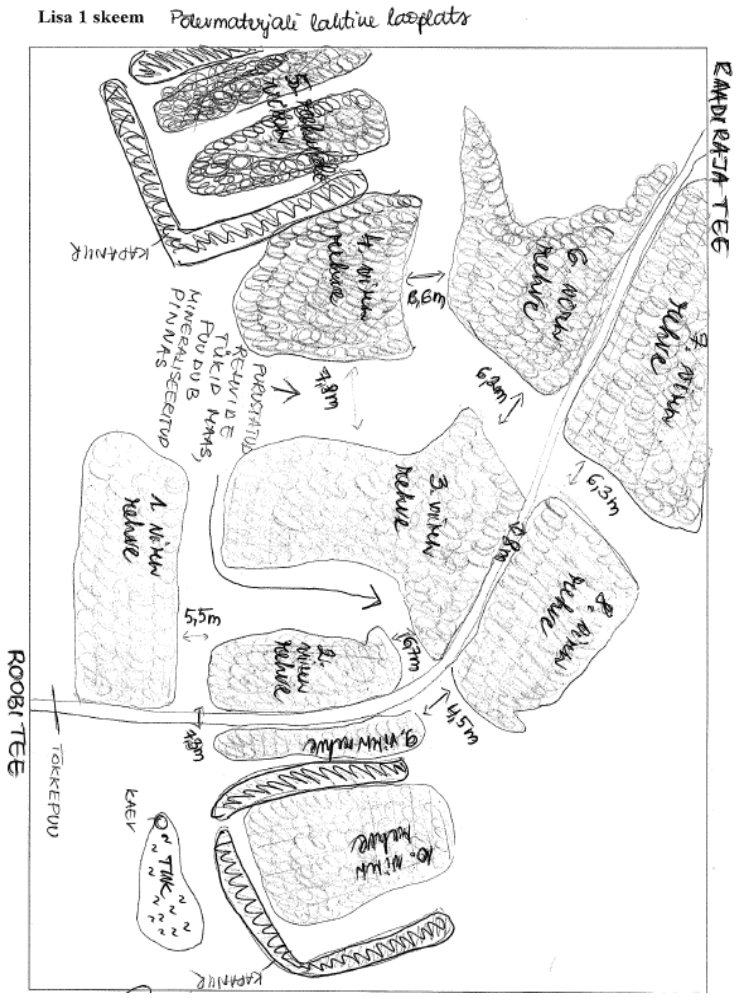
Joonis 4. Drooni lennutrajektoor väljatooduna ortofotomosaiigina, mis saadud aerofotode ja GPS logifaili põhjal fotogramm-meetria tarkvaras Pix4D (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Järgmise etapina eksperimendis valmisid autoril koostöös Eesti juhtiva geoinformaatika ettevõtte, GIS-tehnoloogial ja vastavatel IT-lahendustel põhinevaid teenuseid pakkuva AlphaGIS OÜ kaugseire projektijuhi Eveli Sisasega. Tema juhendamisel ja abil valmisid Raadil rehvide ladustusplatsil teostatud drooni lennul tehtud aerofotodest vastavaid IT-lahendusi kasutades geofereeritud ortofotomosaiigid. 2D ja 3D mudelid.

Valminud piltide kogumist vajalike mõõteandmete saamiseks kasutati tarkvaralahendusi: Drone 2 Map, ArcGIS Pro, Pix4D ja vabavara MeshLab. Piltide töötlus soovitud lõpptulemuse saamiseks kestis ca 1 tund. Lõpptulemi valmimise ajafaktor droonipiltide töötlemisel sõltub suuresti tehtud piltide arvust, resolutsioonist, nende kattuvusest, drooni isepärast ja töötluseks kasutatava arvuti jõudlusest.

2.1.2. Eksperimendi tulemus ja kokkuvõte

Läbiviidud eksperimendi tulemus võimaldas anda hinnangut objekti hetkeseisule. Määrata sai antud objektil ladustatavate põlevmaterjali puistete mahte ning mõõta ja hinnata puistete paiknemise omavahelisi kaugusi. Hetkel kasutavad paikvaatluste läbiviimisel Lõuna päästekeskuse OJB inspektorid objektil tehtavate vajalike mõõtmiste teostamisteks mõõdulinte ning valmistavad käsitsi joonise, mille lisavad paikvaatlusel tehtavasse mõõteprotokolli (joonis 5). Hinnanguliselt ei pruugi see kõik suurte pindalade ja mahtude juures olla kuigi täpne.



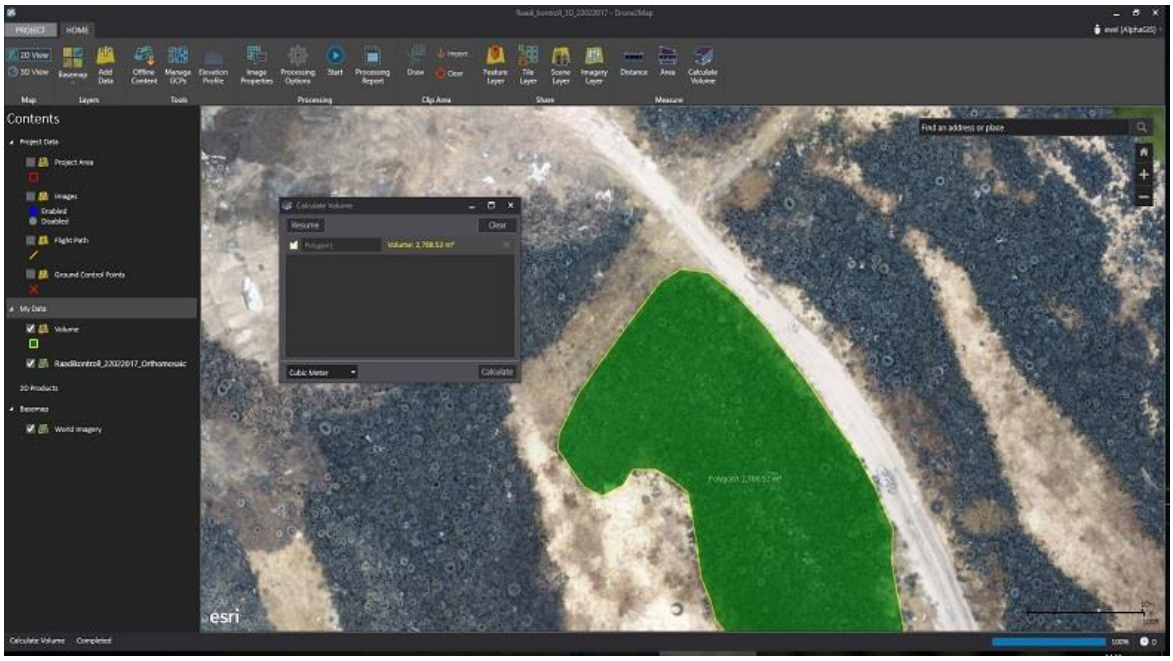
Joonis 5. Väljavõte Raadi rehvide ladustamise laoplatsi mõõteprotokollist tehtuna OJB inspektori poolt käsitsi (Lõuna päästekeskus OJB)

Drooni ning erinevaid tarkvaralahendusi kasutades tekkis aga hea visuaalne ja dokumentaalne üldpilt, mis oli objekti antud hetkeolukorra tõendamisel koheselt või hilisemalt ülimalt oluline. Valminud 3D mudelit on võimalik arvuti ekraanil keerata ja suumida vastavalt soovile (joonis 6).

