

KAUKO-OHJATTUJEN ILMA-ALUSTEN LENTOTYÖKÄY-  
TÖ KUNNALLISESSA MITTAUSTOIMESSA

Matilainen Janne W.

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Janne W. Matilainen	<b>Vuosi</b>	2018
<b>Ohjaaja(t)</b>	Pasi Laurila		
<b>Toimeksiantaja</b>	Rovaniemen kaupunki		
<b>Työn nimi</b>	Kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyökäyttö kunnallisessa mittaustoimessa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	64 + 8		

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli olla yleisluontoinen selvitystyö kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyökäytöstä kunnallisessa mittaustoimessa. RPA-järjestelmät ovat viime aikoina yleistyneet hurjasti useissa eri käyttökohteissa, myös kunnallisissa mittaustoimissa. Opinnäytetyön on tarkoitus olla käytettävissä sellaiseen päätöksenteon tukena RPA-järjestelmän hankkimisesta kuntaan.

Työ toteutettiin selvitystyönä, sisältäen myös puolistrukturoidun selainpohjaisen kyselyn, joka lähetettiin kaikkiin yli 40 000 asukkaan kuntiin sekä strukturoimattoman haastattelun. Lähteinä käytettiin suurilta osin internetin avoimia lähteitä.

Lopputuloksena saatiin pohjatietopakettina toimiva selvitystyö aiheesta ja tuloksia sekä pohdintaa RPA-järjestelmien soveltuvuudesta kunnalliseen mittaustoimeen. Kuntiin lähetetystä kyselystä ilmenevät myös RPA-järjestelmien nykytila ja arviot lyhyen aikavälin trendeistä kunnallisissa mittaustoimissa. Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluiden kanssa.

**Avainsanat** fotogrammetria, ilmailu, kaupunkisuunnittelu, kunta-ala, kuntasuunnittelu, mittausmenetelmät, tekninen toimi

Technology, Communication and  
Transport  
Bachelor of Engineering

---

---

<b>Author</b>	Janne W. Matilainen	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Pasi Laurila		
<b>Commissioned by</b>	City of Rovaniemi		
<b>Subject of thesis</b>	Aerial Work with the RPA Systems in Municipal Survey Services		
<b>Number of pages</b>	64 + 8		

---

The objective of this thesis was to compile a report about the aerial work with the RPA systems in municipal survey services in Finland. In the past years the RPA systems have rapidly become more popular in many fields, also in municipal survey services. This thesis was commissioned by the Geographic Information and Real Property Services department of the City of Rovaniemi, and is meant to be usable as is in decision making about the acquisition of a RPA system.

This thesis was executed in an investigative and reporting manner, including a semi-structured survey sent to every municipality in Finland with over 40 000 residents. The majority of the sources used were www-based and open source.

As a result, a report about the subject was made, including deliberation about the applicability of the RPA systems in municipal survey services. The survey sent to the municipalities also narrates the present and estimates the short-term trends of the usage of the RPA systems in municipal survey services in Finland.

**Key words** aviation, infrastructural planning, municipal sector, municipal technology sector, photogrammetry, survey technologies, urban planning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
2	MÄÄRITELMÄT.....	10
2.1	Miehittämätön ilmailu.....	10
2.1.1	Miehittämättömät ilma-alukset.....	10
2.1.2	Lentotyö.....	11
2.2	Tiedonkeruutekniikat.....	12
2.2.1	Fotogrammetria.....	12
2.2.2	Laserkeilaus.....	13
2.2.3	Muut.....	13
3	LAINSÄÄDÄNTÖ.....	14
3.1	Miehittämätöntä lentotyötä koskevat oikeusnormit.....	14
3.2	Käyttövaatimukset ja -rajoitukset.....	15
3.2.1	Yleiset vaatimukset.....	15
3.2.2	Lennättäminen.....	15
3.2.3	Ilma-alus.....	16
3.2.4	Kirjanpito.....	16
3.2.5	Yleiset ulottuvuudet.....	17
3.2.6	Ilmailulta kielletyt ja rajoitetut alueet.....	17
3.2.7	Maanpuolustuksen kohteiden ilmakehuvaaminen.....	18
3.2.8	Vakuutukset, vastuu ja vaaratilanteet.....	19
3.3	Muita huomioita.....	20
3.4	Tietosuoja ja yksityisyys.....	20
3.5	Valmistelussa olevia muutoksia.....	21
4	KÄYTTÖKOHTEET.....	22
4.1	Yleistä.....	22
4.2	Kantakartan ylläpito ja valmistaminen.....	22
4.3	3D-kaupunkimallin valmistaminen ja ylläpito.....	23
4.4	Suunnittelu.....	23
4.5	Valvonta.....	23
4.6	Markkinointi ja viestintä.....	23
5	ESIMERKKI RPA-JÄRJESTELMÄSTÄ.....	25
5.1	Yleistä.....	25

5.2 Ilma-alus ja virtajärjestelmä.....	25
5.3 Sensorit.....	27
5.4 Kauko-ohjauspaikka ja yhteydet.....	29
5.5 Ohjelmistot.....	31
5.6 Muut tarvikkeet ja huolto.....	31
6 ESIMERKKI RPA-JÄRJESTELMÄN KÄYTÖSTÄ.....	33
6.1 Johdanto.....	33
6.2 Tehtäväsuunnittelu.....	33
6.3 Lennätys.....	36
6.4 Käsittely.....	38
7 KYSELYTUTKIMUS.....	40
7.1 Johdanto.....	40
7.2 Toteutus.....	40
7.3 Tulokset.....	41
7.3.1 Kunnat joilla on kauko-ohjattuja ilma-aluksia.....	41
7.3.2 Kunnat joilla ei ole kauko-ohjattua ilma-alusta.....	51
7.4 Johtopäätökset.....	55
8 POHDINTA.....	59
LÄHTEET.....	60
LIITTEET.....	65

## ALKUSANAT

Tahdon kiittää Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluita sekä mitausvastaavaa, teknikko Kari Lehtistä, opinnäytetyöni mahdollistamisesta. Erityisesti tahdon kiittää avunannosta ja ohjauksesta, sisällöllisestä tarkastamisesta sekä ammatillisesta omistautuneisuudesta paikkatieto- ja tonttipalveluiden mitaustyönjohtajaa, insinööri Juha-Petteri Lehmusta, sekä kartoittajaa, insinööri Antti Riipiä. Työn oikoluvusta tahdon kiittää avopuolisoani, hallintotieteiden maisteri Anna Suomalaista.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AIP	aeronautical information package
AGL	above ground level
AIS	aeronautical information service
COTS	commercial off-the-shelf (OED 2018)
CTR	control zone
FIZ	flight information zone
GSD	ground sample distance
IFC	industry foundation classes
IMU	inertial measurement unit
NOTAM	notice to airmen
RMZ	radio mandatory zone
RPA	remotely piloted aircraft
RPAS	remotely piloted aircraft system
UA	unmanned aircraft
UAS	unmanned aircraft system
UAV	unmanned aerial vehicle
®	rekisteröity tavaramerkki (Kotus 2018a)
™	rekisteröimätön tavaramerkki (Kotus 2018a)
LiPo	litiumpolymeeri

## KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. GeoDrone® X4L (VideoDrone 2018).....	26
Kuvio 2. GeoDrone® X4L -lentoaikakuvaaja (VideoDrone 2018).....	27
Kuvio 3. Sony α6000 ortho (VideoDrone 2018).....	28
Kuvio 4. YellowScan Surveyor (VideoDrone 2018).....	29
Kuvio 5. GeoDronen kauko-ohjain.....	30
Kuvio 6. Katajarinteen tehtäväsuunnitelmat Ground Stationissa.....	34
Kuvio 7. Signaalintipeite mitattavana.....	35
Kuvio 8. GeoDrone roottorit käynnistettyinä.....	37
Kuvio 9. Tietokone telemetriayhteyksineen pakettiauton katolla.....	38
Kuvio 10. Katajarinne pistetihennyksen jälkeen.....	39
Kuvio 11. Onko kunnallanne käytössä kauko-ohjattuja ilma-aluksia?.....	41
Kuvio 12. Kuinka monta RPA-järjestelmää käytössänne on?.....	41
Kuvio 13. Minkä tyyppisiä RPA-laitteita käytössänne on?.....	42
Kuvio 14. Kahden laitteen vastaajien laitetypit.....	42
Kuvio 15. Minkä rakenteen RPA-laitteita käytössänne on?.....	43
Kuvio 16. Kuinka RPA-järjestelmät on hankittu?.....	43
Kuvio 17. Mitkä ovat RPAS:n käyttökohteet kunnassanne?.....	44
Kuvio 18. Kysymys 6 avoimet vastaukset.....	44
Kuvio 19. Mitä käyttökohteita olette harkinneet RPAS:lle?.....	45
Kuvio 20. Kysymys 7 avoimet vastaukset.....	45
Kuvio 21. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia teillä on käytössänne?.....	46
Kuvio 22. Kysymys 8 avoimet vastaukset.....	46
Kuvio 23. Mitä sensoreita olette harkinneet?.....	47
Kuvio 24. Kysymys 9 avoimet vastaukset.....	48
Kuvio 25. COTS-laitteiden harkitut tai suunnitellut hyötykuormat.....	48
Kuvio 26. Kuinka hyödylliseksi koette RPA-järjestelmän työkäytössänne?.....	49
Kuvio 27. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden?.....	50
Kuvio 28. Oletteko harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne RPAS:n?.....	51
Kuvio 29. Oletteko hankkineet RPAS-ostopalveluita?.....	51
Kuvio 30. Mitä käyttökohteita olette harkinneet RPAS:lle?.....	52
Kuvio 31. Mitä sensoreita olette suunnitelleet hankkivanne?.....	53
Kuvio 32. Kuinka hyödylliseksi arvioisitte RPA-järjestelmän?.....	54
Kuvio 33. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden?.....	55



## 1 JOHDANTO

Kauko-ohjattujen ilma-alusten käytön kokonaisjärjestelmien saatavuus ja käytettävyys ovat viime vuosina kasvaneet hurjasti, mikä on johtanut niiden nopeaan yleistymiseen useilla eri aloilla, ja ne ovat saavuttaneet myös kunnalliset toimitilat. Kaukokartoitus ja ilmakehuus ovat perinteisiä mittausmekaniikan lajeja, jotka kauko-ohjattujen ilma-alusten myötä ovat saaneet huimasti lisää sovellutuksia. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi koin tarpeelliseksi luoda yleismaallisen selvitystyön kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyökäytöstä kunnallisessa mittaus-toimessa, tavoitteenani valmistaa paketti, jonka pohjalta voi muodostaa yleiskuvan aiheesta, ja joka voi toimia sellaisenaan tukena päätöksenteossa RPA-järjestelmän hankkimisesta kuntaan.

Opinnäytetyötani kirjoitettaessa työskentelen kolmatta maastokautta Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluissa, jonne on syksyllä 2016 hankittu RPA-järjestelmä ja jonka kanssa opinnäytetyö on tehty toimeksiantona. Työ käsittelee kauko-ohjatun ilma-aluksen lentotyökäytön määritelmiä ja oikeusnormistoa antaakseen pohjatiedot lentotyöstä ja sen vaatimuksista, käyttökohteita esitelläkseen sen mahdollisuuksia, esittelee Rovaniemen kaupungin järjestelmän teknisenä esimerkkinä sekä selostaa esimerkin lentotyötehtävästä muodostaakseen kuvan järjestelmän käytännön työkäytöstä.

Lisäksi opinnäytetyö sisältää puolistrukturoidun kyselyn, joka lähetettiin kaikkiin Suomen yli 40 000 asukkaan kuntiin. Kyselyn tulosten pohjalta voidaan muodostaa kuva nykytilasta ja lyhyen aikavälin trendeistä kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyökäytöstä Suomen kunnissa.

## 2 MÄÄRITELMÄT

### 2.1 Miehitämätön ilmailu

Miehitämättömän ilmailun käsitteistö on laajaa, monikielistä sekä termistö monin osin päällekkäistä. Tämän vuoksi opinnäyteyössä käytetään miehitämättömän ilmailun osalta vain liikenteen turvallisuusviraston (myöh. myös Trafi) yleisesti käyttämää, suomen- ja englanninkielistä käsitteistöä, sikäli kuin se on kullekin subjektille saatavilla.

#### 2.1.1 Miehitämättömät ilma-alukset

*Miehitämätön ilma-alus (UA, unmanned aircraft)* on ilma-alus, joka on tarkoitettu käytettäväksi ilman aluksen mukana olevaa ohjaajaa. Termillä *lennokki* viitataan miehitämättömään ilma-alukseen, jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen. Kun miehitämätöntä ilma-alusta käytetään lentotyöhön, on kyseessä *kauko-ohjattu ilma-alus (RPA, remotely piloted aircraft)*. Käsite on siis riippuvainen käyttötarkoituksesta. *Kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä (RPAS, remotely piloted aircraft system)* (myöh. myös RPA-järjestelmä) viittaa ilma-aluksen lisäksi sen ohjauspaikkoihin, -yhteyksiin sekä muihin käytön edellyttämiin järjestelmän osiin. (OPS M1-32, 1–2.)

*”Sama miehitämätön laite voi olla määritelmältään lennokki tai kauko-ohjattu ilma-alus eri lennoilla. Vain lentotoiminnan luonne ratkaisee määritelmän. Harraste- tai urheilutarkoituksessa lennätettäessä miehitämätön laite on lennokki, ja kaikki muu toiminta on lentotyötä kauko-ohjatulla ilma-aluksella.”* (RPAS-uutiskirje 01/2017.)

Miehitämättömiin aluksiin liitetään usein myös käsitteet *UAV, UAS*, sekä *drone* ja *drooni*. Termit *UAV (unmanned aerial vehicle)* sekä *UAS (unmanned aircraft system)* eivät ole liikenteen turvallisuusvirasto Trafian yleisessä käytössä, ja ovat ainakin osittain rinnakkaisia termien RPA ja RPAS kanssa. Drone on kansanomainen ilmaisu kaikille miehitämättömille laitteille niin maalla, vedessä kuin ilmassakin. (Trafi 2018a.) Puhekieleen on osittain vakiintunut miehitämättömiä ilma-aluksia tarkoittamaan drone-sanon suomennos, drooni (Kotus 2018b).

Moniroottoriseen tekniikkaan perustuvista miehittämättömistä ilma-aluksista käytetään usein myös kansanomaista nimitystä *kopteri*. Kiinteäsiipisiin miehittämättömiin ilma-aluksiin taas viitataan usein, riippumatta aluksen teknisestä käyttötarkoituksesta, sanalla lennokki. Nämä nimitykset eivät ole Trafin käsitteistön mukaisia, mutta soveltuvat hyvin puhekieleen kuvaamaan itse ilma-alusta ja sen toimintaperiaatetta.

### 2.1.2 Lentotyö

Kun ilma-alusta käytetään erikoistehtäviin, puhutaan *lentotyöstä*. Kaikki harraste- ja urheilukäytön ulkopuolella tapahtuva lennättäminen on lentotyötä kauko-ohjatulla ilma-aluksella. (OPS M1-32, 2.)

*"Myös käyttötarkoitukset, joista ei peritä maksua, voidaan katsoa lentotyöksi, esim. yliopisto, joka käyttää tutkimuksen tekemiseen itselleen tai kiinteistönvälittäjä, joka kuvaa myytävän talon mainoskuvat dronella."* (RPAS-uutiskirje 01/2017.)

Kaikki kunnallisessa mittaustoimessa tapahtuva miehittämätön ilmailu on siis lentotyötä.

Lentotyöhön liittyy myös useita muita olennaisia määritelmiä, kuten *kauko-ohjatun ilma-aluksen omistaja, -haltija, -päällikkö ja -käyttäjä* sekä *kauko-ohjaaja* ja *kauko-ohjaustähystäjä*. Kauko-ohjatun ilma-aluksen omistaja on luonnollinen tai oikeushenkilö, joka omistaa kauko-ohjatun ilma-aluksen, -haltija on luonnollinen tai oikeushenkilö, jonka käyttöön ilma-alus on luovutettu, sekä käyttäjä on luonnollinen tai oikeushenkilö, jonka käyttöön omistaja tai haltija on luovuttanut ilma-aluksen. (OPS M1-32, 1–2.)

Kauko-ohjaajalla tarkoitetaan henkilöä, joka on perehtynyt ilma-aluksen käyttöön ja joka käyttää ohjauslaitetta lennätyksen aikana. Kauko-ohjaustähystäjä taas on kauko-ohjaajan hyväksymä henkilö, joka pitää näköyhteyttä ilma-alukseen ja avustaa kauko-ohjaajaa varmistamaan lennon turvallisuuden. (OPS M1-32, 1–2.)

*Kauko-ohjauspaikka (RPS, remote pilot station)* tarkoittaa kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmän osaa, johon kuuluu kauko-ohjatun ilma-aluksen ohjaamiseen käytettävä varustus. (OPS M1-32, 1–2.)

Kauko-ohjatun ilma-aluksen lennättämisestä on säädetty erikseen mm. *asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella*, joka tarkoittaa asutuskeskittymää, jossa asuu vähintään 200 asukasta ja asuinrakennusten etäisyys toisistaan on enintään 200 m, sekä *lentoaseman läheisyydessä*. Lentoasemalla tarkoitetaan lentopaikkaa, jossa lentotiedotus-, hälytys-, ilmaliikenteen neuvonta- ja lennonjohdopalvelu on pysyvästi järjestetty. (OPS M1-32, 1–2.)

Lentotyön luonne riippuu myös siitä, onko lennättäminen *näköyhteyteen perustuva toiminta (VLOS, visual line-of-sight (operation))* vai *näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva toiminta (BVLOS, beyon visual line-of-sight (operation))*. Näköyhteyteen perustuva toiminta on sellaista, jossa kauko-ohjaaja tai kauko-ohjaustähystäjä pitää ilman apuvälineitä suoraa näköyhteyttä ilma-alukseen. Näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva toiminta on sellaista, jossa kauko-ohjaaja pitää yhteyttä ilma-alukseen apuvälineiden, esimerkiksi videolinkin, avulla. (OPS M1-32, 2.)

## 2.2 Tiedonkeruutekniikat

Mittaustoimen tehtäviä varten on kauko-ohjattuun ilma-alukseen asennettava hyötykuormaksi tiedonkeruun mahdollistava sensori. Tämän hetken yleisin kartoitukseen käytetty sensori on kamera, jonka lisäksi laserkeilain herättää suurinta kiinnostusta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tekniikoiden yleiset ominaisuudet.

