



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Kristoffer Siira

# UA-kuvauksen hyödyntäminen kaupunkirakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

30.04.2021

|   |   |
|---|---|
| Tekijä<br>Otsikko   | Kristoffer Siira<br>UA-kuvauksen hyödyntäminen kaupunkirakentamisessa |
| Sivumäärä<br>Aika   | 30 sivua<br>30.04.2021  |
| Tutkinto  | insinööri (AMK)   |
| Tutkinto-ohjelma  | maanmittaustekniikka  |
| Ohjaaja   | lehtori Ilkka Partonen  |
| <p>Tässä insinööriyössä tutkittiin UA-kuvauksen hyödyntämistä kaupunkirakentamisessa, sekä Euroopan unionin uuden UA-toimintaa säätelevän asetuksen vaikutuksia UA-toimintaan Suomessa. Kokemukset UA-kuvauksen hyödyntämisestä kaupunkirakentamisessa on hankittu työsuhteessa Destia Oy:n Hämeentien uudistushankkeessa Helsingissä.</p> <p>Työssä tutkittiin EU:n laajuisen UA-toimintaa koskevan asetuksen vaikutuksia Suomessa. Käyttäjien rekisteröinti- ja koulutusvaatimukset luovat pohjan turvalliselle UA-toiminnalle ja asetukseen liittyvä markkinalainsäädännön muutos lisää UA-laitteiden teknillisiä vaatimuksia. Toiminta kategorisoidaan eri luokkiin lentotoiminnan luonteesta ja käytetystä laitteistosta riippuen.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, että UA-kuvausta voidaan hyödyntää monipuolisesti kaupunkirakentamisessa. Fotogrammetrisesti tuotettuja pintamalleja voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi massanhallinnassa. UA-kuvausta voidaan lisäksi hyödyntää monipuolisesti mm. lähtötietojen hankinnassa, työn suunnittelussa, työn seurannassa ja viestinnässä. UA-kuvauksella tuotettu aineisto on saanut hyvän vastaanoton urakoitsijalta, sidosryhmiltä sekä muilta työmaata seuraavilta henkilöiltä. Ilmakuvausta hyödynnetään varmasti tulevaisuudessa monipuolisesti kaikissa rakennushankkeissa. Ilmakuvausaineiston käyttömahdollisuudet kasvavat jatkuvasti kehittyvän teknologian ansiosta.</p> |   |
| Avainsanat  | ilmakuvaus, kaupunkirakentaminen                                      |

|  |   |
|--|---|
| Author<br>Title  | Kristoffer Siira<br>Utilization of UA-photography in urban construction |
| Number of Pages<br>Date  | 30 pages<br>30.04.2021  |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Land Surveying  |
| Instructors  | Ilkka Partonen, Senior Lecturer   |
| <p>The aim of this bachelor's thesis was to study how to utilize Unmanned Aerial (UA) photography in urban construction, and study the effects of the new European Union regulation regulating UA activities in Finland. The effects of a new EU-wide regulation on UA activities in Finland were studied, as it set new requirements for the person flying the equipment, and the equipment used. Experience in utilizing UA photography in urban construction was gained in a major road renovation project in Helsinki.</p> <p>The study revealed that aerial photography can be utilized in a number of ways in urban construction. Photogrammetrically produced surface models can be used, for example, in mass control. In addition, aerial photography can be utilized, for example, in initial data acquisition, job planning, job monitoring and communications. The material produced by aerial photography was well received by all those working on the road renovation project and those who follow it. The results indicate that aerial photography will certainly be utilized in a variety of ways in all construction projects in the future as the possibilities offered by aerial photography are constantly growing due to the constantly evolving technology.</p> |   |
| Keywords   | aerial photography, urban construction                                  |

## Sisällys

### Lyhenteet

|       |   |  |
|-------|---|--|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | UA-laitteiden historiaa ja nykyhetki              | 2  |
| 2.1   | Historiaa   | 2  |
| 2.2   | UA-laitteet                                       | 4  |
| 3     | UA-kuvaus ja fotogrammetria                       | 6  |
| 3.1   | Fotogrammetria                                    | 6  |
| 3.2   | Ilmakuvaus ja prosessointi                        | 6  |
| 4     | Uusi lainsäädäntö                                 | 9  |
| 4.1   | EU-asetuksen soveltaminen Suomen lakiin           | 9  |
| 4.2   | EU:n asetuksen sisältö                            | 10   |
| 4.2.1 | Määritelmiä                                       | 11   |
| 4.2.2 | Rekisteröinti                                     | 11   |
| 4.2.3 | Koulutusvaatimukset                               | 11   |
| 4.2.4 | Avoin-kategoria                                   | 12   |
| 4.2.5 | Erytynen- ja Sertifioitu-kategoria                | <b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b> |
| 4.2.6 | Markkinalainsäädännön muutokset                   | 14   |
| 5     | UA-kuvauksen hyödyntäminen kaupunkirakentamisessa | 16   |
| 5.1   | Hämeentien uudistus                               | 16   |
| 5.2   | UA-laitteisto                                     | 17   |
| 5.3   | Ohjelmistot                                       | 18   |
| 5.3.1 | DJI Go  | 18   |
| 5.3.2 | Pix4Dcapture                                      | 19   |
| 5.3.3 | PTGui   | 20   |
| 5.3.4 | Agisoft Metashape                                 | 21   |
| 5.4   | UA-kuvaus   | 21   |
| 5.4.1 | Lähtötiedot                                       | 21   |
| 5.4.2 | Työn seuranta                                     | 22   |
| 5.4.3 | Työnsuunnittelu                                   | 23   |

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 5.4.4 | Massanhallinta           | 25 |
| 5.4.5 | Viestintä ja sidosryhmät | 26 |
| 6     | Yhteenveto               | 28 |
|       | Lähteet                  | 30 |

## Lyhenteet

|        |  |
|--------|--|
| UA     | Miehittämätön ilma-alus  |
| UAS    | Miehittämätön ilma-alus ja sen järjestelmät                                |
| Drooni | Yleisnimitys miehittämättömälle ilma-alukselle, englanniksi <i>drone</i>   |
| DEM    | Digitaalinen korkeusmalli  |
| DSM    | Digitaalinen pintamalli, joka kuvaa maastoa, kasvillisuutta ja rakennuksia |
| DTM    | Digitaalinen pintamalli, joka kuvaa pelkästään maastoa                     |
| VLOS   | Lento jatkuvalla näköyhteydellä UA-laitteeseen                             |
| BVLOS  | Lento ilman näköyhteyttä UA-laitteeseen                                    |

## 1 Johdanto

Alkujaan sotilaskäyttöön suunnitellut miehittämättömät ilma-alukset eli UA-alukset ovat tulleet 2010-luvulla laajasti siviili- ja ammattikäyttöön. Siviilikäyttöön suunnitellut kauko-ohjatut ilma-alukset ovat yleensä kiinteäsiipisiä UA-laitteita tai neljä-, kuusi- tai kahdeksanroottorisia multikoptereita. Kuluttajalle saatavilla olevat UA-laitteet ovat nykyään tarpeeksi pienikokoisia ja monipuolisesti varusteltavia sekä helposti hankittavissa. UA-laitteiden käyttömahdollisuuksien hyödyntämistä edistää jatkuva teknologiakehitys. Viime vuosien aikana on huomattu UA-kuvauksen käytön monipuoliset mahdollisuudet sekä hyödyt infra- ja rakennushankkeilla maanlaajuisesti. Ammatillinen UA-lentotoiminta tulee tulevaisuudessa olemaan kasvava erikoisosaamisen ala.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää UA-kuvauksen käyttömahdollisuuksia kaupunkirakentamisessa. Työssä esitellään ilmakuvausten erinäisiä käyttötarkoituksia ja metodeja, joita on käytetty Destian Hämeentien uudistus hankkeella. Suomessa on suhteellisen vähän tutkimustietoa saatavissa UA-kuvauksen käyttömahdollisuuksista kaupunkirakentamisessa. UA-laitteiden sekä UA-lentotoimintaa harrastavien määrä on kasvanut viime vuosikymmenen aikana jatkuvasti, ilman suurempia lainsäädännöllisiä muutoksia. Uusi Euroopan unionin asetus yhtenäistää UA-toiminnan säännöt koko Euroopan alueella. EU:n lentoturvallisuusviraston EASA:n (Europan Aviation Safety Agency) asetus 2019/947 tuli voimaan Suomessa 31.12.2020. Opinnäytetyössä tutkitaan, miten kyseiset lainsäädännön muutokset vaikuttavat tulevaisuudessa UA-toimintaan.

## 2 UA-laitteiden historiaa ja nykyhetki

Tässä luvussa käydään läpi miehittämättömien ilma-alusten historiaa ja niiden käyttöä nykypäivänä. Luvussa käydään myös läpi erilaisia UA-laitteita ja niiden ominaisuuksia.

### 2.1 Historiaa

Miehittämättömien ilma-alusten suunnittelu alkoi sotateollisuudessa 1900-luvun alkupuolella. Ensimmäisessä maailmansodassa USA:n armeija kehitti yhden ensimmäisistä radio-ohjattavista ilma-aluksista. Hewitt-Sperry Automatic Airplane kehitettiin syksyllä 1917, ja kyseessä oli periaatteessa radio-ohjattava lentävä pommi (kuva 1).



Kuva 1. Automaattinen Hewitt-Sperry lentokone vuonna 1918 [12.]

Ensimmäisen maailmansodan jälkeen alkoi lentokoneiden muokkaaminen miehittämättömiksi ilma-aluksiksi. Yksi näistä lentokoneista oli DH82B Queen Bee (kuva 2), minkä

uskotaan johtaneen sanan ”drone” (suomeksi kuhhuri eli miespuolinen mehiläinen) käyttöön miehittämättömistä ilma-aluksista.



Kuva 2. Winston Churchill ja DH82B Queen Bee [13.]