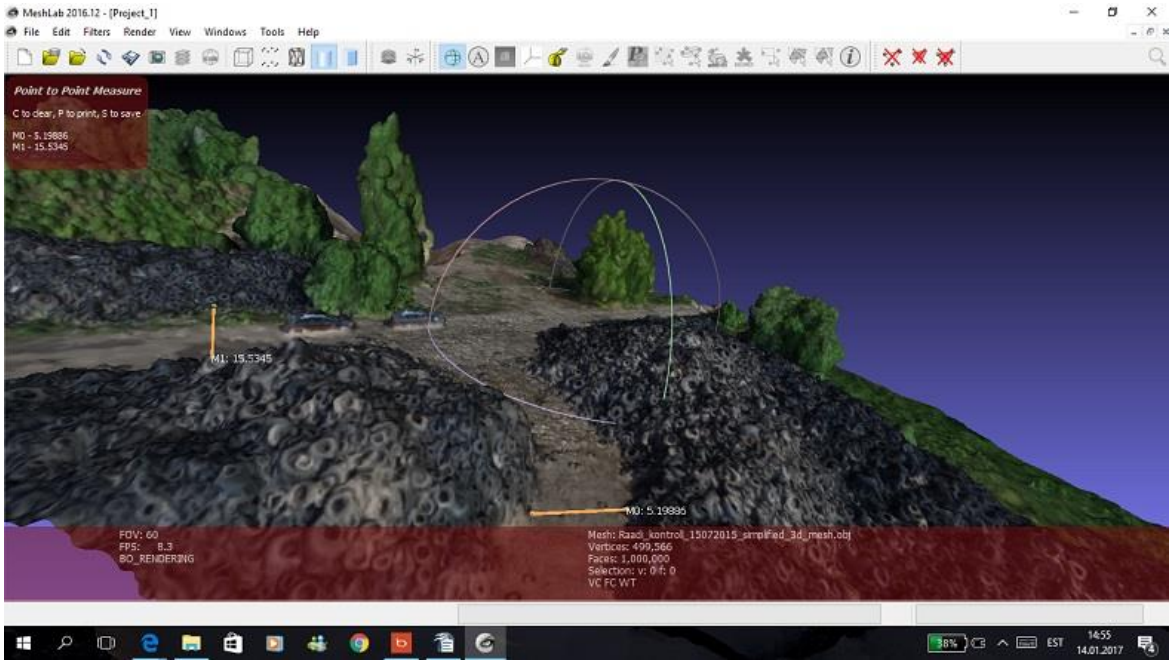
Joonis 6 . Joonisel 5 olev vaade Raadi rehvide ladustamise laoplatsist droonipiltide töötlusena interaktiivse 3D mudeli rakenduses Drone2Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Saadud tulemilt oli võimalik määrata ladustatud rehvikuhjade mahte ja mõõta nendevahelisi kujasid, määrata pindala (joonis 7, 8). Seda kõike oli võimalik teostada arvutis. Võrdluses eespool kajastatud tehtud töö mahuga, inspektorite poolt laoplatsil teostavate mõõdulindiga mõõdistustega, on töö tunduvalt väiksema töömahuga. Mõõdulindiga mõõdistades kulunuks sama lõpptulemuse saamiseks hinnanguliselt 2 tööpäeva. Antud objekti suurust arvestades oli objektist saadud mõõdistusinfo drooni kasutades ajaliselt kiirem ja täpsem.

Teostatud lend ning lennul kogutud andmete töötlemine tarkvara rakendustega andis täieliku ülevaate inspekteeritavast objektist.



Joonis 7. Ladustatud rehvikuhja mahu määramine tarkvara programmiga Drone 2 Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)



Joonis 8. Ladustatud rehvikuhjade vaheliste kujade määramine vabavaralises tarkvaralahenduses MeshLab (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Valik töö tulemusi drooni lennuga tehtud piltide alusel kasutades töötluses erinevaid lahendusi on välja toodud töö lisas. (Lisad 3 ja 4)

2.2. Küsitlus

Lähtuvalt käesolevas lõputöös püstitatud uurimisküsimustest uuris autor missugused on Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite arvamused ja hoiakud droonidest ning kas muudaks lennuvahendi kasutuselevõtmine ohutusjärelevalve tööd lihtsamaks ja efektiivsemaks. Et leida vastust nendele küsimusele viis autor läbi empiirilise uuringu tuleohutuskontrolli büroo ametnike hulgas.

2.2.1. Ankeetküsitlus ja valim

Uuringu läbiviimiseks kasutas autor ankeetküsitluse meetodit, mille abil koguti nii kvalitatiivset kui kvantitatiivset informatsiooni. (Hirsjärvi, S., *et al.* 2004)

Uuringu läbiviimiseks moodustas autor eesmärgistatud valimi Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite hulgas. Valimi moodustamine tähendab teatud osast suuremast hulgast, mida uuritakse, mingi väiksema hulga inimeste väljavalimist, kelle põhjal tehakse üldistavaid järeldusi kogu hulga kohta. (Kumar, R., 2011. p 193)

Ankeetküsitluse läbiviimisel kasutas autor Google Formsi keskkonda. Läbiviidava küsitluse meetodi kasuks otsustas töö autor sellepärast, et see võimaldas kasutada erinevat liiki küsimusi. Kasutades seda koos elektroonilise küsitluse loomise keskkonnaga (Google Forms) on ka andmete analüüs lihtsam ja kiirem. Lisaks sellele võimaldas ankeetküsitlus küsitleda väikese ajaperioodi jooksul ohutusjärelevalve büroo inspektoreid, kes asusid Lõuna päästekeskuse haldusala erinevates piirkondades.

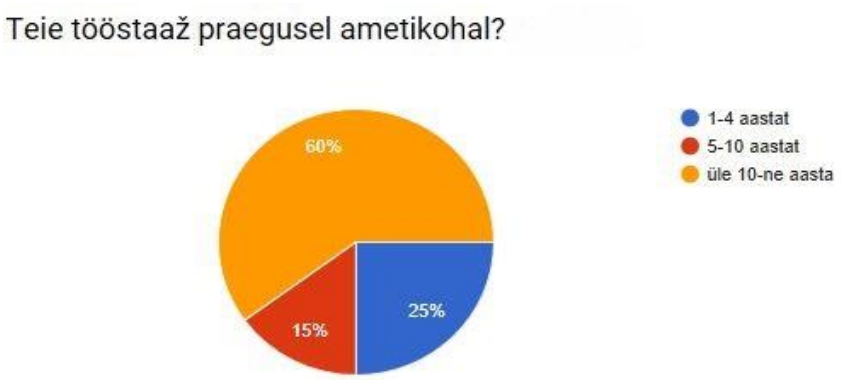
Ankeetküsimustik koosnes valikvastustel ja oma arvamuse avaldamise võimalustel põhinevatel küsimustel. Küsimusi moodustus kokku kümme. Ankeetküsimustik sisaldas küsimusi selgitamaks välja Lõuna päästekeskuse OJB töötajate teadlikkust droonidest, tõi välja nende seisukohti droonist kui ühes abivahendist oma igapäevaste tööülesannete täitmisel. Autori poolt koostatud ja läbiviidud ankeetuuring toimus perioodil 06.03.2017 - 26.03.2017 .Uuringu küsimustik on lisatud käesolevale tööle. (lisa 1).

2.2.2. Ankeetküsitluse tulemused ja nende analüüs

Kokku vastas küsitlusele 21 inimest 25-est, see on 85% kogu valimist. Protsentuaalselt oli vastajate hulgas: tuleohutuskontrolli teenust teostavaid ametnikke 60%, ehituskontrolli teenust teostavaid ametnikke 25% ja tulekahju tekkepõhjuste väljaselgitamise teenust teostavaid ametnike 15%.