### 2.2.1 Fotogrammetria

Fotogrammetrinen mittaus on ympäristön kolmiulotteista mittausta valokuvien avulla (Laurila 2008, 3). Sensorina fotogrammetrisessä kartoituksessa käytetään siis kameraa, kauko-ohjatuissa ilma-aluksissa usein hyvälaatuista COTS-järjestelmäkameraa (Everaerts 2008, 4). Tekniikalla tuotetaan ortokuva, joka on jo itsessään hyödynnettävissä. Aineistosta voidaan tuottaa ohjelmistojen avulla pintamalli ja pistepilvi, jonka luokitteluun on olemassa myös pitkälle automatisoituja ohjelmistoja. Fotogrammetrisen kartoituksen xy-tarkkuus on kaupunkiympäristössä yleensä n. 5 cm, z-tarkkuuden jäädessä kovilla pinnoilla n. 10 cm:iin. Kameralla suoritettava fotogrammetrinen tiedonkeruu ei sovellu peitteiselle alueelle. (Lehmus 2018a.) Lisäksi valaistusolosuhteet vaikuttavat suuresti tulok-

sen laatuun. Kameran ovat huomattavasti laserkeilaimia edullisempia. (Karpowicz 2016.)

### 2.2.2 Laserkeilaus

Laserkeilaus, eli LiDAR, on kaukokartoitustekniikka, jossa mitataan laserkeilaimella kolmiulotteinen pistepilvi (Joala 2006). Fotogrammetriseen mittaukseen verrattuna laserkeilaus on huomattavasti tarkempaa, tuottaa usein tiheämmän pistepilven sekä läpäisee peitteisen maaston erinomaisesti. Laserkeilaimen tuottama valmis pistepilvi on monimutkaisten rakenteiden kohdalla usein ortokuvasta tuotettua totuudenmukaisempi. Valaistusolosuhteet eivät myöskään vaikuta laserkeilaimen suorituskykyyn. RPA-käyttöön soveltuvat laserkeilaimet ovat kuitenkin kameroihin verrattuna hyvin kalliita ja painavia. (Karpowicz 2016.)

### 2.2.3 Muut

Muut yleisesti tunnetut kauko-ohjatun ilma-aluksen sensorit mittaustoimessa ovat lämpökamera sekä multi- ja hyperspektraalikamera. Näitä sensoreita käytetään mittaustoimen kontekstissa vain erikoistehtäviin, eivätkä ne ole kovin yleisiä. Lämpökameroita voidaan käyttää esimerkiksi rakennusten ja infrastruktuurin lämpövuotojen kartoittamiseen sekä muuhun tekniseen valvontaan, jossa lämpöjäljistä on hyötyä. Kevyet multi- ja hyperspektraalikamerat ovat erinomaisia määrittämään kohteiden heijastusominaisuuksia, ja tätä tietoa analysoimalla voidaan tuottaa tietoa esimerkiksi viljelyksien, metsien tai vesistöjen tilasta. (Everaerts 2008, 4; Honkavaara, Hakala & Nevalainen 2018.)

### 3 LAINSÄÄDÄNTÖ

#### 3.1 Miehittämätöntä lentotyötä koskevat oikeusnormit

Miehittämätöntä lentotyötä kauko-ohjatulla ilma-aluksella säädellään usein eri laein, asetuksin, säädöksin sekä määräyksin. Mittaustoiminnalle relevantisti lentotyötä säädellään liikennealan normeissa seuraavasti:

- Ilmailulaki 7.11.2014/864
  - Valtioneuvoston asetus 930/2014: Valtioneuvoston asetus ilmailulta rajoitetuista alueista
  - Liikenteen turvallisuusviraston määräys OPS M1-32: Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen
- Aluevalvontalaki 18.8.2000/755 14 §
- Ilmailun vakuutusasetus (EY) N:o 785/2004
- Ilmailun poikkeama-asetus (EU) N:o 376/2014
  - Liikenteen turvallisuusviraston ilmailuohje GEN T1-4: Ilmailun onnettomuuksista, vakavista vaaratilanteista ja poikkeamista ilmoittaminen.

Ilmailulaki toimii useiden muiden normien säädösperustana ja mm. antaa perusteet valtioneuvostolle rajoittaa ilmailua asetuksellaan sekä Trafille antaa määräyksiä. Aluevalvontalain 14 § määrittelee ne maapuolustuksen kannalta tärkeät kohteet, joiden ilmakehitys ei ilman lupaa ole sallittua. Ilmailun vakuutusasetus (EY) N:o 785/2004 määrittelee vaatimuksia ilmailun vakuutusmaksuiksi ja ilmailun poikkeama-asetukseen (EU) N:o 376/2014 perustuen Trafin ohje GEN T1-4 määrittelee ilmailun vaaratilanteista jne. ilmoittamisesta. (aluevalvontalaki 755/2000 14 §; (EU) N:o 376/2014; (EY) N:o 785/2004; ilmailulaki 864/2014; OPS M1-32; Trafi 2018a; valtioneuvoston asetus 930/2014.)

Lentotyötä säätelevät lisäksi muutkin kuin liikennealan normit. Lentotyössä on myös otettava huomioon, mitä on säädetty mm. yksityisyyden suojasta, tietosuojasta ja kotirauhasta, sekä yleisestä järjestyksestä ja turvallisuudesta. (Trafi 2018a.)

Kauko-ohjatut ilma-alukset ovat myös radiolaitteita, joten niitä koskevat samat säännökset kuin muitakin radiolaitteita. Kaikkien Suomessa myytävien kauko-ohjattujen ilma-alusten voidaan katsoa noudattavan niistä annettuja säädöksiä. Radiotaajuuksien käyttöä Suomessa ohjaa ja valvoo Viestintävirasto. (Trafi 2018a; Viestintävirasto 2017.)

## 3.2 Käyttövaatimukset ja -rajoitukset

### 3.2.1 Yleiset vaatimukset

Kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämiseen Trafin määräyksen OPS M1-32 mukaisesti ei tarvita lentotyölupaa. Myöskään lentotyöstä annettuja muita säädöksiä ja määräyksiä ei sovelleta kauko-ohjattuun ilma-alukseen. (OPS M1-32.)

Ennen kuin kauko-ohjattua ilma-alusta käytetään ensimmäisen kerran, on Liikenteen turvallisuusvirastolle tehtävä toimijailmoitus. Ilmoitus on määrämuotoinen verkkolomake, josta selviää mm. käyttäjä, ilma-aluksen tekniset perustiedot sekä toiminnan laatu. Muutoksista tiedoissa on ilmoitettava Liikenteen turvallisuusvirastolle viipymättä. (OPS M1-32, 3; Trafi 2018a.) Kauko-ohjatut ilma-alukset tarvitsevat myös ilmailun vakuutusasetuksen (EY) N:o 785/2005 mukaisen vakuutuksen (Trafi 2018a).

### 3.2.2 Lennättäminen

Lennätykset on suoritettava siten, että niistä aiheutuva vaara ja haitta ovat mahdollisimman pienet, sekä katsottava, että ne eivät vaaranna, haittaa eivätkä estä hätä-, onnettomuus-, pelastus- tai vastaavan yksikön tai viranomaisen toimintaa. Sää- sekä muut olosuhteet on myös luonnollisesti otettava huomioon. Kaiken käytön on oltava näköyhteyteen perustuvaa (VLOS) toimintaa sekä aluksen on oltava koko ajan ohjattavissa, ellei Liikenteen turvallisuusvirasto ole myöntänyt poikkeusta. (OPS M1-32, 3–4.)

Kauko-ohjatulla ilma-aluksella on väistettävä kaikkia muita ilma-aluksia. Kauko-ohjattua ilma-alusta lennätettäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota muuhun ilmaliikenteeseen sekä noudatettava paikallisia ohjeita. (OPS M1-32, 4.)

Asutuskeskuksen tiheästi asutun osan tai väkijoukon yläpuolella lennätettäessä käyttäjän on laadittava toimeksiantokohtainen kirjallinen turvallisuusarviointi,

sekä kirjallinen toimintaohjeistus normaali- ja häiriötilanteisiin. Edellä mainitut asiakirjat on säilytettävä vähintään kolme kuukautta toiminnan jälkeen sekä esitettävä viranomaiselle pyynnöstä. Lennätettäessä tällaisilla alueilla on käytettävä sellaista lentokorkeutta, että hätätilanteessa voidaan suorittaa lasku aiheuttaen mahdollisimman pientä vaaraa, tai että ilma-alus on ominaisuuksiltaan tai varusteiltaan sellainen, että aiheutuva vaara on mahdollisimman pieni. Tällaisilla alueilla vain VLOS-toiminta on sallittua. (OPS M1-32, 5.)

### 3.2.3 Ilma-alus

Kauko-ohjattuun ilma-alukseen on merkittävä käyttäjän nimi sekä yhteystiedot. Lento-ohjattavuudessa saa olla enintään 25 kg. Aluksessa on myös oltava järjestelmä tai kauko-ohjaajalla ennalta suunniteltu menettely siltä varalta, että yhteys alukseen katkeaa tai se vikaantuu niin, ettei sitä voida ohjata. (OPS M1-32, 3.)

Asutuskeskuksen tiheästi asutun osan tai väkijoukon yläpuolella lennätettäessä suurin sallittu lento-ohjattavuudessa on 7 kg. Tähän lento-ohjattavuudessaan ei laske mahdollista pelastuslaitetta, kuten esim. laskuvarjoa. (OPS M1-32, 5.)

### 3.2.4 Kirjanpito

Liikenteen turvallisuusviraston määräys OPS M1-32 velvoittaa kauko-ohjatuista lennoista tallennettavan seuraavat tiedot:

- lennättyksen päivämäärä
- lennätyspaikka
- ilma-aluksen päällikkö
- ilma-aluksen valmistaja ja malli
- lennättyksen tai -sarjan alkamis- ja päättymisaika
- onko toiminta
  - VLOS- vai
  - BVLOS-toimintaa
- lennätystehtävän luonne sekä maininta mahdollisesta kauko-ohjaustähystäjän käytöstä.

Kyseiset tiedot lennättyksistä on säilytettävä kolmen vuoden ajan. (OPS M1-32, 3-4.)



### 3.2.5 Yleiset ulottuvuudet

Kauko-ohjatun ilma-aluksen yleinen enimmäiskorkeus on 150 metriä maan tai veden pinnasta (myöh. myös AGL). Rajoitus ei kuitenkaan koske kiinteän es-teen, esimerkiksi maston, läheisyydessä tapahtuvaa lennättämistä. (OPS M1-32, 4.)

Lennätettäessä lentoaseman läheisyydessä (CTR-, FIZ- tai RMZ-alueilla) on enimmäiskorkeus 50 m AGL. Ilman lennonjohdon lupaa on myös lentoaseman kiitotiehen pidettävä vähintään viiden kilometrin etäisyys vaakasuorasti mitattuna. Kyseessä olevan lentoaseman ilmaliikennepalvelun tarjoajan kanssa voidaan kuitenkin sopia, jos on tarpeellista lennättää näitä rajoituksia korkeammalla tai lähempänä. (OPS M1-32, 4; Trafi 2018a.) Tällaiset alueet ovat kuvattuina Air Navigation Serviced Finland Oy:n (myöh. myös ANS Finland) julkaisemassa *ilmailukäsikirjassa* (myöh. myös *AIP*) (AIP 2017, AD 2).

### 3.2.6 Ilmailulta kielletyt ja rajoitetut alueet

Suomessa on useita alueita joilla ilmailu on kielletty tai sitä on rajoitettu. Tällaisia ovat mm. ydinvoimalat, öljynjalostamo sekä sotilas- ja muut valtiollisesti tärkeät kohteet. (Trafi 2018a.)

Valtioneuvoston asetus ilmailulta rajoitetuista alueista (930/2014) määrittää tällaiset alueet, jotka jaetaan *kielto-*, *rajoitus-* ja *teollisuuden suoja-alueisiin* sekä *tunnistusvyöhykkeeseen*. Lisäksi on olemassa *tilapäisiä erillisvarausalueita*. Edellä mainitut, pysyväluonteiset, rajoitetut alueet ovat kuvattuina AIP:ssä. (AIP 2017, ENR 5-6; Trafi 2018a; valtioneuvoston asetus 930/2014.)

Kieltoalueilla (*P-alue, prohibited area*) kaikki ilmailu on kielletty. Liikenteen turvallisuusvirasto voi kuitenkin erityisistä syistä myöntää luvan näillä alueilla ilmailuun. (AIP 2017, 5.1.1; valtioneuvoston asetus 930/2014, 4 §.)

Rajoitusalueilla (*R-alue, restricted area*) ilmailu on sallittu vain puolustusvoimien myöntämällä luvalla tai erityisehdoilla. Rajoitusalueet voivat olla joko pysyviä, aktivoidaan tarvittaessa tai perustetaan erikseen tilapäisiksi. (AIP 2017, 5.1.2; valtioneuvoston asetus 930/2014, 5 §.)

Tunnistusvyöhyke (*ADIZ, air defence identification zone*) sijaitsee valtakunnan itärajalalla. Vyöhykkeellä lennättäminen vaatii aina lennonjohdolle tehtävän lento-suunnitelman. (valtioneuvoston asetus 930/2014, 6 §.)

Teollisuuden suoja-alueita suositellaan vältettävän, sekä kehoitetaan noudattamaan asetettua minimilentokorkeutta. Tällaisia alueita on toistaiseksi vain yksi, Naantalin öljynjalostamo, jonka minimilentokorkeus on 450 metriä. Tilapäiset erillisvarausalueet (*TRA, temporary reserved area*) ovat ennalta rajattuja alueita, joiden käyttäminen vaatii ilmatilan varaamisen. (AIP 2017, 5.2.1, 5.3; valtioneuvoston asetus 930/2014, 7–8 §.)

### 3.2.7 Maanpuolustuksen kohteiden ilmakehuvaaminen

Maanpuolustuksen kohteiden kuvaaminen ilmasta on luvanvaraista, ja lupa tarvitaan kaikkeen laajamittaiseen kuvaukseen niin perinteisestä lentokoneesta kuin miehittämättömästä ilma-aluksestakin. Luvat myöntää Pääesikunta. (Puolustusvoimat 2017.)

Aluevalvontalain 755/2000 14 § määrittelee seuraavista kohteista tiedon taltioimisen ilmasta luvanvaraiseksi:

- ilmailulain 864/2014 11 §:n 1 momentin nojalla ilmailulta pysyvästi rajoitetut alueet
- linnoitusalueet, linnakkeet tai kasarmialueet
- sotasatamat tai sotilaslentokentät
- puolustusvoimien varikot tai varastot
- puolustusvoimien viestiasemat, antennikentät tai puolustuslaitteet tai välineet
- puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen maastoharjoitukset.

Hyvin tarkkaa kuvaus- ja mallinnusmateriaalia ei myöskään saa maanpuolustuksen luvanvaraisista kohteista julkaista, ja rajoitusalueisiin kohdistuvat ilmakehuva-aineistojen maastoresoluutio (myöh. myös GSD) on heikennettävä 30 cm:iin ja laserkeilausaineisto 0,3 pistettä/m<sup>2</sup>:iin. Luvan julkaisuun voi viranomaiskäyttöön tai muusta perustellusta syystä myöntää Pääesikunta. Tarkemmalla kuin

30 cm:n GSD:llä tai nimellistarkkuudeltaan siihen rinnastettavalla menetelmällä tuotettu materiaali luvanvaraisista kohteista on lähtökohtaisesti tiedon suojaustasolla IV ”Käyttö rajoitettu”. (Puolustusvoimat 2017.)

Puolustusvoimat kehottaa kaikissa epävarmoissa tilanteissa ottamaan yhteyttä ja selvittämään asian, sekä tarkastuttamaan materiaalin ennen julkaisua tai luovutusta, Pääesikunnan kanssa. Puolustusvoimilla on oikeus vaatia kuvausilmoitus sekä tarkastaa tallennettu kuvaus- tai mallinnusmateriaali. (Puolustusvoimat 2017.)

### 3.2.8 Vakuutukset, vastuu ja vaaratilanteet

Lentotyötoiminnan aloittamiseksi on kauko-ohjatulla ilma-aluksella Trafille tehtävän toimijailmoituksen lisäksi oltava myös EY:n ilmailun vakuutusasetuksen mukainen vakuutus (EY asetus N:o 785/2004; RPAS-uutiskirje 01/2017). Perinteisten kotimaisten ”kivijalkavakuutusyhtiöiden” lisäksi kauko-ohjattuja ilma-aluksia vakuuttavat mm. Driessen Assuradeuren (Drone Insurance 2018).

On myös huomattava, että kauko-ohjattuun ilma-alukseen sovelletaan niin sanottua ankaraa vastuuta. Ilma-aluksen omistaja, haltija ja käyttäjä ovat ilma-aluksen aiheuttamasta vahingosta yhteisvastuussa vahingon tahallisuudesta tai huolimattomuudesta riippumatta. (Ilmailulaki 864/2014 136 §.)

Kauko-ohjatulle ilma-alukselle tapahtuneista onnettomuuksista ja vaaratilanteista on ilmoitettava Liikenteen turvallisuusvirastolle lentoturvallisuusilmoituksella (OPS M1-32, 5). Ilmailun onnettomuuksista, vaaratilanteista ja poikkeamista ilmoittamista ohjaa Liikenteen turvallisuusviraston ohje GEN T1-4 (GEN T1-4). Lentoturvallisuusilmoituksen voi jättää Lomake.fi -palvelun kautta verkkolomakkeella (Lomake.fi 2018). On huomattava, että Lomake.fi -palvelua jatketaan enää rajoitetun ajan, jonka jälkeen lomakealustat siirtyvät Suomi.fi -palveluun (Valtori 2018).

Liikenteen turvallisuusvirasto on pyytänyt myös vapaaehtoisia lentoturvallisuusilmoituksia täytettävien tilanteista, jotka ovat olleet vaarallisia, mutta joissa tapahtuma tai ilmoittaja ei ole poikkeama-asetuksessa lueteltu taho. ”Just culture” -periaatteen mukaisesti raportin tekemisestä ei aiheudu seuraamuksia, ellei la-  
kia ole törkeästi rikottu. ((EU) N:o 376/2014; Trafi 2018a.)

### 3.3 Muita huomioita

AIP kuvaa vain pysyvät kieltoalueet, joten ennen jokaista lentoa on tärkeää tarkistaa myös muut ilmailutiedotteet. Tällaisia ovat ajantasaiset *reittitiedotteet* (*PIB, pre-flight information bulletin*) sekä *AIP:n lisäykset* (*AIP SUP, AIP supplements*). Ns. *NOTAM*-sanomat (*notice to airmen*) sisältyvät reittitiedotteisiin. Voi olla hyödyllistä tarkistaa myös *AIC A -tiedotteet* (*aeronautical information circular A*) sekä *lentoestetiedot*. Ilmailutiedotustuotteita julkaisee ANS Finland verkkosivuillaan. Näistä julkaisuista selviävät myös tilapäisesti kielletyt alueet sekä muut ajankohtaiset varoitukset ja rajoitukset. (ANS Finland 2017.)

