

**DRONEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNETUN YMPÄRISTÖN
KOULUTUKSESSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennettu ympäristö, hortonomi (AMK)

Kevät 2023

Salla Rintanen

Rakennetun ympäristön koulutus

Tekijä Salla Rintanen

Työn nimi Dronen hyödyntäminen rakennetun ympäristön koulutuksessa

Ohjaaja Vesa Vuorinen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää DJI Mini 2 -dronen hyödyntämismahdollisuuksia rakennetun ympäristön koulutuksessa. Opinnäytetyössä haettiin vastauksia siihen, miten dronea voi hyödyntää rakennetun ympäristön puolella, ja mitä käyttäjän tulee tietää ja osata dronen käytöstä. Työ on ajankohtainen, sillä dronen lennättämiselle on asetettu uusia lakeja, jotka tulevat voimaan vuosien 2021 ja 2024 välillä. Ne rajoittavat, kuka voi lennättää dronea, millä alueella ja minkälaisista droneista.

Työn tilaajana toimi HAMK Lepaan yksikkö ja tarkoituksena oli luoda ohjeita dronen käyttöön rakennetun ympäristön koulutuksessa. Lisäksi tässä opinnäytetyössä selvitettiin HAMK:n toiveesta edullisia keinoja kartoittamiseen ilmakuvilla ja mitä eri hyödyntämismahdollisuuksia droneilla on.

Työssä etsittiin kirjallista tietoa ja käsiteltiin dronen lennättämisen ohjeita ja uusia Traficomien asettamia lakeja, jotka tulevat voimaan asteittain siirtymäajalla. Ohjeita ja sääntöjä hyödynnettiin tässä opinnäytetyössä laadituissa ohjeissa dronen käyttöön rakennetun ympäristön koulutuksessa. Työn tutkimusosassa harjoiteltiin kartoittamista ja dronen lennättämistä eri sovelluksilla.

Työn tuloksina saatiin konkreettisia ohjeita dronen käyttöön rakennetussa ympäristössä huomioiden Traficomien ohjeet. Kuka tahansa voi lennättää DJI Mini 2 dronea, kun huomioidaan lentoalue. Dronella otetut kuvat olivat hyvälaatuisia ja kuvien käsittely onnistui helposti erilaisilla ohjelmilla. Kuvista tuotetut kartat ja 3D-mallit eivät olleet niin hyvin onnistuneita, mutta ratkaisuksi löytyi kuvata haluttu alue kartoitettavaa aluetta suuremmalta kuvausalueelta, joten reuna-alueilla olevat ongelmakohdat jäisivät kuvassa alueen ulkopuolelle. Työssä todettiin dronen olevan hyödyllinen moneen tarkoitukseen.

Avainsanat Drone, kauko-ohjattava ilma-alus, rakennettu ympäristö

Sivut 28 sivua

The aim of this thesis was to examine the possibilities to utilize DJI Mini 2 drone in Degree Programme in Landscape Design, Construction and Management. The thesis sought answers to following questions: how drones can be used in Landscape Design and Construction, and what the user should know and be able to do about operating a drone. The work is timely, as new laws and regulations have been set for the use of drones during the transition period between 2021 and 2024, which limit who can fly a drone, in which area and what kind of drone.

The work was commissioned by HAMK Lepaa, and the purpose was to create instructions for the use of drones in Landscape Design and Construction. In addition, this thesis examined cost-efficient ways to map aerial images and different possibilities to utilize a drone by the request of HAMK.

The background of the thesis discusses the rules for flying a drone and new laws set by Traficom coming into effect during the transition period. Instructions and rules were utilized in the creation of the instructions for the practical part of this thesis. During the research part of this thesis, drone flying and mapping were practiced by using different applications.

The outcome of this thesis are concrete instructions for using a drone in the Degree Programme in Landscape Design, Construction and Management, according to the regulations by Traficom. Anyone can fly DJI Mini 2 drone if the area of the flight is being attended to. The pictures taken with the drone during the research phase were good quality, and the processing of the pictures was easy with different applications. The maps and 3D models generated from the pictures did not come out well, but a solution was found: a photograph of the area must be bigger than the area to be mapped, and it must be cropped so that the occurring problems would remain outside the cropped image. As a result, drones are found to be useful for many purposes.

Keywords Drone, remotely piloted aircraft system, landscape design, construction and management

Pages 28 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Drone eli kauko-ohjattava ilma-alus	2
2.1	Laki ja säännöt.....	3
2.1.1	'Avoin' -toimintakategoria	4
2.1.2	Dronien luokittelu	4
2.1.3	Käyttäjän ja kauko-ohjaajan vastuut.....	6
2.1.4	Ilmatilarajoitukset	7
2.1.5	Lentoturvallisuus	9
2.1.6	Yksityisyydensuoja ja henkilötietojen tallentaminen	10
2.1.7	Vaaratilanteet ja onnettomuuksista ilmoittaminen	12
2.2	Laitteisto.....	12
2.3	Ohjelmat.....	13
3	Työn tavoite.....	15
4	Dronen lennättäminen	15
4.1	Harjoituslento	16
4.1.1	Riskikartoitus.....	17
4.1.2	Tarkistuslistan läpikäyminen.....	18
4.1.3	Harjoituslennon suoritus.....	18
4.2	Kartoituslento	19
5	Tiedon analysointi	21
6	Johtopäätökset	24
	Lähteet.....	27

Kuvat

Kuva 1.	Tiivistelmä markkinalainsäädännön (EU) 2019/945 laitevaatimuksista.....	6
Kuva 2.	Hämeenlinnan alueen ilmatila 22. helmikuuta.....	8
Kuva 3.	Opinnäytetyössä käytetty DJI Mini 2 drone	13
Kuva 4.	Tarkistuslista dronen lentämisen tueksi.....	17

Kuva 5. Kartoituskuvat Lepaan omenatarhasta	19
Kuva 6. Kuvakaappaus Drone Harmony sovelluksesta kartoituslennon aikana	20
Kuva 7. Ilmakuva Lepaan kampukselta.....	21
Kuva 8. Maps Made Easy ohjelmalla tehty ortokuva	23
Kuva 9. Maps Made Easy ohjelmalla tehty 3D-kuva	24

1 Johdanto

Dronen käyttö on lisääntynyt eri aloilla paljon viime vuosina. Droneja on paljon erityyppisiä ja -mallisia ja niitä on kehitetty ja suunniteltu eri tarkoituksiin. Yleisin drone-tyyppi on moniroottorinen drone, joka on varustettu yleisimmin neljällä roottorilla, mutta roottoreita voi olla enemmänkin. Muita drone-tyyppejä ovat pääroottorilla ja pyrstöroottorilla varustetut dronet, jotka ovat vaikeammin hallittavia kuin moniroottoriset dronet, sekä kiinteäsiipiset dronet. Saatavilla on myös hybridi-droneja, jotka on varustettu sekä siivillä että roottoreilla. Tässä opinnäytetyössä käsitellään neliroottorista DJI Mini 2 -minikopteria, mutta sitä voidaan verrata muihin vastaaviin droneihin, kuten uudempaan DJI Mini 3 -droneen. (Droneinfo, 2022-a)

Dronen kaupallinen käyttö on ollut vielä pientä hetki sitten ja sen suurin käyttöalue on ollut valo- ja videokuvaamisessa. Sen lisäksi droneja käytetään paljon mediakäytössä ja rakennusten tai kattojen tarkastuksissa. Myös viranomaiset käyttävät dronea mm. rikospaikkatutkinnassa ja erävalvonnassa. (Valkama, 2019)

Myös viheralalla on alettu käyttää dronea erilaisiin tarkoituksiin. Varsinkin metsätalouden ja maanviljelyksen puolella käytetään paljon dronea mm. sadon kasteluun, seurantaan ja rikkakasvien torjuntaan sekä lahojen puiden etsimiseen. Dronea voidaan käyttää erilaisiin kartoituksiin ja sen avulla voidaan saada lisää hyvää tietoa kohdealueesta lintuperspektiivistä. Dronella saadaan otettua hyviä yleiskuvia alueesta tai luotua karttoja suoraan alaspäin otetuista kuvista. Tässä opinnäytetyössä haetaan vastauksia, miten dronea voi hyödyntää rakennetun ympäristön koulutuksessa sekä mitä käyttäjän tulee tietää ja osata dronen käytöstä. Dronen lennättämisestä on säädetty laissa eikä sen käyttö ole sallittua joka paikassa. Erilaiset säädökset koskevat esimerkiksi dronen painoa ja sen lentokorkeutta.

Työn tilaajana toimii Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikkö ja tarkoituksena on luoda malleja dronen käyttöön rakennetun ympäristön koulutuksessa. Lisäksi tässä opinnäytetyössä selvitetään HAMKin toiveesta edullisia keinoja ilmakuvan kartoittamiseen ja mitä eri hyödyntämismahdollisuuksia droneilla on rakennetun ympäristön koulutuksessa.

2 Drone eli kauko-ohjattava ilma-alus

Drone on ihmisen ohjattava miehittämätön ilma-alus, jota voidaan lennättää ilmassa esimerkiksi kohteen ilmakuvaamiseksi tai isojen alueiden mittaamiseen ja kartoittamiseen. Eri tarkoituksiin on käytössä erilaisia droneja, jotka on suunniteltu ja valmistettu eri tavoilla käyttötarpeen mukaan. Useimmiten ulkona taajama-alueilla ihmisten nähtävillä dronet ovat moniroottorisia droneja tai multikoptereita, jotka toimivat samalla tavalla kuin helikopterit ohjauksensa mukaan. Tarjolla on myös kiinteäsiipisiä droneja, jotka ovat enemmän lentokoneen kaltaisia. Niiden ohjaaminen on vaikeampaa kuin moniroottoristen dronien. Moniroottorisia droneja käytetään paljon video- ja valokuvaamiseen ja kiinteäsiipisiä taas laajojen alueiden mittaamiseen, kartoittamiseen tai seuraamiseen. Dronet ovat käytössä yksityisesti, kaupallisesti sekä useilla eri viranomaisilla. (Droneinfo, 2022-a)

Dronen lennättämiseksi on osattava ja hallittava dronen järjestelmä, erilaiset toiminnot, asetukset ja riskien hallinta. Kauko-ohjaajan on tiedettävä, miten drone ja sen eri osat toimivat, sekä miten käsitellä dronea oikein ja lentää sillä turvallisesti. Droneja on moniroottorisia ja kiinteäsiipisiä. Moniroottorisissa droneissa on neljä tai useampi roottori, joista puolet roottoreista pyörii myötäpäivään ja puolet vastapäivään luoden nostovoiman dronelle. Sen ohjaaminen tapahtuu kuin helikopterilla. Kiinteäsiipiset dronet taas ovat enemmän lentokoneen kaltaisia ja ne saavat nostovoimansa siipien tuottamalla lentonopeudella ja voivat olla moottorilla varustettuja. Kaikissa droneissa pitää olla paikkatietoisuustoiminto, jonka avulla kauko-ohjaaja saa tietoa ilmatilarajoituksista. Lisäksi droneissa on RTH (Return To Home) -toiminto, jonka avulla dronen voi automaattisesti tuoda takaisin lähtöpaikkaan. Moniroottorisissa droneissa voi olla myös Seuraa minua -tila, jonka avulla dronen saa seuraamaan kauko-ohjaajaa tai radiolähetintä. Kiinteäsiipisissä droneissa voi olla kiinteä tai kaksiakselinen gimbaali, kun moniroottorisissa droneissa voi olla kolmiakselinen gimbaali, joka pitää kameran vaakana lennon aikana. Lähes kaikki dronet ovat sähkökäyttöisiä ja sisältävät useita akkuja, joita on käsiteltävä huolellisesti ja säilytettävä valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Kauko-ohjaajan on varauduttava myös siihen, jos akkujen varaustila laskee liian alas ja pystyttävä tuomaan drone turvallisesti alas. Kaikissa droneissa pitää lisäksi olla vihreät vilkkuvat valot, jotta maassa olevat henkilöt erottavat dronen miehitetystä lentoaluksesta. (Droneinfo, 2022-a)