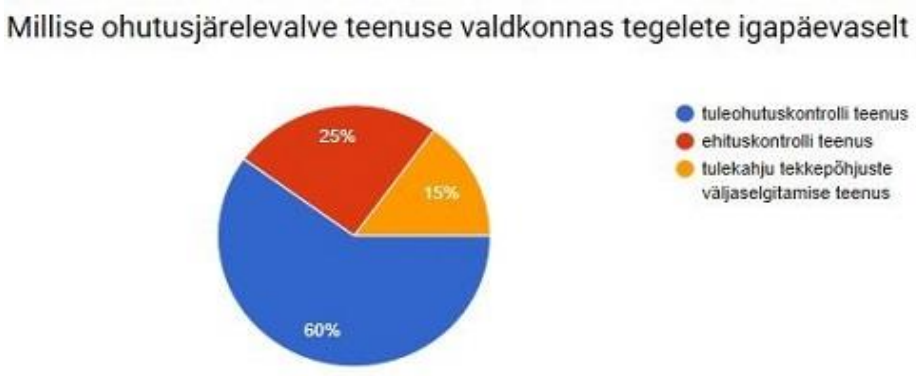
Vabavastustega küsimused olid koostatud nii, et neist oleks võimalik saada kahesugust informatsiooni. Esiteks pidid need küsimused tooma välja ametnike teadmisi droonidest ja teiseks andma ülevaate ametnike nägemusest droonide kasutamisest praktikast.

Küsimustiku esimeses küsimuses paluti vastajatel märkida tööstaaž oma praegusel ametikohal ohutusjärelevalves (joonis 9).



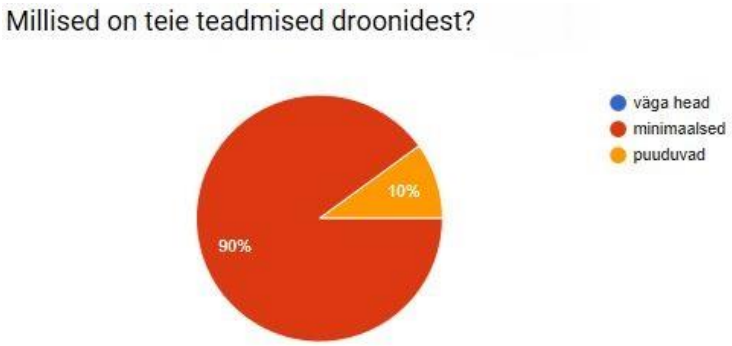
Joonis 9. Ankeetküsitluses osalejate tööstaaž oma ametikohal aastate lõikes (autori koostatud)

Teine esitatud küsimus jagas vastanud gruppidesse ohutusjärelevalves läbiviidavate teenuste järgi. Protsentuaalselt jagunesid ankeetküsitluses osalenud Lõuna päästekeskuse OJB ametnikud teostavate teenuste lõikes järgnevalt: tuleohutuskontrolli teenust teostavaid ametnikke 60%, ehituskontrolli teenust teostavaid ametnikke 25% ja tulekahju tekkepõhjuste väljaselgitamise teenust teostavaid ametnikke 15%. Vastanute ohutusjärelevalve teenuste valdkondade lõikes jagunemise tõid välja vastused ankeetküsimustiku teisele küsimusele (joonis 10).



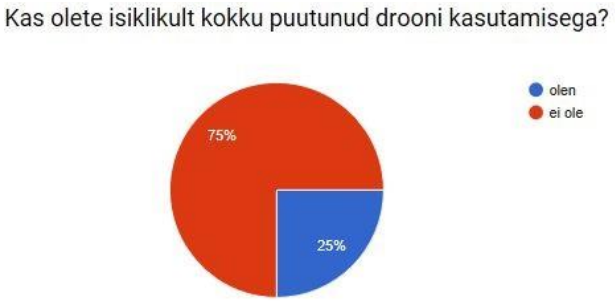
Joonis 10. Vastanute jagunemine ohutusjärelevalve teenuste lõikes (autori koostatud)

Kolmandas küsimuses paluti vastajat hinnata oma teadmisi droonidest. Esitatud küsimusele antud hinnangutest kajastus, et vastanute teadmised droonidest on minimaalsed või puuduvad üldse. Oma teadmisi antud valdkonna kohta väga heaks ei hinnanud vastajatest keegi. Selgub, et käsitletav teema on paljude vastanute jaoks ikkagi veel uudne (joonis 11).



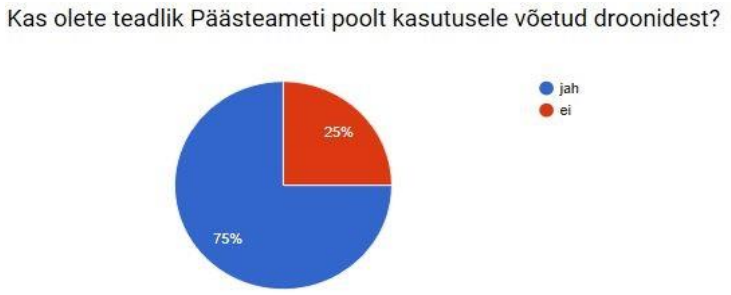
Joonis 11. Teadlikkus droonidest (autori koostatud)

Neljandale küsimusele antud vastused käsitlesid vastajate kokkupuudet droonidega. Saadud vastused tõid välja, et isiklikult drooni kasutamisega oli vastajatest kokku puutunud ¼ vastanutest (joonis 12).



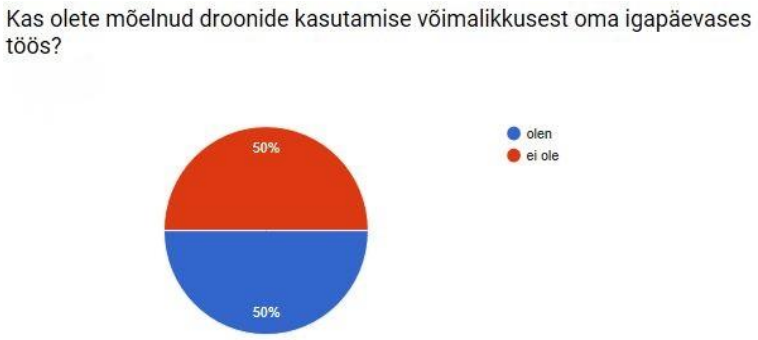
Joonis 12. Drooni kasutamisega kokku puutunud küsitluses osalejad (autori koostatud)

Vastanute teadlikkus hetkel Päästeameti kasutatavatest droonidest selgus viiendas küsimuses. Antud vastustest kujunes välja vahekord - 75% olid teadlikud ja 25% ei olnud. Tundub, et neljandikuni vastanutest ei ole veel jõudnud info sügisest päästekeskustes kasutuselolevatest droonidest (joonis 13).



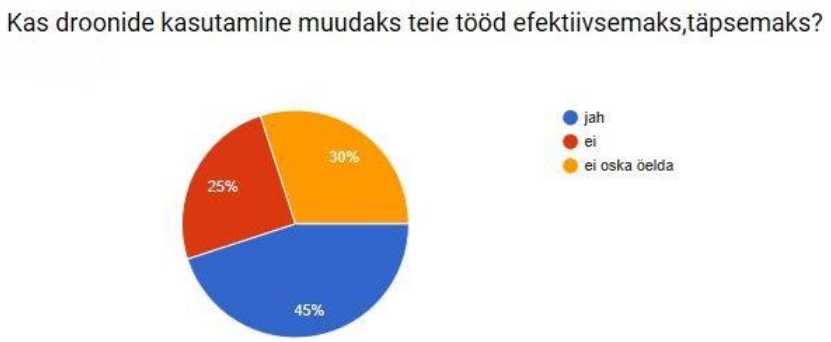
Joonis 13. Vastajate teadlikkus Päästeametis kasutuselevõetud droonidest (autori koostatud)

Küsitluses esitatud kuuendast küsimusest selgus, et Lõuna päästekeskuse OJB inspektoritest on pooled mõelnud drooni kasutamisele oma igapäevases töös. Arvatavasti on sellele tõuke andnud päästekeskuse kolleegide poolt läbi viidud varasem lennuvahendi kasutus objekti paikvaatluse teostamisel (joonis 14).