Helppokäyttöisiä verkkokarttapalveluita helpottamaan lennon suunnittelua ovat mm. Trafin julkaisema Droneinfo-sovellus sekä Ilmatieteen laitoksen Ilmailusää. Droneinfo-sovelluksessa on tiedot rajoitus- ja lentokieltoalueista, sekä siihen voi tehdä lennätysilmoituksen, jolloin sijainti näkyy myös muille sovelluksen käyttäjille. (Droneinfo 2018; Ilmailusää 2017.)

### 3.4 Tietosuoja ja yksityisyys

On huomioitava, että kaikki tiedot joista henkilö on tunnistettavissa, ovat henkilötietoja. Tavanomaisella fotogrammetrisen menetelmän maastoresoluutiolla ei henkilötietoja yleensä synny, mutta esimerkiksi erittäin tarkkoja viistokuvia käytettäessä niin voi käydä, jolloin tiedot on anonymisoitava jo käsittelyä varten. Henkilötietojen käsittelylle asettaa vaatimuksia yleinen tietosuoja-asetus, eli ns. GDPR. ((EU) 2016/679 4:1; Tietosuojavaltuutettu 2018.)

Rikoslain 19.12.1889/39 24. luvun 6 § mukaan salakatseluun syyllistyy ”*joka oikeudettomasti teknisellä laitteella katselee tai kuvaa 1) kotirauhan suojaamassa paikassa - - tai muussa vastaavassa paikassa oleskelevaa henkilöä - -*.” Rikoslain määritelmä salakatselusta on siis hyvin jyrkkä ja yksinkertainen. Myös yritys on rangaistava, eikä pykälä ota mitään kantaa mahdollisesti salakuvattujen henkilöiden tunnistettavuuteen. Käytännössä rikoslain tarkoittamissa paikoissa ihmisiä sisältäviä ilmakuvia ei kuitenkaan ole pidetty salakatseluna, sillä ihmiset eivät ole tunnistettavissa. Asiasta ei ole vielä olemassa ennakkopäätöstä tai -tapusta. (Hannola 2016; rikoslaki 39/1889 24:6 §.)

### 3.5 Valmistelussa olevia muutoksia

Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA valmistelee EU-tasoista asetusta yhteiseurooppalaiseksi miehittämättömän lentotoiminnan kehykseksi. Asetuksesta on julkaistu viimeisin luonnos toukokuussa 2017, mitä seurasi kommenttipyyntö ja kommenttien käsittely. Asetuksen odotetaan valmistuvan vuoden 2018 aikana (EASA 2018.), mutta ilman kaikkia liitteitä (RPAS- uutiskirje 1/2018).

## 4 KÄYTTÖKOHTEET

### 4.1 Yleistä

Kauko-ohjatuilla ilma-aluksilla on runsaasti mahdollisia käyttökohteita kunnallisessa mittaustoimessa. Laite- ja sensorityyppi sekä ympäristö ja olosuhteet kuitenkin määrittävät soveltuvat käyttökohteet. (Honkavaara, Hakala & Nevalainen 2018.) Yleisin kartoitustekniikka, fotogrammetria, ei sovellu kaikenlaisiin maastoihin ja ympäristöihin (Lehmus 2018a). Kauko-ohjatut ilma-alukset eivät myöskään korvaa perinteisiä maastotöitä tai ilmakuvauksia, vaan niihin on suhtauduttava uutena työkaluna ja menetelmänä (Honkavaara, Hakala & Nevalainen 2018). Seuraavissa luvuissa esitellään lyhyesti yleisimmät käyttökohteet kunnallisessa mittaustoimessa.

### 4.2 Kantakartan ylläpito ja valmistaminen

Kantakartta on kunnan ylläpitämä kartta tai aineisto, jossa on esiteltyä kaikki suunnittelulle ja rakentamiselle tärkeät elementit, kuten kiinteistöt, rakennukset, liikenneväylät ja maastokuviot (Espoo 2018). Kantakartta toimii pohja-aineistona mm. rakentamiselle, kaavoitukselle, kunnallistekniselle suunnittelulle sekä muille kartoille, kuten opas- ja teemakartoille (Kouvola 2018). Kantakarttaa käytetään tyypillisesti myös laissa tarkoitettuna (maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 54 a §) asemakaavan pohjakarttana.

Kantakartan aineistoa tuotetaan usein eri menetelmin, kuten maastomittauksin ja ilmakuvauksin, sekä useiden eri toimenpiteiden kautta, kuten esimerkiksi rakennuksen sijaintikatselmuksessa (HRI 2018). RPAS-kartoitus on yksi työkalu lisää tähän palettiin, mahdollistaen suurehkojen alueiden kartoittamisen kustannustehokkaasti ja joustavasti. Rovaniemen kaupungin mittaustoimessa kantakartan ylläpito ja valmistaminen RPA-järjestelmän avulla suoritetaan usein ortokuvasta digitoiden xy-tasossa, korkeustiedon tullessa pistepilvestä. (Lehmus 2018b.)

### 4.3 3D-kaupunkimallin valmistaminen ja ylläpito

3D-kaupunkimalli on kolmiulotteinen malli, joka esittää maastoa, rakennuksia, kasvillisuutta, infrastruktuuria ja muita kaupunkikohteita. Semanttisten 3D-kaupunkimallien, jotka sisältävät myös ominaisuustiedot, odotetaan parantavan kaupunkien suunnittelu- ja toimintaprosessien tehokkuutta. Useissa Suomen kunnissa on jo 3D-kaupunkimalli, tai sellaista ollaan ottamassa käyttöön. Suomessa 3D-kaupunkimallit ovat usein "sulautuneet" osaksi kantakarttaa, ja ne nähdäänkin enemmänkin 3D-kantakarttoina. (Liukkonen 2015, 12–14.)

Laajojen kolmiulotteisten kaupunkimallien tuottamisessa on kuitenkin törmätty haasteisiin, joihin RPAS-mittaukset pystyvät vastaamaan. Suomalaisten asiantuntijoiden mielestä mm. mallin rakennusten ylläpidon tulisi perustua RPAS-kartoituksiin ja rakennuslupaprosessin kautta kerättäviin IFC-malleihin. (Liukkonen 2015, 49–70.)

### 4.4 Suunnittelu

RPA-järjestelmiä voidaan hyödyntää useissa eri suunnitteluhankkeissa usein eri metodein. Fotogrammetrisesti tai laserkeilaimella voidaan muodostaa suunnittelun tarpeisiin erilaisia malleja. Monet 3D-kaupunkimallinnuksen tekniset periaatteet ovat sovellettavissa suunnitteluun. Myös viistokuvia voidaan hyödyntää. (Honkavaara, Hakala & Nevalainen 2018.)

### 4.5 Valvonta

Kunnat voivat hyödyntää RPA-järjestelmää työmaavalvontaan. Ilmakuvaamalla voidaan tehokkaasti todeta esimerkiksi, mitä on rakennettu ja mitä ei, onko kaikki rakennettu sovitulla tavalla, sekä myös laskea yksinkertaisten kohteiden tilavuuksia, joita voidaan verrata laskutettuihin määriin. (Lehmus 2018b.)

### 4.6 Markkinointi ja viestintä

Kauko-ohjattua ilma-alusta on mahdollista hyödyntää markkinointiin ja viestintään mm. tuottamalla video- ja kuvamateriaalia ilmasta. On kuitenkin huomattava, että kauko-ohjatulla ilma-aluksella operoiminen ei, riippuen operoitavan

alueen ilmatilasta, ole niin yksinkertaista kuin asiaan vihkiytymätön voisi usein kuvitella. Tämän vuoksi on huolehdittava, että markkinoinnin ja viestinnän tarpeisiin suoritettavien töiden tilauksen pysyvät realistisina. (Lehmus 2018b.)



## 5 ESIMERKKI RPA-JÄRJESTELMÄSTÄ

### 5.1 Yleistä

Useimmat kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmistä (myöh. myös RPA-järjestelmä) koostuvat samoista elementeistä. Näin ollen RPA-järjestelmiä käsitellään tässä työssä esimerkin kautta esitellen Rovaniemen kaupungin käytössä olevaa ammattimaiseen kartoituskäyttöön suunniteltua järjestelmää.

Trafin määräyksen OPS M1-32 mukaan RPA-järjestelmiin kuuluvat kauko-ohjattu ilma-alus ja sen kauko-ohjauspaikat, sekä lisäksi tarvittavat yhteydet ja muut käytön edellyttämät osat. Tässä työssä RPA-järjestelmä on jaettu seuraaviin osiin: ilma-alus ja sen virtajärjestelmä, sensorit, kauko-ohjauspaikka, ohjelmistot sekä muut tarvikkeet.

Rovaniemen kaupungin teknisten palveluiden paikkatieto- ja tonttipalveluiden käyttöön on syksyllä 2016 hankittu VideoDronen® GeoDrone™ X4L (myöh. myös GeoDrone)-kartoitusjärjestelmä (Lehmus 2018b). GeoDrone on suomalaisvalmisteinen kartoitusjärjestelmä, joka toimitetaan täydellisenä pakettiratkaisuna sisältäen mm. itse ilma-aluksen akkuineen, latureineen ja salkkuineen, sensorit telineineen sekä datalinkin ja tehtävänsuunnitteluohjelmiston. GeoDrone on varta vasten maanmittauksen ja kartoituksen tarpeisiin tarkoitettu järjestelmä. (VideoDrone 2018.)

### 5.2 Ilma-alus ja virtajärjestelmä

VideoDrone GeoDrone X4L on suomalaisvalmisteinen neliroottorinen multiroottori. Ilma-aluksessa on suljettu hiilikuituinen runkorakenne, joka sekä tekee siitä kevyen, että suojaa tekniikan sateelta, pölyltä ja viimalta. Ilma-aluksen tyhjäpaino on 2,2 kg, ja lentopaino 3,6 – 5,5 kg riippuen hyötykuormasta ja akusta. GeoDrone on operoitavissa vielä 8/12 m/s tuulessa ja -10 °C lämpötilassa. (VideoDrone 2018.)

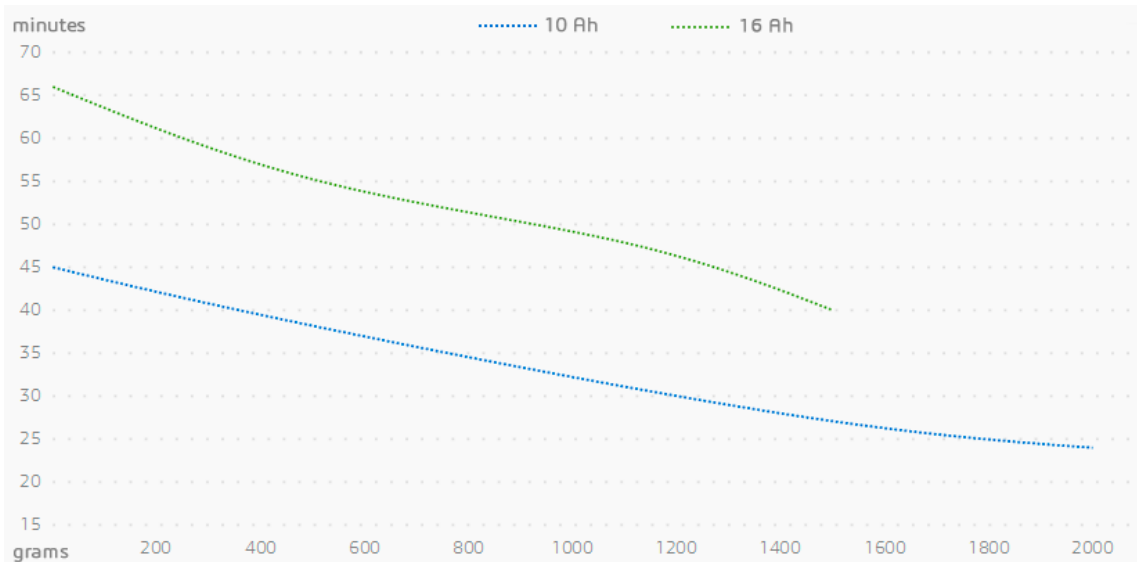


Kuvio 1. GeoDrone® X4L (VideoDrone 2018)

Virtajärjestelmä on tärkeä osa itse ilma-alusta, sillä lentoaika on yksi suurimmista rajoitteista kauko-ohjattujen ilma-alusten käytölle. Lentoaika ei ole pelkästään virtajärjestelmästä riippuva ominaisuus, mutta virtajärjestelmällä on suuri merkitys siihen.

Kauko-ohjattu ilma-alus on akuille hyvin vaativa laite, ja RPA kuluttaakin ahkeralla käytöllä akkujen turvallista elinikää suhteellisen nopeasti (Barcellona ym. 2015). Tämän vuoksi akut myös testataan huollossa. GeoDronessa käytetään 10 Ah tai 16 Ah LiPo-akkuja. Rovaniemen kaupungin järjestelmään kuuluu kahdeksan 10 Ah akkua, jotka on hankittu kahdessa erässä. Akkujen tarkkailuun on käytössä G.T. Power Capacity Controller -tarkistuslaite. Laitteella voidaan tarkkailla akkujen ja niiden kennojen jännitteitä, sekä arvioida lataustasoa. (Lehmus 2018b.)

LiPo-akkuja on käsiteltävä vain valmistajan hyväksymällä tavalla, ja ladattava aina asianmukaisesti, sillä ne voivat väärin ladattuina olla vaarallisia. Lisäksi akkuja ladattaessa tulisi ottaa paloturvallisuus vakavasti huomioon sekä mahdollisesti käyttää niin sanottua latauspussia. (RCautot.fi 2018.)



Kuvio 2. GeoDrone® X4L -lentoaikakuvaaja (VideoDrone 2018)

Hyväkuntoinen 10 Ah akku on normaaleissa tuoliolosuhteissa tarjonnut Sony  $\alpha$ 6000:lla varustetulle GeoDronelle tavallisesti n. 20 min ”turvallista” lentoaikaa. Virtaa riittäisi tämänkin jälkeen vielä useiksi minuuteiksi, mutta akkuihin on hyvä jättää hieman pelivaraa lentoturvallisuuden sekä akkujen hyödyllisen käyttöiän vuoksi. (Lehmus 2018b.)

### 5.3 Sensorit

GeoDrone X4L -kartoitusjärjestelmän ilma-aluksessa on kaksi integroitua sensoria, GNSS-vastaanotin sekä inertiamittauslaite (myöh. myös IMU, *inertial measurement unit*), joiden lisäksi se voidaan varustaa vaihdettavalla sensorilla. Valmistajalta on saatavilla käyttövalmiina useita eri orto- ja ilmakuvaukseen soveltuvia kameravaihtoehtoja ja jalustoja, multispektrikamera, lämpökamerajärjestelmä, sekä LiDAR. (VideoDrone 2018.) Rovaniemen kaupungin järjestelmässä on Sony  $\alpha$ 6000 kamera sekä kaksiakselisella jalustalla, että ortokuvaukseen tarkoitettulla ”nadiirjalustalla”. Myös laserkeilaimen vuokraamista koekäyttöön on harkittu. (Lehmus 2018b.)



Kuvio 3. Sony α6000 ortho (VideoDrone 2018)

Järjestelmäkameroita on muutamaa vaihtoehtoa valmiilla jalustaratkaisuilla. Sony RX1R II, -α6300 ja -α6000 kamerat ovat saatavilla kaksiakselisella, tilt- ja roll-säädettävällä, jalustalla, sekä α6000 kamera myös kiinteällä ortokuvausjalustalla. (VideoDrone 2018.) Kaksiakselinen jalusta on monikäyttöisempi ja itsetasaava esim. nadiirin suhteen, mutta ortokuvausjalusta on yksinkertaisen rakenteensa vuoksi edullisempi, kevyempi ja luotettavampi, soveltuen täten erinomaisesti kaksiakselisen jalustan varajalustaksi (Lehmus 2018b).

Näkyvän valon järjestelmäkameroiden lisäksi valmistajalta on saatavilla hyötykuormaksi valmis lämpökamerajärjestelmä, johon kuuluu tsekkiläinen Workswell WIRIS lämpökamera. WIRIS on RPAS-käyttöön tarkoitettu lämpökamera esimerkiksi teknisiin tarkastustehtäviin. Järjestelmä sisältää mm. kaksiakselisen jalustan sekä kaikki käytön edellyttämät ohjelmistot ja tarpeistot. (VideoDrone 2018.)

VideoDronen tarjoama multispektrikamera on sveitsiläisen Parrotin valmistama Sequoia, joka on erityisesti RPAS-käyttöön ja maatalouden tarpeisiin suunniteltu multispektrikamera (VideoDrone 2018).

Valmistajan tarjoama laserkeilain on ranskalaisen YellowScanin Surveyor, joka on RPAS-käyttöön suunniteltu keilain. YellowScanin ilmoittama absoluuttinen

tarkkuus laitteelle on 5 cm. Ilmoitettu paino akun kanssa on 1,6 kg, jota YellowScan väittää maailman kevyimmäksi. (VideoDrone 2018.)



Kuvio 4. YellowScan Surveyor (VideoDrone 2018)

Edellä mainittujen sensorien lisäksi VideoDrone tarjoaa 3-akseliseen gimbaaliin perustuvaa BG Z36 videokameraa esim. tarkastus-, etsintä- ja pelastustehtäviin. Kameran valontarve on hyvin vähäinen ja siinä on 36x optinen zoom. (VideoDrone 2018.)

#### 5.4 Kauko-ohjauspaikka ja yhteydet

Ilma-alukseen ollaan yhteydessä kauko-ohjauspaikalta kahdella yhteydellä. Toinen on kauko-ohjainlaitteella käytettävä ohjausyhteys, jolla voidaan ohjata ilma-alusta ja kameran jalustaa. Kauko-ohjainyhteys kantaa myös videolinkin kameran. Lisäksi on tietokoneelta käytettävä telemetriayhteys, jota käytetään mm. tiedonsiirtoon ilma-aluksen ja tietokoneen välillä. Telemetriayhteys keskustelee Ground Station -tehtävänsuunnittelusovelluksen kanssa, joten tehtävän suorittamista voidaan valvoa tietokoneelta sekä antaa ilma-alukselle komentoja ja ajaa tehtäväsuunnitelmia ilma-alukseen. Ohjausyhteys käyttää kauko-ohjaimeen asennettuja, kevyesti suuntaavia antennia. (Lehmus 2018b.)