2.1 Laki ja säännöt

Dronea sai lennättää kuka tahansa vielä vuonna 2020, mutta seuraavan vuoden alussa Euroopan unionin asetus dronejen käytöstä loi rajoituksia, joiden takia kaikkien dronejen lennättäjien pitää nykyään tutustua dronen lennättämiseen liittyviin sääntöihin ja suorittaa verkkotentti. Asetus koskee kaikkia dronen käyttäjiä, eli sekä harrastajia että ammattilaisia, ja heidän pitää rekisteröityä dronetoimijarekisteriin, mikä koski vain ammattilaisia ennen asetuksen voimaan astumista. Ilmoitusvelvollisuus ei koske droneja, jotka painavat alle 250 grammaa ja ovat kamerattomia, sekä leluiksi määritellyjä droneja (Traficom, 2020). Samoin kaikki uudet dronet pitää rekisteröidä ja laitteiden tulee olla CE-merkittyjä. Vanhoja droneja voi vielä käyttää, mutta niitä koskevat rajoitukset ovat tiukentuneet. Esimerkiksi 25 kilogrammaa painavilla droneilla, joilla ennen sai lennellä vapaammin, voi uuden EU asetuksen jälkeen enää lentää vain alueilla, joissa suurella todennäköisyydellä ei ole muita ihmisiä. (Droneinfo, 2022-b)

Dronea lennättäessä on hyvä muistaa noudattaa EU:n asetuksia sekä muita sääntöjä ja ilmailulakeja, jotka ovat voimassa lennon aikana kyseisellä lentoalueella. EU on asettanut Euroopan lentoturvallisuusviraston (EASA) kanssa maailmanlaajuiset säädökset dronen käyttöön, jotka ovat voimassa joka paikassa, mutta on olemassa myös paikallisia sääntöjä ja lakeja, jotka on hyvä tarkastaa aina ennen lentoonlähtöä. Suomessa kansallisten säädösten lisäksi ilmailua rajoittavat ilmailulaki sekä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. (Droneinfo, 2022-c)

Dronella voi lentää erilaisissa toimintaympäristöissä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään 'avoin' -toimintakategoriaan, jossa voi lentää alle 25 kilogrammaa painavalla dronella aina 120 metrin korkeuteen. Muita ehtoja tälle toimintakategorialle on, että droneen on olemassa näköyhteys koko lennon ajan ja että dronella ei lennetä väkijoukkojen yli. Jos yksi tai useampi näistä ehdoista ei täyty, niin dronen lennättäminen tapahtuu 'erityinen' tai 'sertifioitu' -toimintakategorioissa, jotka tarvitsevat Traficomien myöntämän toimintaluvan toisin kuin 'avoin' -toimintakategoria. (Droneinfo, 2022-b)

2.1.1 'Avoin' -toimintakategoria

'Avoin' -toimintakategoria on jaettu alaluokkiin A1, A2 ja A3, joilla on omat vaatimuksensa sekä droneille että lennättäjille. A1-luokassa voi lentää kevyimmillä C0- ja C1-luokitelluilla droneilla. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltava drone DJI Mini 2 kuuluu tähän luokkaan. Dronen painon on oltava enintään 900 grammaa. Jos drone painaa alle 250 grammaa, sillä voi lentää yksittäisten ihmisten yli, mutta sitä painavimmilla droneilla ei saa lentää paikassa, jossa todennäköisesti liikkuu ihmisiä. Jos ihmisiä kuitenkin on alueella, niin drone tulee ohjata mahdollisimman nopeasti ja turvallisesti pois. Missään tapauksessa väkijoukkojen yli ei saa lentää minkään painoisella dronella. A1-luokassa dronen kauko-ohjaajan tulee olla suoritettuna hyväksytysti Traficomien verkkotentti ja kauko-ohjaajan pätevyystodistus on pidettävä mukana lennon aikana. (Droneinfo, 2022-b)

A2-luokassa C2-luokitellun dronen suurin sallittu paino on 4 kilogrammaa. Kuten A1-kategoriassa niin A2-kategoriassa ei saa myöskään lentää yksittäisten ihmisten tai väkijoukkojen yli. Kuitenkin ihmisten vierellä saa lentää 30 metrin läheisyydessä, tai 5 metrin läheisyydessä, jos dronessa on matalanopeus-tila käytössä. Kun dronella lennetään yli 30 metrin korkeudessa, niin etäisyys on ihmisistä suhteessa 1:1, esimerkiksi kun drone on 40 metriä ihmisen yläpuolella, niin sen täytyy olla myös 40 metriä ihmisestä sivuun. (Droneinfo, 2022-b)

Alakategoriassa A3 lennetään C2-, C3- ja C4-luokitelluilla droneilla sekä sellaisilla droneilla, jotka eivät ole CE-merkittyjä. Tällaisia droneja ovat itsetekoiset dronet tai ennen EU:n asetusta markkinoituja droneja. A3-kategoriassa drone on yli 4 mutta enintään 25 kilogrammaa painava drone. Tällaisilla droneilla ei saa lentää ulkopuolisten ihmisten yläpuolella tai lähellä ja lisäksi asuin-, liike-, teollisuus- ja virkistysalueista tulee pitää dronella vähintään 150 metrin etäisyys. (Droneinfo, 2022-b)

2.1.2 Dronien luokittelu

EU asetuksen jälkeen tehdasvalmistettujen dronejen pitää olla CE-merkittyjä. Dronet luokitellaan C0-, C1-, C2-, C3- tai C4-luokkaan mm. dronen painon, energian välityksen, törmäysenergian ja suurimman sallitun nopeuden mukaan. Jos drone on vanhempi tai

itsevalmistettu, siltä puuttuu C-luokitus eikä sillä voi lentää kuin A3-kategoriassa pois lukien alle 250 grammaa painavat dronet, joilla voi lentää myös A1-kategoriassa. (Droneinfo, 2022-b)

C0-luokan dronet ovat painoltaan alle 250 grammaa eivätkä ne vaadi kauko-ohjaajan suorittavan verkkotenttiä eikä lennättäjälle ole alaikäraja. Kuitenkin kauko-ohjaajan tulee olla tutustunut lennätettävän dronen käyttöohjeisiin. Lisäksi drone pitää rekisteröidä, jos siinä on kamera tai muu henkilötietoja tallentava anturi. C0-luokan dronella ei saa lentää yli 120 metrin korkeudessa tai väkijoukkojen yli ja sen suurin sallittu lentonopeus on 19 m/s. Jos drone on yli 250 grammaa, kauko-ohjaajan vähimmäisikäraja on 12 vuotta ja dronen pitää olla rekisteröity käyttäjän toimesta. (Droneinfo, 2022-b)

C1-luokiteltu drone on painoltaan korkeintaan 900 grammaa, mutta se voi olla enemmänkin, jos dronen suurin välittämä kineettinen törmäysenergia on 80 joulea dronen suurimmalla lentonopeudella. C1-luokan dronen suurin lentonopeus on 19 m/s. Tällaisella dronella ei saa myöskään lentää ihmisten yli. Lisäksi drone voi olla vain sähkökäyttöinen. Molemmat C0- ja C1-luokitellut dronet ovat sallittuja A1-toimintakategoriassa. (Droneinfo, 2022-b)

A2-kategoriaan kuuluvat C2-luokitellut dronet, jotka painavat alle 4 kilogrammaa. Näillä droneilla on kielletty lentämisestä väkijoukkojen yli, mutta lähellä lentäminen on sallittu 30 metrin etäisyydellä tai 5 metrin etäisyydellä, jos dronessa on aktivoitu matalanopeus-tila. C2-luokitellut dronet ovat vain sähkökäyttöisiä. (Droneinfo, 2022-b)

C3- ja C4-luokiteltujen dronien suurin paino on enintään 25 kilogrammaa ja niillä voidaan lentää A3-kategoriassa. Tällaisilla droneilla saa lentää vain alueella, jossa suurella todennäköisyydellä ei ole muita ihmisiä, ja asuin-, liike-, teollisuus- ja virkistysalueisiin on oltava vähintään 150 metrin etäisyys. C3-luokitellulla dronella ominaismittaa, eli pituutta, leveyttä tai siipien kärkivälin mittaa, saa olla korkeintaan 3 metriä ja tällaiset dronet ovat vain sähkökäyttöisiä. C4-luokan dronen käyttövoimaa ei ole rajattu, mutta niissä ei saa olla automaattiohjausjärjestelmää. Alla olevassa taulukossa on esitetty CE-merkittyjen dronien laitevaatimukset mukailten droneinfoa. (Droneinfo, 2022-b).

Kuva 1. Tiivistelmä markkinalainsäädännön (EU) 2019/945 laitevaatimuksista (Droneinfo, 2022-d).

CE-MERKINTÄ	C0	C1	C2	C3	C4
PAINO	alle 250 g	alle 900 g	alle 4 kg	alle 25 kg	alle 25 kg
NOPEUS	alle 19 m/s	alle 19 m/s	-	-	-
ETÄTUNNISTUS	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
ILMATILA-VAROITUKSET	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
”PALAA KOTIIN” TOIMINTO	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
LENTOKORKEUDEN RAJOITIN	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	-
AUTOPILOTTI	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kielletty

2.1.3 Käyttäjän ja kauko-ohjaajan vastuut

Dronella on sekä käyttäjä että kauko-ohjaaja, jotka voivat olla sama tai eri henkilö. Käyttäjällä tarkoitetaan drone-operaattoria, joka on vastuussa dronen käytöstä. Käyttäjä on luonnollinen tai oikeushenkilö, joka on rekisteröitynyt dronen käyttäjäksi Traficomien verkkosivuilla. Kauko-ohjaaja on dronen lennättäjä, joka voi olla sama henkilö kuin käyttäjä. Molemmilla henkilöillä on omat vastuunsa dronen käytössä. Käyttäjä mm. luo toimintamenetelmät, varmistaa radiotaajuuksien tehokkaan käytön, nimeää dronelle kauko-ohjaajan ja varmistaa näiden perehtyneen dronen valmistajan käyttöohjeisiin ja käyttäjän toimintamenetelmiin, päivittää tarvittaessa dronen paikkatietoisuusjärjestelmän sekä

varmistaa, että A2- ja A3-kategorioiden lennoissa mukana oleville on ilmoitettu riskeistä ja he ovat antaneet suostumuksensa toimintaan osallistumisesta. (Droneinfo, 2022-e)

Dronen kauko-ohjaaja on vastuussa dronen lennosta ja kyseisen henkilön on täytettävä useita vaatimuksia toimiakseen dronen kauko-ohjaajana. Ennen dronen lennättämistä kauko-ohjaajan on suoritettava Traficomien verkkotentti hyväksytyksi. Lennon aikana kauko-ohjaaja ei saa olla alkoholin tai muun päihteen alaisena ja lennättäjän vireystilan on oltava hyvä. Kauko-ohjaajan toimintaan eivät saa vaikuttaa väsymys, sairaus tai erilaiset loukkaantumiset. Jos dronen lennättäjä huomaa, että lentoa ei voi suorittaa tai jatkaa enää turvallisesti, esimerkiksi muiden ilma-alusten, ihmisten, eläinten tai ympäristön kannalta, kauko-ohjaajan on keskeytettävä lento ja palautettava drone mahdollisimman turvallisesti takaisin maanpinnalle. Kauko-ohjaajan on myös tunnettava ilmailun määräykset ja rajoitukset, joita sovelletaan lennon aikaisella alueella. Dronea, miehittämätöntä ilma-alusjärjestelmää ja dronen valmistajan käyttöohjeita on käytettävä ohjeiden mukaisesti ja dronen järjestelmän toimintakyvystä on huolehdittava koko lennon ajan. (Droneinfo, 2022-e)