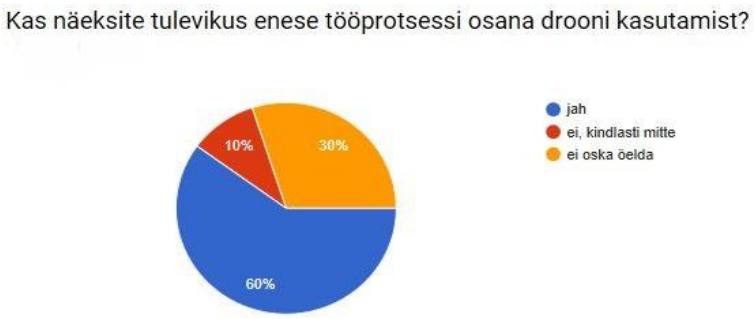
Joonis 14. Mõelnud drooni kasutamisele oma igapäevases töös (autori koostatud)

Kaheksandas küsimuses paluti anda hinnang võimalike muutuste kohta oma igapäevatöös läbiviidavate menetlustoimingute efektiivsuse ja täpsuse kohta drooni kasutades. Vastused kujunesid järgmiselt (joonis 15). Vaatamata vähestele teadmistele droonidest, näitab vastuste protsentuaalne jagunemine suuresti hinnangut töö muutumisest lennuvahendite kasutuselevõtmisel efektiivsemaks ja täpsemaks.



Joonis 15. Drooni kasutamisega kaasnev töö efektiivsuse ja täpsuse tõus (autori koostatud)

Üle poole küsitluses osalejatest nägi üheksandale küsimuse antud vastustest saadava hinnangu põhjal, et drooni kasutamine on tulevikus igapäevases tööprotsessis reaalne. Kuid oli ka vastajatest 10% neid, kes drooni kasutamist tuleviku tööprotsessi osana kindlasti ette ei näinud (joonis 16).



Joonis 16. Drooni kasutamine kui üks osa oma tuleviku tööprotsessis (autori koostatud)

Ankeetküsitluse küsimuses nr. 7 paluti vastajatel kirjeldada, milliseid oma tööalaseid tegevusi võiks lihtsustada drooni kasutamine. Vastustes toodi välja kasutamise kohad, kus drooni rakendamises nähti võimalikku abi:

- suurtel territooriumitel ladustamise kujadest ülevaate saamine, asendiplaanid, tegelik olukord;
- võimalus jälgida otsepilti ja kaardistamise nurka valida;
- põlevmaterjali lahtiste laoplatside olukorra hindamine (suured rehvide ladustamise platsid, saepuru, ammooniumnitraat väetise kottide,ümarpalgi ladustamise platsid);
- nõudeid kontrollides katkiste kütteseadmete ohutusnõudeid vaadates;
- võimalust hinnata, kas kogused on sellised nagu esitatakse või on vahepeal hoopiski lao ala suurendatud, ehk hetkeseisu fikseerimine;
- võimalus saada mahuarvutus (lennuandmetest genereeritakse kõrgusmudel; võimalik tarkvaraline lennu planeerimine, nt. antakse GPS-koordinaadipunktid ette ja saab samast kohast ülelende tehas võrdlevaid pilte);
- võimalus jäädvustada nii fotodena kui filmina sündmuskohta ilma tõstukit kasutamata, situatsiooni hetkeseisu tõendamine;
- mõõdistamise kiiruses (maast kõndides ja mõõtes kulub oluliselt enam aega);
- võimalus ligi pääseda raskesti ligipääsetavatele aladele, mis jalgsi on läbimatud;
- katusel paiknevate tarindite ja paigaldiste kontroll, ülevaate saamine nende olemasolust vältimaks riskantset ronimist;
- korstnaotste (kütte- ja ventilatsioonikanalite) välise ja sisemise seisukorra hindamine.

Küsitluse küsimus nr 10 võimaldas vastajatel avaldada arvamusi drooni kasutamise kohta oma igapäevases töös. Seisukohad olid erinevad.

Märgiti, et igapäevases töös leiaks vajalikke oskusi omades droonile kindlasti rakendust. Toodi välja, et ohutusbüroodes peaks igas keskuses olema üks selline droon ühe konkreetse väljaõppega inimese käes, kes aitab menetlusi teistel läbi viia vastavalt vajadusele. Siis ei jää droon seisma ning ei koormaks iga indiviidi igapäevast tööprotsessi.

Drooni kasutamisele võtmine on kindlasti hea võimalus muuta töö efektiivsemaks, täpsemaks ja kaasaegsemaks. Rakendamine võimaldaks saada hea ülevaate

põlevmaterjalide ladustamisest suurtel lahtistel laoplatsidel. Hinnata nii kajastuvat hetkeolukorda, kui ka saadud info võrdlemist eelnevalt samal objektil läbiviidud lennu tulemustega.

Pakuti välja veel, et võimaluste olemasolul oleks hea, kui igal ametnikul oleks oma droon, mille eest tema personaalselt vastutaks. Praktika tehniliste abivahendite ühiskasutusest näitavat seda, et kui ühel seadmel on mitu kasutajat, siis on ta varsti rikkis. Palju lisaprobleeme tekib, kus hoida, kes hooldab jne. Toodi välja hetkel veel mittepiisav info droonide kasutusvõimaluste kohta, et avaldada arvamust ja teha võimalikke järeldusi droonide kasutamise kohta ohutusjärelevalve poolt läbiviidavates toimingutes. Küsimusele vastanute osas tuleb ära märkida ka mõningaid negatiivsemaid ja pessimistlikumaid hoiakuid. Vastati, et droonide kasutamiseks puudub hetkel reaalne vajadus, võib olla lihtsustaks mõnda üksikut protsessi, aga reaalset kasu sellest ei olevat. Kasutada võiks, kuid vajadus on vaid mõned kasutuskorrad aastas. Oli ka vastus, milles mainiti, et miks ohutusjärelevalve töös droone üldse vaja on.

.

.

2.3. Järeldused ja ettepanekud

Käesoleva uuringu esimeseks uurimisküsimuseks oli välja selgitada, missugusel kujul tagab võimaliku aja ja ressursi kokkuhoiu droonide kasutamine ohutusjärelevalve tuleohutuskontrolli teenuses. Sellest lähtudes viis töö autor läbi eksperimendi, mis seisnes drooni praktilises kasutamises objekti paikvaatluse läbiviimisel. Sooritati Lõuna päästekeskuses kasutuses oleva drooniga lend objekti kohal ning tehti objektist õhust fotoülesvõtteid. Saadud fotod järgnevalt töödeldi. Erinevaid tarkvaralahendusi kasutades saadi vajalik info objekti tuleohutusalase seisukorra kohta. Valminud fotod ja erinevate tarkvaralahenduste toel valminud mudelid andsid valitud objekti olukorra kohta põhjaliku ülevaate. Tekkis hea võimalus teha erinevaid mõõtmisi objektil paiknevate ladustatud põlevmaterjali kuhjade mahtude määramiseks ning mõõta ladustamise nõuetele vastavate kujade olemasolu. Haldusmenetluse raames koostatava mõõteprotokolli jaoks vajalikke mõõtetulemusi oli võimalik määrata kontoris arvutit kasutades. Objektil olek piirdus ainult pooletunnise läbiviidud drooni lennuga. Hilisem töötlus tarkvararakendusega kestis antud katses ca 1 tund. Kokku kulus objekti paikvaatluseks, mis koosnes drooniga fotode tegemisest ja fotode töötlemisest tarkvaralahendusega, vajalike mõõteandmete saamiseks aega natuke alla 2 tunni. Läbiviidud eksperiment tõestas, et vajalike teadmiste, oskuste ning tehniliste vahendite olemasolul on võimalik objekti paikvaatlust teostada ühe vastava eriala spetsialisti poolt.