Kauko-ohjauspaikan laitteistoon kuuluvat siis kauko-ohjain, sekä kannettava tietokone tehtäväsuunnittelusovelluksineen ja varustettuna telemetriayhteyden mahdollistamalla USB-lisälaitteella. Kauko-ohjaimeen kuuluu myös näyttö kameras videolinkille. (Lehmus 2018b.)



Kuvio 5. GeoDronen kauko-ohjain

RPA-järjestelmän siirtämiseen tehtäväalueelle käytetään pakettiautoa, joka usein toimii myös kauko-ohjauspaikkana. Kauko-ohjauspaikka on tarvittaessa eristettävä tai merkittävä työ- ja lentoturvallisuuden vuoksi.

## 5.5 Ohjelmistot

Tehtäväsuunnitelmien muodostamiseen käytetään Video Drone Ground Station -sovellusta (myöh. myös Ground Station). Ground Station pohjautuu ammattikäytössä yleiseen UgCS-tehtäväsuunnitteluohjelmistoon. Sovelluksessa on hyvin visuaalinen ja helppokäyttöinen käyttöliittymä, ja se sisältää hyvät ominaisuudet kartoituslentotöihin. Ground Station esimerkiksi laskee lentokorkeuden automaattisesti halutun maastoresoluution mukaan, sekä käyttäjän haluttaessa pyrkii säilyttämään maanpinnan muotojen mukaisen lentokorkeuden päästäkseen mahdollisimman tasaiseen maastoresoluutioon. (UgCS 2018.)

Fotogrammetrisenä sovelluksena käytetään Pix4D-ohjelmiston Pix4Dmapper-sovellusta (myöh. myös Pix4D). Pix4D:llä lasketaan pistepilviä sekä muodostetaan mm. pintamalleja ja ortomosaiikkeja. (Pix4D 2018.)

Pistepilvien käsittelyyn käytetään Terrasolid TerraScan -sovellusta (myöh. Myös TerraScan). Pitkälle automatisoidulla luokitteluprosessilla voidaan erotella pistepilvestä mm. maanpinta ja rakennukset. (Lehmus 2018a; Terrasolid 2018.)

## 5.6 Muut tarvikkeet ja huolto

Lähtöpisteiden mittaamiseen käytetään yleisiä maastomittauslaitteita, usein Trimble R10:tä. Lähtöpisteiden näkyvöittämiseen, eli signalointiin, käytetään valmiita signaalipeitteitä tai sapluunalla maalattuja ristejä.

Itse ilma-aluksen kuljetuslaatikon lisäksi laadukkaat reput tai salkut helpottavat oheistarvikkeiden ja akkujen kuljetusta ja säilytystä. Yhteydestä lennonjohtoon on huolehdittava esim. luotettavalla matkapuhelimella. Työturvallisuus on otettava huomioon lentoturvallisuuden lisäksi aivan tavalliseen tapaan, ja huolehdittava muun muassa huomiovaatetuksesta ym. suojatoimenpiteistä tarpeen mukaan. Laadukkaat aurinkolasit ovat VLOS-toiminnassa lähes välttämättömät.

Fotogrammetriset laskennat ja aineiston käsittely ovat hyvin raskaita ja voivat kestää useita tunteja, joten niitä varten on hyvä olla oma, mieluiten normaalia työpistettä tehokkaampi tietokoneensa. Rovaniemen kaupungilla on RPAS-käyttöön varattuna HP Z420 -tietokone, jossa on mm. Intel® Xeon® E5-1650v2 -prosessori, 24 Gt RAM-muistia ja NVIDIA® Quadro® K4000 -näytönohjain. (HP 2018.)

RPA-järjestelmä käy valmistajan huollossa kerran vuodessa. Huollossa mm. päivitetään ohjelmistot, tarkistetaan ja nollataan lokitiedostot, sekä vaihdetaan moottorit, potkurit ja akkuliitin. Järjestelmä tarkastetaan ja testataan läpikotaisin. Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluiden järjestelmään on joka huollon yhteydessä tilattu uudet akut. (Lehmus 2018b.)



## 6 ESIMERKKI RPA-JÄRJESTELMÄN KÄYTÖSTÄ

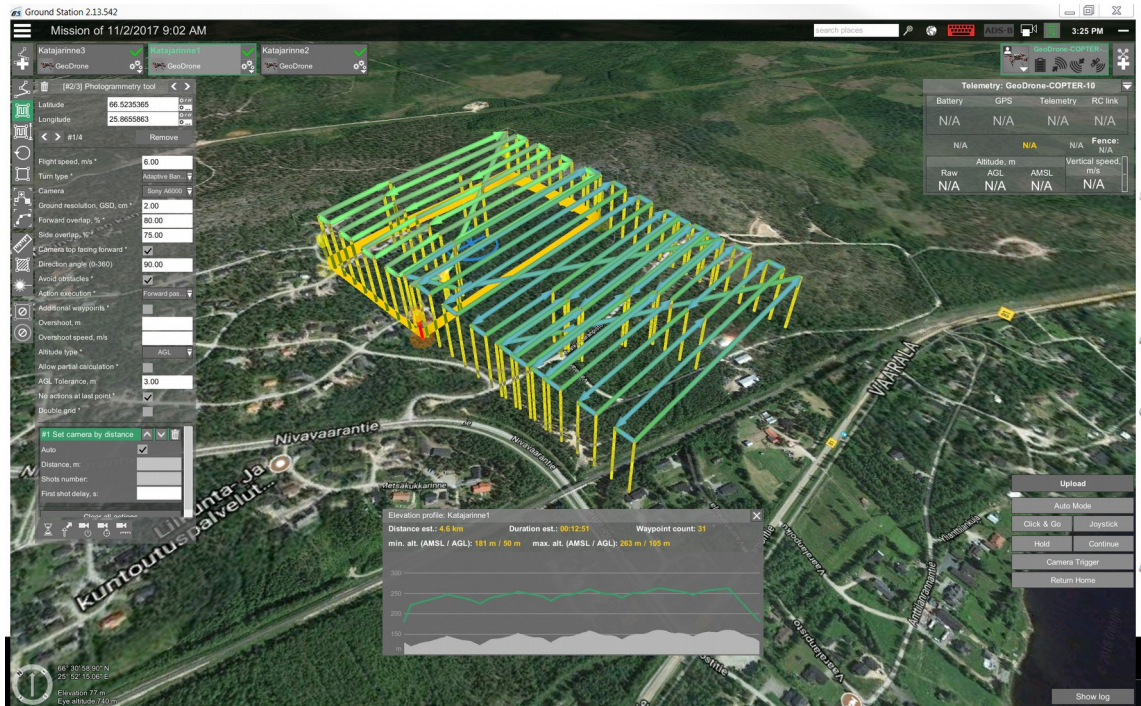
### 6.1 Johdanto

Tässä esimerkissä RPA-järjestelmän käytöstä selostetaan työn kulku Rovaniemen 17. kaupunginosassa sijaitsevan Katajarinteen alueen ilmakehuvaustyöstä. Alueelle on kaavoitettu (Kaupunginvaltuusto 20.2.2017 15 §) pientaloalue, jonka kunnallistekniikka saatiin rakennettua valmiiksi kesällä 2018. Alue kartoitettiin laissa tarkoitetun asemakaavan pohjakartan ylläpitoa varten. Pistepilveä käytetään myös kattorakenteiden vektorointiin rakenteilla olevaa Rovaniemen kaupungin 3D-kaupunkimallia varten. (Lehmus 2018b.)

Tekstissä käytetään lentotyön teknisestä suunnittelusta termiä tehtävänsuunnittelu erotukseksi ja sekaannusten välttämiseksi mm. ilmaliikennepalvelun tarjoajalle laadittavasta lentosuunnitelmasta.

### 6.2 Tehtävänsuunnittelu

Lennot tapahtuvat Rovaniemen lentoaseman CTR-alueella, joten ilmaliikennepalvelun tarjoajalta, ANS Finlandilta, on pyydetty etukäteen lomakkeella lentosuunnitelmiseen lupa lennättää määrätyillä alueilla korkeudessa 100 m AGL. Lupa pyydettiin samalla kertaa kaikille suunnitelluille maastokauden 2018 lennätyksille, ja tarkemmat ajankohdat sekä lennätyksien reunaehdot sovitaan erikseen puhelimitse ennen jokaista lennätystä.



Kuvio 6. Katajarinteen tehtäväsuunnitelmat Ground Stationissa

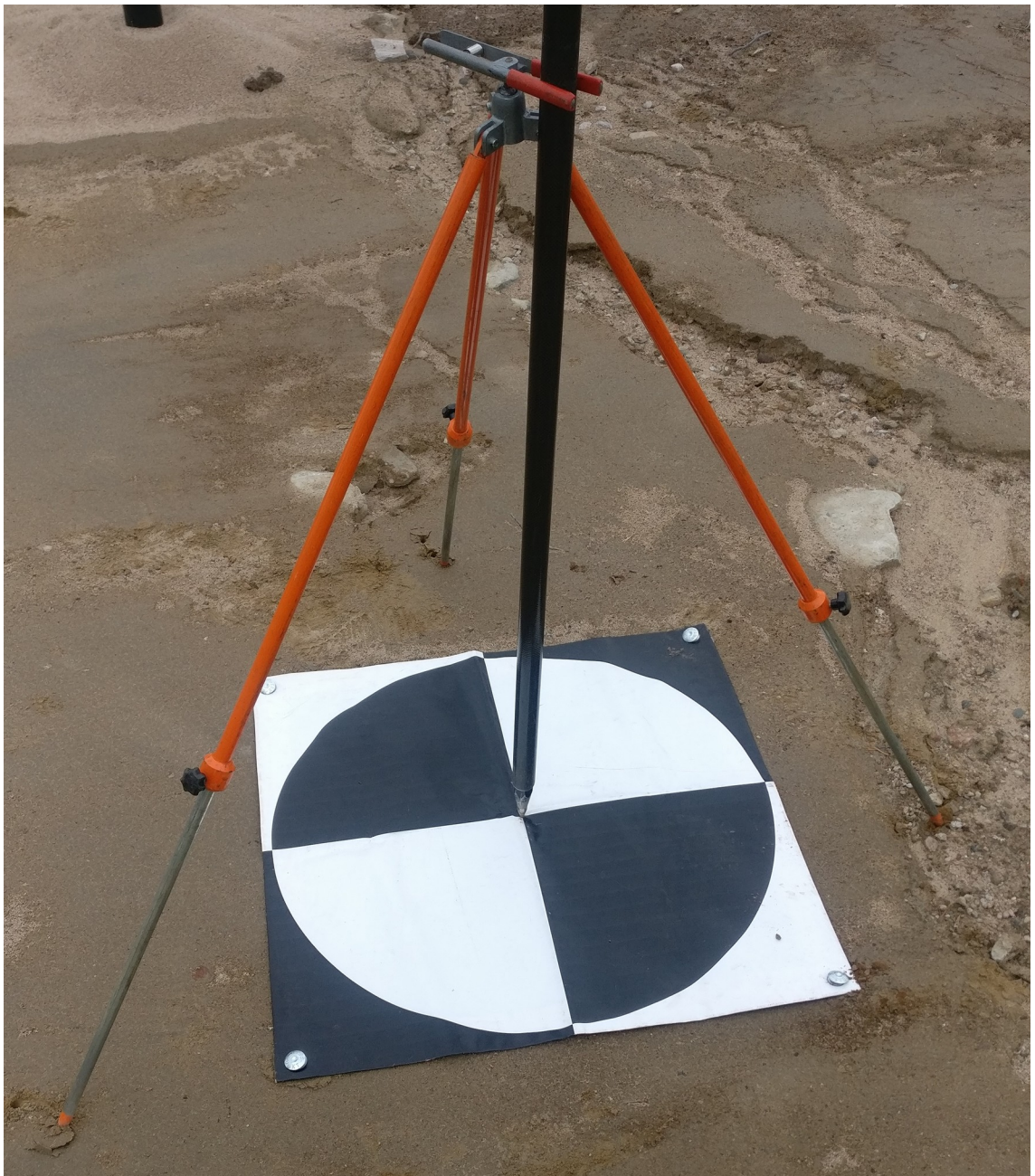
Suunnittelu lähti liikkeelle Ground Station -sovelluksesta. Kuvattava alue päätettiin jakaa kolmeen eri tehtäväsuunnitelmaan, jolloin jokaisen lennon lentoaika jäisi alle 20 minuutin varmistuen akunkeston sekä lentojen mahtumisen kiireisen Rovaniemen lentoaseman tarjoamiin aikaikkunoihin. Jokaiselle tehtäväsuunnitelmalle asetettiin 75 % sivu- ja 80 % pituuspeitto. Sovellukseen asetettiin haluttu 2 cm:n GSD, jolloin sovellus itsenäisesti laski ja asetti lentokorkeudet jonoille käytettävän laitteiston mukaan. Alueen sijaitessa suurilta osin rinteessä säädettiin lennot kulkemaan rinteiden sivun myötäisesti. Tällöin jokainen kuvausjono on mahdollisimman tasainen, eikä ilma-aluksen tarvitse kulkiessaan rinnettä vasten muuttaa korkeutta kesken kuvausjonon.

Kameran laukaisu asetettiin automaattiseksi matkan mukaan, jotta suunniteltu pituuspeitto toteutuisi. Kyseisessä lennossa käytettiin kaksiakselista jalustaa, joten kuvausjonojen väliset käännökset asetettiin suoritettavaksi ”pehmeästi”. Pelkkään ortokuvaukseen tarkoitettulla kiinteällä nadiirijalustalla on suositeltavaa käyttää käännöstapaa, jossa ilma-alus pysähtyy aina tehdessään 90° käännöksen.

Tehtäväsuunnitelmiin asetettiin myös ns. kotipiste häiriötilanteita varten. Jos ohjauksyhteys katkeaa, palaa ilma-alus itsenäisesti tehtäväsuunnitelman mukai-

seen kotipisteeseen. Tehtäväsuunnitelmien lentoratojen lähtö- ja päätepisteet on hyödyllistä asettaa kauko-ohjauspaikalle, mikä helpottaa automaattiohjauksen ja manuaaliohjauksen välillä siirtymistä.

Tehtäväsuunnitelmien pohjalta suunniteltiin alustavat lähtöpisteet siten, että jokaisen lennon kuvausalueelle saataisiin vähintään kolme pistettä. Lähtöpisteet pyrittiin sijoittamaan siten, että samoja pisteitä voitaisiin käyttää vierekkäisillä lennoilla ja että pisteet sijaitisivat pinnoilla, joiden korkeustieto on kaikkein oleellisinta.



Kuvio 7. Signaalintipeite mitattavana

Lähtöpisteet pyrittiin rakentamaan mahdollisimman kiinteille ja tasaisille pinnoille. Pisteet signaloitiin käyttämällä joko maalia tai signalointipeitettä. Kestopäällystetyille pinnoille maalattiin oranssi risti, jonka keskellä valkoinen piste; pehmeille pinnoille asetettiin signalointipeite. Signalointipeitteiden sijoittelun ja maastossa säilyttämisen suhteen on käytettävä harkintaa, sillä ne ovat pienten lasten mielestä hyvinkin mielenkiintoisia sekä helposti irrotettavissa. Lähtöpisteet mitattiin Trimble R10 GNSS -laitteella ja kirjoitettiin .csv -taulukkoformaattiin.

Lähtöpisteiden rakentamisen yhteydessä on hyvä tarkastaa alue esimerkiksi korkeiden mastojen ym. poikkeamien varalta, ellei sitä ole jo aikaisemmin suoritettu. Myös erityisesti vilkkaasti liikennöityjen lentoasemien läheisyydessä suoritettavien tehtävien kohdalla on suositeltavaa olla yhteydessä lennonjohtoon hyvissä ajoin ennen suunniteltuja lentoja, ellei tarkkaa ajankohtaa ole etukäteen sovittu.

### 6.3 Lennätys

Kauko-ohjatun ilma-aluksen varsinainen lennätys käynnistyi ottamalla yhteyttä lennonjohtoon ja tiedustelemalla sopivaa aikaikkunaa. Lennätysajan ja mahdollisten reunaehtojen vahvistuttua voidaan lennätys aloittaa sovittuna ajankohtana. RPA-järjestelmä on hyvä olla valmisteltuna tehtävänsuorituskuuntoon ennen lennonjohdon vahvistusta, jos vain mahdollista.

Ilma-alukseen kiinnitetään akku ja se käynnistetään. Telemetry- ja ohjausyhteydet luodaan sekä ohjausyhteys testataan kameran osalta liikuttamalla jalustan jokaista akselia ja laukaisemalla kamera. Käytettäessä akselillista kamerajalustaa tulee kamera asettaa haluttuun kuvauskulmaan, usein kohti nadiiria. Tehtäväsuunnitelma ajetaan ilma-alukseen Ground Stationista telemetryyhteyden kautta. Tämän jälkeen roottorit käynnistetään ja kone nostetaan manuaaliohjauksella ilmaan samalla testaten turvallisesti jokaisen ohjausakselin toimivuus. Ilma-aluksen ollessa turvallisella korkeudella ja lähellä tehtäväsuunnitelman aloituspistettä vaihdetaan manuaaliohjaus telemetryyhteyden kautta automaatiohjaukselle, jolloin ilma-alus aloittaa suunnitellun tehtävänsä.



Kuvio 8. GeoDrone X4L roottorit käynnistettyinä

Trafen määräyksen OPS M1-32 mukaisen VLOS-toimintaperiaatteen mukaisesti kauko-ohjaaja sekä mahdolliset kauko-ohjaustähystäjät pitävät yllä suoraa näköyhteyttä ilma-alkukseen koko lennon ajan. Kauko-ohjaimen kevyesti suuntaavat antennit on myös hyödyllistä pitää alati ilma-alusta kohti suunnattuina. Tehtävän valmistuttua kuvattavasta alueesta otettiin myös viistokuvia panoraamakuvan muodostamista varten viestintä- ja markkinointitarkoituksiin.

Ilma-aluksen lähestyessä tehtävän päätepistettä se otetaan takaisin manuaali-ohjaukseen laskeutumista varten. Laskeutuminen suoritetaan turvallisesti, roottorit ja ilma-alus sammutetaan sekä akku irrotetaan. Akut voivat kuumentua lennon aikana, joten niitä ei ole hyvä pakata esim. reppuun tai muuhun lämpöä eristävään kuljetusvälineeseen pikimmiten. Esimerkkitehtävän jokaisen alle 20 min lennon jälkeen tarkistuslaite arvioi akkujen jäljellä olevan kapasiteetin olevan 40 – 45 %.