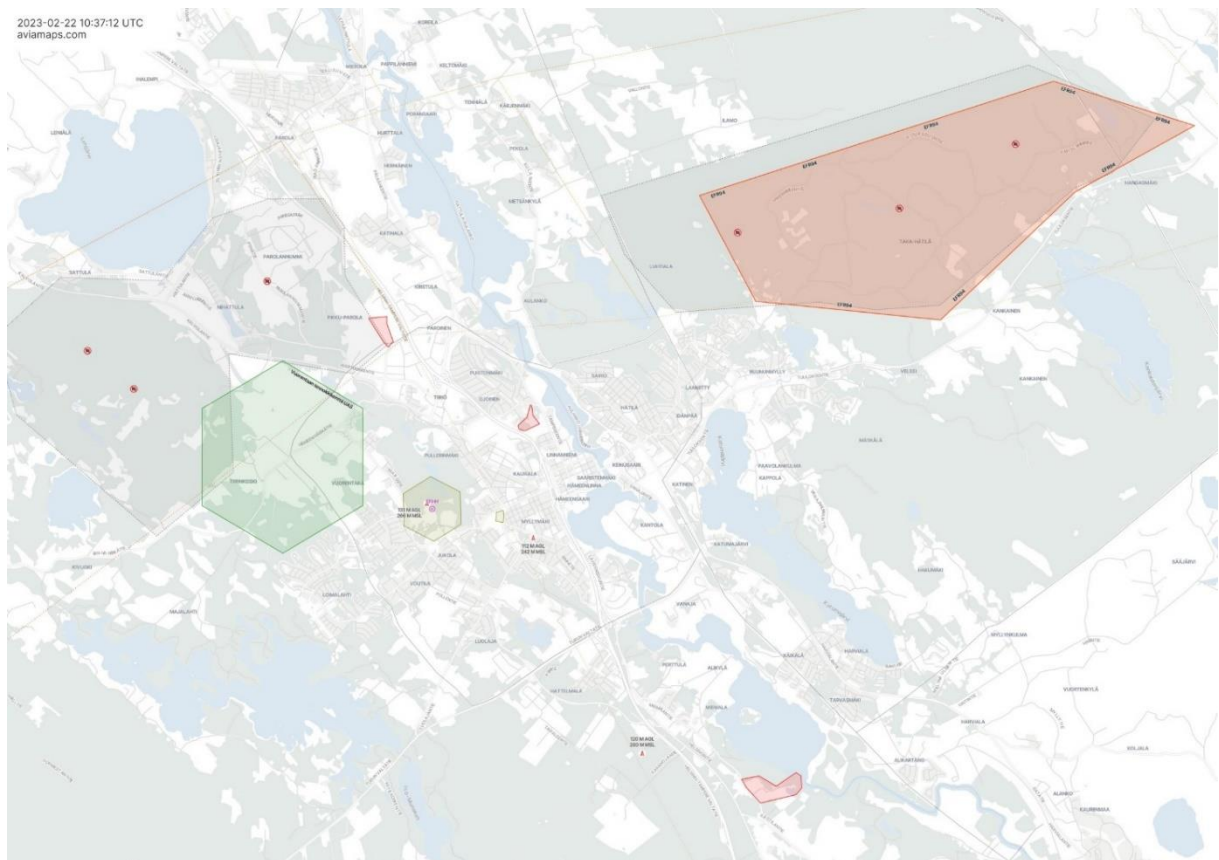
2.1.4 Ilmatilarajoitukset

Lennettäessä dronea on huomioitava myös ilmatilavyöhykkeet, sillä dronea ei voi lentää kaikissa paikoissa vapaasti. Suomen ilmatilassa on alueita, jotka voivat olla kokonaan kielletty tai rajattu koko ajan tai vain tietyn hetken. Rajoitukset koskevat lähtökohtaisesti kaikkea ilmailua, myös droneja. R-alueet ovat rajoitettuja alueita (restricted area), jotka on luotu suojaamaan puolustusvoimien toimintaa. P-alueet (prohibited area) eli ilmailulta kielletyt alueet taas on perustettu valtion tai teollisuuden tärkeiden alueiden suojelemiseksi. Lisäksi on aluevalvontalain mukaisia ilmakehävakiestoalueita, joilla suojataan puolustusvoimien toimintaa, sekä kieltäviä tai rajoittavia UAS-ilmatilavyöhykkeitä, jotka rajoittavat ilmailua erikoiskohteiden ympärillä, kuten lentokenttien, helikopterilentopaikkojen, satamien ja vankiloiden ympäristöissä. (Droneinfo, 2022-f)

Alla on esitetty esimerkki Hämeenlinnan ja sen ympäristön ilmatila-alueista helmikuussa 2023 (Kuva 2), jossa on esitetty kuvauskiestoalueita (harmaat alueet), rajoitettuja (oranssi alue) ja kiellettyjä (punaiset alueet) ilmatilavyöhykkeitä sekä esteitä (punaiset kolmiot).

Vihreällä pohjalla on esitetty alueet, joissa on sallittua lentää dronella vain alueen omistajan erikoisluvulla. Hämeenlinnan alueella kieltoalueita ovat eri vankilat. Kuvauskieltoalueet koskevat Parolassa toimivan Panssariprikaatin varuskuntaa ja muita harjoitusalueita. Lisäksi Hämeenlinnan keskussairaalan ja poliisiaseman lähellä lentäminen on kielletty. Kyseisillä alueilla lentäminen on sallittu tapauskohtaisesti tontinomistajan asettamilla erityisehdoilla tai sopimalla lennosta erikseen ja toimimalla paikallisten toimintaohjeiden mukaisesti. Hämeenlinnassa on myös Vuorentaan lennokokikenttä (iso vihreä alue), joka on salliva UAS-ilmatilavyöhyke. Sillä alueella on mahdollista lennättää dronea kerho- ja harrastetoiminnan mukaisesti. Muu toiminta on mahdollista Suomen Ilmailuliitto ry:n hakemuksessa kuvattujen ehtojen mukaisesti ja avoimen kategorian ehtoja ja rajoituksia noudattaen. (Aviamaps, n.d)

Kuva 2. Hämeenlinnan alueen ilmatila 22. helmikuuta (Aviamaps, n.d.).



2.1.5 Lentoturvallisuus

Myös lentoturvallisuus on huomioitava dronea lennättäessä, vaikkakaan ilmailun turvallisuustoimenpiteet eivät koske droneja Suomessa ainakaan vielä. Eri maissa on kuitenkin erilaiset säännöt ja vaatimukset ja lentäjän on varmistettava aina ennen lentoa lähtöä, että hänen on sallittua lentää hallussaan olevalla laitteella kyseisellä alueella, ja tutustuttava maan tai alueen rajoituksiin ja ohjeisiin. (Droneinfo, 2022-c) Dronea ei voi aina lentää halutussa paikassa. Ennen lentoa on tarkistettava alueen turvallisuus, onko alueella esteitä tai muita ihmisiä, yleiskuva alueesta ja voimassa olevat rajoitukset lennon aikana. Kauko-ohjaajan on pidettävä myös pätevyystodistus mukana ja varmistettava, että drone toimii oikealla tavalla ja sillä lennetään oikeassa kategoriassa. Lentoreitti tulee käydä läpi lentoon osallistuvien ihmisten kanssa ja varmistaa, että alueella on tiedotettu dronetoiminnasta. Kauko-ohjaajan on hyvä käyttää huomioliiviä ja merkitä dronen lentoonlähtö- ja laskeutumisalusta. Ennen lentoa on hyvä myös tarkistaa säätila, sillä dronen toimintakyky voi heikentyä erilaisissa sääolosuhteissa. Akkujen suorituskyky voi heikentyä pakkasessa tai jopa kovilla helteillä. Kosteuden ollessa suuri ja lämpötilan pakkasen puolella, voi dronen potkureihin tai siipiin myös kertyä jäätä hyvinkin nopeasti, mikä voi johtaa dronen ilmanvastuksen pienenemiseen ja lopulta dronen putoamiseen. Myös voimakas tuuli vaikuttaa dronen lentämiseen. Tuulen voimakkuus ja sen suunta voi muuttua mitä korkeammalla dronella lennetään. (Droneinfo, 2022-e)

Turvallisen lennon suorittamiseksi kauko-ohjaajalla pitää olla hyvä tilannetietoisuus, joka tarkoittaa sitä, että lennättäjä hallitsee koko tilannetta, kuten esimerkiksi lentoa, ilma-alusta, ympäristöä ja ilmatilaa. Kauko-ohjaajan tulee huomioida ja ymmärtää, mitä lennon aikana tapahtuu ja mitkä asiat voivat vaikuttaa dronen lentoon. Tällaisia asioita voivat olla toiset kauko-ohjaajat, sää, dronen ja alueen rajoitukset jne. Dronea ei voi aina lentää halutulla tavalla halutussa paikassa. Kauko-ohjaajan tulee tarkistaa ilmatilarajoitukset aina ennen lentoonlähtöä esimerkiksi Aviamaps.com-sivuston kautta. Myös ihmisen oma kunto vaikuttaa dronen lennättämiseen. Kauko-ohjaaja ei saa olla alkoholin, päihteen tai muun huumaavan aineen alaisena lennon aikana ja kyseisen henkilön tulee olla hyvin levännyt. Dronea pitää lennättää suoraan näköyhteyteen perustuen (VLOS eli Visual Line Of Sight), eli dronen ja kauko-ohjaajan välillä ei saisi olla minkäänlaisia esteitä. Dronella täytyy pitää myös hyvä turvaetäisyys ihmisiin, eläimiin, rakennuksiin tai muihin ilma-aluksiin. Avoimessa

kategoriassa ei saa myöskään kuljettaa vaarallisia aineita, kaasuja tai nesteitä dronella.