Toisen maailmansodan aikana tuotettiin melkein 15 000 miehittämätöntä Radioplane OQ-2 -ilma-alusta USA:n armeijalle. Radioplane OQ-2 oli maailman ensimmäinen massatuotettu miehittämätön ilma-alus. Vuodesta 1995 USA:n armeija on käyttänyt MQ-1 Predator droonia tiedustelu- ja sotakäytössä. Predator MQ-1 droonin siipiväli on jopa 15 m ja toimintamatka yli 1 100 km. [5.]

2000-luvulta lähtien siviili- ja harrastekäyttöön suunnitellut UA-laitteet ovat yleistyneet vauhdilla. Teknologiakehityksen myötä UA-laitteiden koot ovat pienentyneet, käyttömahdollisuudet ovat laajenneet ja hinnat ovat pysyneet kohtuullisina. UA-lennätys on jatkuvasti kasvava ala koko maailmassa. Suomessa on tällä hetkellä yli 3 000 rekisteröitynyttä lentotyötä tekevää toimijaa. UA-laitteita näillä rekisteröityneillä toimijoilla on yhteensä noin 4 000. Suomen Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on ennustanut Suomessa olevan noin 50 000 rekisteröimätöntä UA-harrastajaa. Ammattimaista UA-toimintaa harjoitetaan nykypäivänä mm. rakennusalalla, elokuvateollisuudessa, rajavalvonnassa ja pelastus- tai etsintätehtävissä. [10.]



## 2.2 UA-laitteet

UA-laitteet voidaan pääsääntöisesti jakaa kolmeen pääryhmään: multikopterit, kiinteäsiipiset lentokoneet ja VTOL-tekniikkaan perustuvat kiinteäsiipiset lentokoneet. Näillä erityyppisillä lennokeilla on erilaiset käyttöominaisuudet, ja sen vuoksi tulee tunnistaa omat käyttötarpeet laitetta hankkiessa.

Multikopteri (kuva 3) on yleisnimitys usealla roottorilla varustetuille koptereille. Yleisin käytetty multikopteri on quadrokopteri eli neliroottorinen multikopteri. Multikopterit eivät vaadi paljoa tilaa lentoonlähtöön tai laskeutumiseen. Multikopterin ohjaus on suhteellisen helppoa ja tarkkaa. Multikopteri ei vaadi ilmanopeutta pysyäksään ilmassa. Viistokuvaus on mahdollista multikoptereilla. Multikopterit sopivat hyvin kaikenlaisiin kohteisiin, myös kaupunkiympäristössä toimimiseen. Multikopterilla kuvattava alue ei kuitenkaan voi olla liian suuri, sillä multikopterin lentonopeus ja lentoaika on yleensä huonompi kuin esimerkiksi kiinteäsiipisellä lentolaitteella. Kova tuuli voi lyhentää lentoaikaa merkittävästi, sillä multikopteri kompensoi roottoreillaan tuulen puuskia pysyäkseen lentoradallaan. [6.]



Kuva 3. DJI Mavic Pro 2 -multikopteri [8.]

Kiinteäsiipinen UA-laite on enemmän tavallista lentokonetta muistuttava lennokki. Sen suuri lentonopeus mahdollistaa laajojen alueiden kartoitukset. Kiinteäsiipiset UA-laitteet ovat yleensä suhteellisen vakaita myös tuulisella säällä suuren lentonopeutensa vuoksi. Viistokuvausta ei ole yleensä mahdollista tehdä kiinteäsiipisellä UA-laitteella. Lentoonlähtöön ja laskeutumiseen vaaditaan paljon tilaa, mikä vaikeuttaa lennättämistä tiiviisti rakennetulla alueella. Lentoonlähtöön käytetään yleensä katapulttia, mikä vaikeuttaa järjestelmän liikuteltavuutta. [6.]

VTOL-tekniikkaa (Vertical TakeOff and Landing) käyttävät kiinteäsiipiset lentolaitteet (kuva 4) pystyvät nousta ja laskeutua multikopterin tavoin, mutta pystyvät kuitenkin lentämään kuten tavalliset kiinteäsiipiset UA-laitteet. VTOL-laitteiden potkurit tai siivet kääntyvät nousussa ja laskussa ylöspäin siten, että laitteella voi nousta ja laskeutua kuten multikopterilla. VTOL-tekniikka mahdollistaa lentotoiminnan myös alueilla, joissa ei perinteisellä kiinteäsiipisellä lentolaitteella olisi mahdollista nousta tai laskeutua. [6.]



Kuva 4. VTOL UA -laite Quantum Systems Trinity F90+

### 3 UA-kuvaus ja fotogrammetria

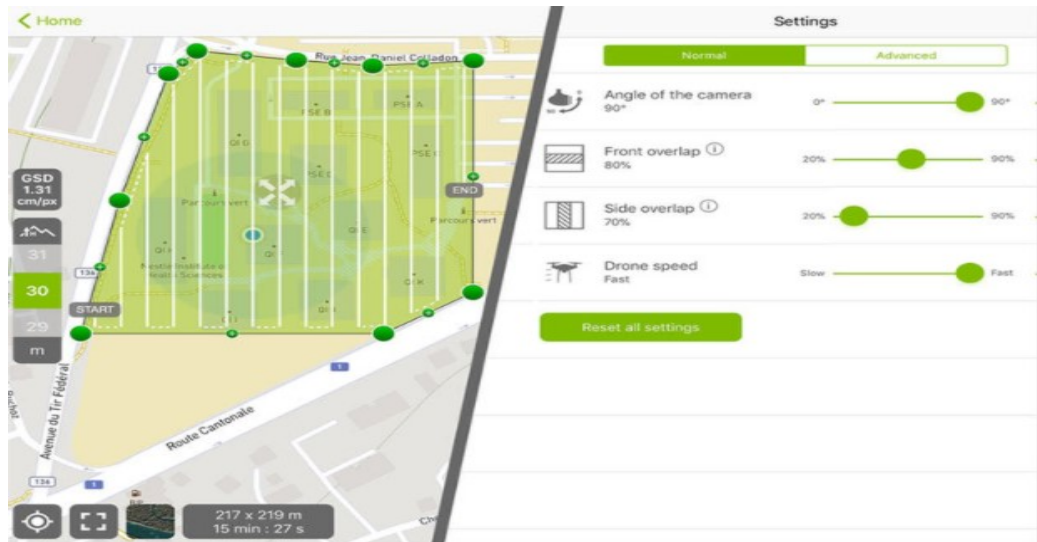
#### 3.1 Fotogrammetria

Fotogrammetria on maanmittausoppiin kuuluva menetelmä, jolla voidaan suorittaa kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla valokuvilla. UA-kuvauksesta prosessoidaan maastopisteille koordinaatit usealta kovalta tapahtuvan mittauksen avulla. Kuvien meta-tiedoissa tulee olla mukana kameroiden sijainti ja asentotiedot kuvanottohetkellä. Pisteiden sijainti lasketaan eteenpäinleikkauksella kahdesta tai useammasta kuvasta. Prosessointiohjelmistot perustuvat automaattiseen hahmontunnistukseen ja pistepilvien koordinaattien laskenta suoritetaan vastinpisteiden tunnistamisella viereisiltä kuvilta. Mitä useammalta kovalta voidaan tunnistaa samat vastinpisteet, sitä parempi lopputulos saadaan aikaiseksi. Tämän vuoksi kuvauksissa käytetään sivu- ja pituuspeittoa noin 60–85 prosenttia. [7.]

#### 3.2 Ilmakuvaus ja prosessointi

Ennen ilmakuvaus aloittamista on varmistettava, että edellytykset turvalliselle lento-toiminnalle on olemassa. Sivustolla [droneinfo.fi](http://droneinfo.fi) voi tarkastaa voimassa olevat lentokiel-toalueet. Ennen ilmakuvaus suorittamista on myös varmistettava, että maastossa ei ole esteistä UA-laitteelle, kuten mastoja tai voimajohtoja. Ilmakuvaus suorittamista varten signaloidaan tarkkuusmitatut pisteet maastoon, jotta prosessoitava aineisto saa-daan mahdollisimman tarkasti haluttuun koordinaatistoon. Signaalien sijainnit kartoite-taan yleensä GNSS-mittalaitteella tai takymetrillä.

Lentosuunnitelma tehdään älypuhelimella tai tabletilla siihen tarkoitettulla sovelluksella, esimerkiksi Pix4dcapture. Lentosovellukseen asetetaan tarvittavat parametrit, kuten len-tokorkeus, lentonopeus, sivu- ja pituuspeitto, viistokuvausaste ja kuvattava alue (kuva 5). Lennon aikana ei tarvitse itse ohjata UA-laitetta, sillä lento on yleensä autonominen.



Kuva 5. Pix4Dcapture-lentoparametrit.

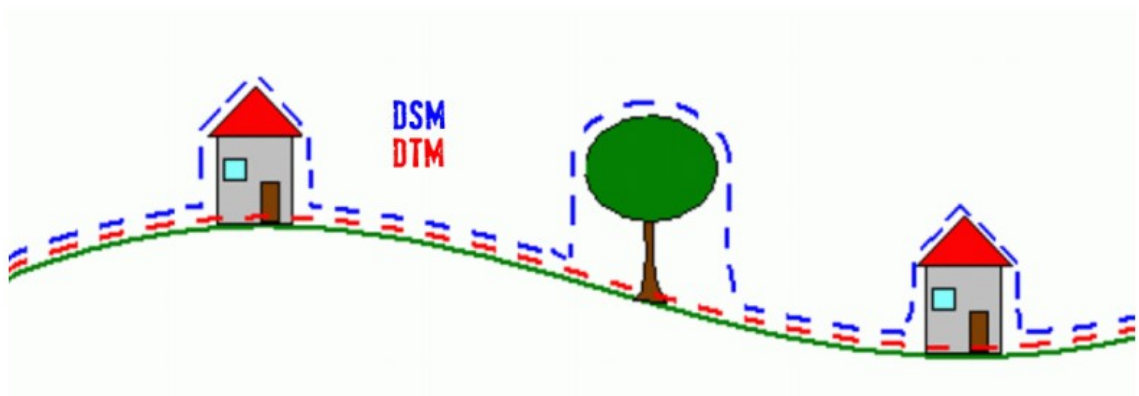
Kun ilmakekuvaus on suoritettu, siirretään kuvattu materiaali tietokoneelle ja aloitetaan kuvien prosessointi. Ilmakekuvauksaineiston prosessointiin tarkoitettuja ohjelmistoja on olemassa useita eri vaihtoehtoja, esimerkiksi Agisoft Metashape, Pix4Dbim tai AutoDesk ReCap Photo. Prosessointiohjelmistoilla voidaan tuottaa kuvasta kohteesta erilaisia tuotteita, kuten pistepilvi, korkeusmalli (DEM), kasvillisuuden ja muut rakenteet sisältävä pintamalli (DSM), maanpintaa kuvaava maastomalli (DTM) tai ortomosaiikki. [7.]