Kuvio 9. Tietokone telemetriayhteyksineen pakettiauton katolla

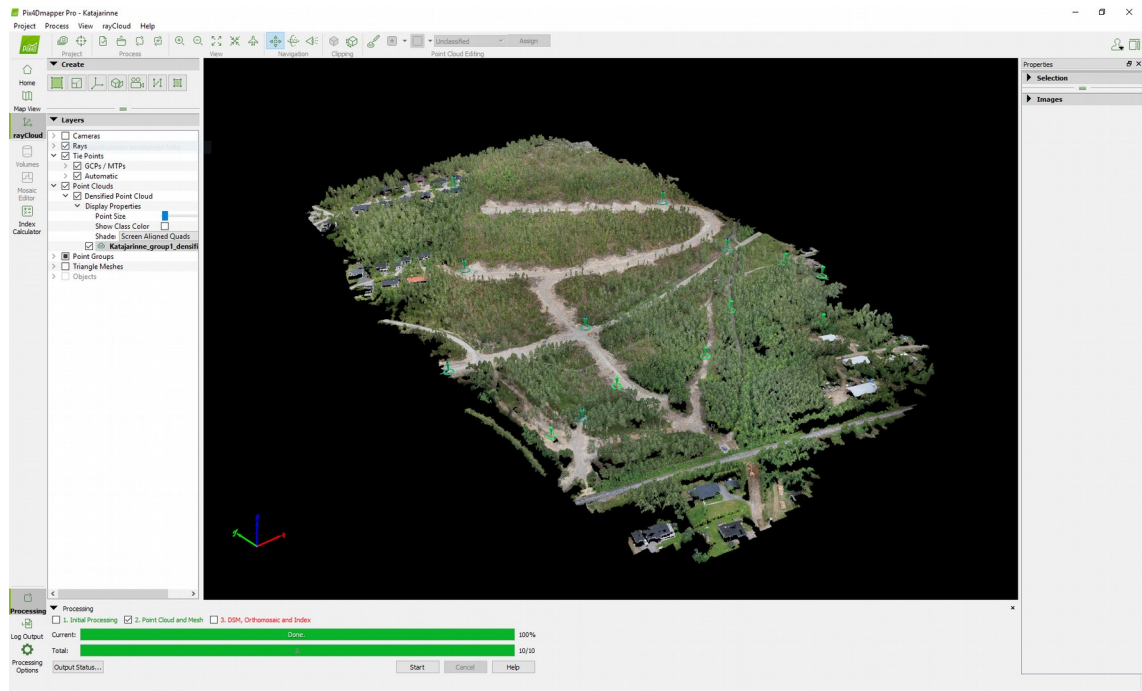
#### 6.4 Käsittely

Lennätyksen valmistuttua kuvat sekä IMU:n loki siirretään tietokoneelle, ja kuvat paikkamerkitään (*geotagging*) VideoDrone AfterFlight-ohjelmalla. Näin saadaan jokaiseen kuvaan merkittävää tietoa niiden laukaisusijainnista, sekä jalustan silloisesta asennosta. Myös mitatut lähtöpisteet siirretään tietokoneelle taulukkoformaattissa.

Paikkamerkitetyt kuvat, sekä lähtöpisteet, tuodaan Pix4Dmapper-ohjelmaan. Tämän jälkeen voidaan aloittaa Pix4D:n laskennan ensimmäinen vaihe, ”1. Initial Processing”. Automatisoidun työvaiheen aikana ohjelma laskee ensiksi avainpisteet (*key points*), jonka jälkeen se siirtyy ilmakolmioinnin (*AAT, Automatic Aerial Triangulation*) kautta blokkitasoituksen laskentaan (*BBA, Bundle Block Adjustment*). Katajarinteen noin 37.8 ha kuvausalueen ensimmäisen vaiheen laskentaan meni n. 1h 22min. Ensimmäisestä vaiheesta saadaan tulokseksi avainpisteiden muodostama ”raakamalli” sekä laaturaportti ortomosaiikin ja pintamallin esikatselun kera. Laskentaan käytettyjä kuvia oli 730 kappaletta.

Ensimmäisen vaiheen jälkeen voidaan aloittaa toinen vaihe, ”2. Point Cloud and Mesh”, jossa tihennetään pistepilvi ja lasketaan teksturoitu kolmiointi. Pistepilvi on mahdollista myös luokitella Pix4D:llä, mutta Rovaniemen kaupungilla pilvi luokitellaan ja käsitellään jälkepäin TerraSolid TerraScan ohjelmalla. Toisen

vaiheen laskennassa pistetihennykseen kului n. 5h 13min, ja teksturoituun kolmiointiin n. 45min. Pix4D täydentää laaturaporttia toisen vaiheen valmistuessa. Pistetihennyksessä muodostettiin n. 94,7 milj. pistettä keskiarvoisen tiheyden ollessa 194,31 pistettä/m<sup>3</sup>.



Kuvio 10. Katajarinne pistetihennyksen jälkeen

Kolmannessa vaiheessa, ”3. DSM, Orthomosaic and Index”, lasketaan pintamalli ja ortomosaiikki. Pintamallin laskentaan kului n. 58min, ja ortomosaiikin laskentaan n. 3h 9min. Maastoresoluutioksi muodostui 2.21 cm/pikseli. Kolmannen vaiheen jälkeen käytävissä on tihennetty pistepilvi, tässä tapauksessa LAS-formaatissa, sekä ortokuva.

Pix4D-laskennan jälkeen pistepilvi luokitellaan TerraScanilla. Pistepilveä käytetään myös kattorakenteiden vektorointiin 3D-kaupunkimallia varten. Ortokuvaa käytetään kantakartan valmistamiseen ja ylläpitoon digitoimalla; korkeustiedot otetaan kuitenkin pistepilvestä.

## 7 KYSELYTUTKIMUS

### 7.1 Johdanto

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää kauko-ohjattujen ilma-alusten nykytilaa Suomen kunnissa sekä kuntien mittaustointien kokemuksia ja suunnitelmia niihin liittyen. Tavoitteena oli kartoittaa ja tunnistaa kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytön trendejä kunnallisissa mittaustoimissa.

### 7.2 Toteutus

Kyselytutkimus toteutettiin selainpohjaisella Webropol 3.0 -kyselyohjelmistolla ja lähetettiin kaikkiin yli 40 000 asukkaan kuntiin. Tällaisia kuntia oli 26 kappaletta, väkiluvultaan pienimmän kunnan ollessa Nurmijärvi ja suurimman Helsinki (Tilastokeskus 2018). Kohdehenkilöt valittiin kuntien internetsivujen perusteella luotujen käsitysten mukaisista parhaista vastaajista.

Kysely koostui kolmesta sivusta, joista ensimmäisellä kysyttiin, onko kunnalla käytössään kauko-ohjattua ilma-alusta. Vastauksesta riippuen kyselyalusta ohjasi vastaajan joko toiselle sivulle, joka sisälsi kysymykset niille kunnille, joilla on käytössään kauko-ohjattu ilma-alus, tai kolmannelle sivulle, joka sisälsi kysymykset niille joilla ei ole käytössään kauko-ohjattua ilma-alusta.

Ensimmäisellä sivulla oli vain yksi kysymys, toisella sivulla kahdeksan pakollista ja kaksi vapaaehtoista kysymystä, ja kolmannella sivulla neljä pakollista ja kaksi vapaaehtoista kysymystä. Kysymykset olivat valinta-, monivalinta- tai liukukytkinarviointikysymyksiä.

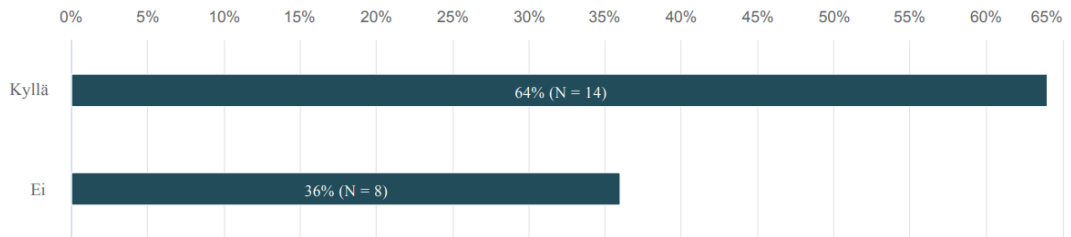
Kyselyt lähetettiin Webropolin käyttöliittymän kautta 26.4.2018, vastausaikaa oli 18.5.2018 asti. Tavoitteena oli saada vähintään kaksikymmentä vastausta. Ensimmäisenä päivänä vastauksia tuli kymmenen. Muistutusviesti lähetettiin 8.5.2018, vastaajia oli tuolloin 18. Toinen muistutusviesti lähetettiin 16.5.2018, ja kysely suljettiin 18.5.2018 vastauksia ollen 22, eli 85 % lähetetyistä.



## 7.3 Tulokset

### 1. Onko kunnallanne käytössä kauko-ohjattuja ilma-aluksia (m. drone, UAV, lennokki, RPA jne.)?

Vastaajien määrä: 22



	N	Prosentti
Kyllä	14	63,64%
Ei	8	36,36%

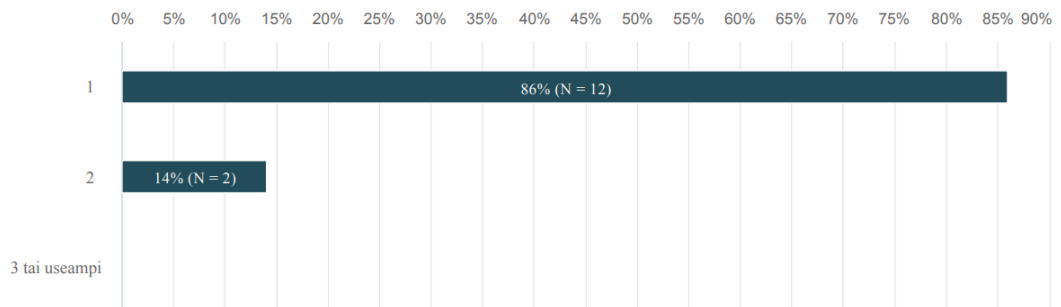
Kuvio 11. Onko kunnallanne käytössä kauko-ohjattuja ilma-aluksia?

Kyselyyn vastanneista 22 kunnasta neljällatoista, eli n. 64 %:lla, on käytössään kauko-ohjattuja ilma-aluksia.

#### 7.3.1 Kunnat joilla on kauko-ohjattuja ilma-aluksia

### 2. Kuinka monta RPA-järjestelmää käytössänne on?

Vastaajien määrä: 14



	N	Prosentti
1	12	85,71%
2	2	14,29%
3 tai useampi	0	0%

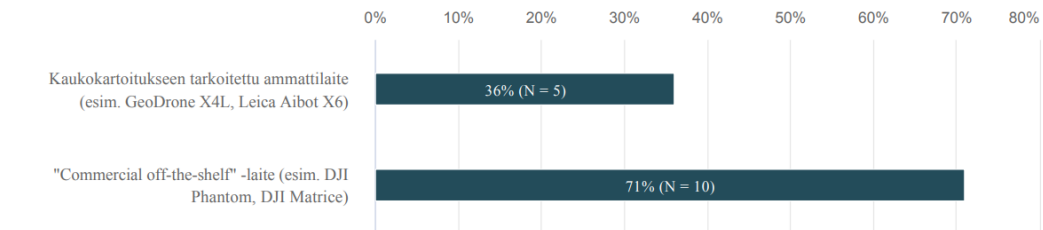
Keskiarvo
1,14

Kuvio 12. Kuinka monta RPA-järjestelmää käytössänne on?

Vastanneista, joilla on käytössään kauko-ohjattuja ilma-aluksia, suurimmalla osalla on käytössään vain yksi laite. Kahdella vastaajalla on kuitenkin kaksi laitetta.

### 3. Minkä tyyppisiä RPA-laitteita käytössänne on?

Vastaajien määrä: 14 , valittujen vastausten lukumäärä: 15



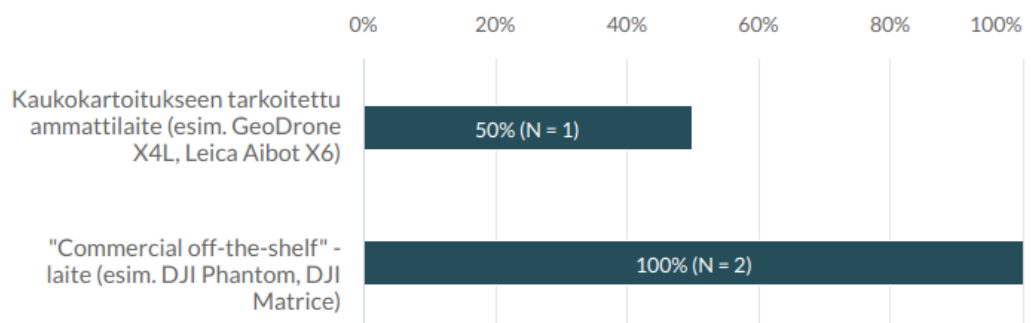
	N	Prosentti
Kaukokartoitukseen tarkoitettu ammattilaitte (esim. GeoDrone X4L, Leica Aibot X6)	5	35,71%
"Commercial off-the-shelf" -laitte (esim. DJI Phantom, DJI Matrice)	10	71,43%

Kuvio 13. Minkä tyyppisiä RPA-laitteita käytössänne on?

Määrällisesti vallitsevana laitetyyppinä ovat COTS-laitteet. Noin 71 %:lla vastaajista on COTS-laite, ammattilaitteita ollen n. 36%:lla vastaajista. Myös vastaajat joilla on käytössään kaksi laitetta, ovat suosineet COTS-laitteita, kuten kuvio 13 osoittaa.

### 3. Minkä tyyppisiä RPA-laitteita käytössänne on?

Vastaajien määrä: 2, valittujen vastausten lukumäärä: 3

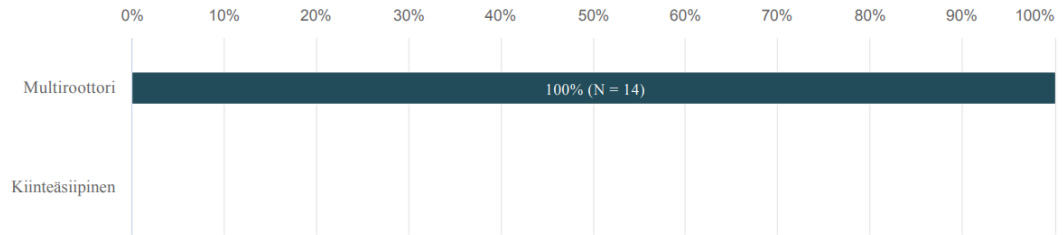


	N	Prosentti
Kaukokartoitukseen tarkoitettu ammattilaitte (esim. GeoDrone X4L, Leica Aibot X6)	1	50%
"Commercial off-the-shelf" -laitte (esim. DJI Phantom, DJI Matrice)	2	100%

Kuvio 14. Kahden laitteen vastaajien laitetypit

#### 4. Minkä rakenteen RPA-laitteita käytössänne on?

Vastaajien määrä: 14 , valittujen vastausten lukumäärä: 14



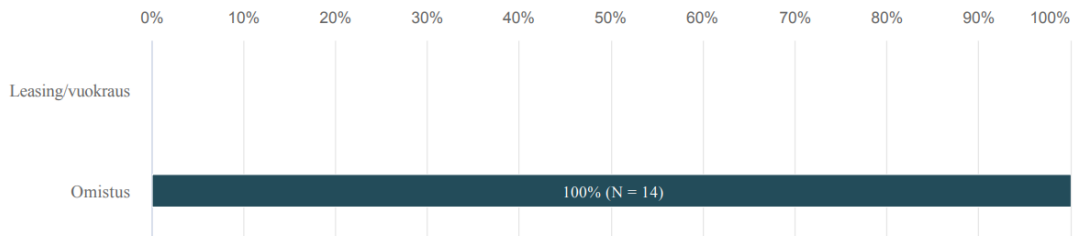
	N	Prosentti
Multiroottori	14	100%
Kiinteäsiipinen	0	0%

Kuvio 15. Minkä rakenteen RPA-laitteita käytössänne on?

Multiroottori on vastaajien toistaiseksi ainoa ilma-alusrakenne. Yksikään vastaajista ei kertonut käyttävänsä kiinteäsiipistä laitetta.

#### 5. Kuinka RPA-järjestelmä(t) on hankittu?

Vastaajien määrä: 14 , valittujen vastausten lukumäärä: 14



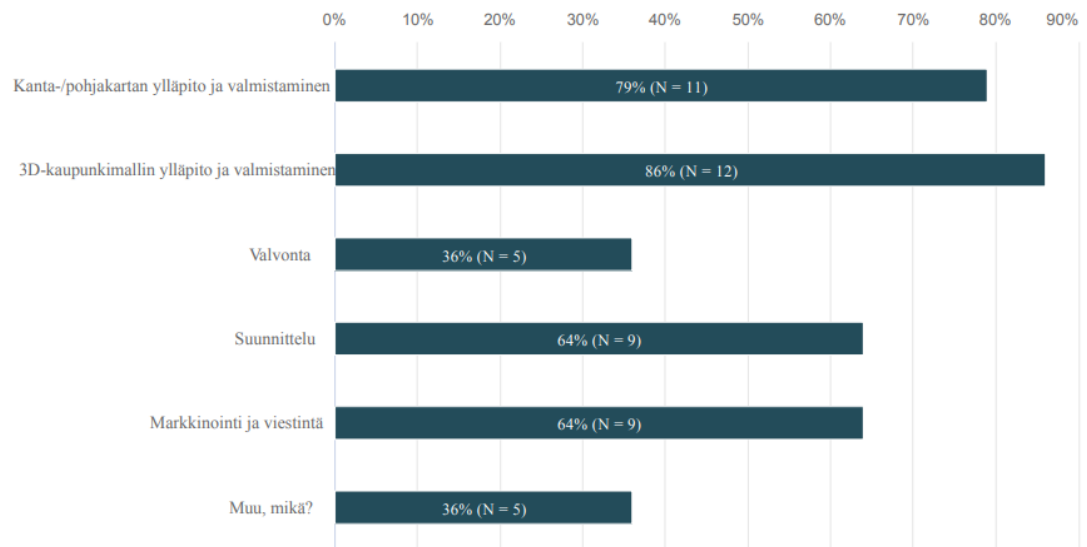
	N	Prosentti
Leasing/vuokraus	0	0%
Omistus	14	100%

Kuvio 16. Kuinka RPA-järjestelmät on hankittu?

Kaikki vastaajat kertoivat omistavansa laitteet. Yksikään vastanneista ei kertonut vuokranneensa tai liisanneensa laitteistoa.