Läbiviidud uuringu teise ülesandena toimus küsitlus Päästeameti Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite hulgas. Eesmärk oli anda hinnang igapäevaselt ohutusjärelevalvega tegelevate spetsialistide teadlikkusele droonidest, uurida nende nägemust droonide võimalikust kasutamisest oma töös. Küsitlus tõi välja, et käsitletav teema on veel paljudele uudne, oluline oleks teemakohase informatsiooni jõudmine valdkonna kõigi spetsialistideni. Kuid vähesed teadmised ja kogemused droonidest ei seganud neid välja toomast tulevikuvisioone nende lennumasinate kasutamiseks oma igapäevaste tööülesannete täitmisel.

Võttes arvesse uurimistulemusi ja käesoleva töö teoreetilist osa, teeb autor järgnevad **ettepanekud:**

Päästekeskustes olevaid droone võiks rakendada kindlasti ohutusjärelevalves põlevmaterjalide ladustamise laoplatside paikvaatluses. Selle tegevuse läbiviimiseks sobivad päästekeskustes olevad DJI Phantom tüüpi droonid, mis on piisavalt võimekad. Ohutusjärelevalve menetlusi läbiviivatel ametnikel tekiks läbi selle suurem teadlikkus ja paremad oskused drooni kasutamiseks.

Töö käigus teostatud uuring tõestas, et rakendades drooni suurte laoplatside paikvaatluses saame kindlasti täpsema ülevaate olukorrast objektil. Tekiks kokkuhoid läbiviidava paikvaatluse aja ja inimressursi osas. Väheneb ametnike objektil viibitud aeg. Objekti paikvaatluses ei pea osalema mitu ametnikku.

Kindlasti tuleks vastava ala ekspertidel teha koostööd aero-ja geomõõdistamist teostavate ning selleks vajalikke tarkvaralisi lahendusi pakkuvate ettevõtetega. Nende teadmised ja kasutamiskogemused aitavad laoplatsidel läbiviidavat paikvaatluse raames kogutavat infot optimaalselt töödelda, seda nii rakendatavate tarkvaraliste lahenduste sisu kui ka maksumuse osas.

Et ära hoida võimalikke tekkivaid tööõnnetuste riske, raskesti ligipääsetavates kohtades ja ebatasastel pindadel valitsevat kukkumis- või traumaohte, on drooni kasutamine sellistes kohtades igati otstarbekas. Tehnoloogia ja rakendused on loodud selleks, et lihtsustada erinevate tööprotsesside läbiviimist. Droonidega kaardistamine, 3D mudelite loomine ja mõõdistamine, nii teaduslikel kui ärilistel eesmärkidel, näitab järjest enam kasvutendentsi.

Läbiviidud uuringus selgunud info põhjal on kindlasti vaja arendada läbi koolituste ohutusjärelevalve spetsialistide droonide kasutamise oskusi ning tõsta teadmisi tarkvaralahenduste kasutamisest droonifotode töötlemisel. Oskused, teadmised ja vilumus tulevad koostöös õppe ja praktilise kasutamisega. Droonide oskuslik kasutamine ning saadud info oskuslik töötlemine annaks kindlasti märkimisväärse lisandväärtuse Päästeameti läbiviidavates põlevainete laoplatside paikvaatluses.

Oluline on aga ka droonide kasutamise arengute jätkumine. Järgmise etapina võiks Päästeamet võimalusel katsetada lisaks käesoleval ajal päästekeskustes kasutusel olevatele rootortüüpi DJI Phantom droonidele kerget lennuktüüpi eBee tiibadega drooni (joonis 17).

Mainitud droonil on pikem lennuaeg, võimalus kaardistada ühe lennuga kuni 10 km^2 ala ning lisaks võimaldab eBee teostada täielikult autonoomset eelprogrammeeritavat lendu. (lisa 7) Antud droon võimaldaks objektide inspekteerimise paikvaatluse osas ning analüüsis muuta veelgi kiiremaks.

Kui vaadata sellist tüüpi drooni parameetreid ja võimekust, siis muudaks antud lennumasina kasutamine objektide inspekteerimise paikvaatluse osas ning analüüsis veelgi lihtsamaks ja kiiremaks. (lisad 5, 6).

Joonis 17. Tiibadega droon eBee (foto senseFly eBee manual)

KOKKUVÕTE

Lõputöös eesmärgi saavutamiseks seatud ülesanded täideti. Püstitatud eesmärk, välja selgitada droonide kasutamisest tekkiv lisandväärtus põlevainete ladustamise laoplatside paikvaatlusel Päästeameti ohutusjärelevalves täideti. Saadud tulemus andis igati positiivse vastuse. Droonid ja erinevad tarkvaralahendused aitavad kiirendada paikvaatluse läbiviimist minimaalse inimressursiga.

Esimese uurimisülesandena analüüsis töö autor teoreetilist kirjandust. Droonide praktilisele kasutamisele hinnangu saamiseks toimus drooni lend objektil ohutusjärelevalve menetluses läbiviidavat paikvaatlust teostades. Paikvaatluse läbiviimisel saadi objektist suure lahutusega kvaliteetsed pildid. Kasutatud infotehnoloogilised tarkvaralahendused lihtsustasid hinnangu andmist tuleohutuse nõuete täitmise osas. Tekkis ülevaade paikvaatluses inspekteeritavast objektist maapinnalt märkamatuks jäävatest detailidest. Droonide kasutuselevõtmist arutades, tuleks kindlasti lähtuda ühe pildi rohkemast informatiivsusest kui seda on tuhande sõna puhul.

Püstitatud teise uurimisülesandena toimus küsitlus Lõuna päästekeskuse OJB inspektorite hulgas. Kogutud andmed analüüsiti ning tehti saadud tulemustest järeldused. Püstitati küsimus, kuidas ja missugusel kujul tagab võimaliku aja ning ressursi kokkuhoiu droonide kasutamine ohutusjärelevalve tuleohutuskontrolli teenuses? Küsitluses selgusid Lõuna päästekeskuse OJB menetlustoiminguid läbiviivate ametnike teadmised, hoiakud ja seisukohad droonide rakendamisest nende tööülesannete täitmisel.

Lähtuvalt kolmandast püstitatud uurimisülesandest viidi läbi empiiriline uuring ja praktilise osa analüütiline käsitlus. Tehti ettepanekuid droonide võimalikust rakendusest Päästeameti ohutusjärelevalve teenuses.

Töös kajastub droonide kasutamise võimalik areng ohutusjärelevalve menetlustoimingute läbiviimisel. Autor tõi välja, et tulevikus võiks olla lennumasinate (droonide) kaasamine üks osa ohutusjärelevalve poolt läbiviidavates menetlustoimingutes põlevainete laoplatsidel paikvaatluse teostamisel. See võimaldaks vähendada ametnike töökoormust, muuta paikvaatlust kiiremaks ja saada täpsem ülevaade.

Autori hinnangul saavutas töö eesmärgi, kuid käsitletav teema vajaks veel uurimist droonidelt teostatavate mõõdistuste mõõtepädevuse osas seaduste tasandil inspekteeritaval

objektil teostatava haldusmenetluse praktikas. Seadusandluse ja metoodika osa jäi töö autoril sellekohase info puudumise tõttu antud lõputöös käsitlemata.

Parimate tulemuste saamiseks tuleb lõputöö tulemusi ning käsitlust valdkonnapõhistes töögruppides kindlasti edasi arendada.

SUMMARY

The aim of the paper is to find out the added value of using drones in the process of observing the storage yards for flammable substances during the safety supervision of the Rescue Board. The conclusion drawn was positive in every aspect. Drones and various software solutions help to make carrying out the process of the observation of storage yards faster with minimum human resource.