Ortomosaiikki (kuva 6), on monesta ilmakekuvasta koottu yhtenäinen kuva tietyltä alueelta. Riittävän suuret pituus- ja sivuttaispeitot mahdollistavat sen, että orto-oikaistuista ilmakekuvista käytetään ortomosaiikissa lähinnä kuvien keskiosaa, jossa maastovirhe on pienempi. Käytettäessä rakennusten kattomuotojen sisältämää korkeusmallia orto-oikaisun laskemisessa, saadaan lopputuloksena ns. tosiorto. Tällöin myös rakennukset on kuvattu suoraan ylhäältä päin, eikä rakennusten sivuja näy ollenkaan. [6.]



Kuva 6. Ortomosaiikki Helsingin Kyläsaassa sijaitsevasta varastoalueesta.

Pintamallien luonti alkaa prosessoimalla korkeusmallin (DEM). DEM-korkeusmallista puhutaan myös DSM- tai DTM-pintamallina, jotka ovat vektorimuotoisia kolmioituja pintamalleja. DSM-pintamalli sisältää maastomuotojen lisäksi kaikki maanpinnan yläpuolella olevat rakennukset ja kasvillisuuden. Jos alueella ei ole pintakasvillisuutta tai rakennuksia, saadaan suoraan tuotettua DTM-pintamalli. Jos alueella on paljon pintakasvillisuutta tai rakennuksia, voidaan ne suodattaa pois, jotta saadaan maastoa kuvaava DTM-pintamalli tuotettua. DSM-pintamallista ei saada tarkkaa tietoa maanpinnan tasosta siltä osin, kuin maanpinta on kasvuston tai rakennusten peittämä, toisin kuin DTM-maastomalli kuvaa itse maanpinnan tasoa (kuva 7). [7.]



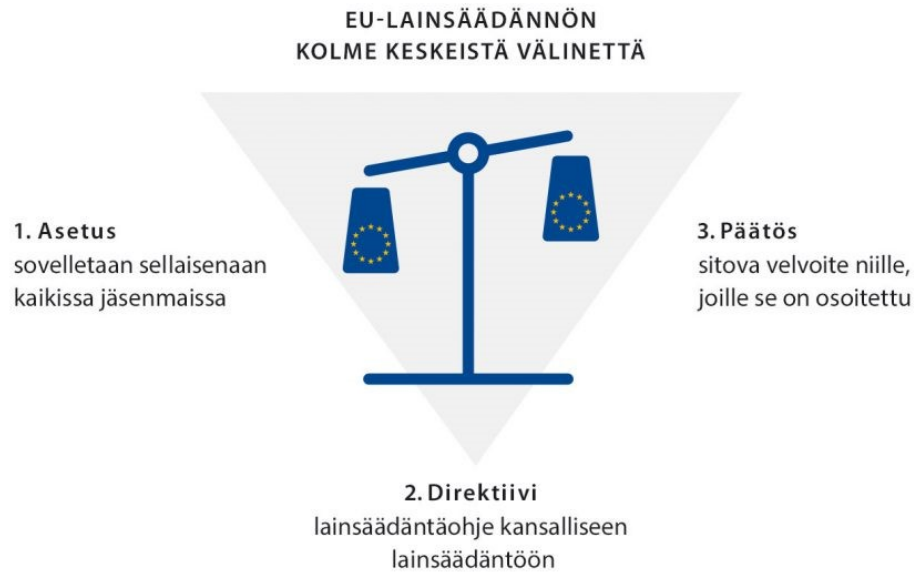
Kuva 7. DSM- ja DTM-pintamallit

## 4 Uusi lainsäädäntö

Seuraavassa alajaksossa käsitellään EU:n laajuisen asetuksen (2019/947) UA-toimintaa koskevan lainsäädännön muutosta. Uusi asetus yhtenäistää UA-lentotoiminnan säännöt Euroopassa. Asetus sisältää toiminnan kategorisoinnin, tiukemmat rekisteröintivaatimukset, kauko-ohjaajien koulutusvaatimukset, lupaprosessit vaativampaan toimintaan sekä markkinalainsäädännön myytävälle UA-laitteille.

### 4.1 EU-asetuksen soveltaminen Suomen lakiin

EU:n lainsäädännön kolme keskeistä välinettä ovat asetukset, päätökset ja direktiivit (kuva 8). Asetuksista ja päätöksistä tulee niiden voimaantulopäivänä automaattisesti sitovia koko EU:ssa. Direktiivit velvoittavat EU-maita saavuttamaan direktiiveissä säädetyt tavoitteet sekä saattamaan ne osaksi kansallista lainsäädäntöä. Komissio valvoo, että EU-lainsäädäntöä sovelletaan asianmukaisesti ja ajoissa, ja ryhtyy tarvittaessa toimiin, jos se havaitsee ongelmia. Suomessa EASA:n droneasetuksen täytäntöönpanosta on vastuussa liikenne- ja viestintävirasto Traficom. [2.]



Kuva 8. EU:n lainsäädännön kolme keskeistä välinettä.

#### 4.2 EU:n asetuksen sisältö

Koko EU:n alueen UA-toimintaa koskevaa asetusta alettiin soveltamaan 31.12.2020 lähtien. Uusi asetusta yhtenäistää UA-toimintaa koskevia säädöksiä koko EU:n alueella. Suomalaisille UA-lennättäjille uudistus tuo velvollisuuden rekisteröityä droonitoimijarekisteriin, kun aikaisemmin ilmoitusvelvollisuus on koskenut ainoastaan ammattilaisia. Rekisteröinnin ulkopuolelle jäävät ainoastaan ne UA-laitteiden käyttäjät, jotka lennättävät alle 250 g painoisia kamerattomia tai leluiksi määritellyjä droneja. Kaikkien, jotka osallistuvat UA-toimintaan yli 250 g painavalla UA-laitteella tai kameralla varustetulla UA-laitteella, tulee perehtyä lennättämistä koskeviin sääntöihin ja pääsääntöisesti suorittaa verkkoteoriakoe. UA-toiminta järjestetään myös eri kategorioihin, joille tulee erilaiset vaatimukset koulutuksen ja laitteiston suhteen. Kyseiset kategoriat ovat avoin, erityinen ja sertifioitu.

Uusi markkinalainsäädäntö tuo mukanaan UA-laitteille uusia teknillisiä vaatimuksia sekä uudet CE-merkinnät. Uudella markkinalainsäädännöllä pyritään turvaamaan ihmisten yksityisyydensuojaa ja lisäämään UA-laitteiden turvallisuutta. [1.]

#### 4.2.1 Määritelmiä

Uuden lainsäädännön mukaan määritelmä lennokki poistuu, ja tulevaisuudessa kaikki laitteet ovat UAS-järjestelmiä. UAS-järjestelmään (*Unmanned Aerial System*) sisältyvät kaikki miehittämättömän ilma-aluksen järjestelmät, kuten itse ilma-alus, ohjain ja lento-ohjelmisto. Jokaisella UAS:llä on operaattori sekä kauko-ohjaaja. Operaattorin tulee rekisteröityä dronitoimijarekisteriin, ja kauko-ohjaajan tulee suorittaa vaadittavat kurssit ja kokeet. Operaattori ja kauko-ohjaaja voi olla sama henkilö. [3.]

#### 4.2.2 Rekisteröinti

Rekisteröintivaatimukset laajenevat selkeästi verrattuna aikaisempaan. Aikaisemmin ilmoitusvelvollisuus on koskenut vain ammattilaisia. Uuden asetuksen mukaan rekisteröinnin ulkopuolelle jäävät ainoastaan ne lennättäjät, jotka lennättävät alle 250 grammaa painavaa kameratonta UA-laitetta. Rekisteröinnin yhteydessä saadaan UA-laitteelle rekisterinumero, joka tulee kiinnittää UA-laitteeseen esimerkiksi tarralla. Rekisterinumero tulee myös syöttää etätunnistusjärjestelmään. Erityinen- ja sertifioitu-luokassa tulee aina rekisteröityä. Rekisteröinti suoritetaan Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin internetsivuilla. Traficom pyrkii järjestämään helppokäyttöiset sähköiset palvelut rekisteröitymiseen. Rekisteröitymisestä peritään maksu, joka määräytyy sen mukaan, kuinka pitkäksi aikaa haluaa rekisteröityä. Yksi vuosi maksaa 30 euroa, kolme vuotta maksaa 75 euroa ja viisi vuotta maksaa 100 euroa. Samalla tulee mahdollisuus ilmoittautua tarpeellisiin verkkotentteihin. [3.]