## 6. Mitkä ovat RPAS:n käyttökohteet kunnassanne?

Vastaajien määrä: 14 , valittujen vastausten lukumäärä: 51



	N	Prosentti
Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen	11	78,57%
3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen	12	85,71%
Valvonta	5	35,71%
Suunnittelu	9	64,29%
Markkinointi ja viestintä	9	64,29%
Muu, mikä?	5	35,71%

Kuvio 17. Mitkä ovat RPAS:n käyttökohteet kunnassanne?

Yleisimmät RPAS:n käyttökohteet ovat 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen (n. 86 %) sekä kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen (n. 79 %). Seuraavaksi yleisimpiä käyttökohteita ovat suunnittelu sekä markkinointi ja viestintä; näihin vastasivat n. 64 % kysymykseen vastaajista. Noin 36 % vastaajista käyttää järjestelmänsä myös valvontaan. Saman verran vastaajia käyttää järjestelmänsä myös toimiin, joille ei ollut valmista vastausvaihtoehtoa. Edellä mainitut avoimet vastaukset on lueteltu kuviossa 18.

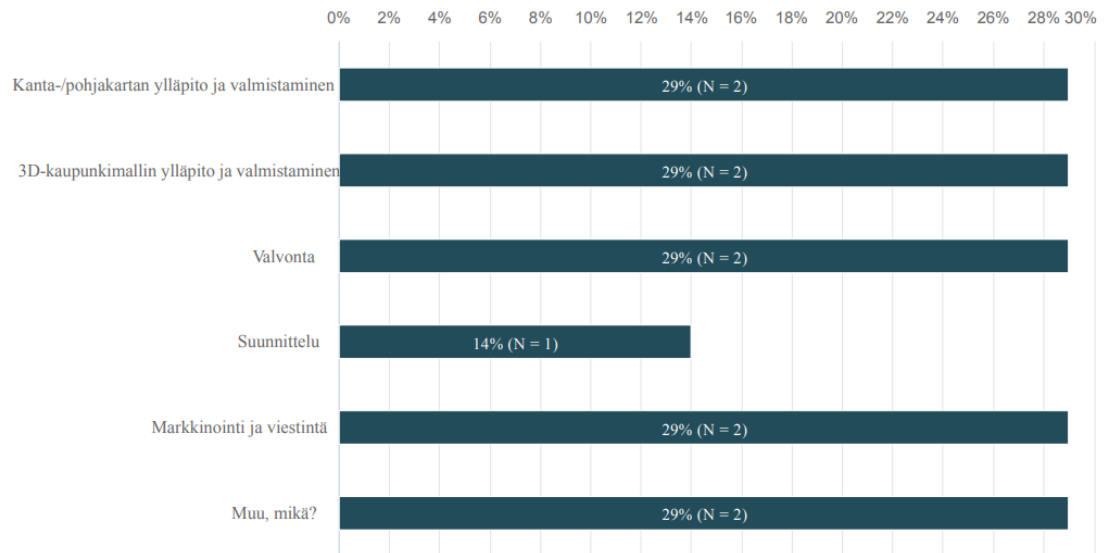
### Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	Ortoilmakuvaus
Muu, mikä?	Liikenteenlaskenta ja liikenteen tilannekuvan tuottaminen
Muu, mikä?	Maastomallit
Muu, mikä?	opettelu
Muu, mikä?	Tilapalveluissa rakennusten kuvauksissa.

Kuvio 18. Kysymys 6 avoimet vastaukset

## 7. Mitä käyttökohteita olette harkinneet tai suunnitelleet RPAS:lle?

Vastaajien määrä: 7 , valittujen vastausten lukumäärä: 11



	N	Prosentti
Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen	2	28,57%
3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen	2	28,57%
Valvonta	2	28,57%
Suunnittelu	1	14,29%
Markkinointi ja viestintä	2	28,57%
Muu, mikä?	2	28,57%

Kuvio 19. Mitä käyttökohteita olette harkinneet RPAS:lle?

Suunnitelluista tai harkituista käyttökohteista lähes kaikkia vastausvaihtoehtoja oli valittu kahdesti, eli n. 29 % vastaajista. Suunnittelun oli valinnut vain yksi vastaaja. Avoimia vastauksia, jotka löytyvät kuviosta 20, oli kaksi kappaletta.

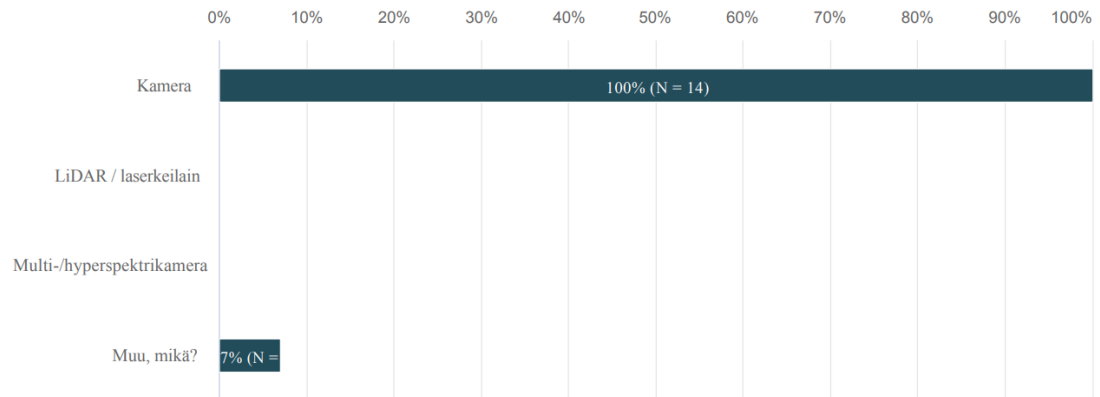
### Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	Rakennuksien ulkovaipan lämpövuodot
Muu, mikä?	tulvasuojelu

Kuvio 20. Kysymys 7 avoimet vastaukset

## 8. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia teillä on käytössä?

Vastaajien määrä: 14 , valittujen vastausten lukumäärä: 15



	N	Prosentti
Kamera	14	100%
LiDAR / laserkeilain	0	0%
Multi-/hyperspektrikamera	0	0%
Muu, mikä?	1	7,14%

Kuvio 21. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia teillä on käytössä?

Kamera on kaikista sensoreista ja hyötykuormista suosituin, kaikkien vastaajien käyttäen sellaista. Kysymykseen saatiin myös yksi avoin vastaus, lämpökamera, kuten kuvio 22 osoittaa.

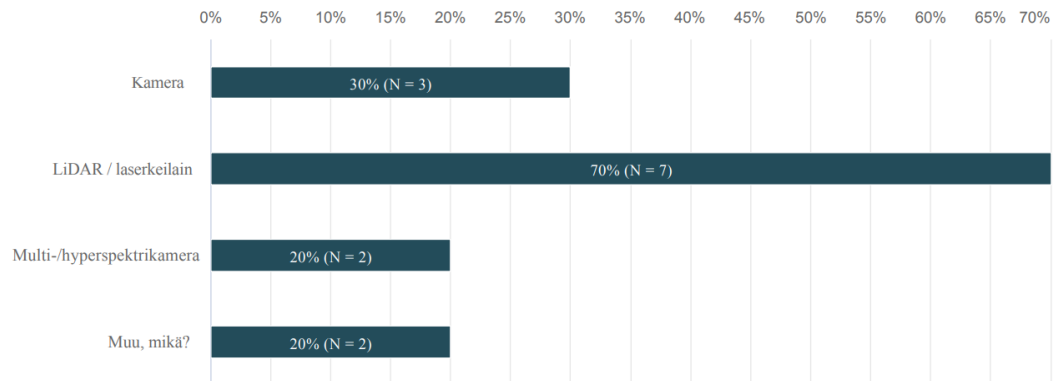
Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	lämpökamera

Kuvio 22. Kysymys 8 avoimet vastaukset

## 9. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia olette harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne?

Vastaajien määrä: 10 , valittujen vastausten lukumäärä: 14



	N	Prosentti
Kamera	3	30%
LiDAR / laserkeilain	7	70%
Multi-/hyperspektrikamera	2	20%
Muu, mikä?	2	20%

Kuvio 23. Mitä sensoreita olette harkinneet?

LiDAR on vastaajien mielestä ehdottomasti kiinnostavin sensori; 70 % kysymykseen vastanneista kertoi harkinneensa tai suunnitelleensa sellaisen hankintaa. Vastaajista kolme kertoi harkinneensa tai suunnitelleensa kameraa ja kaksi multi-/hyperspektrikameraa. Avoimia vastauksia saatiin kaksi, jotka on esitelty kuviossa 24.

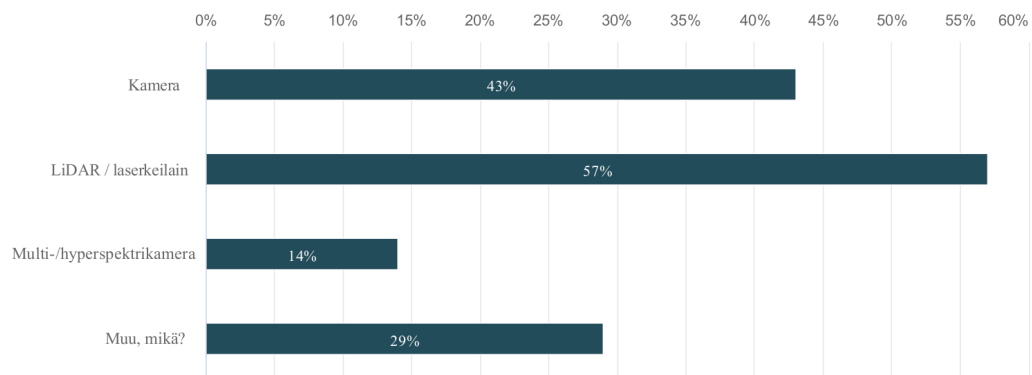
## Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, mikä?	Ei mitään
Muu, mikä?	vuokrata lidar

Kuvio 24. Kysymys 9 avoimet vastaukset

## 9. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia olette harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne?

Vastaajien määrä: 7 , valittujen vastausten lukumäärä: 10



	N	Prosentti
Kamera	3	42,86%
LIDAR / laserkeilain	4	57,14%
Multi-/hyperspektrikamera	1	14,29%
Muu, mikä?	2	28,57%

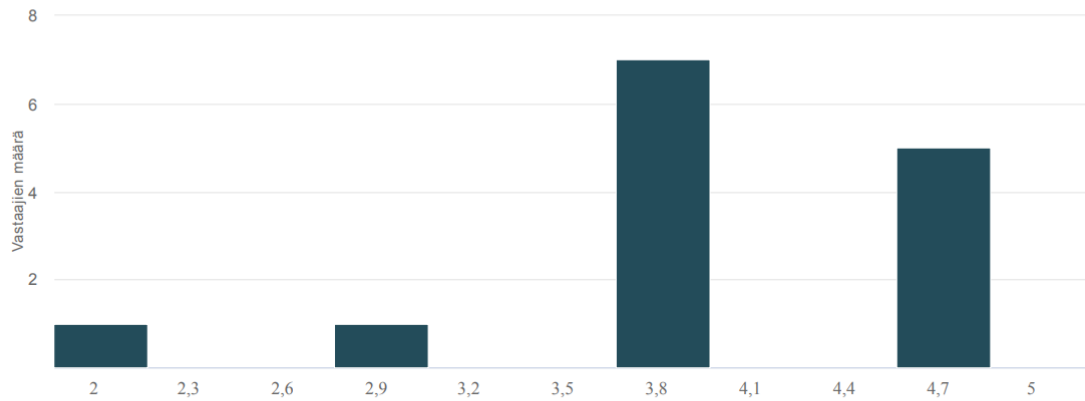
Kuvio 25. COTS-laitteiden harkitut tai suunnitellut hyötykuormat

Kuviossa 25 on eritelty niiden vastaajien vastaukset, joilla on käytössään COTS-laite. Laserkeilain on myös heikomman varusteltavuuden laitteiden parissa kiinnostava (n. 57 %).



## 10. Kuinka hyödylliseksi koette RPA-järjestelmän työkäytössänne?

Vastaajien määrä: 14



Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2	5	4,14	4	58	0,86

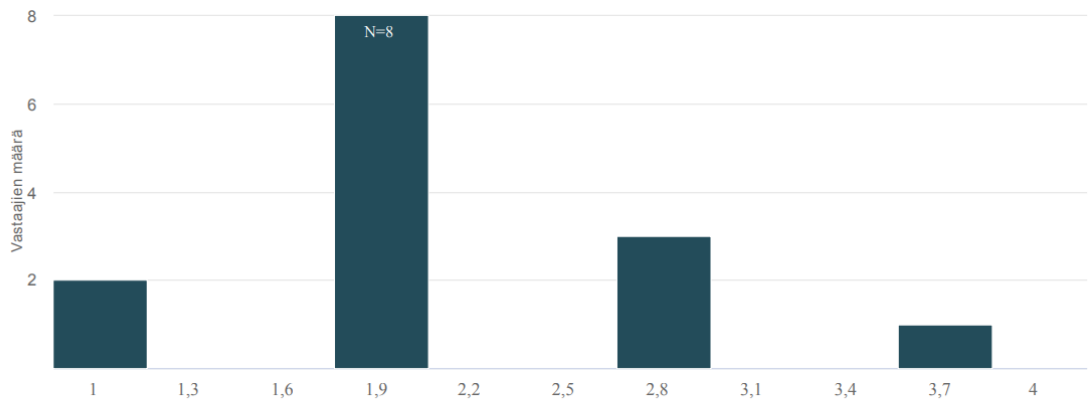
Liukukytimen arvon lukumäärä	N	Prosentti
1	0	0%
2	1	7,14%
3	1	7,14%
4	7	50%
5	5	35,72%

Kuvio 26. Kuinka hyödylliseksi koette RPA-järjestelmän työkäytössänne?

Kuvio 26 esittelee vastauksia kysymykseen RPA-järjestelmän hyödyllisyyden kokemuksesta niissä kunnista, joissa on jo käytössä kauko-ohjattuja ilma-aluksia. Kysymyksen liukukytin arvioinnissa 1 = ei lainkaan hyödyllinen, 5 = erittäin hyödyllinen. Vastauksien keskiarvoksi muodostui 4,14 ja mediaaniksi 4.

## 11. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä?

Vastaajien määrä: 14



Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
1	4	2,21	2	31	0,8

Liukukytken arvon lukumäärä	N	Prosentti
1	2	14,29%
2	8	57,14%
3	3	21,43%
4	1	7,14%
5	0	0%

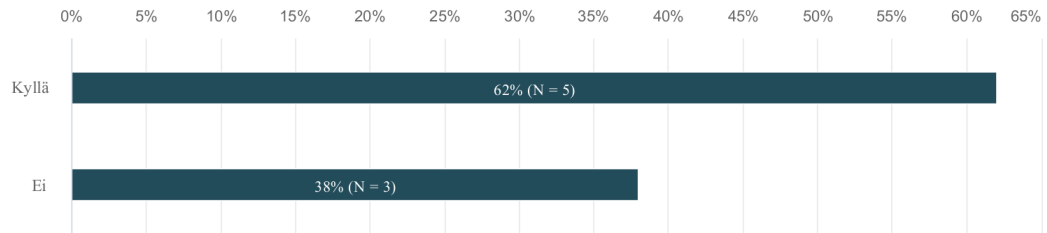
Kuvio 27. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden?

Kuvio 27 esittelee niiden kuntien vastauksia kysymykseen tiedon saatavuudesta kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä, joilla on jo käytössään kauko-ohjattu- ja ilma-aluksia. Kysymyksen liukukytkenarvioinnissa tiedon saatavuus on arvioitu 1 = hyvin helpoksi, 5 = hyvin vaikeaksi. Vastauksien keskiarvo on 2,21 ja mediaani 2.

### 7.3.2 Kunnat joilla ei ole kauko-ohjattua ilma-alusta

#### 12. Oletteko harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne kauko-ohjatun ilma-alusjärjestelmän (RPAS)?

Vastaajien määrä: 8



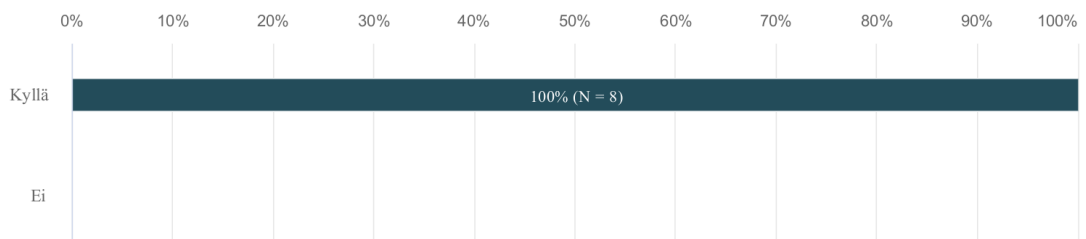
	N	Prosentti
Kyllä	5	62,5%
Ei	3	37,5%

Kuvio 28. Oletteko harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne RPAS:n?

Niistä kahdeksasta vastanneesta kunnasta joilla ei ole käytössään kauko-ohjattua ilma-alusta, viisi (n. 63 %) on harkinnut tai suunnitellut hankkivansa kauko-ohjatun ilma-aluksen. Vastanneista kolme (n. 38 %) ei ole ollut kiinnostunut kauko-ohjatun ilma-alusjärjestelmän hankkimisesta.

#### 13. Oletteko harkinneet tai hankkineet RPAS-mittauspalveluita ostopalveluna?

Vastaajien määrä: 8



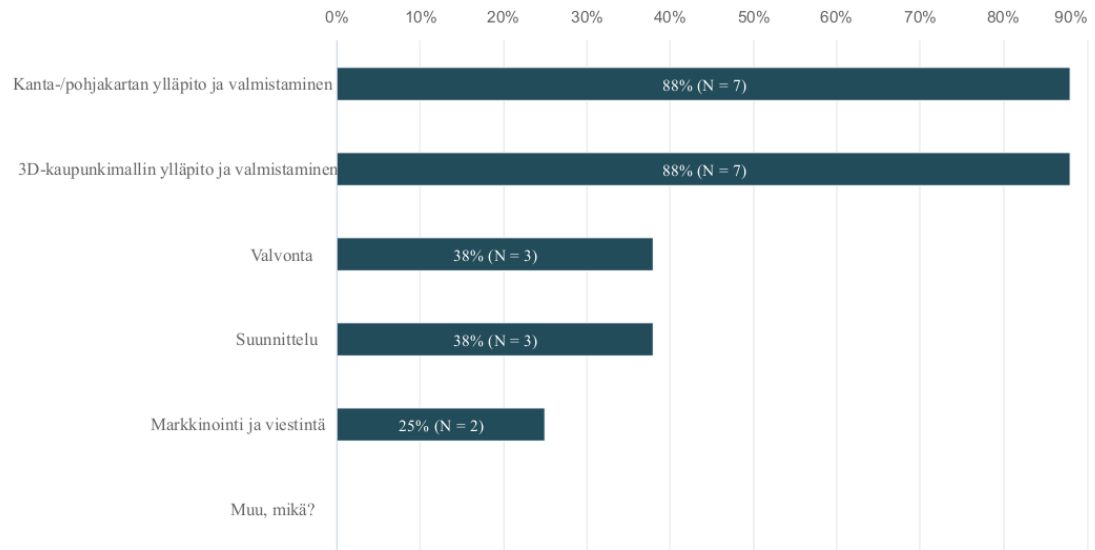
	N	Prosentti
Kyllä	8	100%
Ei	0	0%

Kuvio 29. Oletteko hankkineet RPAS-ostopalveluita?