(Droneinfo, 2022-g)

Riskitietoisuus on taito, jota pystyy harjoittelemaan, ja sitä pitää myös olla dronen lennättämisessä. Useat tekijät vaikuttavat riskien ottoon, kuten kauko-ohjaajan kokemus, käytössä oleva drone ja ympäristö. Jotain yllättävää voi aina tapahtua, kuten tuulen nopeus muuttua, joten kauko-ohjaajan tulee aina olla tietoinen näistä mahdollisuuksista. Dronea lennättäessä tulee noudattaa alueella voimassa olevia toimintamenetelmiä ja laitteiden käyttöohjeita. (Droneinfo, 2022-h) Riskejä voi pienentää erilaisilla toimenpiteillä niin droneen ja myös ulkopuolisiin kohdistuviin riskeihin liittyen. Dronessa useimmiten on hidaslentotoiminto (matalanopeus-tila), joka voi vaikuttaa dronen lentoon monin eri tavoin riippuen dronen mallista ja valmistajasta. Matalanopeustilassa dronella voi lentää lähempänä ihmisiä, mutta dronen suurin lentonopeus on huomattavasti pienempi, mikä kompensoituu kauko-ohjaajan lentotaidoilla. Dronen ohjattavuus pitää myös huomioida ja pysähtymismatka opetella. Drone liikkuu vielä eteenpäin hetken aikaa, vaikka sen pysäyttäisi nopeasti. Pysähtymismatkaan vaikuttavat dronen paino, koko sekä ilmanvastus. Dronea leijuttaessa on kiinnitettävä lisäksi huomiota siihen, mitä dronen alapuolella tapahtuu. Dronea ei koskaan saa lennättää väkijoukkojen yläpuolella. (Droneinfo, 2021-i)

Ilmailun turvallisuudella on tarkoitus myös estää rikollisuus, joka kohdistuu ilmailuun. Tämä tarkoittaa ilmailussa sitä, että matkustajia, miehistöä, maahenkilöstöä, yleisöä ja omaisuutta on suojattava sabotaasilta, kaappauksilta, panttivankien ottamiselta jne. Suomessa ilmailun turvallisuudesta vastaa Traficom, jonka ilmailun turvallisuusohjelma sisältää Suomen sisäiset vaatimukset. Kansainvälisiä vaatimuksia, jotka koskevat myös Suomessa, säätelee EU ja muut kansainväliset yhteiset säädökset. (Droneinfo, 2021-c)

2.1.6 Yksityisyydensuoja ja henkilötietojen tallentaminen

Rekisteröidyt dronet sisältävät henkilötietoja tallentavia osia, kuten kameroita tai mikrofoneja. Henkilötietoja ovat sellaiset tiedot, joista henkilö voidaan tunnistaa, kuten nimi, osoite, puhelinnumero, ajoneuvon rekisterinumero, valokuvat ja äänitallenteet. Erityisiä henkilötietoja ovat sellaiset tiedot, jotka kertovat mm. henkilön terveydentilasta, etnisestä alkuperästä, uskonnollisesta vakaumuksesta, seksuaalisesta suuntautumisesta tai

tiedot biometristä tunnistautumista varten. Tällaisten erityisten henkilötietojen käsittely on kielletty, ellei henkilö ole antanut suostumustaan tietojen käsittelyyn. (Droneinfo, 2022-j)

Kuvattaessa ilmasta käsin dronella, on huomioitava EU:n jäsenmaiden yleinen tietosuoja-asetus (GDPR), sillä dronella pystyy tallentamaan huomattavan määrän video- ja kuvamateriaalia lentoalueelta. Tietosuoja-asetuksen on tarkoitus suojata henkilötietoja väärinkäytökseltä ja varmistaa, että näitä tietoja käytetään oikein. Esimerkiksi yrityksillä tai viranomaisilla on velvollisuus käsitellä dronella tallennettuja henkilötietoja oikein, ja tällaisten tahojen on pystyttävä todistamaan, miten GDPR:n tietosuojaperiaatteita noudatetaan. Henkilötietoja ei ole lupa kerätä eikä käsitellä enempää kuin mitä tarvitaan, niiden on oltava oikein ja ne on poistettava välittömästi, kun niitä ei enää tarvita. Kyseisiä tietoja ei saa myöskään kadota tai tuhota tahattomasti ja ne on suojattava luvattomalta käytöltä. (Droneinfo, 2022-j)

Dronen lennon aikana on vältettävä GDPR-periaatteiden rikkomista, joten dronella kannattaa lentää mahdollisimman korkealle ennen kuvien ja videoiden ottamista, jotta ihmisten henkilötietoja ei tallennu. Lähtökohtaisesti on hyvä lentää sellaisina aikoina, kun ihmisiä ei ole paljon alueella. Tietosuoja-asetus koskee vain, jos drone tallentaa tunnistettavia henkilöitä tai muita henkilötietoja. Yksityisten henkilöiden ottamiin kuviin ei sovelleta tätä asetusta muuten kuin, jos kuvat julkaistaan, jolloin kuvassa olevat ihmiset eivät saa olla heitä loukkaavassa tilanteessa. Kaupallisesti julkaistaviin kuviin kuvassa tunnistettavilta ihmisiltä pitää saada lupa. Lähtökohtaisesti kuitenkin julkisella paikalla saa kuvata myös dronella, mutta koti- ja julkisrauhan suojaamissa paikoissa kuvaaminen on kielletty. Yksityispihat ja -tontit kuuluvat myös kohteisiin, joita ei saa kuvata niin, että ihmiset ovat tunnistettavissa. (Droneinfo, 2022-j)

Dronea lennettäessä on kauko-ohjaajan tiedettävä myös kohteet, joita ei saa kuvata tai seurata, ja joissakin kohteissa tarvitaan erillinen lupa kuvaamiseen. Merkittävimmät rajoitukset ovat Puolustusvoimien alueita ja toimintaa koskeva aluevalvontalain 14§ rajoitus, jonka mukaan ilmailulain mukaisilta pysyviltä rajoitusalueilta ei saa tallentaa materiaalia video- tai valokuvaamalla tai muilla kuvantamismenetelmillä. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi linnat, kasarmialueet, sotilaslentokentät ja puolustusvoimien ja rajavartiolaitoksen maastoharjoitukset. Suomen ilmakeuhuskieltoalueet löytyvät mm.

Aviamaps.com-sivustolta, josta saa ajankohtaista tietoa ilmatilarajoituksista. (Droneinfo, 2022-j)

2.1.7 Vaaratilanteet ja onnettomuuksista ilmoittaminen

Ilmailun vaaratilanteista tulee tehdä ilmoitus myös dronella lennettäessä.

Lentoturvallisuusilmoituksen pystyy tekemään Traficom sivuilla. Traficom toteuttaa toimenpiteitä lentoturvallisuuden parantamiselle, kun se on kerännyt ja analysoinut vaara- ja poikkeamailmoitukset ja tunnistanut riskit ja vaaralliset tilanteet. ”Just Culture” -periaatteen mukaan omasta ilmoituksesta ei tule seuraamuksia, pois lukien tilanteet, joissa on arvioitu tapahtuneen tahallinen laiminlyönti tai törkeää huolimattomuutta. Poikkeamisilmoitus pitää tehdä, jos on tapahtunut kuolemaan tai vakavaan loukkaantumiseen johtanut onnettomuus tai onnettomuudessa on ollut mukana miehitetty ilma-alus, kuten lentokone tai helikopteri. Tällaisista poikkeamista pitää tehdä ilmoitus Traficom lisäksi myös Onnettomuustutkimuskeskukselle. Myös muista vähemmän vakavista poikkeamista, joissa lentoturvallisuus on vaarantunut tai voi vaarautua, voi tehdä ilmoituksen Traficom sivuilla. (Droneinfo, 2022-b)

2.2 Laitteisto

Harrastajien ja ammattilaisten käyttöön on tarjolla monenlaisia dronevaihtoehtoja, joita voidaan käyttää erilaisiin tarkoituksiin niiden ominaisuuksien mukaan. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin tarkastellaan markkinoilla tarjolla olevaa DJI Mini 2 dronea, jolla opinnäytetyön harjoitus- ja kartoituslento on myös tehty ja joita käsitellään myöhemmässä luvussa (Kuva 3). DJI Mini 2 drone on pienikokoinen drone, joka sopii hyvin aloittelevalle tai jo kokeneemmalle harrastelijalle. Drone painaa 249 grammaa eli se on C0-luokan drone, jolla voi lentää avoimessa A1-luokassa. Vaikka kyseessä onkin kaupallinen drone, jota kuka tahansa voi lennättää, vaatii laite silti nykyisen EU asetuksen mukaisen rekisteröinnin (Kameraliike, n.d.). Dronen kauko-ohjaajan on suositeltavaa myös suorittaa Traficom verkkotentti, vaikka se ei olekaan pakollinen C0-luokan droneille.

Kuva 3. Opinnäytetyössä käytetty DJI Mini 2 drone.



DJI Mini 2 drone on todella kevyt ja mahtuu myös pieneen tilaan kokoon taitettuna, jolloin se on helppo kuljettaa mukana. Dronen ilmaannousupaino 249 grammaa sisältää kaikki dronen osat, mukaan lukien akun, propellit ja microSD-muistikortin, joten droneen ei ole mahdollista kiinnittää minkäänlaisia lisäosia ilman, että dronen C-luokitus muuttuisi. Dronessa on kiinni videokamera, jolla on mahdollista kuvata 4K/30p videoresoluutiolla ja zoomata jopa 4-kertaisesti. Valokuvia saa otettua 12 MP laadulla JPG- tai RAW-muodossa, joten kuvat on helppo siirtää toiseen laitteeseen tarkasteltavaksi ja kuvanmuokkausohjelmiin muokattaviksi. Dronessa on myös liikkeenvakain, jonka avulla kuvista ja videoista saa korkealaatuisia ja vakaita jopa pienessä tuulessa. Mini 2 kestää jopa 29–38 km/h tuulta ja se voi lentää 4000 metrin korkeuteen liikkeenvakaimen avulla. Drone tukee myös HD videolähetyksen jopa 10 kilometrin päähän ja sisältää häiriönesto-ominaisuuksia. (DJI, n.d.)

2.3 Ohjelmat

Drone vaatii usein mobiilisovelluksen, jolla ilmakuvia voi ottaa, joten käyttäjän kannattaa tarkistaa, että puhelin ja siihen asennetut ohjelmat ovat päivitettyjä ja yhteensopivia Mini 2:n kanssa. Esimerkiksi tässä opinnäytetyössä käytetty DJI:n oma mobiilisovellus DJI Fly vaatii puhelimen käyttöjärjestelmän, joka on iOS v10.0 tai Android v6.0 tai näitä uudempi (DJI, n.d.).

Dronella tuotettua kuvamateriaalia voi tarkastella ja muokata erilaisilla ohjelmilla. Ilmasta otetut kuvat erilaisista kohteista, kuten rakennuksista, puustosta, maastonmuodoista ja puupiinoista, voidaan tuoda JPG- tai RAW-muodossa moniin ohjelmiin, joissa kuvamateriaalista voidaan luoda karttamalleja, pistepilviaineistoa ja jopa 3D-kuvaa. Dronella pystyy myös seuraamaan eläinten liikkeitä ja ilmastonmuutosten vaikutuksia. Esimerkiksi Drone Harmony -sovellusta on käytetty seuraamaan jäätikköjen liikkeitä ja rakennetta Grönlannissa ja Sveitsissä maastotietoisella tiedonkeruumenetelmällä (Drone Harmony, 2022). Drone Harmony -sovellus sisältää muun muassa rinteiden kuvaus -toiminnon, jolla on mahdollista kuvata todella jyrkkiä, jopa täysin pystysuoria seinämiä, tai kun maasto on erittäin epäyhtenäinen tai kun on tarpeellista kuvata kohtisuorassa maastoon nähden (Drone Harmony, 2021).

Useita sovelluksia voi käyttää sekä tietokoneella että puhelimella tai tabletilla. Puhelimella voi suoraan käyttää dronea lennon aikana ja ottaa video- ja kuvamateriaalia useilla eri sovelluksilla. Opinnäytetyön harjoituslennossa käytettiin sekä Drone Harmony että DJI Fly -sovelluksia, jotka molemmat ovat ilmaisia. DJI Fly -sovelluksella pystyy hallitsemaan dronen kameraa ja säätämään kuvien ja videoiden asetuksia. Drone Harmony -sovelluksella pystyi lisäksi kartoittamaan alueita suunnitellun lentoreitin mukaan. Vaativammat lentoreitit ja kuvausalueet vaativat maksullisen lisenssin. Eri ohjelmilla on myös erilaisiin tarkoituksiin luotuja sovelluksia. Esimerkiksi PIX4D-ohjelma sisältää 12 erilaista sovellusta, muun muassa PIX4inspect, PIX4react ja PIX4capture. Osa näistä ohjelmista on tarkoitettu tavanomaiseen kuvaukseen ja kartoittamiseen erilaisissa ympäristöissä, kuten pelloilla, metsissä tai rakennustyömailla, kun taas esimerkiksi vaikka PIX4react on tarkoitettu kuvaamaan todella nopeasti eri alueita hätätilanteita varten, muun muassa maastopaloja tai tulva-alueita (PIX3D, n.d.).