#### 4.2.3 Koulutusvaatimukset

Kauko-ohjaajia vaaditaan suorittamaan teoriakokeita ja harjoittelemaan itsenäisesti käytännön lentämistä turvallisella alueella. Suoritetuista kokeista saa aina pätevyuden viideksi vuodeksi, jonka jälkeen kokeet tulee suorittaa uudestaan. Verkkoteoriakoe, joka vaaditaan avoimen luokan alaluokissa 1 ja 3, suoritetaan verkossa esimerkiksi omalla tietokoneella. Verkkoteoriakoe sisältää 40 monivalintakysymystä. Kun verkkoteoriakoe on läpäisty hyväksytysti, on kauko-ohjaajalla pätevyys toimia avoimen luokan kategorioissa A1/A3 viiden vuoden ajan. Viiden vuoden päästä on verkkoteoriakoe suoritettava uudestaan. [3; 10.]



Avoimen luokan alakategoriassa A2 suoritettava lisäteoriakoe suoritetaan valvotussa luokkahuoneessa. Ennen A2:n lisäteoriakokeeseen osallistumista tulee olla verkkoteoriakoe läpäistynä sekä omatoiminen käytännön lennätuskoulutus suoritettuna. Omatoimisella käytännön koulutuksella tarkoitetaan lentoharjoitusta alueella, jossa kauko-ohjaaja voi kohtuudella olettaa, ettei toimintaan osallistumattomille henkilöille aiheudu vaaraa miehittämättömän ilma-aluksen lennätysten aikana. Lisäteoriakoe koostuu 30 monivalintakysymyksestä, joiden tarkoituksena on arvioida kauko-ohjaajan tietämystä riskien lieventämisestä. Lisäteoriakokeesta saatava pätevyys toimia avoimen luokan A2 kategoriassa on voimassa viisi vuotta, minkä jälkeen lisäteoriakoe on suoritettava uudestaan. [10.]

#### 4.2.4 Avoin kategoria

Avoimessa kategoriassa ei vaadita toimintalupia viranomaiselta ennen lentoja. Toimijoiden tulee kuitenkin läpäistä teorialesti, rekisteröityä sekä käyttää CE-merkittyjä UA-laitteita. Avoimessa kategoriassa UA-laitteen maksimipaino voi olla 25 kg ja lentokorkeus maksimissaan 120 m maan pinnasta. Lentoja saa suorittaa ainoastaan VLOS (Visual Line Of Sight) lentoina, eli näköyhteys UA-laitteeseen tulee olla koko lennon ajan. Toiminta jaetaan vielä kolmeen alakategoriaan, jotka perustuvat UA-laitteen painon ja toiminta-alueen mukaan. Alakategoriat ovat A1, A2 ja A3. [3.]

A1-alakategoriassa UA-laitteen maksimipaino saa olla 900 g. Lentäminen on sallittua satunnaisten ihmisten, mutta ei ihmisjoukkojen yllä. UA-laitteen tulee olla CE-merkitty C0 tai C1. A1-alakategoriassa tulee suorittaa verkkotentti, jos UA-laite painaa yli 250 g.

A2-alakategoriassa UA-laitteen maksimipaino on 4 kg. Lennot ovat sallittu tiheästi asutuilla alueilla, kuitenkin turvallisella etäisyydellä ihmisistä. UA-laitteen tulee olla CE-merkitty C2. Kauko-ohjaajan tulee suorittaa verkkotentti sekä lisäteoriakoe.

A3-alakategoriassa UA-laitteen paino saa olla maksimissaan 25 kg. Lennot ovat sallittu vain harvaan asutuilla alueilla, kaukana ihmisistä. UA-laitteen tulee olla CE-merkitty C2, C3 tai C4. Kauko-ohjaajan tulee suorittaa verkkoteoriakoe.

| Avoim A1  | Avoim A2   | Avoim A3   |
|---|--|--|
| CE merkinnät: C0 ja C1  | CE merkinnät: C2   | CE merkinnät: C2, C3 ja C4   |
| Maksimipaino: 900 grammaa   | Maksimipaino: 4 kg   | Maksimipaino: 25 kg  |
| Lentäminen sallittu yksittäisten ihmisten yli, mutta ei ihmisjoukkojen päällä<br>UAS-ilmatilavyöhykkeet tulee huomioida | Lentäminen sallittu turvallisella etäisyydellä ihmisistä<br>UAS-ilmatilavyöhykkeet tulee huomioida | Lentäminen sallittu kaukana ihmisistä ja asutuksesta<br>UAS-ilmatilavyöhykkeet tulee huomioida |
| Koulutusvaatimus:   | Koulutusvaatimus:  | Koulutusvaatimus:  |
| Yli 250 gramman laitteen kauko-ohjaajan tulee olla suorittanut verkkotentti   | Verkkotentti ja valvottu lisäteoriakoe   | Verkkotentti   |

Kuva 9. Avoimen kategorian alakategoriat ja niiden rajoitukset siirtymäajan jälkeen.

Avoimen kategorian vaatimukset tulevat voimaan siirtymäajan 1.1.2023 jälkeen. Siirtymäajan aikana on mahdollista suorittaa lentotoimintaa vanhoilla laitteilla avoimessa kategoriassa tiukennetuilla rajoituksilla.

Alle 250 g:n painoista UA-laitetta saa käyttää avoimen A1-kategorian ehtojen mukaisesti myös siirtymäaikaisten jälkeen. Kauko-ohjaajan tulee tutustua laitteen käyttöohjeeseen, mutta verkkotentin suorittaminen ei ole välttämätöntä.

Alle 500 g:n painoista UA-laitetta saa käyttää avoimen A1-kategorian ehtojen mukaisesti 1.1.2023 asti. Kauko-ohjaajan tulee tutustua laitteen käyttöohjeeseen, mutta verkkotentin suorittaminen ei ole välttämätöntä.

Alle 2 kg:n painoista UA-laitetta saa käyttää vähintään 50 metrin vaakasuoralla etäisyydellä ihmisistä, kun on suorittanut verkkotentin lisäksi myös valvotun lisäteoriakokeen.

Alle 25 kg:n painoista UA-laitetta saa käyttää avoimen A3-kategorian ehtojen mukaisesti myös siirtymäaikaisten jälkeen. Kauko-ohjaajan tulee suorittaa verkkotentti. [4.]

#### 4.2.5 Kategoriat erityinen ja sertifioitu

Kategoriaan *erityinen* siirrytään heti, kun toiminta ylittää minkä vaan avoimen kategorian rajan. Erityinen-luokassa toimijan on haettava erillinen toimintalupa. Luvan voi saada joko EASA:n julkaiseman vakioskenaarion mukaisesti ilmoituksella tai hakemalla omalle toiminnalleen toimintaluvan Liikenne- ja viestintävirasto Traficomilta. Lupaa varten tarvitaan riskiarviointi toiminnasta. Esimerkkejä avoin-kategorian rajojen ylityksistä ovat, BVLOS-lennot, yli 25 kg:n painoinen UA-laite, lennot kaupunkialueella yli 4 kg:n UA-laitteella, lennot lähellä lentokenttää tai rajoitusaluetta, lennot korkeammalla kuin 120 m tai esineiden pudottaminen UA-laitteesta. Erityinen-kategoria on hyvin joustava ja kattaa suuren määrän vaativampia UA-operaatioita. Erityinen-kategoria on vielä tällä hetkellä hieman keskeneräinen. Pilottien koulutusvaatimuksista ei ole tehty lopullisia päätöksiä, eivätkä koulutusorganisaatioille esitetyt vaatimukset ole valmiina. Yhteiset lentokelpoisuusstandardit ja erityinen-kategorian hyväksyntäprosessit ovat vielä keskeneräisiä. Suomen Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien mukaan asiat tulevat selkeytymään vuoden 2021 aikana. [4.]

Kategoriaan *sertifioitu* liittyy kaikenlainen toiminta, jossa kuljetetaan ihmisiä, lennetään ihmisjoukkojen päällä yli 3 metrin kokoluokan UA-laitteella tai kuljetetaan vaarallisia aineita. Sertifioitu-kategoriaan liittyviä standardeja ei ole vielä julkaistu, joten sertifioitu-kategorian luvan saaminen ei ole käytännössä vielä mahdollista. [3; 10.]

#### 4.2.6 Markkinalainsäädännön muutokset

Uusi EU:n markkinalainsäädäntö määrittelee UAS-laitteille vaadittavia standardeja ja ominaisuuksia. Kaikkien EU:n alueella myytävien UAS-laitteiden tulee täyttää avoin-kategorian CE-merkintäluokkien vaatimukset 1.7.2022 mennessä. Uusia CE-merkintöjä tulee viisi: C0, C1, C2, C3 ja C4. UAS-laitteille asetetaan vaatimuksia mm. koskien massaa, nopeutta, elektroniikkaa, valaistusta, etätunnistus- ja geo awareness -järjestelmää. [3.]

Avoimen luokan CE-merkityt C1, C2, ja C3 UA-laitteet varustetaan geo awareness -järjestelmällä. Geo awareness -järjestelmä on GPS-paikannukseen perustuva järjestelmä, johon ladataan rajoitusalueita. Rajoitusalueet on jätetty kansallisesti määriteltäviksi. Rajoitusalueita ovat esimerkiksi lentoasemien suoja-alueet tai kaupungin keskustat.

Järjestelmä varoittaa kauko-ohjaajaa, kun UA-laite lähestyy rajoitusaluetta tai kun UA-laitteen navigointijärjestelmä ei voi enää taata geo awareness -järjestelmän toimintaa. [3.]

Kehitteillä oleva etätunnistusjärjestelmä tulee pakolliseksi kaikkiin UAS-järjestelmiin. Järjestelmä perustuu UA-laitteesta lähetettävään signaaliin, joka sisältää UA-laitteen ja operaattorin tunnistetietoja. Signaali lähetetään joko bluetooth- tai Wifi-tekniikkaa käyttäen. Etätunnistukseen voidaan käyttää normaalia älypuhelinia ja siihen kehitettyä sovellusta. UA-laitteen etätunnistusjärjestelmän lähettämässä signaalissa on mukana tiedot, kuten miehittämättömän ilma-alusjärjestelmän käyttäjän rekisteröintinumero, ilma-aluksen yksilöllinen sarjanumero, ilma-aluksen sijainti ja sen korkeus lähtöpaikasta, kulkusuunta mitattuna myötöpäivään tosipohjoisesta ja aluksen maanopeus sekä kauko-ohjaajan sijainti. Etätunnistusjärjestelmä helpottaa lentotoiminnan valvomista sekä epäilyttävästä toiminnasta ilmoittamista. Viranomaiset voivat puuttua laittomaan toimintaan välitetyt tiedon perusteella. [3; 10.]