Vastanneista kaikki ovat harkinneet tai hankkineet RPAS-mittauspalveluita ostopalveluina.

## 14. Mitä käyttökohteita olette harkinneet tai suunnitelleet RPAS:lle?

Vastaajien määrä: 8 , valittujen vastausten lukumäärä: 22



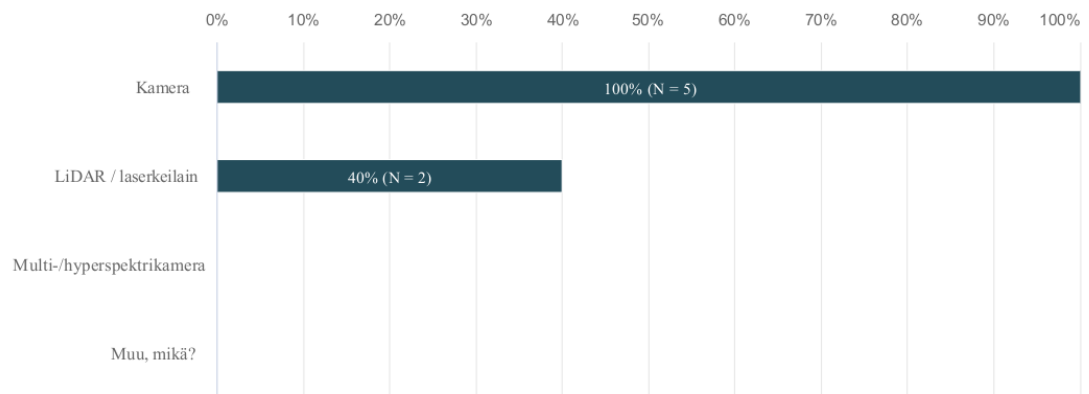
	N	Prosentti
Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen	7	87,5%
3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen	7	87,5%
Valvonta	3	37,5%
Suunnittelu	3	37,5%
Markkinointi ja viestintä	2	25%
Muu, mikä?	0	0%

Kuvio 30. Mitä käyttökohteita olette harkinneet RPAS:lle?

Kunnille joilla ei ole omaa RPA-järjestelmää, kiinnostavimmat käyttökohteet n. 88 % (7 vast.) osuudella vastanneista ovat kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen sekä 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen. Sekä valvonnalla että suunnittelulla on molemmilla kolme vastaajaa (n. 38 %). Markkinointiin ja viestintään oli vastannut kaksi (25 %).

### 15. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia olette harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne?

Vastaajien määrä: 5 , valittujen vastausten lukumäärä: 7



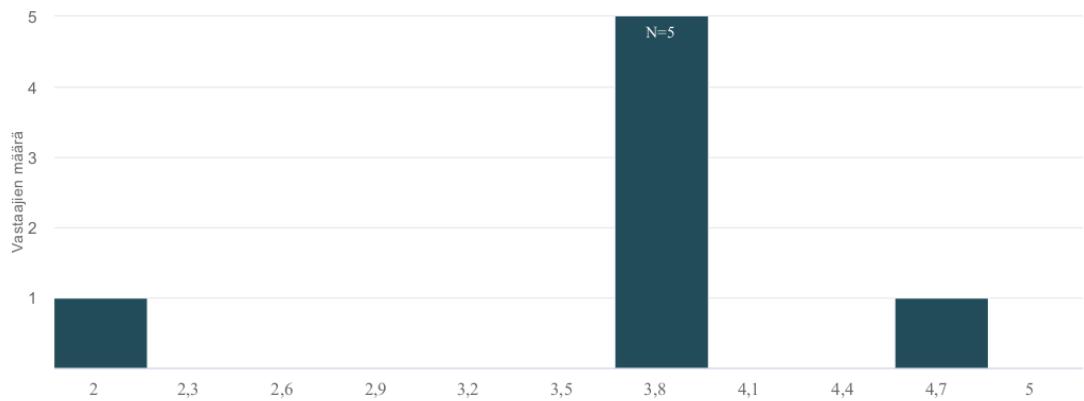
	N	Prosentti
Kamera	5	100%
LiDAR / laserkeilain	2	40%
Multi-/hyperspektrikamera	0	0%
Muu, mikä?	0	0%

Kuvio 31. Mitä sensoreita olette suunnitelleet hankkivanne?

Kysymykseen vastanneista kaikki ovat harkinneet tai suunnitelleet kameran hankkimista mahdolliseen RPA-järjestelmäänsä. Kaksi (40 %) vastanneista on harkinnut tai suunnitellut laserkeilainta.

## 16. Kuinka hyödylliseksi arvioisitte RPA-järjestelmän työkäytössänne?

Vastaajien määrä: 7



Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2	5	3,86	4	27	0,9

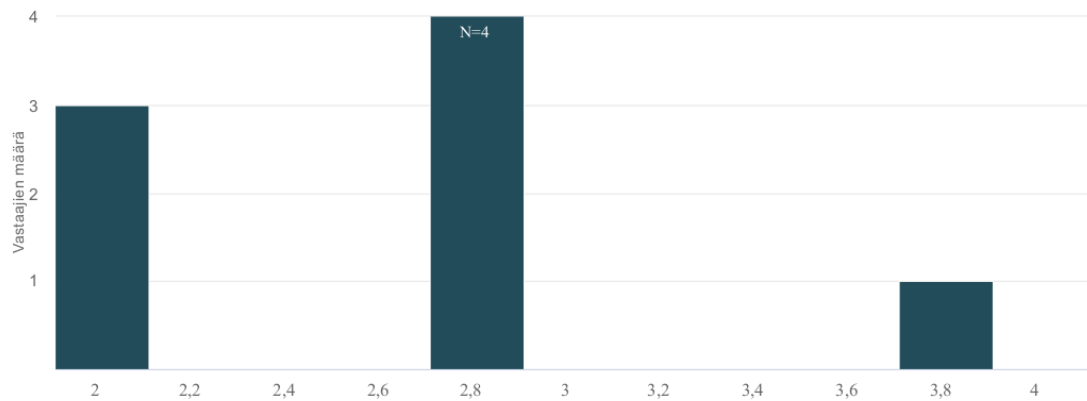
Liukukytken arvon lukumäärä	N	Prosentti
1	0	0%
2	1	14,28%
3	0	0%
4	5	71,43%
5	1	14,29%

Kuvio 32. Kuinka hyödylliseksi arvioisitte RPA-järjestelmän?

Kunnat joilla ei ole entuudestaan kauko-ohjattua ilma-alusta arvioivat RPA-järjestelmän hyödyllisyyden työkäytössään liukukytkenarvioinnissa keskiarvolla 3,86 mediaanin ollessa 4. Liukukytkenarviointi oli kysymyksessä samankaltainen kuin RPAS:ia käyttäville vastaajille, 1 = ei lainkaan hyödyllinen, 5 = erittäin hyödyllinen.

## 17. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä?

Vastaajien määrä: 8



Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Mediaani	Summa	Keskihajonta
2	4	2,75	3	22	0,71

Liukukytken arvon lukumäärä	N	Prosentti
1	0	0%
2	3	37,5%
3	4	50%
4	1	12,5%
5	0	0%

Kuvio 33. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden?

Tiedon saatavuuden arvioinnin kysymys oli samankaltainen kuin RPAS:ia käytävälle vastaajille liukukytken arvioinnin ollessa 1 = hyvin helpoksi, 5 = hyvin vaikeaksi. Vastausten keskiarvoksi muodostui 2,75, mediaaniksi 3.

### 7.4 Johtopäätökset

Kyselyn tuloksista voidaan sanoa, että suurimmalla osalla (n. 64 %) yli 40 000 asukkaan kunnista on jo käytössään kauko-ohjattu ilma-alus. Lisäksi niistä kunnista joilla ei vielä ole käytössään kauko-ohjattua ilma-alusta, suurin osa (n. 63 %) on sellaisen hankkimisesta kiinnostunut sekä kaikki ovat harkinneet tai hankkineet RPAS-mittausspalveluita ostopalveluina. Kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytön voidaan siis sanoa olevan kunnallisista mittaustoimista hyvinkin kiinnostavaa. Valtaosalla vastanneista on käytössään vain yksi laite, vain kahdella vastaajista on kaksi laitetta.

Valtaosalla (n. 71 %) vastanneista on käytössään COTS-laitteita, ammattilaitteiden ollessa vähemmistössä (n. 36 %). Tämä johtuu todennäköisesti COTS-laitteiden huomattavasti huokeammista hinnoista sekä hintaan suhteutettuna hyvästä saatavuudesta, helposta käyttöönotosta ja laajasta avointen lähteiden tuesta. Kalliit ammattilaitteet tarjoavat COTS-laitteita enemmän, mutta todennäköisesti kunnat ovat alkuunsa arvostaneet edullisen hinnan mm. tulevaisuudenkestävyyden ohitse.

Multiroottori on ainoa vastaajien käytössä ollut konerakenne. Tämä on odotettua, sillä multiroottori on tällä hetkellä monikäyttöisin konfiguraatio ja erityisen soveltuva kaupunkiympäristöön.

Kaikki vastaajat omistavat laitteensa, eivätkä ole liisanneet tai vuokranneet niitä. Kysymykselle olisi hyvä olla ollut jatkona kysymys joka olisi selventänyt esim. huoltosopimuksien yleisyyttä.

Kauko-ohjattujen ilma-alusten käyttökohteet vastaajakunnissa jakautuvat odotetunkaltaisesti. Suosituimmat käyttökohteet ovat 3D-kaupunkimallin valmistaminen ja ylläpito (n. 86 %) ja kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen (n. 79 %). Fotogrammetrinen RPAS-kartoitus soveltuu em. tehtäviin hyvin, ja monessa kunnassa laitteisto on todennäköisesti hankittu juuri näitä tehtäviä varten. Seuraavaksi suosituimmat käyttökohteet ovat suunnittelu sekä markkinointi ja viestintä (n. 65 %). Pienempi käyttöaste näissä tehtävissä johtuu todennäköisesti siitä, että fotogrammetrisen RPAS-kartoituksen tarkkuus ei usein riitä esim. inf-rasuunnittelun vaatimuksiin sekä siitä, että markkinointi ja viestintä eivät yleensä kuulu kunnan mittaus-toimen tehtäviin, jolloin kyseiset yksiköt ovat lähtökohtaisesti vastahakoisia niitä suorittamaan. Valvontaa RPAS:lla suorittaa n. 36 % vastanneista; tämä pieni luku voi johtua yksinkertaisesti valvonnan tarpeen vähyydestä. RPAS:lla suoritettavien valvontatehtävien käytännöt eivät myöskään ole täysin vakiintuneet. Avoimista vastauksista vaikein niputtaa jo valmiiden vastausvaihtoehtojen alle oli ”liikenteenlaskenta ja liikenteen tilannekuvan tuottaminen”. Edellä mainituista vastauksista voidaan myös päätellä 3D-kaupunkimallintamisen kiinnostavan vastanneita kuntia.

Harkitut ja suunnitellut käyttökohteet olivat lähes kaikki tasaisen suosittuja, mikä kertoo kauko-ohjattujen ilma-alusten käyttökohteiden jonkinasteisesta vakiintumisesta kunnissa. Avoimia vastauksia saatiin ”rakennuksien ulkovaipan lämpövuodot” sekä ”tulvasuojelu”.



Kaikilla vastaajilla oli käytössään kamera, mikä oli oletettavaa. Yhdelläkään vastaajista ei ollut laserkeilainta tai multi-/hyperspektrikameraa, mutta yhdellä vastaajista on käytössään lämpökamera. Kamera on siis edelleen edullisuutensa vuoksi ylivoimaisesti suosituin sensori RPAS-käytössä.

Harkituista tai suunnitelluista hyötykuormista ehdottomasti kiinnostavin on laserkeilain (70 %). Laserkeilaimella on selviä hyötyjä verrattuna kameraan ja niiden saatavuus paranee kokoajan, joten tulos oli odotettu. Myös COTS-laitetta käyttävien vastaajien parissa laserkeilain oli kiinnostavin (n. 57 %) sensori, mikä herättää kysymyksiä. Isoin osa COTS-laitteista on varustettu integroiduilla sensoreilla, eikä hyötykuormaa näin voida vaihtaa. Myös niissä COTS-laitteissa, joissa hyötykuorma on vaihdettavissa, on käytettävä valmistajan omia tuotteita, eikä näidenkään kohdalla laserkeilainten saatavuus ole ollut järin hyvä.

Vastaajat vastasivat kysymykseen RPA-järjestelmänsä hyödyllisyyden kokemuksesta työkäytössään liukukytkinarvioinnilla, jossa 1 = ei lainkaan hyödyllinen ja 5 = erittäin hyödyllinen. Vastausten keskiarvoksi muodostui 4,14 ja mediaaniksi 4, eli RPA-järjestelmät koetaan sellaista käyttävien parissa hyvinkin hyödyllisiksi. Suurin osa vastaajista (50 %) vastasi arvolla 4 ja toiseksi suurin osa (n. 36 %) arvolla 5. Arvoille 2 ja 3 saatiin molempiin vain yhdet kappaleet vastauksia (n. 7 % per). Keskihajonta oli 0,86, eli vastaajat olivat jokseenkin yksimielisiä.

Vastaajat arvioivat tiedon saatavuuden vaikeuden kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä liukukytkinarvioinnilla, jossa 1 = hyvin helppo ja 5 = hyvin vaikea. Vastauksien keskiarvoksi muodostui 2,21 ja mediaaniksi 2, joten tiedon saatavuus arvioidaan RPA-järjestelmää käyttävien parissa helpoksi. Suurin osa (n. 57 %) vastaajista vastasi arvolla 2 ja toiseksi suurin osa (n. 21 %) arvolla 3. Keskihajonta oli 0,8, eli vastaajat olivat jokseenkin yksimielisiä.

Kunnista, joilla ei ole käytössään RPA-järjestelmää, suurin osa (n. 62 %) on harkinut tai suunnitellut hankkivansa sellaisen. Samoista vastaajista kaikki ovat myös harkinneet tai hankkineet RPAS-mittauspalveluita ostopalveluina. Edellä mainituista vastauksista voidaan päätellä, että nekin kunnat, joilla ei ole käytössään RPA-järjestelmää, ovat niistä hyvin kiinnostuneita.

Harkitut ja suunnitellut käyttökohteet ovat odotetunkaltaisia. Kiinnostavimmat käyttökohteet (n. 88 % per) ovat kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen

sekä 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen. Vastaukset eroavat hieman RPA-järjestelmää jo käyttävien kuntien vastauksista, mutta samat trendit ovat tunnistettavissa.

Kaikki vastaajat ovat vastanneet harkinneensa tai suunnitelleensa kameran hankkimista mahdolliseen tulevaan RPA-järjestelmäänsä, mikä oli odotettua. Kaksi vastaajista (40 %) on myös kiinnostunut laserkeilaimesta, mikä kertoo kasvavasta kiinnostuksesta LiDAReita kohtaan.

Kunnat ilman kauko-ohjattua ilma-alusta vastasivat liukukytkinarviointiin RPA-järjestelmän hyödyllisyydestä työkäytössään arvovälillä 1 = ei lainkaan hyödyllinen, 5 = erittäin hyödyllinen. Keskiarvoksi muodostui 3,86 ja mediaaniksi 4, keskihajonnan ollessa 0,9. Vastaajat arvioivat myös tiedon saatavuuden vaikeutta kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä arvovälillä 1 = hyvin helppo, 5 = hyvin vaikea. Keskiarvoksi muodostui 2,75 ja mediaaniksi 3, keskihajonnan ollessa 0,71. Kunnat ilman RPA-järjestelmää arvioivat niiden hyödyllisyyden työkäytössään hieman alhaisemmaksi (ka. 3,86, med. 4) kuin kunnat, joilla on RPA-järjestelmä (ka. 4,14, med. 4). Vastausten keskihajonta oli samankaltainen. Tiedon saatavuuden arvostivat vaikeammaksi kunnat, joilla ei ole RPA-järjestelmää (ka. 2,75, med. 3), kuin kunnat, joilla on RPA-järjestelmä (ka. 2,21, med. 2).

## 8 POHDINTA

Kauko-ohjatut ilma-alukset eivät korvaa vanhoja työkaluja ja menetelmiä vaan ovat erittäin hyödyllinen lisäys kunnallisten mittaustoimien olemassa olevaan palettiin. Niillä on useita käyttökohteita, jotka tehostavat tiedonkeruuta; tekniikan kehittymisen myötä myös useita uusia mahdollisuuksia avautuu. Lentotyökäyttöön liittyy kuitenkin runsas joukko säädöksiä ja muita huomioitavia seikkoja joiden hallitseminen vaatii perehtyneisyyttä kauko-ohjatun ilma-alusten parissa työskenteleviltä.

Käytännön esimerkki tarjoaa hyvän pintakatsauksen tavanomaisen RPA-kartoitustehtävän kulkuun. Pistepilven luokittelun ja työstämisen käsittely jäi ajoitussellisista syistä kuitenkin vähälle. Suorittamani puolistrukturoitu kyselytutkimus avaa erinomaisesti vallitsevaa tilannetta sekä lyhyen aikavälin trendejä aiheesta.

Työlleni asettamat tavoitteet saavutettiin. Olen onnistunut kokoamaan yleisluontoisen selvitystyön kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyökäytöstä kunnallisessa mittaustoimessa, joka tarjoaa pohjatiedot aiheeseen, ja on käytettävissä sellaisenaan tukena päätöksenteossa RPA-järjestelmän hankkimisesta kuntaan. Työni on julkaisuhetkellään luotettava, perustuen lukuisiin lähteisiin ja alan asiantuntijoiden tarkastamaan sisältöön. Lähitulevaisuus tulee kuitenkin tuomaan muutoksia kauko-ohjattujen ilma-alusten lentotyötoimintaan mm. EASA:n valmisteleman yhteiseurooppalaisen säädöksen myötä.