Monet kuvat vaativat lisäksi jälkikäsitteilyä. Osalla ohjelmilla on sovellus, jolla voi ottaa kuvia ja videoita, sekä sovellus tai palvelin, jossa voi käsitellä kuvia ja luoda 3D-malleja, pistepilvikarttoja tai maastomalleja. Esimerkiksi Maps Made Easy -ohjelma sisältää mobiilisovelluksen Map Pilot Pro, jolla voi kerätä kuvamateriaalia ilmasta käsin ja siirtää sen sitten tietokoneelle Maps Made Easy -palvelimelle, jossa kuvista voi luoda vaikka ortokuvan tai 3D-maastomallin. Ohjelmassa pystyy myös kohdistamaan dronella tuotetut kuvat jo tunnettuihin pisteisiin maassa. Dronen tuottamaa ilmakuvausta pystyy käyttämään

peittokuvana monissa GIS-järjestelmissä tai vaikka Google Earth palvelussa. (Maps Made Easy, n.d.)

3 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää dronen hyödyntämismahdollisuuksia ja luoda ohjeita ja malleja dronen käyttöön rakennetun ympäristön koulutuksessa. Dronen käyttäjän tulisi tietää, kuka saa lennättää dronea, minkälaista dronea ja millä alueella. Ennen vuotta 2021 dronen ilmailuun liittyviä säädöksiä ei vielä ollut, mutta Traficom loi siirtymäajan vuosien 2021 ja 2024 välille, jonka aikana uudet rajoitukset tulevat voimaan, ja näin ollen vaikuttavat uusien ja vanhojen dronikäyttäjien ilmailuun droneilla. Traficom asettamat asetukset koskevat siirtymäajan jälkeen kaikkia dronen lennättäjiä, joten tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda uudet ohjeet helposti saataville kaikille dronen lennättäjille. Tässä työssä myös selvitetään, miten dronea voi käyttää viheralan töissä ja erityisesti rakennetun ympäristön koulutuksessa huomioiden Traficom asettamat uudet ilmailulait dronelle.

Ohjeiden taustalle opettelin itse lentämään dronella ja sen myötä ymmärtämään Traficom asettamat säädökset. Ilmakuvaamisen tarkoituksena oli kerätä kuvamateriaalia ja opetella käsittelemään niitä erilaisilla ohjelmilla ja luomaan ortokuvia ja 3D-malleja. Tällaisia kuvia ja karttoja pystyy hyödyntämään rakennetun ympäristön koulutuksessa erilaisiin tarkoituksiin, kuten ohjeistuksen tukena tai kuvankäsittelyohjelmien opetteluun. Dronekuvien hyödyntämistä käsitellään laajemmin johtopäätöksissä.

4 Dronen lennättäminen

Drone tulee tarkistaa aina ennen lento-ohjelmistoa. Dronen koko järjestelmässä tulee olla oikeat asetukset ja dronen tulee toimia valmistajan ohjeiden mukaisesti. Laitteessa pitää olla tarpeeksi virtaa akuissa koko lennon ajan ja lisäksi vielä yllätystilanteiden varalle, joten sekä dronen että radiolähtimen kannattaa molempien olla ladattuina ennen lentoa. Dronesta tulee tarkistaa myös, että kaikki siihen kuuluvat osat ovat paikallaan, kuten muistikortti ja kuvauslaitteisto. Laitteen ja sen ohjelmistojen on oltava ajan tasalla ja järjestelmän kompassi

kalibroitu, jos se on tarpeen. Kun edellä mainitut asiat on tarkistettu, voidaan käynnistää dronen radiolähetin ja sen jälkeen itse drone. Myös ohjauslaite (joko itse radiolähetin tai myös puhelin tai tabletti) on käyttöturvallisuuden takia käynnistettävä ennen dronea. Kun drone on päällä, voi sen muut lisälaitteet käynnistää ja tarkistaa niiden toimivuus. Sitten dronella voi nousta ilmaan. (Droneinfo, 2022-e)

Lisäksi ennen dronen lennättämistä on hyvä tarkistaa säätilanne sekä alue, jossa aiotaan lentää. Ilmatilarajoitukset kannattaa tarkistaa mm. aviamaps.com-sivustolta, ettei alueella ole muuta lentotoimintaa samaan aikaan. Dronen lentopaikaksi kannattaa valita paikka, joka on tasainen ja puhdas, joten dronen potkurit tai muut osat eivät rikkoudu. (Droneinfo, 2022-e)

Lennon aikana on huolehdittava, että näköyhteys pysyy droneen koko lennon ajan. Lentokorkeuden täytyy olla lentoluokassa määritellyn korkeuden alapuolella, esimerkiksi A1-luokassa alle 120 metriä. Kauko-ohjaajan on tarkkailtava dronen lisäksi ympäristöään alueella olevien ihmisten tai eläinten varalta ja varauduttava hätätilanteisiin mm. dronejärjestelmän käyttövian tai luonnonilmiöiden takia. (Droneinfo, 2022-e)

Lennon päätteeksi drone kannattaa tuoda maahan manuaalisesti. Kun drone on turvallisesti maassa, sammutetaan drone ja muut lisälaitteet ja tarkistetaan dronen kunto vaurioiden varalta. Dronen akut irrotetaan ja ladataan täyteen ja siirretään sen jälkeen säilytykseen, jos dronella ei aiota lentää vähään aikaan. (Droneinfo, 2022-e)

4.1 Harjoituslento

Opinnäytetyön käytännöllisenä osana suoritin harjoituslennon Lepaan kampuksella ohjaajani kanssa sekä kartoituslennon itsenäisesti omalla tontilla. Molemmat sekä harjoituslento että kartoituslento lennettiin rekisteröidyllä DJI Mini 2 dronella, joka on C0-luokan drone.

Dronella lennettiin 'avoin' -toimintakategorian alaluokassa A1 eli sillä sai lentää yksittäisten ihmisten yli. Olin suorittanut Traficomien verkkotentin hyväksytysti ja pidin pätevyystodistuksen mukanaani digitaalisessa muodossa puhelimellani.

Harjoituslennon tarkoituksena oli tutustua laitteeseen ja lentotoimintaan käytännössä valvotusti ohjaajan kanssa sekä kerätä kuvamateriaalia sen ollessa mahdollista. Harjoituslento antoi minulle valmiudet lennättää dronea itsenäisesti varsinaisella kartoituslennolla myöhemmin.

4.1.1 Riskikartoitus

Harjoituslennon suoritin DJI Mini 2 dronella Lepaan kampuksella ohjaajani kanssa. Kävin kohta kohdalta läpi tarkistuslistaa, kun suunnittelin lentotehtävän, kartoitin riskejä ja tarkistin dronen kunnon (Kuva 4). Määritin lennon tarkoituksen ja alueen ja kartoitin riskejä. Suoritin lennon harjoituslentona Lepaan omenatarhan yläpuolella, jossa ei suurella todennäköisyydellä liikkunut paljon ihmisiä. Mahdollisia riskejä alueella olivat muutamat korkeat puut ja lähellä oleva opistorakennus.

Lisäksi Aviamaps.fi-palvelusta kävi ilmi, että Lepaan kampuksen ylle ulottui tilapäinen vaara-alue lentopäivälle, kun puolustusvoimien harjoitukset olivat voimassa Parolan alueella. Saimme kuitenkin sovittua lentävämme alueella samaan aikaan alle 100 metrissä, kun puolustusvoimat lensivät yli 300 metrissä.

Kuva 4. Tarkistuslista dronen lentämisen tueksi.

DJI Mini-toimintaohjeistus	HAMK
Suunnittelu - Ennen maastoon lähtöä	
Lentotehtävän suunnittelu	Lennon tarkoitus ja tavoite, kuvamateriaalin vaatiman lentoradan suunnittelu
Riskien kartoittaminen	GPS-täsmä, lentosäätilä, maasto, ympäristö, muutokset keliin (tuulet jms)
Ilmailun kartoittaminen	Tunnetut esteet, RTH-korkeuden määrittäminen, lentajan vapautus yhteydenmenotilassa
Toimintakategorian kartoitus A1, A2, A3	Mieti kuinka lento on toteutettavissa tällä kalustolla?
Alkuvalmistelut - Ennen maastoon lähtöä	
Näytön akun lataus ja kiinnitys	
Kauko-ohjaimen akun lataus	
Kopterin ulkoisen kunnon tarkistus	
Muistikortti paikallaan	
Kopterin akut ladattu ja paikallaan	
Lentovalmistelut - Paikan päällä	
Lentopaikan merkintä ja tarkistus	teräsi alue kartoilla, lentosensorilatuista paikalleen
Riskikartoituksen tekeminen	
Kopterin valmistelu	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Aseta kopteri lentovalmistele, akku ohjaajaan päin	Pöytä etä kameran ja lensin suojat
Kiinnitä puhelin kauko-ohjaimen ja yhdistä johto	Pöytä ohjaimen haimaa kuvata josta tulee DJI
Käynnistä kauko-ohjain ja puhelin ja dj fly ohjelma	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Kauko-ohjaimen lentotilan kytkin Normal-asennossa	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Kopterin käynnistys	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Fly ohjelmassa valitse GO FLY	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Tarkista ohjaimesta että kopteri yhdistetty	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
Kopterin valmiuden tarkistus	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
- järjestelmät kunnossa	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
- kotilämpökorkeuden säätö	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
- maastokorkeuden säätö	ajälät auki, akku kiinni, muistikortti paikallaan, gimbaalin suojia pois
- akun lämpötilan tarkistus kylmissä olosuhteissa	Battery info kohdasta - varmista että akun lämpö on riittävä (20astetta) lämmitä 15C akku pumppaamalla kopteria ennen kun lähdet korkealle.
Lentoon lähtö	
Lentovalmistelut	
Kopterin lentovalmiuden tarkistus	
-Akussa virtaa	Akussa virtaa, virtaa korkea yläpuolella, nollan %
-Signaali riittävä	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Lentovalmius	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
-Kopterin tarkistus	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Kopterin nosto ilmaan	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Kopteri stabilisoidu paikallaan	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Ohjain toimii	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Kamera toimii	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Kartta päivittyy	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Suorita lento	Ilmavirta 100 g/s ja sen jälkeen lentomäärä 10
Hätätilanne	
Ohjaukykyiden katkeaminen	Kopteri palaa kotiin, varmista turvallisuus
Kopterin kadottaminen = haluat kopterin palaavan kotiin	aina kaksi kertaa RTH-nappia, kotilämpöä aktivoitu. Voit perua kotilämpöä tabellein näytöllä
Häätäänäyttö = kumpikin vilju alas yhteen.	Käytä vain kun kopteriä pitää hätätilassa lauantua poturi. Eam putkimista jälkeen
Ilmavirta muuta ilma-akkuja = väntä aina muuta	Ilmavirta muuta ilma-akkuja = väntä aina muuta
Häätäänäyttö = jos virta loppuu	Ilmavirta muuta ilma-akkuja = väntä aina muuta
GPS yhteyden katkeaminen = älä muudella kotiin luo	Ilmavirta muuta ilma-akkuja = väntä aina muuta
Laskettuminen	
Laskettuminen esilehti	
Tuulen suunta tarkastettu	
Laskettuminen aloittaminen - ilmoitus	
Kopterin suunta, akku itseän päin	
Gimbaali nostettu yläasentoon	
Laskettuminen	
Lennätyksen päättymisen	
Lennon jälkeen	
Kopterin virta katkaistu	
Kauko-ohjaimen virta katkaistu	
Näytön virta katkaistu	
Kopterin ulkoisen kunnio ok	
Taritelet kopteriin kassa	
Kiinnitä gimbaalin tanga	
Aseta poturi paikoilleen (pitä poturiin kuljetusasennossa)	
Pakkaa kalusto salkkuun	
Alueen merkinnän purkaminen	