Tulevaisuudessa vanhan markkinalainsäädännön mukaisia tai itserakennettuja UA-laitteita ei voida käyttää avoimen kategorian lentotoiminnassa sellaisenaan, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Jos UA-laite painaa alle 250 g, voidaan sillä toimia tiheästi asutulla alueella, kun säilytetään jatkuva näköyhteys UA-laitteeseen ja lentokorkeus on alle 120 m. Jos UA-laite painaa alle 25 kg, voidaan sillä lentää harvaan asutulla alueella, kun säilytetään jatkuva näköyhteys UA-laitteeseen sekä lentokorkeus on alle 120 m. Jos vanhoja tai itserakennettuja UA-laitteita halutaan käyttää tulevaisuudessa UA-toiminnassa, siirtyy toiminta erityinen-kategoriaan, edellä mainittuja poikkeuksia lukuun ottamatta. Vanhoille UA-laitteille saattaa tulevaisuudessa olla saatavilla päivityspaketteja, joilla laitteet saadaan vastaamaan tarvittavan CE-merkinnän kriteerejä. [3.]

## 5 UA-kuvauksen hyödyntäminen kaupunkirakentamisessa

Tässä luvussa esitellään UA-kuvauksen käyttömahdollisuuksia kaupunkirakentamisessa. Kokemukset UA-kuvauksen hyödyntämisestä on saatu työskentelemällä Destia Oy:n Hämeentien uudistusprojektissa Helsingissä. UA-kuvausta hyödynnetään jo useissa rakennushankkeissa, mutta tietoa tai tutkimusta UA-kuvauksen hyödyntämisestä kaupunkirakentamisessa ei ole saatavilla.

### 5.1 Hämeentien uudistus

Helsingissä keväällä 2019 aloitettiin Hämeentien uudistus, joka oli Helsingin historian suurin katuremontti. Hämeentie uudistettiin joukkoliikenteelle, jalankululle ja pyöräilylle tarkoitetuksi kaduksi. Peruskorjauksessa uusittiin myös raitiotiekiskot, kunnallistekniikka sekä muut kadun alla olevat putket ja kaapelit. Myös Sörnäisten metroaseman katon suojarakenteet kadun alta kunnostettiin. Työmaa (kuva 10) ulottui Siltasaarentieltä aina Junatien sillalle saakka, noin 1,3 km Hämeentietä. Myös muutama risteävä katu, kuten Viides linja, Haapaniemenkatu ja Vilhovuorenkatu remontoitiin. Hämeentien katutyömaalla oli mittavia vaikutuksia alueen liikenteeseen, sillä yksityisautojen läpiajoliikenne siirrettiin jo rakentamisen aluksi muille kaduille, varsinkin Sörnäisten rantatielle. Jatkossa kadulla ei ole enää henkilöautojen läpiajoliikennettä, vaan katu on tarkoitettu joukkoliikenteelle, jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Uudistuksen jälkeen Hämeentien varrella on hiljaisempaa autoliikenteen vähenemisen vuoksi sekä turvallisempaa jalankulkijoille ja pyöräilijöille.



Kuva 10. Hämeentien uudistuksen työmaa-alue

## 5.2 UA-laitteisto

UA-laitetta valittaessa tulee huomioida uuden lainsäädännön asettamat vaatimukset tiiviisti asutulla alueella käytettävälle UA-laitteelle. Uuden drooniasetuksen myötä lentotoiminnan harjoittaminen tiheästi asutulla alueella kuuluu avoin A2 -kategoriaan, silloin kun UA-laite painaa alle 4 kg. Kaupunkiympäristössä on suositeltavaa käyttää suhteellisen kevyttä multikopteria, joka ei vaadi esimerkiksi autoa kuljettaakseen kopteria ja laitteistoja mukana.

Hämeentien uudistusprojektiin valittiin UA-laitteeksi DJI Mavic Pro, koska haluttiin käyttöön kevyt ja helposti kuljetettava laite. DJI Mavic Pro on suhteellisen kevyt neliroottorinen multikopteri, joten se soveltuu hyvin tiiviillä kaupunkialueella lentotoiminnan suorittamiseen. DJI Mavic Pron lentoonlähtöpaino on 743 g. UA-laitteen pakkauksen mukana tuli kantolaukku, kolme kappaletta roottoripareja sekä akku. Lentoaika yhdellä akulla on noin 15 minuuttia. Lisä-akkuja jouduttiin ostamaan kolme kappaletta, jotta saatiin

tarpeeksi lentoaikaa kuvaustarpeisiin. DJI Mavic Pron käyttöympäristön lämpötilaksi suositellaan 0...+40 °C. Maksimi lentonopeus on 65 km/h.

Kamerana toimii DJI:n oma 12 megapikselin kamera, tallennus onnistuu sekä JPG- että DNG-kuvina. Automaattitarkenteisen kameran lähin tarkennusetäisyys on 50 cm. Kameran polttoväli on 28 mm, ja objektiivi on valovoimaltaan f/2.2. Kameran voi kääntää myös 90 astetta pystykuvia varten. Video tallentuu 4K:n tarkkuudella. Raakakuvien metatiedot sisältävät tietoja, kuten lentokorkeuden, kuvaussuunnan ja viistokuvauskulman. DJI Mavic Pron vakaaja on kolmiakselinen mekaaninen gimbaali, joten kamera ei tee elektronisesti kuvanvakautusta kuvanlaadun kustannuksella. [8.]

DJI Mavic Pron ohjaamiseen käytetään radio-ohjainta sekä siihen kiinnitettyä älypuhelin tai tablettia. Älypuhelimeen tai tablettiin tulee asentaa jokin lento-ohjelmisto mobiiliapplikaationa. DJI:n oman applikaation nimi on DJI Go.

### 5.3 Ohjelmistot

UA-kuvauksessa käytetyt applikaatiot ja ohjelmistot tulee valita käyttötarkoituksen mukaan. Lentoa ohjaavilla applikaatioilla on erilaisia ominaisuuksia, eikä kaikilla applikaatioilla ole mahdollista suorittaa samoja lento-operaatioita. Kuvausdatan prosessointiin on valittava tarkoituksenmukaiset ohjelmistot, joilla saadaan halutut materiaalit prosessoitua. Seuraavissa alajaksoissa käsitellään Hämeentien uudistushankkeessa käytettyjä ohjelmistoja kuvaamiseen sekä datan prosessointiin.

#### 5.3.1 DJI Go

DJI Go (kuva 11) on älypuhelimeen tai tablettiin asennettava DJI:n oma UA-laitteen lento-ohjelmisto. DJI Go on erityisesti DJI-laitteita varten suunniteltu sovellus. Sovellus toimii Android- tai IOS-käyttöjärjestelmällä toimivissa älypuhelimissa tai tableteissa. DJI Go on kehitetty käyttäjäystävälliseksi applikaatioksi, jolla on helppo suorittaa lentoja ja kuvauksia. Perusnäytön taustalla on suora videolinkki, josta kauko-ohjaaja näkee reaaliaikaista kuvaa UA-laitteen kamerasta. Näytön yläreunassa on muun muassa tietoja akkujen varauksesta, lentomoodista, kameran asetuksista sekä GPS-signaalin vahvuudesta. Näytön alareunassa on tietoja UA-laitteen sijainnista, nopeudesta, korkeudesta

sekä lentosuunnasta. Näytön oikealla reunalla on valikkoja, joista voidaan säätää UA-laitteen sekä kameran asetuksia. Kuvausmoodeja on erilaisia, kuten normaali valokuva, panoraamakuva, videokuva tai 360°:n sarjakuvaus. [11.]



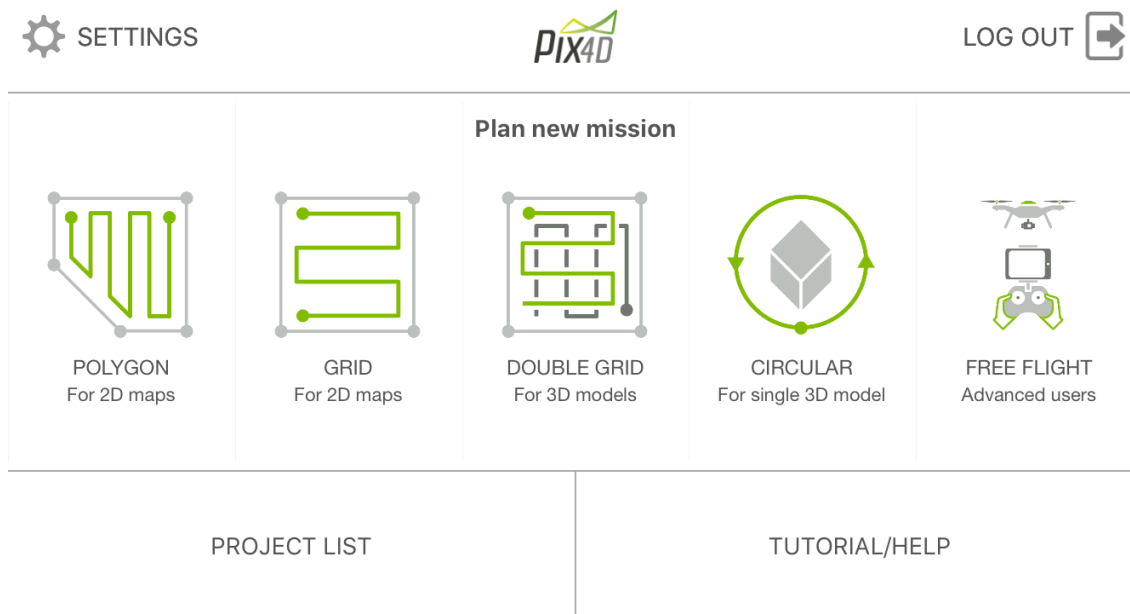
Kuva 11. DJI Go:n perusnäky

DJI Go applikaatiota on käytetty Hämeentien uudistushankkeessa UA-laitteen lennätukseen, kuvaamiseen sekä 360-kuvien lähtöaineiston kuvaamiseen. Sovellus on suunniteltu ensisijaisesti harrastuskäyttöön. Applikaatiota ei voi käyttää autonomisiin lentoihin, joten DJI Go:ta ei voida käyttää ainoana lentoapplikaationa työmaalla. DJI Go on omien kokemusteni perusteella käyttäjäystävällinen sekä selkeä sovellus.