Performing the first research task, the author analysed the theory in literature of the respective area. In order to evaluate the practical effect, a drone was flown over an object during the observation carried out in the course of safety supervision proceedings. As a result, high resolution images of the object were received. The IT software that was used made the evaluation easier as regards meeting the requirements of fire safety. It was possible to detect the details of the object under supervision which remained inconspicuous while doing the inspection on the ground. Considering the introduction of drones, it should be essential to bare in mind that one picture is more informative than a thousand words.

The second research task was to carry out a survey among the inspectors of the safety supervision bureau of South Rescue Board. The collected data was analysed and respective conclusions were drawn. A question was set: how and in which form does the use of drones guarantee the saving of time and resource in the service of fire safety supervision? The survey revealed the knowledge, attitude and positions of the officers carrying out the safety control procedures in the unit regarding the use of drones while performing their job responsibilities.

Following from the third research task, an empiric survey was carried out and the practical part was analysed. Proposals on the possible use of drones in the service of safety supervision of Estonian Rescue Board were offered.

The paper discusses the possible development of the use of drones in the proceedings of safety supervision. The author has pointed out that the inclusion of drones could be a part of the proceedings in the process of observing the storage yards for flammable substances during the safety supervision of the Rescue Board. This would enable to reduce the workload of officers, fasten the observation process and get a more detailed picture of the object.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Draeyer, B. (2015). UAV surveying for stockpile. Geoconnexion International Magazine, 32-35. Allikas: Pix4D.

Fráter, T., Juzsakova, T., Lauer, J., & Dióssy, L. (2015). Unmanned Aerial Vehicles in Airborne Environmental Monitoring *Journal of Environmental Science and Engineering.*

Harwin, S., Lucieer, A., 2012. Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery. Remote Sens, 4, 1573-1599

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2004. Uuri ja kirjuta. Tallinn. Kirjastus Medicina.

Kumar, R. 2011. Research Methodology, a step-by-step guide for beginners. London: Sage Publications Ltd.

Liba, N. Fotogramm-meetria olemus ja areng. Tartu : OÜ Halo Kirjastus, 2005.

Majandus ja taristuministri määrus nr 24 § 7 RT I, 31.03.2015, 4

Männamets H.2015.Droonilt mõõdistamise kasutamise võimalikkus markšeideritöödel TTÜ Mäeinstituut.

Mõõteseadus. (Vastu võetud 10.03.2004, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 01.01.2015).-Elektrooniline Riigi Teataja

[WWW] https://www.riigiteataja.ee/akt/112072014101 (27.04.2015).

Päästeamet, 2014. *Päästeameti Strateegia 2015-2025.* Tallinn: Päästeamet.

Päästeamet, 2016.*Tuleohutuse kontrolli töökorralduse rakendusjuhis*

Päästeamet, 2016 *Ohutusjärelevalve töökorralduse juhend*

Päästeamet, 2016. *Põlevmaterjalide lahtise laoplatsi tuleohutuse tagamine*.

Siseministeerium, 2014. *Siseturvalisuse arengukava 2015-2020.* Tallinn: Siseministeerium.

Siebert, S., Teizer, J. 2014. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. Automation in Construction 41 (2014) 1–14.

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Drooniga teostatav aeromõõdistus ja infotöötlus (J. Viru Markšeideribüroo)

Joonis 2. Päästeameti Lõuna päästekeskuse droon DJI Phantom 4 (autori foto)

Joonis 3. Drooni DJI Phantom 4 tehtud foto 90 m. kõrguselt kasutatud autorehvide ladustamise laoplatsilt Raadil ca 20000 ruutmeetrisel alal (autori foto)

Joonis 4. Drooni lennutrajektoor väljatooduna ortofotomosaiigina. saaduna aerofotode ja GPS logifaili põhjal fotogramm-meetria tarkvaras Pix4D (autor koostöös E.Sisas AlphaGIS OÜ)

Joonis 5. Väljavõte Raadi rehvide ladustamise laoplatsi mõõteprotokollist tehtuna OJB inspektori poolt käsitsi (Lõuna päästekeskus OJB)

Joonis 6. Joonisel 5 olev vaade Raadi rehvide ladustamise laoplatsist droonipiltide töötlus interaktiivse 3D mudelina rakenduses Drone2Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Joonis 7. Ladustatud rehvikuhja mahu määramine tarkvara programmiga Drone 2 Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Joonis 8. Ladustatud rehvikuhjade vaheliste kujade määramine vabavaralises tarkvaralahenduses MeshLab (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)

Joonis 9. Ankeetküsitluses osalejate tööstaaž oma ametikohal aastate lõikes (autori koostatud)

Joonis 10. Vastanute jagunemine ohutusjärelevalve teenuste lõikes (autori koostatud)

Joonis 11. Teadlikkus droonidest (autori koostatud)

Joonis 12. Drooni kasutamisega kokku puutunud küsitluses osalejad (autori koostatud)

Joonis 13. Vastajate teadlikkus Päästeametis kasutusele võetud droonidest. (autori koostatud)

Joonis 14. Mõelnud drooni kasutamisele oma igapäevases töös (autori koostatud)

Joonis 15. Drooni kasutamisega kaasnev töö efektiivsuse ja täpsuse tõus (autori koostatud)

Joonis 16. Drooni kasutamine kui üks osa oma tuleviku tööprotsessis (autori koostatud)

Joonis 17. Tiibadega droon eBee (foto senseFly eBee manual)

LISAD

Lisa 1. Küsitluse ankeet

1) **Teie tööstaaž praegusel ametikohal?**

   1-4 aastat

   5-10 aastat

   üle 10-ne aasta

2) **Millise ohutusjärelevalve teenuse valdkonnas tegelete igapäevaselt?**

   tuleohutuskontrolli teenus

   ehituskontrolli teenus

   tulekahju tekkepõhjuste väljaselgitamise teenus

3) **Millised on teie teadmised droonidest?**

   väga head

   minimaalsed

   puuduvad

4) **Kas olete isiklikult kokku puutunud drooni kasutamisega?**

   olen

   ei ole

5) **Kas olete teadlik Päästeameti poolt kasutusele võetud droonidest?**

   jah

   ei

6) **Kas olete mõelnud droonide kasutamise võimalikkusest oma igapäevases töös?**

olen

ei ole

7) **Kirjeldage palun milliseid teie tööalaseid tegevusi võiks lihtsustada drooni kasutamine?**

8) **Kas droonide kasutamine muudaks teie tööd efektiivsemaks, täpsemaks?**

jah

ei

ei oska öelda

9) **Kas näeksite tulevikus enese tööprotsessi osana drooni kasutamist?**

jah

ei, kindlasti mitte

ei oska öelda

10) **Teie arvamus drooni kasutamise kohta enese igapäevases töös.**

Lisa 2. Väljavõte mõõteprotokollist, esmase drooni kasutuse kohta LÕPK OJB haldusmenetluse paikvaatluses (LÕPK ohutusjärelevalve büroo)