4.1.2 Tarkistuslistan läpikäyminen

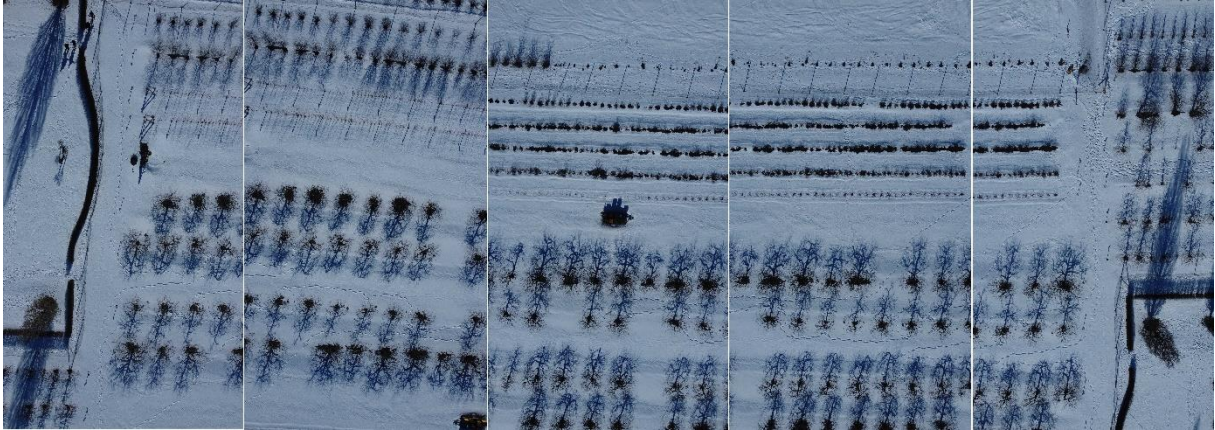
Riskien ja ilmatilan kartoituksen jälkeen tarkistin dronen kunnon. Katsoin, että dronen akut sekä ohjain olivat ladattuina täyteen ja drone oli ehjä ja linssit ja sensorit puhtaat. Varmistin myös, että muistikortti oli paikallaan ja kiinnitin ensimmäisen akun laitteeseen. Avasin myös puhelimelle asennettavan sovelluksen DJI Fly tarkistaakseni sen toimivuuden ja yhteensopivuuden dronen kanssa. Kävin läpi myös ohjelman toimintoja, jonka jälkeen sitten siirryin ulos lentopaikalle. Päivä oli aurinkoinen, joten valitsimme lentopaikan suunnan pois auringosta. Lentopaikalla tarkistin uudestaan dronen kunnon ja valitsin lento- ja laskeutumispaikan. Käynnistin dronen kauko-ohjaimen ja liitin puhelimeni ohjaimeen, jonka jälkeen avasin myös DJI Fly -ohjelman. Varmistin, että kauko-ohjaimessa oli Normal-tila kytkettynä ja sen jälkeen valmistelin dronen lentoa varten. Poistin dronen gimbaalin suojan ja tarkistin potkureiden kunnon ja kiinnityksen. Asetin dronen puhdistetulle lentoalustalle akku itseeni päin, jotta dronen ohjaus ei olisi päinvastainen nostaessani dronen ilmaan. Käynnistin dronen ja varmistin lennon säädöt DJI Fly -sovelluksesta. Säädin maksimikorkeuden ja -etäisyyden dronelle sekä tarkistin RTH (Return to Home) pisteen sijainnin. Varmistin, että ohjaimen ja dronen välinen signaali oli tarpeeksi voimakas ja että, ohjain oli löytänyt tarpeeksi satelliitteja. Tarkistin myös akun varauksen ja lämpötilan sekä kameran asetukset. Kaikkien lentovalmistelujen jälkeen nostin dronen ilmaan noin 3 metrin korkeuteen ja testasin dronen ohjaimen ja kameran toimivuuden.

4.1.3 Harjoituslennon suoritus

Lentovalmistelujen jälkeen suoritin harjoituslennon ja lensin dronella ilmassa 20–60 metrin korkeudella. Harjoittelin dronen lennättämissä eri suuntiin eri muodoissa ja sen pysähtymisnopeutta. Opettelin hallitsemaan dronen liikkeitä ja kameran ohjattavuutta. Testasin myös dronen RTH-toiminnon sekä esteentunnistuksen. Esteentunnistus ei toiminut korkeiden puiden kohdalla todennäköisesti talvisista olosuhteista, koska puut olivat lehdettömiä, joten tulevilla lennoilla se tulisi huomioida ja olla erityisen varovainen lennettäessä talvisissa olosuhteissa puiden lähellä. Kokeilin myös kuvien ja videoiden ottamista dronella eri kuvakulmista DJI Fly -sovelluksella. Kokeilin myös Drone Harmony -sovellusta pienimuotoiseen kartoittamiseen, mutta sovellus ei ollut vielä tuttu, joten kartoittaminen oli vaikeaa. Lisäksi sovellus ei suostunut suurentamaan tai pienentämään

karttakuvaa, joten kartoitusalueen määrittäminen oli vaikeaa suurelle alueelle. Onnistuin kuitenkin kuvaamaan pienen alueen Lepaan omenatarhasta (Kuva 5).

Kuva 5. Kartoituskuvat Lepaan omenatarhasta.



Drone Harmony -sovellus toimi koko ajan, mutta lopussa se ei suostunut tuomaan dronea alas laskeutumispaikalle, joten minun täytyi palata manuaaliohjaukseen ja tuoda drone itse alas. Alas tullessani varmistin vielä laskeutumispaikan turvallisuuden ja tuulen suunnan, sekä käänsin dronen niin, että akku oli itseeni päin. Varmistin myös, että gimbaali oli yläasennossa, jotta se ei kolahtaisi maahan dronen laskeutuessa. Kun drone oli laskeutunut turvallisesti alas, sammutin virran dronesta ja sen jälkeen ohjaimesta. Tarkistin dronen kunnan ja pakkasin tavarat laukkuun ja lopetin lentoharjoituksen.

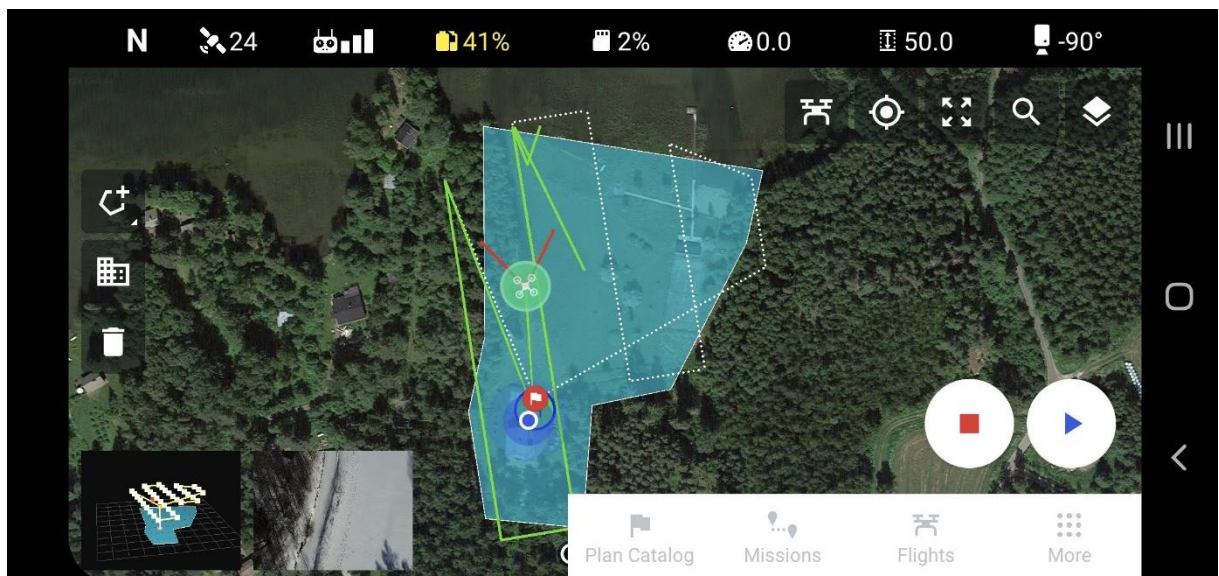
4.2 Kartoituslento

Kartoituslennon suoritin huhtikuun alussa omalla mökkipihallani DJI Mini 2 dronella. Noudatin koko lennon ajan samoja tarkistuslistan ohjeita kuin ensimmäisellä harjoituslennolla ohjaajan kanssa. Lento tapahtui aurinkoisella säällä aamupäivällä, joten tontille muodostui pitkiä varjoja. Sää oli melko tuulinen, mutta tarpeeksi heikko lennettäessä DJI Mini 2:lla. Tuulisesta säästä huolimatta kuvat olivat onnistuneet Drone Harmony -sovelluksella. Drone Harmony -sovellus toimi tällä kertaa paremmin kuin ensimmäisellä harjoituslennolla ja onnistuin määrittämään kartoitusalueen ongelmitta. Ilmeisesti harjoituslennolla ilmennyt ongelma on puhelimesta kylmässä kelissä eikä sovellus tunnista, kun kylmällä sormella yrittää tehdä toimintoja puhelimen näytöllä. Onnistuin ohittamaan

ongelman, kun palasin hetkeksi sisätiloihin luodakseni sovelluksella haluamani kartoitusalueen ja määrittäessäni asetukset lennolle. Sen jälkeen palasin ulos dronen luo ja käynnistin lennon.

Drone Harmony sovelluksessa ilmeni myös toinen ongelma, kun lento keskeytyi kartoituksen puolessa välissä. Kokeilin korjata ongelman tuomalla dronen manuaalisesti takaisin ja sammuttamalla kaikki laitteet ja ohjelmat ja kokeilemalla jatkaa keskeytynyttä kartoituslentoa, mutta ongelma ei korjaantunut sillä. Kuvassa 6 näkyy kyseinen kartoitusalue ja reitti, jota drone on lentänyt kartoituksen aikana. Kartoitusalueen pohjoisreunalla on järvi, jonne asti drone on lentänyt vihreää linjaa pitkin, mutta sitten se ei suostunut jatkamaan kartoitusta. Drone ”jäi jumiin” samaan kohtaan pari kertaa peräkkäin, jonka jälkeen tajusin pienentää kartoitusaluetta, joten dronen lentoreitti ei kulkisi vesialueen yläpuolella. Ongelma korjaantui sillä ja sain suoritettua kartoituslennon kokonaisuudessaan ilman muita ongelmia, lukuun ottamatta dronen pysähtymistä ilmaan laskeutumispaikan yläpuolelle kartoituksen päätteeksi. Ilmeisesti joko sovellus tai drone itse ei suostu viemään dronea veden yläpuolelle automaattisella lennolla, mutta tarkempi selvitys vaatisi enemmän aikaa ja useampia yrityksiä eri olosuhteissa. Ongelman pystyy ohittamaan, kun dronen kartoitusaluetta siirtää pois alueelta, jossa drone ei suostu lentämään, tai lennon suorittaa manuaalisesti.