### 5.3.2 Pix4Dcapture

Pix4Dcapture on ilmainen lento-ohjelmisto (kuva 12), joka on saatavilla Android- ja IOS-laitteille. Applikaatio soveltuu hyvin työmaan kuvauksiin. Sovelluksella voidaan tehdä autonomisia ruudukkomaisia lentoja, vaadituilla parametreilla, jotta voidaan prosessoida ilmakuvista haluttuja materiaaleja, kuten ortokuvia ja 3D-malleja. Lentosuunnitelmaa tehtäessä osoitetaan ensiksi lennettävä alue. Sen jälkeen syötetään haluttu lentokorkeus sekä pituus- ja sivuttaispeitto. Pix4Dcapture-ohjelmistolla näkee, miten parametrien muuttaminen vaikuttaa maastopikselin kokoon. Ohjelma on käyttäjäystävällinen ja selkeä.





Kuva 12. Pix4Dcapturen lentomoodit.

### 5.3.3 PTGui

PTGui on panoraamakuvien luonti- ja muokkausohjelma. PTGuilla voidaan nitaa yhteen monta kuvaa yhdeksi saumattomaksi panoraamakuvaksi. Hämeentien uudistushankkeessa PTGui:ta on käytetty 360°:n panoraamakuvien luontiin. UA-laitteella otettu 360°:n sarjakuvaus nidotaan yhteen yhdeksi 360°:n panoraamakuvaksi PTGui-sovelluksella. 360°-kuvat voidaan viedä eri sovelluksiin. Kyseisissä sovelluksissa voidaan katsoa ympäristöä 360° näkökentässä. 360°-panoraamakuvien luonti on nopeaa ja suoraviivaista PTGui-sovelluksella. PTGui on maksullinen sovellus, mutta kertamaksulla lisenssi on ikuisesti voimassa. Kertamaksu PTGui Prolle on 499 dollaria, ja sillä saa kolmelle käyttäjälle lisenssit.

#### 5.3.4 Agisoft Metashape

Agisoft Metashape on venäläisen Agisoft LLC:n kehittämä fotogrammetriseen prosessointiin erikoistunut sovellus. Ohjelmistosta on saatavilla Professional- ja Standard-versiot. Työmaa-käyttöön on hankittava Professional-versio, sillä Standard-versiossa ei ole vaadittavia fotogrammetrisen prosessoinnin mahdollisuuksia. Professional-versiolla voidaan luoda ilmakuvausaineistosta georeferoituja ortomosaiikkeja, pistepilviä, maasto- ja korkeusmalleja sekä tehdä massalaskentaa mallien pohjalta. Ilmakuvausaineiston prosessointi on mahdollista pöytäkoneella tai vaihtoehtoisesti Agisoftin pilvipalvelussa. Jos aineistoa prosessoidaan pöytäkoneella, tulee tietokoneen olla tarpeeksi tehokas, sillä aineiston prosessointi on tietokoneelle varsin raskasta.

Agisoft Metashape -ohjelman käyttö vaatii käyttäjältä ohjelman tuntemusta. Agisoftin verkkosivuilla on kuitenkin hyvät ohjeet, joita seuraamalla aloitteleva käyttäjä pystyy myös käyttämään ohjelmistoa. Agisoft Metashape Professional -ohjelman lisenssi ostetaan kertamaksulla, minkä jälkeen ohjelma on aina käytettävissä. Kertamaksun hinta on 3 499 dollaria. Hinta on varsin kallis, mutta työmaalla saatava hyöty fotogrammetrisen aineiston käytöstä on kuitenkin suuri.

#### 5.4 UA-kuvaus

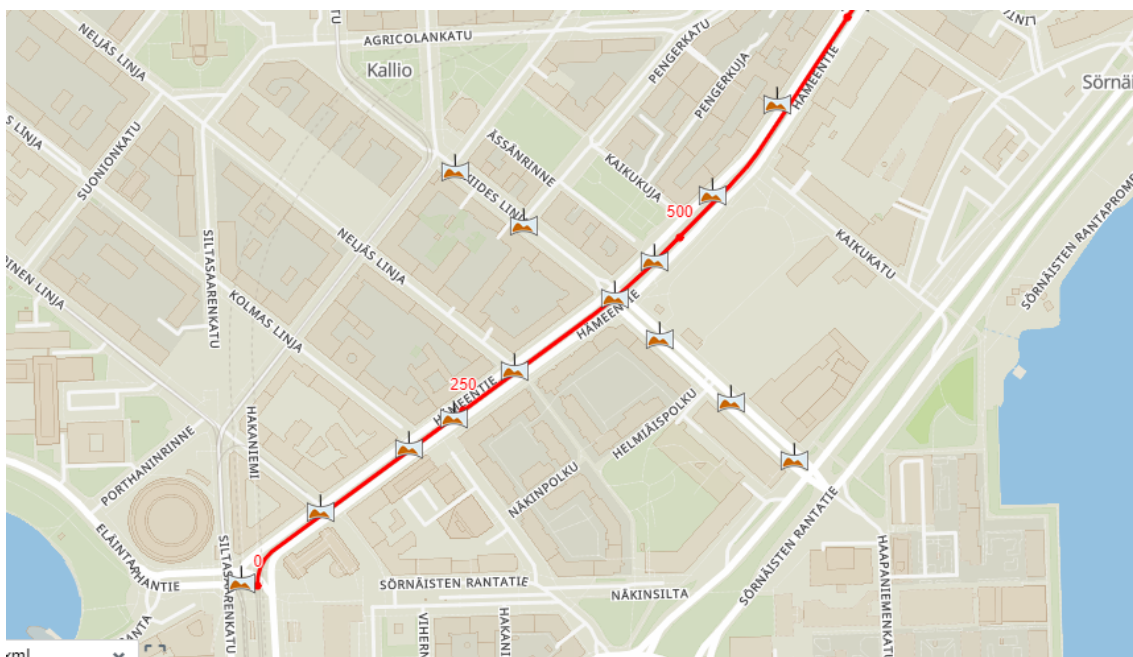
Seuraavissa alajaksoissa esitellään UA-kuvauksen hyödyntämistä kaupunkirakentamisessa. Kokemukset UA-kuvauksesta on hankittu Hämeentien uudistushankkeessa.

##### 5.4.1 Lähtötiedot

Ennen rakennushankkeen aloitusta voidaan UA-kuvausta käyttää lähtötietoaineiston keräämiseen. Suunnitelma-alue kuvataan kokonaisuudessaan ja luodaan alueesta ortokuva sekä maastomalli. Ortokuvaa voidaan hyödyntää suunnittelualueen lähtötietojen dokumentoimiseen, kuten maaperän laatu tai olemassa olevat rakenteet. Pistepilvestä tuotettua maastomallia voidaan käyttää 3D-mallintamisen lähtötietoaineiston pohjana. [9.]

## 5.4.2 Työn seuranta

Valokuvia käytetään paljon työmailla työvaiheiden dokumentointiin, ja niistä on usein jälkikäteen paljon hyötyä. UA-kuvauksella saadaan kuitenkin yhdestä kuvasta paljon enemmän informaatiota ulos. Työmaalla käytetyistä 360°:n ilmakuvista on helppo hahmottaa työmaan tietyn alueen tilanne kyseiseltä ajanjaksolta. 360°-ilmakuvien on todettu olevan hyvä apuväline työkohteiden havainnollistamiseen.



Kuva 13. Georeferoidut 360° ilmakuvat tiedonhallintasovelluksen karttapohjalla.

Hämeentien työmaalla on käytetty UA-laitteella otettuja 360°:n ilmakuvia työmaan seurantaan helpottamaan. Vähintään kerran viikossa koko työmaa-alue kuvataan läpi ja georeferoidut 360°:n ilmakuvat ladataan tiedonhallintasovellukseen (kuva 13). Valokuvia otetaan alle 100 metrin välein, jotta saadaan koko työmaa dokumentoitua, ilman että jää katvealueita kuvien väliin. 360°:n ilmakuvat pyritään ottamaan aina samoilta paikoilta, jotta vertailu eri aikoina otettujen kuvien välillä olisi mahdollisimman helppoa.