PÄÄSTEAMET
LÕUNA PÄÄSTEKESKUS

PAIKVAATLUSE PROTOKOLL HALDUSMENETLUSES nr 9.2-5.2/3567-2/

Algus: 15 . 07 . 2015 . a kell 14 . 00
Lõpp: 16 . 07 . 2015 . a kell 15 . 41

Päästeameti Lõuna päästekeskuse tuleohutuskontrolli büroo juhtivinspektor Epp Ilkas
(koostaja ametinimetus ja nimi)
tutvustanud menetlusosalisele HMS §-dest 13; 36; 37; 38 lõikest 3 ja 40 ning RVastS § 5 lõikest 1 tulenevaid menetlusosalise õigusi ning kohustusi, teostas TuOS §39 ning HMS § 18 nõudeid järgides paikvaatluse Rubronic OÜ laotisel laoplatsil (omanik SA Raadi) Tila külas, Tartu vallas, Tartu maakond
(paikvaatluse teostamise koht)

mille juures viibisid järgmised menetlusosalised: Rubronic OÜ juhatuse liikmed Siim Lauri ja Timo Lauri
(ametikoht, nimi)
kelle esindusõigus on tuvastatud: õigustlikud esindajad
eesmärgiga fikseerida vaadeldava ehitise ja/või territooriumi tuleohutusalane olukord.
Paikvaatlusega tuvastati järgmised asjaolud: Rubronic OÜ-le antud menetlusosalise õiguste sõnade kohaselt SA Raadi'lt rendile laotise laoplats 01.06.2015 kuni 31.05.2018.a. (objekt nr 4, lennuväljal kõvakattega pinnad), 19435 m²

Platsil ladustatakse menetlusosalise isiklu sõnade kohaselt ~ 12 000 tonni sõidukite rehvi. Tooraud ladustamiplatsil ei ole. Rehvid on ladustatud maatasandile siiriselt, et hetkeolukorras kustutustööd teostada ei ole võimalik. Osaliselt on alustatud põlemaatrjali (sõidukite rehvid) valmis käärimise lõpetamist. Esitada ei ole põlemaatrjali ladustamise plaani. Nõuetekohta (HLG ~ 540 m³) hajamurdega on alustatud. 16.07.2015

Järelevalve teostamiseks nõutud või vastuvõetud dokumendid: droonigaga ja Canon PowerShotiga (A0200) tehtud fotod

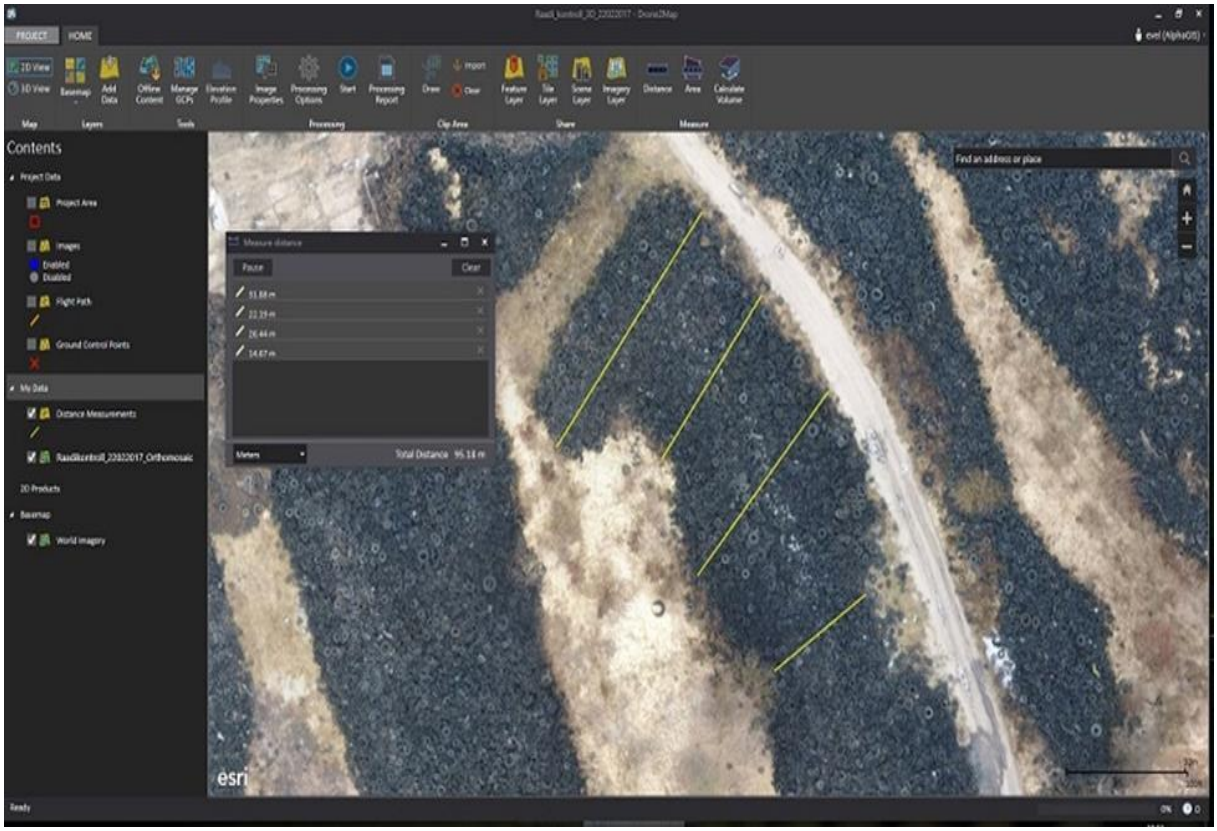
Menetlusosaliste taotlused ja ütlused (sh vastuväited): Vastuväiteid ei ole. Pundrued likvideerima 1 kuu jooksul. Olen teadlik haldusaktiega kaasnevatest summivõimalusest hõõlustest kogusummas 1300 €. Ettekirjutus saata: timo@RUBRONIC.EE

TIMO LAURI

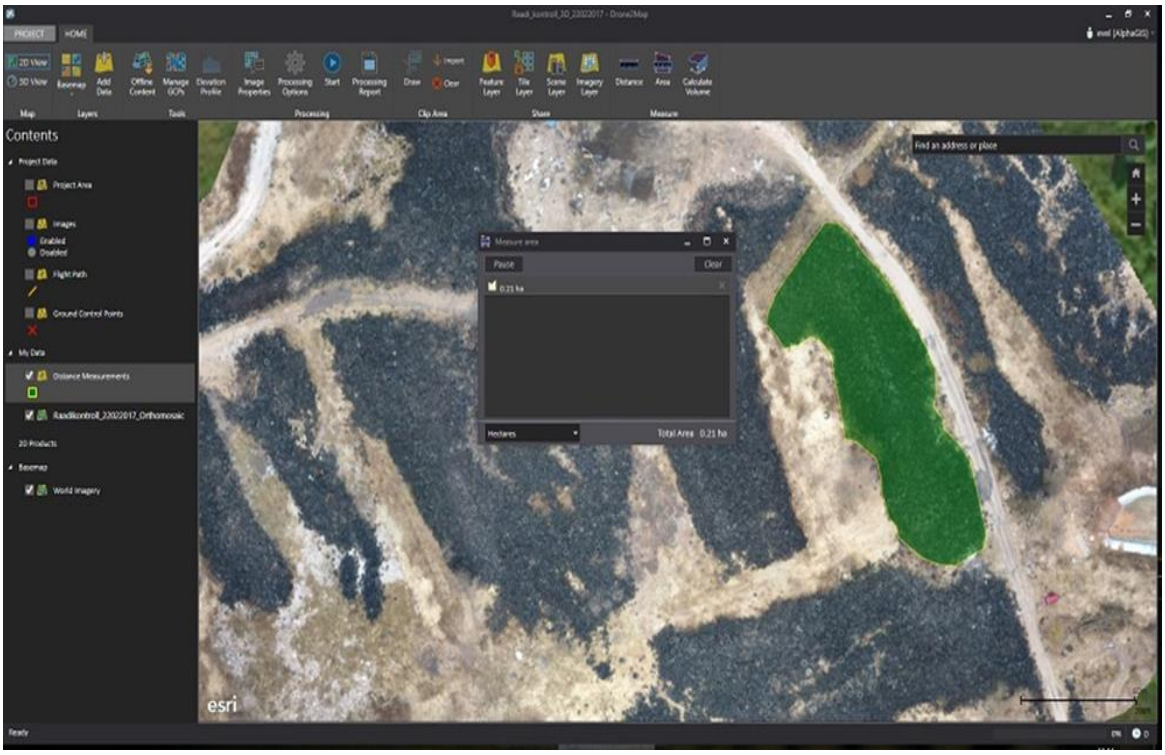
Menetlusosalise nõusolek edasiseks elektroonseks asjaajamiseks: EI: ..... JAH: X ,
e-posti aadressil: TIMO@RUBRONIC.EE
Menetlustoimingu juures viibijate nimed ja allkirjad: TIMO LAURI
SIIM LAURI