Kuva 6. Kuvakaappaus Drone Harmony sovelluksesta kartoituslennon aikana.



5 Tiedon analysointi

Dronella saa otettua ilmasta käsin kuvia maanpinnalla olevista kohteista, kuten rakennuksista, maanpinnan muodoista ja kasvillisuudesta. DJI Mini 2 dronella otetut kuvat ovat yllättävänkin tarkkoja laitteen pienestä koosta huolimatta. Harjoituslennolla otettu ilmakekuva on otettu noin 50 metrin korkeudessa maanpinnasta maaliskuussa aamupäivän puolella (Kuva 7). Siinä näkyy hyvin alueella olevat rakennukset, tiet ja puut kuten myös muita pienempiä kappaleita esimerkiksi katulamput ja muutamat tunnistamattomissa olevat henkilöt. Kuva on otettu auringonvaloon päin, joten kuvan valaistus ei ole paras mahdollinen ja rakennusten värit näyttävät tummemmilta kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Lisäksi talvisissa olosuhteissa kuvasta jää paljon näkemättä, kuten alueen kasvillisuuden peitto ja kunto sekä teiden pintamateriaalit.

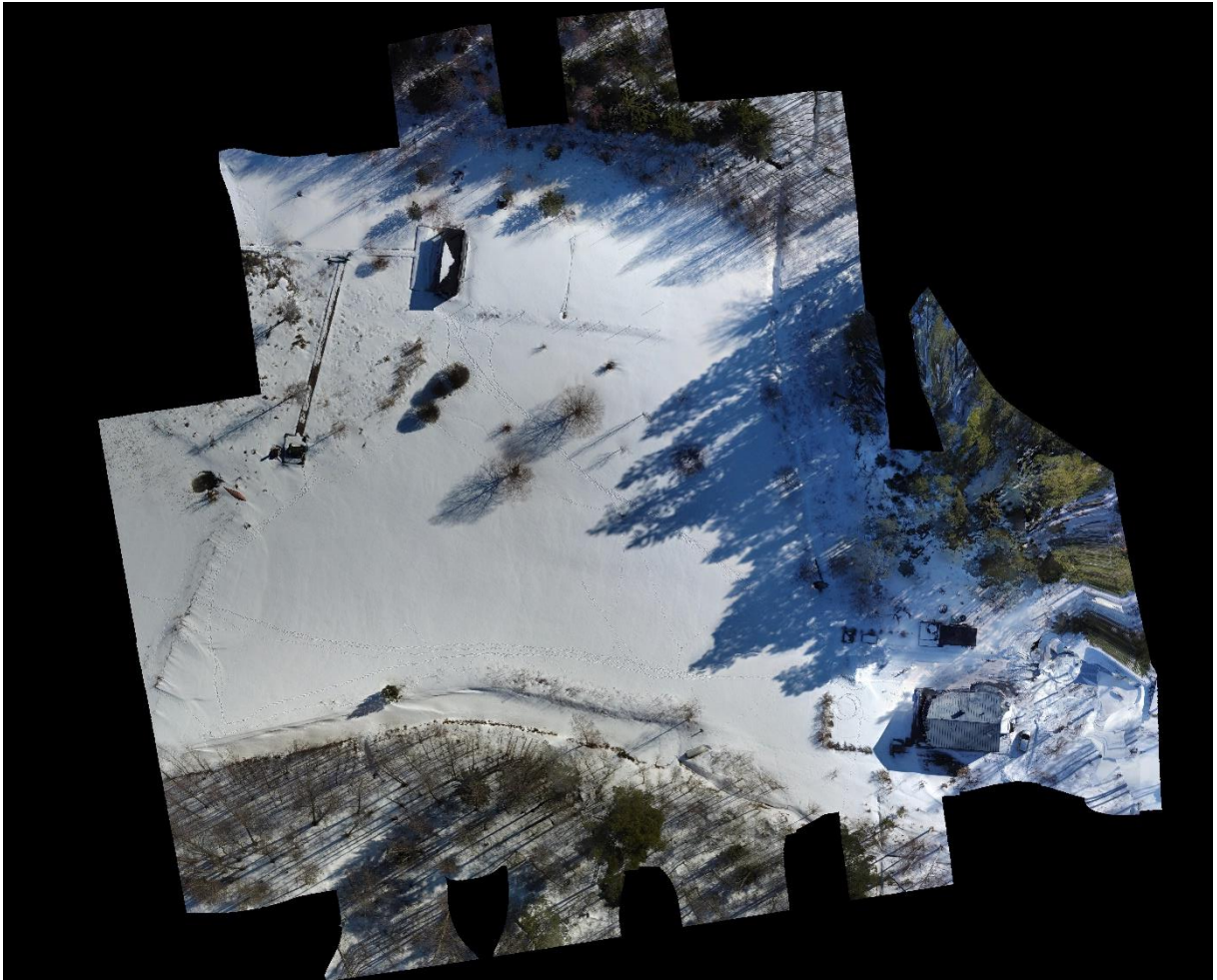
Kuva 7. Ilmakekuva Lepaan kampukselta.



Alaviistoon otetut ilmakekuvat ovat hyviä kuvaamaan alueen yleisilmettä esimerkiksi suunnittelun pohjalle. Ilmasta voidaan myös ottaa kuvia suoraan alaspäin, jotta voidaan kartoittaa alue ja luoda karttapohjia. Tällaisesta ortokuvasta voidaan mitata pituuksia ja pinta-aloja tai laskea vaikka kappaleiden lukumäärä. Dronella ei pysty ottamaan yhtä kuvaa koko alueesta, koska kuva vääristyy muuten, joten dronella kartoitetaan alue ja otetaan

useita kuvia halutulta alueelta. Kartoittamisen jälkeen kuvat viedään ohjelmaan, joka luo kuvista ortokuvan. Sen jälkeen ortokuvan avulla voi tarkastella aluetta, kun mittasuhteet ovat oikeat eikä vääristymiä ole. Käytin kartoituslennolla ottamieni kuvien käsittelyyn Maps Made Easy -ohjelmaa, joka sisältää ilmaisen kokeilun 15 päivän ajan ja on sen jälkeen maksullinen. Loin tunnukset ohjelmaan ja latasin dronen ottamat kuvat palvelimelle, jonka jälkeen ohjelma prosessoi kuvat ja loi niistä ortokuvan (Kuva 8). Kuvan reuna-alueet ovat täynnä aukkoja ja kuvan alareunassa on vääristymää, joten ohjelman tuottama kuva ei ole paras mahdollinen. Kuvan aukkoisuus voi johtua dronen kuvakulmasta ja puustoisesta alueesta tai ympäristöä paljon tummemmista laikuista, jotka kuvassa ovat mäntyjä. Tällöin drone ei ole ”nähty” koko aluetta, joten ortokuvassa nämä kohdat jäävät tyhjiksi. Vääristyneisyys voi johtua kuvan ottohetkellä tapahtuvasta tuulesta tai ohjelmassa on voinut tapahtua jotain prosessoinnin aikana, joka on aiheuttanut vääristymää kuvaan. Ongelmat ovat kuvan reuna-alueilla, joten ne voi korjata, kun kartoittaa alueen selkeästi haluttua kohdetta isommalta alueelta. Näin reuna-alueet eivät vaikuta itse kartoitusalueeseen, vaan ovat alueen ulkopuolella.

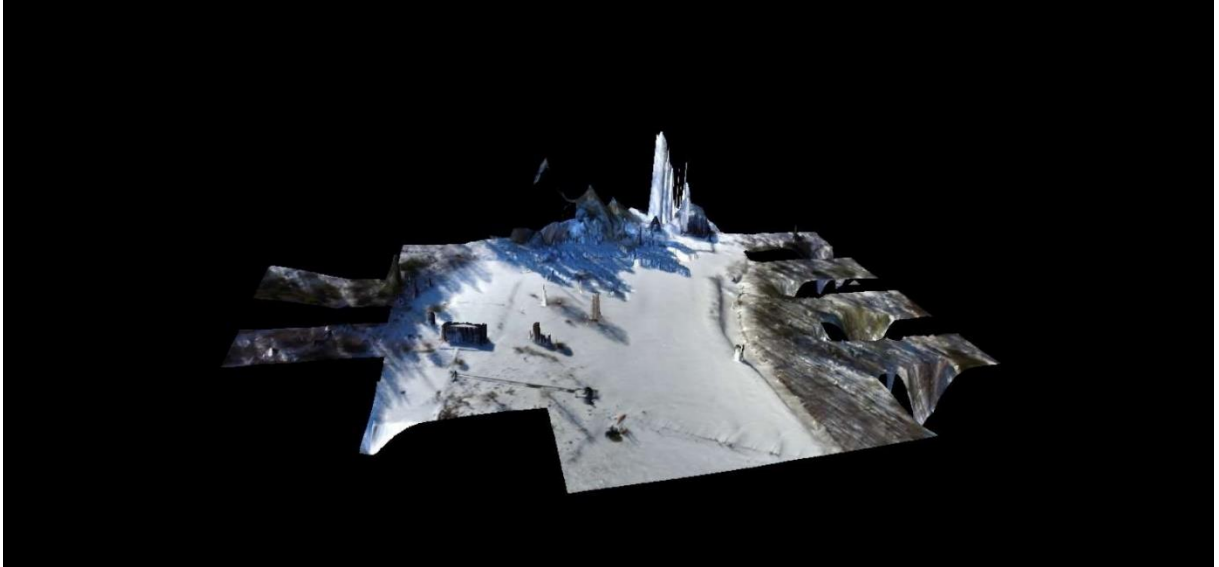
Kuva 8. Maps Made Easy ohjelmalla tehty ortokuva.



Dronella tuotetut kuvat toimivat myös 3D-mallinukseen. Tähän tarkoitukseen voi käyttää samoja kuvia kuin ortokuvan tuottamiseen, joten halutun alueen kuvaamiseen ei tarvitse käyttää kaksinkertaista aikaa. Maps Made Easy -ohjelman kautta sai ladattua myös 3D-kuvan (Kuva 9), jonka prosessointiin ei tarvinnut käyttää ylimääräistä aikaa. 3D-kuva avautui omalle sivulleen internet-palvelimelle ja oli pyöritettävissä eri suuntiin. Kuvattava kohde on hyvin tasainen, joten kuvassa ponnahtavat esille lähinnä tonttia ympäröivä metsä molemmissa reunoissa sekä pieni kallio kuvan yläreunassa. Kuten ortokuvassa dronen sokeat kohdat ovat jääneet tyhjiksi, niin 3D-kuvassa ne jäävät kuoppaisiksi. Samoin tontin keskellä olevat yksittäiset puut näkyvät hyvin kapeina pilareina, mutta se johtunee puiden lehdettömyydestä, joten ohjelma ei ole pystynyt luomaan todellista 3D-mallia niistä. Varjot ovat voineet myös vaikuttaa kuvan laatuun 3D-mallissa, kun drone ei ole pystynyt tunnistamaan pimeitä kohtia kirkkaassa päivänvalossa. Parempilaatuisia kuvia saisi varmaan

lumien sulettua keväällä tai lehtien puhjettua kesällä, mutta opinnäytetyön aikataulun puitteissa en kerennyt kartoittamaan enää silloin.

Kuva 9. Maps Made Easy ohjemalla tehty 3D-kuva.