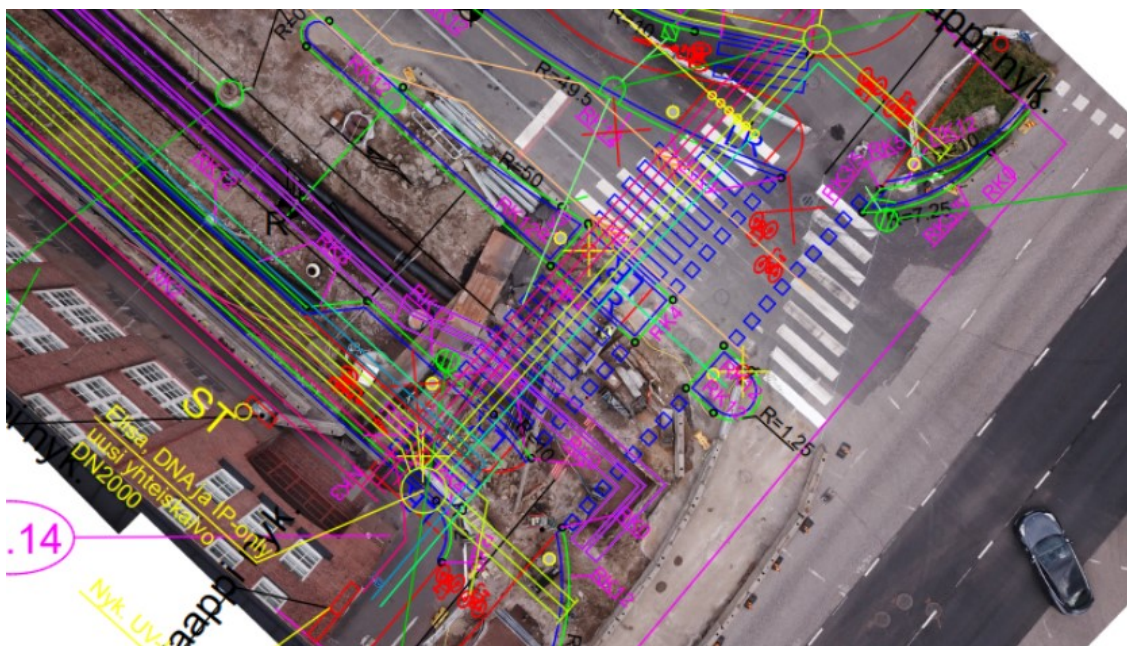
Kaikki projektinhallintasovelluksen käyttöoikeuden omaavat henkilöt voivat seurata työmaan edistymistä viikoittain 360°:n ilmakuvilta. 360°:n panoraamakuvat ovat olleet suosittuja niin työnjohdon, viestinnän kuin muidenkin työmaan edistystä seuraavien henkilöiden kesken. Kuvasarjassa 14 on esitetty heinä-lokakuun 360°:n ilmakuvat.



Kuva 14. Työmaan edistys 360°:n ilmakuvina kuukausittain. Heinäkuu – lokakuu.

#### 5.4.3 Työn suunnittelu

Työn suunnittelulle on lähtökohtaisesti aina oltava tarvittavat lähtötiedot, kuten toteutus-suunnitelmat, alueen ajantasainen tilanne sekä jo tehdyt työvaiheet. Ilmakuvista voidaan helposti havainnollistaa työkohteen tämänhetkinen tilanne. Koordinaatistossa oleviin ortokuviin voidaan lisätä rakennussuunnitelmat nykytilannekuvien päälle (kuva 15). Näin voidaan helposti havainnollistaa suunnitelmia maastoon.



Kuva 15. Kadun rakennussuunnitelma suojausputkisuunnitelma ortokuvan päällä.

Kun perehdytetään työntekijöitä uuteen työvaiheeseen, on ilmakuvien käyttö hyvä apuväline havainnollistamaan työmaan tilannetta ja toteutussuunnitelmaa. Ilmakuvilta on helppo hahmottaa suunnitelmien kokonaiskuvaa sovitettuna työmaan nykytilanteeseen. Uudelle työntekijälle tehtävässä työmaaperehdytyksessä käydään läpi työmaan nykytilanne sekä työmaan eri osa-alueet. Ilmakuvien käyttö työmaaperehdytyksessä auttaa uutta työntekijää hahmottamaan työmaan nykytilanteen paremmin sekä antaa paremman kokonaiskuvan työmaasta.

Liikennejärjestelyjä suunniteltaessa voidaan käyttää ilmakuvavälineistöä hyödyksi. Ortokuvalle toteutettu liikennejärjestelysuunnitelma on havainnollisempi kuin perinteisesti asemapiirustuksen päälle laadittu liikennejärjestelysuunnitelma. Asemapiirustus ei yleensä kuvaa liikennejärjestelymuutoksen lähtötilannetta ajantasaisesti, joten ortokuvan päälle laadittu liikennejärjestelysuunnitelma on lähtökohtaisesti paremmin havainnollistava.

#### 5.4.4 Massanhallinta

Massanhallinnan luotettavuus on tärkeä osa jokaisen infrahankkeen onnistumisen kannalta. Kuormakirjojen ja kuorma-autonkuljettajien oman kirjanpidon seuraaminen maa-aineskuormista on työnjohtoa kuormittava ja virhealtis tapa seurata ja arvioida massojen määrää. Varastoalueella tai työmaalla sijaitsevien suurien maa-ainekasojen kartoittaminen ja massanlaskenta on perinteisin mittausmenetelmin, kuten takymetri- tai GNSS-mittauksin, hyvin työlästä. Tätäkin prosessia voidaan nopeuttaa ja poistaa fyysisen työsuorituksen riskit kokonaan UA-kuvauksen avulla. Massanhallinta on kehittynyt mallipohjaisen suunnittelun ja tuotannon käytön myötä digitaalisempaan suuntaan.

Kun mallipohjaisessa tuotannossa käytetään koneohjausta maaleikkausten ja täyttöjen tekemisessä, voidaan laskea tarkalleen, montako kuutiota maa-ainesta on mennyt leikkauksiin ja täyttöihin. Tämä kuitenkin edellyttää ajantasaista lähtötietomallia, jotta voidaan yhdistää esimerkiksi suunnitellun maaleikkauksen pintamalli maanpinnan tämänhetkiseen muotoon. UA-kuvauksella saadaan helposti prosessoitua pintamalleja, joita voidaan käyttää hyväksi massojen laskentaan ja seurantaan.

Maa-ainekasojen kartoittaminen ja massojen seuraaminen on UA-kuvauksella erittäin kätevää. Perinteisin mittausmenetelmin laajojen alueiden kartoitus kestää huomattavasti pidempään. Maa-aines- tai murskekasojen perinteiseen kartoittamiseen sisältyy aina loukkaantumisen riski, kun joutuu itse kiipeilemään ja mittaamaan jokaisen hajapisteen pintamallia varten. UA-kuvaus kuitenkin mahdollistaa sen, että yhdellä noin 15 minuuttia kestäväällä kuvauksella pystytään kartoittamaan samansuuruinen alue, kuin perinteisin mittausmenetelmin toteutettaisiin puolessa päivässä. Ilmakuvausaineiston prosessointi on hitaampaa kuin perinteisen kartoitustiedoston läpikäynti ja maastomallin luominen, mutta suuren alueen kartoittaminen ja mallinnus on kuitenkin nopeampaa UA-kuvauksen avulla.

#### 5.4.5 Viestintä ja sidosryhmät

Kaupunkirakentamisessa työmaan vaikutukset kohdistuvat etenkin työmaa-alueella asuviin sekä työmaa-alueen läpi liikkuviin ihmisiin. Viestintä ja tiedotus työvaiheista ja remontin etenemisestä on ensiarvoisen tärkeää alueen asukkaille, ja sen vuoksi Hämeen tien urakalla on panostettu laadukkaaseen viestintään. Ilmakuvausaineistoa on käytetty viestinnässä hyväksi muun muassa sosiaalisen median palveluissa tiedotettaessa työmaan etenemisestä ja liikennemuutoksista.

Ilmakuvausaineistoa voidaan käyttää laadukkaan viestinnän tukena. Tiedotettaessa esimerkiksi muuttuvista liikennejärjestelyistä tai muista työmaa-alueen vaikutuksista voidaan ilmakuvausaineistoa käyttää hyväksi havainnollistamaan esitettävää asiaa.

Työmaalla järjestetään viikoittain kokouksia, joissa osallistujina voi olla eri osapuolia, kuten tilaajan edustajat, suunnittelijat, työntekijät tai aliurakoitsijat. Kokouksien aihe liittyy yleensä työmaahan ja urakkaan, joten ilmakuvausaineiston käyttö työkohteiden ja työmaan tilanteen havainnollistamiseksi on todettu toimivaksi.



### Hämeentien uudistus

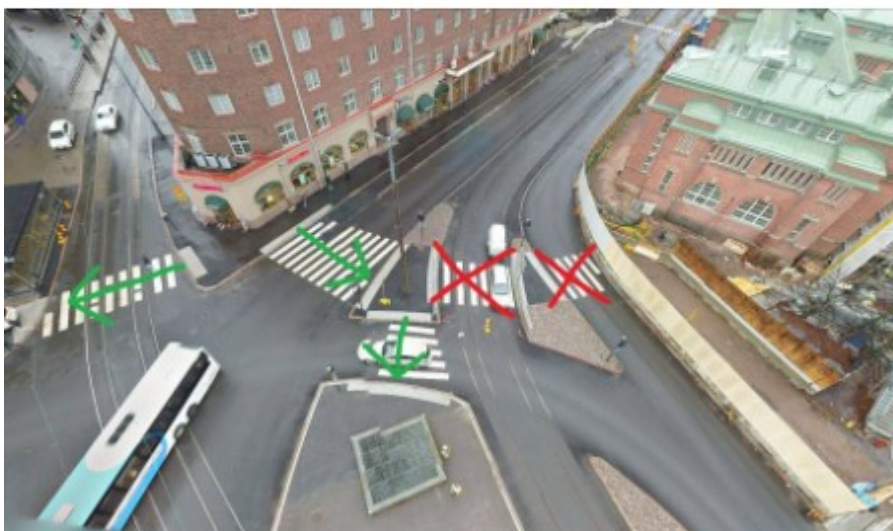
3. joulukuuta 2020 · 🌐



TIEDOTE - Liikennevalot käytössä Hakaniemessä

Hämeentien ja Siltasaarenkadun risteykseen ollaan tänään saatu suojateiden liikennevalot ja niiden ääniohjaukset käyttöön.