Jatkotutkimusaiheita näen lähes jokaisessa työni osa-alueessa. Erityisesti aiheeseen liittyvä säädäntö, kehittyvät tiedonkeruutekniikat sekä RPA-kartoituksen työteho ja kustannukset verrattuna perinteisiin menetelmiin tarjoavat runsaasti aiheita.

## LÄHTEET

(EU) 2016/679. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/679, luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuojasetus). Annettu 27.4.2016. Viitattu 9.8.2018 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=EN>.

(EU) N:o 376/2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 376:2014 poikkeamien ilmoittamisesta, analysoinnista ja seurannasta siviili-ilmailun alalla, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) N:o 996/2010 muuttamisesta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2003/42/EY, komission asetusten (EY) N:o 1321/2007 ja (EY) N:o 1330/2007 kumoamisesta. Annettu 3.4.2014. Viitattu 8.8.2018 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0376&from=FI>.

(EY) N:o 785/2004. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 785/2004 lentoliikenteen harjoittajia ja ilma-alusten käyttäjiä koskevista vakuutusvaatimuksista. Annettu 21.04.2004. Viitattu 9.8.2018 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0785:20100408:FI:PDF>.

AIP 2017. Suomen ilmailukäsikirja. Vantaa: Air Navigation Services Finland Oy. Viitattu 12.06.2017 <https://ais.fi/ais/eaip/fi/index.htm>.

Aluevalvontalaki 18.8.2000/755. Viitattu 1.8.2018 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000755?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=aluevalvontalaki>.

ANS Finland 2017. AIS-tuotteet ja -palvelut. Viitattu 25.06.2017 <https://www.ais.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut>.

Barcellona, S., Brenna, M., Foadelli, F., Longo, M. & Piegari, L. 2015. Analysis of Ageing Effect on Li-Polymer Batteries. The Scientific World Journal 5.7.2015. Viitattu 28.6.2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4506813/>.

Drone Insurance 2018. Driessen Assuradeuren – Drone Insurance. Viitattu 27.4.2018 <http://www.drone-insurance.com/>.

Droneinfo 2018. Lataa Droneinfo-sovellus. Viitattu 23.4.2018 [https://www.droneinfo.fi/fi/ala\\_lennata\\_taalla/lataa\\_droneinfo-sovellus](https://www.droneinfo.fi/fi/ala_lennata_taalla/lataa_droneinfo-sovellus).

EASA 2018. Euroopan lentoturvallisuusvirasto, European Aviation Safety Agency. Civil drones (Unmanned aircraft). Viitattu 28.6.2018 <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>.

Espoo 2018. Espoon kaupunkimittaus. Kartta-aineistot – Kantakartta. Viitattu 25.6.2018 <https://kartat.espoo.fi/documents/karttatuotanto/kantakartta.html>.

Everaerts, J. 2008. The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Remote Sensing and Mapping. Viitattu 23.4.2018 [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1\\_pdf/203.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/203.pdf).

GEN T1-4. Ilmailun onnettomuuksista, vakavista vaaratilanteista ja poikkeamista ilmoittaminen. Ilmailuohje 15.11.2015. Helsinki: Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Viitattu 06.06.2017 [https://www.trafi.fi/filebank/a/1448359252/863d6e9ba151addda12f07c465523939/19075-Ilmailuohje\\_GEN\\_T1-4.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1448359252/863d6e9ba151addda12f07c465523939/19075-Ilmailuohje_GEN_T1-4.pdf).

Hannola, J. 2016. Trafin johtavan ilmailuasiantuntijan kommentit uutisessa ”Kuvauskohterin lakikorkeus on 150 metriä, naapurin tontilla ei saa määrättömästi pörrätä”. Etelä-Saimaa 24.9.2016. Lappeenranta: Kaakon Viestintä Oy.

Honkavaara, E., Hakala, T. & Nevalainen, O. 2018. Ilma-alus kohteen mukaan. Helsinki: Maanmittauslaitos. Positio 1/2018.

HP 2018. Desktops – Workstations. Z420 Workstation. Viitattu 12.7.2018 <http://www8.hp.com/ca/en/campaigns/workstations/z420.html>.

HRI 2018. Helsinki Region Infoshare. Helsingin kaupunkiympäristön toimiala – Helsingin kantakartta. Viitattu 14.7.2018 <https://hri.fi/data/dataset/helsingin-kantakartta>.

Ilmailulaki 7.11.2014/864. Viitattu 1.8.2018 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140864?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ilmailulaki>.

Ilmailusää 2017. Helsinki: Ilmatieteen laitos. Viitattu 25.06.2017 [https://ilmailusaa.fi/#flash\\_checkbox=checked#id=radar#top=0#map=finland#level=1000ft](https://ilmailusaa.fi/#flash_checkbox=checked#id=radar#top=0#map=finland#level=1000ft).

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Viitattu 23.4.2018 <https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTlKOWUtNTQzMdIwZTI3NDVm/view>.

Karpowicz, J. 2016. Figuring Out Aerial Surveying with a Drone Instead of Arguing About Photogrammetry vs LiDAR. Commercial UAV News 23.8.2016. Viitattu 23.4.2018 <https://www.expouav.com/news/latest/figuring-aerial-surveying-drone-instead-arguing-photogrammetry-vs-lidar/>.

Kaupunginvaltuusto 20.2.2017. Rovaniemen kaupunginvaltuuston kokous 20.2.2017. Viitattu 14.7.2017 [http://rovaniemi.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Kaupunginvaltuusto/Kokous\\_2022017](http://rovaniemi.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Kaupunginvaltuusto/Kokous_2022017).

Kotus 2018a. Kotimaisten kielten keskus. Merkit, numerot ja lyhenteet – Erikoismerkit. Viitattu 26.4.2018 <http://www.kielitoimistonohjepankki.fi/ohje/9>.

- 2018b. Kotimaisten kielten keskus. Kielitoimiston sanakirja. Viitattu 20.6.2018 <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi>.

Kouvola 2018. Kouvolan kaupunki. Asuminen ja ympäristö – Kantakartta. Viitattu 25.6.2018 <https://www.kouvola.fi/index/asuminenjaymparisto/kartatjapaikkatietopalvelut/karttatuotteet/kantakartta.html>.

Laurila, P. 2008. Kaukokartoituksen perusteet. RAMK: Maanmittaustekniikan koulutusohjelman opintomateriaali.

Lehmus, J-P. 2018a. UAS:lla kerätyn fotogrammetrisen aineiston hyödyntäminen. Lapin mittauspäivät 2018 -esitysmateriaali.

- 2018b. Rovaniemen kaupungin mittaustryöjohtajan haastattelu 1.8.2018.

Liukkonen, O. 2015. Kuntien paikkatiedon polku kantakartasta 3D-kaupunkimalliin. Viitattu 25.6.2018 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201505132658>.

Lomake.fi 2018. Julkishallinnon sähköisen asioinnin lomakealusta. Trafi: Lentoturvallisuusilmoitus -ilmoitus onnettomuudesta, vakavasta vaaratilanteesta tai poikkeamasta. Viitattu 27.4.2018 [https://lomake.fi/a/ec/lomakepalvelu/fill/start?s=V3xaoEes0ehjTN3&\\_\\_lang=fi&\\_lang=fi&goto\\_fill\\_if\\_possible=YES&lomake\\_id=9310&recipient\\_id=21&return\\_url=https%3A%2F%2Fwww.trafi.fi%2Fmailu%2Fmiehittamaton\\_ilmailu%2Frpas\\_lentoturvallisuusilmoitus](https://lomake.fi/a/ec/lomakepalvelu/fill/start?s=V3xaoEes0ehjTN3&__lang=fi&_lang=fi&goto_fill_if_possible=YES&lomake_id=9310&recipient_id=21&return_url=https%3A%2F%2Fwww.trafi.fi%2Fmailu%2Fmiehittamaton_ilmailu%2Frpas_lentoturvallisuusilmoitus).

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Viitattu 1.8.2018 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%3%A4ytt%3%B6%20ja%20rakennuslaki>.

Miehittämättömän ilmailun toimintakäsikirja. Käsikirjamalli. Helsinki: Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Viitattu 30.05.2017 [https://www.trafi.fi/filebank/a/1467012201/ef4a8ea9a4533bbd6c1830fbc52f7/21956-Rpas\\_toimintakäsikirja\\_fi\\_.docx](https://www.trafi.fi/filebank/a/1467012201/ef4a8ea9a4533bbd6c1830fbc52f7/21956-Rpas_toimintakäsikirja_fi_.docx).

OED 2018. Oxford English Dictionary. Oxford: Oxford University Press. Viitattu 26.4.2018 <https://en.oxforddictionaries.com/>.

OPS M1-32. Määräys 23.12.2016. Helsinki: Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Viitattu 30.05.2017 [https://www.trafi.fi/filebank/a/1482415412/c34a1-bef37860a2559d61acf4fdebb3a/23514-OPS\\_M1-32\\_VALMIS\\_maarays\\_RPAS\\_fi.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1482415412/c34a1-bef37860a2559d61acf4fdebb3a/23514-OPS_M1-32_VALMIS_maarays_RPAS_fi.pdf).

Pix4D 2018. Products – Pix4Dmapper. Viitattu 9.7.2018 <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software/>.

Puolustusvoimat 2017. Ilmakuvauslupa. Viitattu 06.06.2017 <http://puolustusvoimat.fi/ilmakuvauslupa>.

RCAutot.fi 2018. LiPo-lataaminen. Viitattu 28.6.2018 <http://www.rcautot.fi/page/54/lipo-lataaminen>.

Rikoslaki 19.12.1889/39. Viitattu 1.8.2018 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1889/18890039001>.

RPAS-uutiskirje 1/2017. Uutiskirje 30.05.2017. Helsinki: Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Viitattu 31.05.2017 <http://trafi.mailpv.net/a/s/53568020-71d1266f5299549a835f0d475509e078/1887429>.

RPAS-uutiskirje 1/2018. Uutiskirje 31.1.2018. Helsinki: Trafi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Viitattu 28.6.2018 <http://trafi.mailpv.net/a/s/130650929-4ef5866ac41f974af2b4b88f248f2b5f/2327488>.

Terrasolid 2018. Products – TerraScan. Viitattu 9.7.2019 <http://www.terrasolid.com/products/terrascanpage.php>.

Tietosuojavaltuutettu 2018. Tietosuojavaltuutetun toimisto – Tietosuoja. Viitattu 9.8.2018 <https://tietosuoja.fi/tietosuoja>.

Tilastokeskus 2018. StatFin: Väestön ennakkoväkiluku kuukausittain sukupuolen mukaan alueittain 2018. Viitattu 26.4.2018 <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/>

pxweb/fi/StatFin/StatFin\_\_vrm\_\_vamu/ statfin\_vamuu\_pxt\_001.px/?  
rxid=6c2b3d86-5c9d-4be3-8fc3-6008576380c4.

Trafi 2018a. Ilmailu. Miehittämätön ilmailu. Viitattu 27.4.2018 [https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton\\_ilmailu](https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu)

- 2018b. Lausuntopyyntö: OPS M1-32, Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen. Annettu 20.3.2018. Viitattu 23.4.2018 [https://www.trafi.fi/trafi/ajankohtaista/6052/lausuntopyynto\\_ops\\_m1-32\\_kauko-ohjatun\\_ilma-aluksen\\_ja\\_lennokin\\_lennattaminen](https://www.trafi.fi/trafi/ajankohtaista/6052/lausuntopyynto_ops_m1-32_kauko-ohjatun_ilma-aluksen_ja_lennokin_lennattaminen).

UgCS 2018. UgCS Mission Planning Software. Viitattu 5.7.2018 <https://www.ugcs.com/>.

Valtioneuvoston asetus 930/2014. Valtioneuvoston asetus ilmailuilta rajoitetuista alueista 13.11.2014/930. Annettu Helsingissä 13.11.2014. Viitattu 01.06.2017 <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140930>.

Valtori 2018. Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus. Tietojärjestelmäpalvelut – Lomake.fi -palvelu. Viitattu 27.4.2018 <http://www.valtori.fi/palvelut/lomakefi>.

VideoDrone 2018. Tuotteet – GeoDrone. Viitattu 26.4.2018 <https://videodrone.fi/geodrone-x4/>.

Viestintävirasto 2017. Kauko-ohjatut kopterit (UAS/RPAS/Drone) – taajuudet ja lupa-asiat. Viitattu 01.06.2017 <https://www.viestintavirasto.fi/taajuudet/radioluvat/kauko-ohjatutkoopterit.html>.



LIITTEET

LIITE 1: Saatekirje

LIITE 2: Kyselylomake (osia 6)

Hei!

Olen suorittamassa kyselytutkimusta maanmittaustekniikan opinnäytetyötäni varten, ja olisin hyvin kiitollinen jos löytäisitte aikaa vastata kyselyyni. Kysely on lyhyt, n. 10 valintakysymystä, ja koskettaa sekä niitä kuntia joilla on käytössään kauko-ohjattu ilma-alus, että niitä joilla sellaista ei ole.

Opinnäytetyöni aihe on "kauko-ohjatut ilma-alukset kunnallisessa mittaustoi-messa" ja kyselyn kysymykset koskevat tätä aihetta. Jos ette mielestänne ole oikea henkilö vastaamaan näihin kysymyksiin, toivoisin että välittäisitte viestin sellaiselle joka on.

Vastausaikaa on 18.5.2018 asti, linkin kyselyyn löydätte viestin lopusta.

Terveisin,

Janne W. Matilainen

Maanmittaustekniikan insinööriopiskelija



## Kauko-ohjatut ilma-alukset kunnallisessa mittaustoimessa

Kyselyn tuloksia käytetään Lapin AMK:n maanmittaustekniikan koulutusohjelman opinnäytetyöhön.

Tähdellä (\*) merkityt kysymykset ovat pakollisia.

### 1. Onko kunnallanne käytössä kauko-ohjattuja ilma-aluksia (m. drone, UAV, lennokki, RPA jne.)? \*

- Kyllä
- Ei

Seuraava →



## Kauko-ohjatut ilma-alukset kunnallisessa mittaustoimessa

RPA = Remotely Piloted Aircraft

RPAS = Remotely Piloted Aircraft System

Tähdellä (\*) merkityt kysymykset ovat pakollisia.

### 2. Kuinka monta RPA-järjestelmää käytössänne on? \*

- 1
- 2
- 3 tai useampi

### 3. Minkä tyyppisiä RPA-laitteita käytössänne on? \*

- Kaukokartoitukseen tarkoitettu ammattilaitte (esim. GeoDrone X4L, Leica Aibot X6)
- "Commercial off-the-shelf" -laitte (esim. DJI Phantom, DJI Matrice)

### 4. Minkä rakenteen RPA-laitteita käytössänne on? \*

- Multiroottori
- Kiinteäsiipinen

### 5. Kuinka RPA-järjestelmä(t) on hankittu? \*

- Leasing/vuokraus
- Omistus

**6. Mitkä ovat RPAS:n käyttökohteet kunnassanne? \***

- Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen
- 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen
- Valvonta
- Suunnittelu
- Markkinointi ja viestintä
- Muu, mikä?

**7. Mitä käyttökohteita olette harkinneet tai suunnitelleet RPAS:ille?**

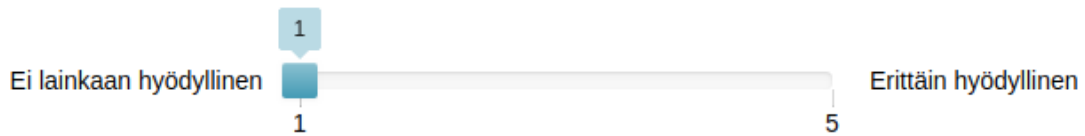
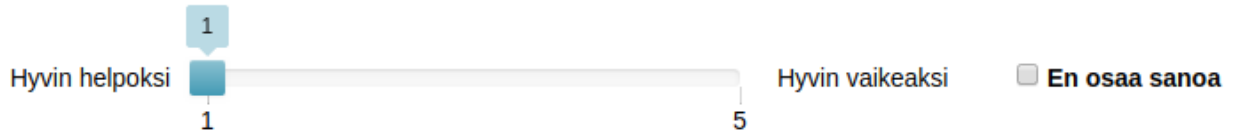
- Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen
- 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen
- Valvonta
- Suunnittelu
- Markkinointi ja viestintä
- Muu, mikä?

**8. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia teillä on käytössänne? \***

- Kamera
- LiDAR / laserkeilain
- Multi-/hyperspektrikamera
- Muu, mikä?

**9. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia olette harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne?**

- Kamera
- LiDAR / laserkeilain
- Multi-/hyperspektrikamera
- Muu, mikä?

**10. Kuinka hyödylliseksi koette RPA-järjestelmän työkäytössänne? \*****11. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä? \***[← Edellinen](#)[Seuraava →](#)

## Kauko-ohjatut ilma-alukset kunnallisessa mittaustoimessa

RPA = Remotely Piloted Aircraft

RPAS = Remotely Piloted Aircraft System

Tähdellä (\*) merkityt kysymykset ovat pakollisia.

### 12. Oletteko harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne kauko-ohjatun ilma-alusjärjestelmän (RPAS)? \*

- Kyllä
- Ei

### 13. Oletteko harkinneet tai hankkineet RPAS-mittauspalveluita ostopalveluna? \*

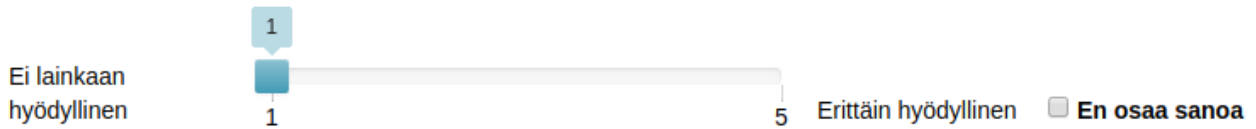
- Kyllä
- Ei

### 14. Mitä käyttökohteita olette harkinneet tai suunnitelleet RPAS:lle?

- Kanta-/pohjakartan ylläpito ja valmistaminen
- 3D-kaupunkimallin ylläpito ja valmistaminen
- Valvonta
- Suunnittelu
- Markkinointi ja viestintä
- Muu, mikä?

**15. Mitä sensoreita tai muita hyötykuormia olette harkinneet tai suunnitelleet hankkivanne?**

- Kamera
- LiDAR / laserkeilain
- Multi-/hyperspektrikamera
- Muu, mikä?

**16. Kuinka hyödylliseksi arvioisitte RPA-järjestelmän työkäytössänne? \*****17. Kuinka vaikeaksi arvioitte tiedon saatavuuden kauko-ohjattujen ilma-alusten työkäytöstä? \***