6 Johtopäätökset

DJI Mini 2 drone on helppokäyttöinen ja pieni laite, joka sopii erinomaisesti ilmakuvaukseen. Drone on muihin droneihin nähden pienempi ja halvempi eikä opiskelijoiden tai opettajien kouluttaminen sen käyttämiseen vaadi paljon aikaa tai resursseja. Rakennetun ympäristön koulutukseen ja viherrakennusalan töihin laite soveltuu hyvin, kun halutaan saada yleiskuvaa kohteesta tai kartoituskuvia karttojen tekemiseen. Dronella saa otettua hyvinkin tarkkoja kuvia kauempaakin kohteesta laitteen pienestä koosta huolimatta. Laitteen ohjaaminen on myös helppoa jopa kokemattomalle lentäjälle lyhyen harjoittelun jälkeen. Kuvat ovat muodossa, jossa niitä on helppo tarkastella ja tarvittaessa muokata tai viedä erilaisiin ohjelmiin, joten kuvia voi käsitellä jopa kotikoneella ilman raskaita tai maksullisia ohjelmia. Osa maksuttomista ohjelmista tai maksullisten ohjelmien kokeiluversioista pystyy luomaan tavallisen ilmakuvan lisäksi myös 3D-kuvan tai korkeusmallimaastokartan, joten sellaisten tarkastelu onnistuu myös DJI Mini 2 dronella otetuista kuvista. Kesällä otetuista kuvista saisi varmasti myös tehtyä muun mallisia karttoja, kuten kasvillisuuskarttoja, joista voisi tarkastella vaikkapa kasvillisuuden peittoa ja kuntoa.

DJI Mini 2 drone on melko uusi ja ajan tasalla oleva laite, joten useimmat ohjelmat ovat yhteensopivia sen kanssa. Dronella otetut kuvat ovat JPEG- tai RAW-muodossa, joten ne pystyy siirtämään lähes kaikkiin ohjelmiin, ja ovat näin tarkasteltavissa tai muokattavissa missä vain. Tietokoneelle tai puhelimelle pystyy lataamaan useita maksuttomia kuvanmuokkaussovelluksia, joihin dronella otetut kuvat voi viedä. Lisäksi internetissä on laajalti erilaisia ohjelmia, mutta ne ovat usein maksullisia. Joissakin on kuitenkin ilmainen kokeiluversio tai niillä pystyy tekemään pelkästään pienikokoisia ja yksinkertaisia maastokarttoja maksutta.

Opinnäytetyössä saatiin ilmakuvia, joissa näkyy hyvin kuvattava alue. Dronella otettuja kuvia voi käyttää erilaisten analyysien tekoon tai karttojen piirtämiseen. Aurinkoisella kelillä otetut kuvat kertovat alueen valoisista ja varjoisista paikoista. Kuvat voivat olla erityisen hyödyllisiä, jos kuvia on otettu eri vuorokaudenaikoihin. Silloin pystytään näkemään esimerkiksi varjojen pituuksia ja mitkä kohdat ovat aina valoisia tai mitkä ovat aina varjossa. Tiedon perusteella pystytään vaikka suunnittelemaan pihan alueita ja kasvillisuutta sen mukaan, minkälaiset valo-olosuhteet paikalla on. Ilmakuvista pystytään myös seuraamaan kasvillisuuden kuntoa yleisesti isolla alueella. Myös vaikeasti kuljettaville alueille, kuten soille tai jyrkän kukkulan rinteelle, päästään dronella tarkastelemaan alueen kasvillisuutta ja paikantamaan huonokuntoisia puita. Opinnäytetyön harjoitus- ja kartoituslennolla otetuista kuvista ei näe kasvillisuuden kuntoa talvisista olosuhteista johtuen, mutta yksittäisten puiden ja pensaiden määriä sen sijaan voi laskea helposti, sillä kasvit eivät vielä näy yhtenäisenä massana lehtien takia. Lumen takia myös osa alueen teistä on vaikeasti erotettavissa eikä kuvista pysty erottelemaan hiekkakenttiä tai nurmikkoalueita toisistaan. Tasaiset kohdat ovat kuitenkin melko helposti eroteltavissa metsäisiin alueisiin tai rakennuksiin, joten sen pohjalta voi jo osittain määritellä pienempiä alueita halutulle kohteelle. Tietokoneohjelmat ovat kykeneviä tekemään tällaisista ilmakuvista myös korkeusmallimaastokarttoja, joiden pohjalta voi suunnitella esimerkiksi pinnantasaussuunnitelmia tai vaikka vesien kulkureittejä ja säilytyspaikkoja.

Kuka tahansa Traficomien verkkotentin suorittanut voi käyttää C0-luokan dronea, joten DJI Mini 2:ta voidaan hyödyntää monenlaisissa harjoituksissa ja tehtävissä rakennetun ympäristön koulutuksessa kenen tahansa toimesta, kun vain huomioidaan, minkälaisella alueella lennetään. Dronea voi käyttää koulutuksessa esimerkiksi ilmakuvien ottamiseen

kohteesta, joita voi käyttää pihasuunnittelun tukena. Niiden avulla voidaan myös tutkia piha-alueen varjoja tai vaikka ympäröivää maastoa helposti kulkematta kauemmas kohteesta. Ilmakuvista nähdään, onko alueella kuinka paljon kovaa materiaalia tai viheralueita. Dronen ilmakuvilla pystytään myös tekemään korkeusmallimaastokarttoja, joita voi hyödyntää koulutuksessa vaikka hulevesien käsittelyssä ja pinnantasaussuunnitelmien tekemisessä. Ilmakuvista tehdyistä kartoista voidaan myös laskea pinta-aloja ja tilavuuksia ja näin ollen laskea rakennettavalle pihalle tarvittavien materiaalien, kuten murskeen tai katteen, määriä. DJI Mini 2 dronella ei kuitenkaan saa muita kuin puhtaita ilmakuvia tavallisella kameralla, joten esimerkiksi multispektrikameran tai lämpökameran käyttö ei onnistu muuten kuin toisenlaisella dronella, johon saisi tällaisen kamerasiirretin kiinnitettyä.

Dronesta on hyötyä moneen tehtävään, kun sitä vain osataan käyttää oikein ja turvallisesti. Kaikkien dronekäyttäjien tulee huomioida Traficomien asettamat säädökset sekä muut olemassa olevat lait ja säännöt kaikenlaisissa lentotehtävissä. Uusille mutta myös vanhoille dronelentäjille löytyy tietoa Traficomien Droneinfo-sivustolta, josta löytyy kaikki tarpeellinen tieto dronen tuntemiseen ja hallintaan. Sieltä löytyvää tietoa on helppo soveltaa myös rakennetun ympäristön koulutuksessa. Koulutukseen voitaisiin sisällyttää drone-opintoja myös muiden moduuleiden rinnalle, jopa niin, että opittua tietoa ja taitoa voisi hyödyntää muissa koulutuksen moduuleissa. Drone-kurssin tai ainakin joitakin osia siitä voisi sisällyttää useisiin moduuleihin ja käyttää dronea osana moduuleiden tehtäviä ja projekteja. Kun selvitetään kaikki mahdolliset tavat hyödyntää dronekuvia ja luoda erilaisia karttoja, niin drone-opintojen sisällyttämisestä varsinaisiin opintoihin tulisi olemaan helppoa. Jatkotutkimukset drone-aiheesta voisivat selvittää kuvankäsittelyohjelmien käyttöä dronekuvien käsittelyyn sekä käsitellä droneilla otettuja kuvia yksityiskohtaisemmin, jotta dronejen hyödyntämismahdollisuudet nousisivat yhä enemmän esille viheralalla ja erityisesti rakennetun ympäristön koulutuksessa.

Lähteet

Aviamaps. (n.d.). *Ilmatilat nyt ja tänään*. Haettu 22.2.2023 osoitteesta

<https://aviamaps.com/map?drone&lang=fi#p=12.41/60.99185/24.36859>

Aviamaps. (n.d.). *Ilmatilat nyt ja tänään* [kuva]. Haettu 22.2.2023 osoitteesta

<https://aviamaps.com/map?wrng&lang=fi#p=11.01/60.1905/24.9353>

DJI. (n.d.). *DJI Mini 2*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://www.dji.com/fi/mini-2>.

DJI. (n.d.). *DJI Mini 2. Specs*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://www.dji.com/fi/mini-2/specs>.

Droneharmony. (13.9.2022). *The Motion of Glaciers: Terrain Aware Scan Helps Monitoring*.

<https://droneharmony.com/glacier-monitoring/>

Droneharmony. (24.9.2021). *Volcano Disaster Prevention: Drone Harmony's Terrain Workflow is a Major Help in Japan*. <https://droneharmony.com/volcano-disaster-prevention/>

Droneinfo. (2.12.2022-a). *Drone ja sen toiminnot – miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien yleistuntemus*. Haettu 22.1.2023 osoitteesta

<https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/drone-ja-sen-toiminnot-miehitattomien-ilma-alusjarjestelmien-yleistuntemus>

Droneinfo. (14.1.2021-c). *Ilmailurikkomusten torjunta: turva-asiat*. Haettu 12.2.2023

osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/ilmailurikkomusten-torjunta-turva-asiat>

Droneinfo. (25.1.2022-f). *Ilmatilan rajoitukset – oletko tietoinen määräyksistä?* Haettu

12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/ilmatilan-rajoitukset-oletko-tietoinen-maarayksista>

Droneinfo. (25.1.2022-h). *Kuinka ihmiset toimivat – ihmiset suorituskyvyn rajoitukset*. Haettu

12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/kuinka-ihmiset-toimivat-ihmisen-suorituskyvyn-rajoitukset>

Droneinfo. (25.1.2022-e). *Lennon suunnittelu ja suoritus – lentotoimintamenetelmät*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/lennon-suunnittelu-ja-suoritus-lentotoimintamenetelmat>

Droneinfo. (25.1.2022-g). *Lennä mahdollisimman turvallisesti – lentoturvallisuus*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/lenna-mahdollisimman-turvallisesti-lentoturvallisuus>

Droneinfo. (26.4.2022-d). *Luvasta vapaa toiminta Avoin-kategoriassa* [kuva]. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/luvasta-vapaa-toiminta-avoin-kategoriassa>

Droneinfo. (4.11.2022-b). *Mitä sääntöjä on ilmassa? – ilmailun säädökset*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/mita-saantoja-ilmassa-ilmailun-saadokset>

Droneinfo. (14.1.2021-i). *Riskien tekninen ja operatiivinen lieventäminen maassa*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/riskien-tekninen-ja-operatiivinen-lieventaminen-maassa>

Droneinfo. (25.1.2022-j). *Yksityisyys ja tietosuoja*. Haettu 12.2.2023 osoitteesta <https://droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/yksityisyys-ja-tietosuoja>

Kameraliike. (n.d.). *DJI Mini 2 -drone*. <https://www.kameraliike.fi/fi/product/dji-mini-2-drone/13450>

Maps Made Easy. (n.d.). *Features*. <https://www.mapsmadeeasy.com/features>

PIX4D. (n.d.). *PIX4reacts – 2D fast-mapping for emergency response and public safety*. <https://www.pix4d.com/product/pix4dreact/>

Traficom. (3.12.2020). *Uusi dronelaki voimaan vuodenvaihteessa – mikä muuttuu?* Liikenne- ja viestintävirasto. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-dronelaki-voimaan-vuodenvaihteessa-mika-muuttuu>

Valkama, V. (6.9.2019). *Drone-bisnekselle ennustetaan miljardien kasvua, ja Suomi saattaa olla jo muita edellä – Uusi verkosto voisi auttaa vientiä*. *Kaleva*. <https://www.kaleva.fi/drone-bisnekselle-ennustetaan-miljardien-kasvua-ja/1686888>