Protokolli koostaja nimi ja allkiri: Epp Ilkas

Lisa 3. Vahemaade pikkuste mõõdistamise võimalus drooni piltide põhjal andmetöötluse tarkvaras Drone2Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ



Lisa 4. Puistangu pindala määramine drooni piltide info põhjal andmetöötluse tarkvaras Drone2Map (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)



Lisa 5. Drooni DJI Phantom 4 tehnilised andmed

Specifications	
Aircraft	
Weight (Battery & Propellers Included)	1380 g
Max Ascent Speed	6 m/s (Sport mode)
Max Descent Speed	4 m/s (Sport mode)
Max Speed	20 m/s (Sport mode)
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m) (Software altitude limit: 400 feet above takeoff point)
Max Flight Time	Approx. 28 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104° F (0° to 40° C)
Satellite Systems	GPS/GLONASS
Gimbal	
Controllable Range	Pitch: - 90° to + 30°
Obstacle Sensing System	
Obstacle Sensory Range	2 - 49 feet (0.7 - 15 m)
Operating Environment	Surface with clear pattern and adequate lighting (lux > 15)
Vision Positioning System	
Velocity Range	≤10 m/s (2 m above ground)
Altitude Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Operating Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Operating Environment	Surfaces with a clear pattern and adequate lighting (lux > 15)
Camera	
Sensor	1/2.3" Effective pixels: 12 M
Lens	FOV (Field Of View) 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 focus at ∞
ISO Range	100-3200(video) 100-1600(photo)
Electronic Shutter Speed	8 s to 1/8000 s
Max Image Size	4000 x 3000
Still Photography Modes	Single shot Burst shooting: 3/5/7 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 Bracketed frames at 0.7EV Bias Time-lapse HDR
Video Recording Modes	UHD: 4096×2160 (4K) 24 / 25p 3840×2160 (4K) 24 / 25 / 30p 2704×1520 (2.7K) 24 / 25 / 30p FHD: 1920×1080 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60 / 120p HD: 1280×720 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60p
Max. Bitrate Of Video Storage	60 Mbps

Lisa 6 Drooni SenseFly eBee tehnilised andmed

Technical specifications

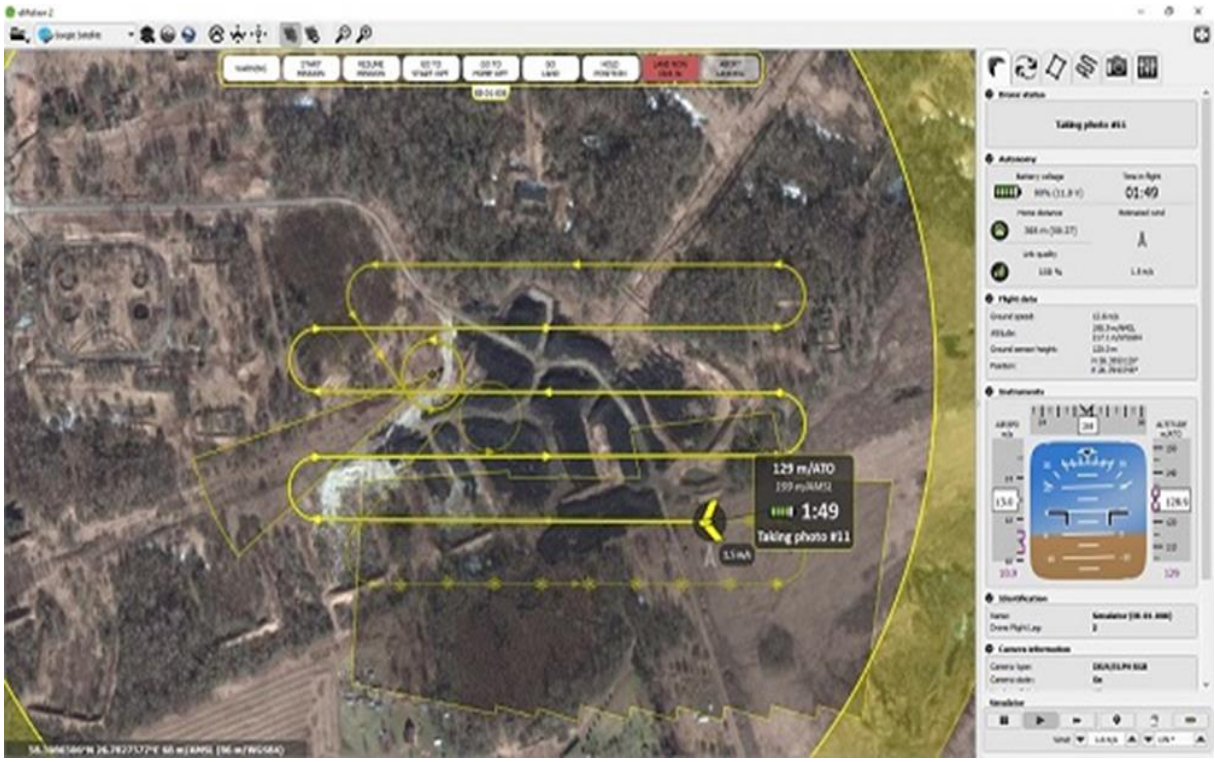
Hardware

Weight (inc. supplied camera)	Approx. 0.69 kg (1.52 lbs)
Wingspan	96 cm (38 in)
Material	EPP foam, carbon structure & composite parts
Propulsion	Electric pusher propeller, 160 W brushless DC motor
Battery	11.1 V, 2150 mAh
Camera (supplied)*	WX (18.2 MP)
Cameras (optional)	S110 RGB, thermoMAP
Carry case dimensions	55 x 45 x 25 cm (21.6 x 17.7 x 9.8 in)

Operation

Maximum flight time	50 minutes
Nominal cruise speed	40-90 km/h (11-25 m/s or 25-56 mph)
Radio link range	Up to 3 km (1.86 mi)
Maximum coverage (single flight)	12 km² / 4.6 mi² (at 974 m / 3,195 ft altitude AGL)
Wind resistance	Up to 45 km/h (12m/s or 28 mph)
Ground Sampling Distance (GSD)	Down to 1.5 cm (0.6 in) per pixel
Relative orthomosaic/3D model accuracy	1-3x GSD
Absolute horizontal/vertical accuracy (w/GCPs)	Down to 3 cm (1.2 in) / 5 cm (2 in)
Absolute horizontal/vertical accuracy (no GCPs)	1-5 m (3.3-16.4 ft)
Multi-drone operation	Yes (inc. mid-air collision avoidance)
Automatic 3D flight planning	Yes
Linear landing accuracy	Approx. 5 m (16.4 ft)

Package contents

- eBee foam body (inc. all electronics & built-in autopilot)
- Pair of detachable wings
- WX RGB still camera (inc. 16 GB SD card, battery, USB cable & charger)
- 2.4 GHz USB radio modem for data link (inc. USB cable)
- Two Lithium-Polymer battery packs & charger
- Spare propeller
- Carry case with foam protection
- Remote control & accessories (for safety pilots)
- User manual
- eMotion flight planning & control software

Lisa 7 Paikvaatluseks läbiviidava drooni eBee lennu eelplaneerimine, tarkvararakenduses eMotion2 (autor koostöös E. Sisas AlphaGIS OÜ)