Huomioi, että Hesburgerin edustalta olevalta liikenteenjakaajasaarekkeelta kulkeva suojatie, kohti vanhaa kauppahallia, on poissa käytöstä vaikka tällä hetkellä liikennevalot ja ääniohjaus ovat virheellisesti myös tässä kohtaa käytössä.... Näytä lisää



👍❤️ 86

12 kommenttia 2 jakoa

Kuva 16. Tiedote Facebook-ryhmässä Hämeentien uudistus

UA-laitteella otetuista 360°:n ilmakuvista otetut näytönkaappaukset ovat saaneet myös viestintää seuraavilta kansalaisilta positiivista vastaanottoa. Ilmakuvista saavat asukkaat sekä muut työmaan etenemistä seuraavat henkilöt ajantasaista kuvaa työmaan tilanteesta sekä työmaan etenemisestä (kuva 16).



## 6 Yhteenveto

UA-laitteiden ja niiden käyttäjien määrä on kasvanut todella paljon viime 10 vuoden aikana, eikä lainsäädäntö ole muuttunut huomioimaan lisääntyneen toiminnan riskejä. Uuden EASA:n asetuksen myötä UA-toiminnasta tulee paljon valvotumpaa ja säädellympää. Asetuksen tarkoituksena on yhtenäistää UA-toiminnan säännöt koko Euroopan unionin alueella.

Kouluttautumisvaatimukset luovat pohjan turvalliselle lentotyöskentelylle tulevaisuudessa. Kaikkien toimijoiden, jotka lennättävät kameralla varustettuja tai yli 250 g:n UA-laitteita tulee käydä vähintään verkkokurssi sekä teoriakoe toimiakseen avoin-kategorian alakategorioissa A1 tai A3. Mikäli UA-toimintaa suoritetaan tiivistä rakennetussa ympäristössä, tulee verkkoteoriakokeen lisäksi suorittaa lisäteoriakoe alakategoriassa A2. Jos toiminta ja UA-laitteen ominaisuudet eivät sovi avoin-kategoriaan, siirtyy toiminta erityinen- tai sertifioitu-kategoriaan. Toiminnan kategorisointi tuo selkeyttä säädösten tulkitsemiseen ja noudattamiseen.

Markkinalainsäädännön muutoksella vaikutetaan UA-laitteiden turvallisuuteen. Etätunnistusteknologian avulla on helppo selvittää, millä laitteella, missä ja miten lentotoimintaa harrastetaan. Koska kaikki operaattorit ja kauko-ohjaajat ovat velvollisia rekisteröitymään Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien droonitoimijarekisteriin, on viranomaisilla tiedossa, kuka tai mikä taho vastaa lennättämisestä ja missä lentotoimintaa suoritetaan. Rekisteröinti helpottaa myös viranomaisia tunnistamaan laillisesti toimintaa harrastavia toimijoita. Etätunnistusjärjestelmän avulla saadaan viranomaisille helposti tietoa laittomasta lentotoiminnasta ja pystytään tunnistamaan UA-laitteesta vastaava henkilö. Tieto siitä, että UA-laitteen tiedot ovat luettavissa etänä ja laitteen omistajan tiedot ovat helposti saatavilla, auttaa myös ennaltaehkäisemään UA-toiminnan väärinkäytöksiä.

Uuden markkinalainsäädännön muutos vaikuttaa itserakennettujen ja vanhan markkinalainsäädännön mukaisiin UA-laitteiden käyttöihin tulevaisuudessa. Siirtymäajan jälkeen vanhoilla laitteilla ei voi toimia enää avoimessa kategoriassa puuttuvien CE-merkintöjen vuoksi. Rajoitusten vuoksi toimijalla on vaihtoehtoina joko ostaa uusi CE-hyväksytty UA-laitte tai siirtää toiminta erityinen-kategoriaan. Halvempi vaihtoehto on varmasti siirtää toiminta erityinen-kategoriaan, mutta se vaatii toimijalta enemmän hakemuksia ja selvityksiä toiminnasta kuin uuden UA-laitteen hankkiminen.

Kaupunkimaisessa ympäristössä lentotoiminnan harjoittaminen vaatii suurta tarkkaavaisuutta ja varmuutta UA-laitteen käytössä. Kauko-ohjaajalla on oltava hyvä tilannetietoisuus, mikä tarkoittaa, että on hallittava hyvin koko lentotilanne ja ymmärrettävä, mitä tapahtuu ja mitkä kaikki asiat voivat vaikuttaa lentoon, kuten toiset kauko-ohjaajat, sääolot tai ilma-aluksen rajoitukset.

Uusi lainsäädäntö tuo velvollisuuksia ja valvontaa UA-toimintaan, mikä on tulevaisuudessa varmasti turvallisuutta edistävä tekijä. Lainsäädännön puolesta kaupunkiympäristössä toimiminen vaatii kauko-ohjaajalta sekä verkkoteoriakokeen että valvotun lisäteoriakokeen suorittamista. UA-laite ei saa painaa yli 4 kg, jos toimitaan avoimen luokan alaluokassa A2. Kaupunkirakennushankkeella on sekä turvallisuuden että käytettävyyden kannalta hyvä hankkia suhteellisen kevyt ja kompakti UA-laite mahdollisimman hyvällä kameralla varustettuna. Nykypäivänä on saatavilla kompakteja, mutta kuitenkin hyvillä lento- ja kuvausominaisuuksilla varustettuja UA-laitteita.

UA-kuvausta tullaan varmasti tulevaisuudessa hyödyntämään kaupunkirakentamisessa. Ilmakuva-aineistoa voidaan käyttää monipuolisesti hyödyksi kaupunkirakennushankkeen kaikilla osa-alueilla. Ilmakuvausaineistoa voidaan käyttää hyödyksi jo kaupunkirakennushankkeen suunnitteluvaiheessa lähtötietojen keräämiseen. Rakennusvaiheen aikana ilmakuvausaineistoa voidaan hyödyntää monipuolisesti. Erityisesti ilmakuvausaineistoa kannattaa käyttää työn seuraamiseen ja dokumentointiin sekä työnsuunnittelun ja viestinnän tukena. Massojen seuraamiseen ja laskemiseen voidaan käyttää UA-kuvausta hyödyksi perinteisten mittausmenetelmien lisäksi. Suurten alueiden nopea kuvaus ja pintamallinnus on ehdottomasti hyödyksi rakennushankkeilla, joissa massanhallinnalla on suuri merkitys.

Ilmakuvausaineisto on saanut hyvää vastaanottoa niin työmaan johdon, tilaajan, sidosryhmien kuin myös kentällä työskentelevien työntekijöiden puolelta. Teknologia kehittyi jatkuvasti ja UA-kuvauksen uusia käyttömahdollisuuksia ja sovelluksia on jatkuvasti kehitteillä. Tulevaisuudessa UA-kuvausta käytetään varmasti monipuolisesti hyväksi rakennushankkeiden kaikilla osa-alueilla.

## Lähteet

- 1 Uusi dronelaki voimaan vuodenvaihteessa - mikä muuttuu. 2020. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-dronelaki-voimaan-vuodenvaihteessa-mika-muuttuu> Luettu 14.1.2021
- 2 EU-lainsäädäntö ja sen soveltaminen. Verkkoaineisto. Euroopan Unioni. [https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/applying-eu-law\\_fi](https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/applying-eu-law_fi) Luettu 14.1.2021
- 3 Drone-info webinääri. 2020. Verkkoaineisto. Traficom. <https://traficom.videosync.fi/drone-info?seek=516> Katsottu 15.1.2021
- 4 EU:n dronesäännöt. 2020. Verkkoaineisto. Droneinfo. <https://www.droneinfo.fi/fi/eun-dronesaannot> Luettu 18.1.2020
- 5 Custers, Bart. 2016. Drones Here, There and Everywhere. Verkkoaineisto. Researchgate. [https://www.researchgate.net/profile/Bart\\_Custers3/publication/309182360\\_Drones\\_Here\\_There\\_and\\_Everywhere\\_Introduction\\_and\\_Overview/links/5d15beeca6fdcc2462ab6365/Drones-Here-There-and-Everywhere-Introduction-and-Overview.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bart_Custers3/publication/309182360_Drones_Here_There_and_Everywhere_Introduction_and_Overview/links/5d15beeca6fdcc2462ab6365/Drones-Here-There-and-Everywhere-Introduction-and-Overview.pdf) Luettu 19.1.2021
- 6 Partonen, Ilkka. 2020. RPAS-operaatiot. Luentomateriaali Metropolia Ammattikorkeakoulu 11.11.2020.
- 7 Illikainen, Mikko. 2018. Fotogrammetrian hyödyntäminen infrahankkeen laadunvarmistuksessa ja tuotannonohjauksessa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus tietokanta.
- 8 Mavic Pro. Verkkoaineisto. DJI. <https://dji.com/fi/mavic> Luettu 10.2.2021
- 9 Yleiset inframallivaatimukset 2019. 2019. Verkkoaineisto. Buildingsmart. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV\\_p%C3%A4ivitystiedosto\\_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio\\_20190502.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio_20190502.pdf) Luettu 4.2.2021
- 10 EU-sääntelyn aikataulu ja vaikutukset. 2020. Drone-infotilaisuus. Verkkoaineisto. Traficom. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/EU-s%C3%A4ntelyn%20aikataulu%20ja%20vaikutukset.pdf> Luettu 18.2.2021
- 11 Go App. Verkkoaineisto. DJI. <https://www.dji.com/fi/goapp> Luettu 18.2.2021
- 12 Hewitt-Sperry Automatic Airplane. 2021. Verkkoaineisto. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hewitt-Sperry\\_Automatic\\_Airplane](https://en.wikipedia.org/wiki/Hewitt-Sperry_Automatic_Airplane) Luettu 18.2.2021

- 13 Unmanned Aerial Vehicle. 2021. Verkkoaineisto. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned\\_aerial\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle) Luettu 18.2.2021