



Dronet uudistavat Tampereen Hiedanrannan aluetta

Fadi Yakob

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2019

Konetekniikka
Lentokonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Lentokonetekniikka

YAKOB, FADI:
Dronet uudistavat Tampereen Hiedanrannan aluetta

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kesäkuu 2019

Drone eli miehittämätön ilma-alus käyttö lisääntyy koko ajan. Lainsäädännön mukaan dronien käyttö määritellään lentotyöksi, tällaiseksi katsotaan mikä tahansa muu kuin harraste- ja urheilukäyttö. Dronien kaupallinen käyttö on kasvanut erittäin paljon viime vuosina. Droneille on erilaisia sovelluksia, joita voidaan hyödyntää älykkäissä kaupungeissa muun muassa tavarankuljetuksessa, lääketieteenpalveluissa, poliisitoiminnassa, liikenteen seurannassa ja palontorjunnassa.

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Business Tampereelle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kansainvälisen benchmarkkauksen perusteella tuoda esille käyttötapoja droneille Hiedanrannassa Tampereella. Opinnäytetyössä selvitettiin drone-toiminnan mahdollisuuksia esimerkiksi logistiikassa yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Tavoitteena on huomioida nämä toiminnot Hiedanrannan tulevassa kaavoituksessa.

Opinnäytetyön laadittiin Hiedanrannasta kuva, jossa on hahmoteltuina potentiaaliset lentoreitit ja alueet, joilla saa lentää. Työssä on selvitetty dronien lento- ja kieltoalueita Suomen lainsäädännön ja Trafín määräyksien avulla, lisäksi työssä on esitelty hyviä käytäntöjä ja ohjeita Euroopassa ja muualla maailmassa.

Opinnäytetyössä keskitytään eniten siihen, mitä drone tarvitsee pystyäkseen lentämään itsenäisesti älykkäissä kaupungeissa. Hiedanranta, kuten muutkin älykkäät kaupungit, pyrkii hyödyntämään automaatioita, jossa dronet toimivat itsenäisesti ja tekevät automaattisesti alueen valvontaa. Tulevaisuudessa dronien käyttökohteet tulevat laajentumaan entisestään tekniikan kehityksen myötä.

Asiasanat: drone, ua, miehittämätön ilma-alus, kauko-ohjattu ilma-alus, älykäs kaupunki, dronen käyttö, lentotyö

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Aeronautical Engineering

YAKOB, FADI:
Drones Are Renewing the Hiedanranta Area in Tampere

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 1 page
June 2019

The use of unmanned aircraft, also known as drones, is constantly increasing. According to the law, any other drone activity than hobby and sport are considered as aerial work. The commercial use of drones has increased in recent years. Drones have a variety of applications that can be used in smart cities, such as freight transport, medical services, police, traffic monitoring and fire-fighting.

This thesis was commissioned by Business Tampere. The aim of the thesis was to examine the uses of drones in Hiedanranta in Tampere, based on international benchmarking. The purpose was to explore the potential of drone operations, for example, in logistics with other actors. The aim was to take these functions into account in the future planning of Hiedanranta.

The goal of the thesis was also to create an image of Hiedanranta which would outline potential flight routes and areas where drones can fly. The work explored the fly zones and no fly zones from the perspective of Finnish legislation and regulations of the Finnish transport safety agency (Trafi). In addition, the work identified the best practices and guidelines for drones in Europe and the rest of the world.

The thesis focuses mostly on what drones need to be able to fly independently in a smart city. Hiedanranta, like other smart city areas, aims to take advantage of automation where drones operate and survey the area independently. In the future, the applications of drones will continue to expand as technology advances.

Key words: unmanned aircraft, smart city, urban environment, the use of drones, urban air mobility, aerial work

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYKSEN ESITTELY JA HIEDANRANTA.....	9
	2.1 Business Tampere	9
	2.2 Hiedanranta.....	9
3	LÄINSÄÄDÄNTÖ JA MUUT MÄÄRÄYKSET	11
	3.1 Trafin ilmailumääräys OPS M1-32.....	11
	3.2 Lentämisen yleiset vaatimukset Suomessa.....	12
	3.3 Lentämisen ohjeet alueilla, joissa saa lentää Suomessa	13
	3.3.1 Lentäminen rajaamattomien alueiden päällä.....	13
	3.3.2 Lentäminen tiheästi asuttujen alueiden päällä	14
	3.3.3 Lentäminen lähempänä kuin 50 m väkijoukosta tai väkijoukon päällä	14
	3.3.4 Lentäminen lentoaseman läheisyydessä.....	15
	3.4 Lentämisen poikkeuslupa	15
	3.5 ASM-Toimintakäsikirja	15
	3.6 Tärkeimmät ilmailumääräykset EU-maissa ja muuallakin maailmassa	16
4	DRONIEN MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET ÄLYKKÄISSÄ KAUPUNGEISSA	20
	4.1 Dronien tärkeimmät mahdollisuudet älykkäissä kaupungeissa	20
	4.1.1 Tavarakuljetukset.....	20
	4.1.2 Lääketieteenpalvelut.....	21
	4.1.3 Liikenteen valvonta ja hallinta.....	22
	4.1.4 Infrastruktuurin tarkastukset ja mittaukset.....	22
	4.2 Dronien haasteet älykkäissä kaupungeissa.....	23
5	AUTOMAATISET DRONET.....	25
	5.1 Automaattiset drone-järjestelmät	25
	5.2 Automaattiset maajärjestelmät.....	27
6	DRONE-TEKNIIKAN KÄYTTÖÖNOTTO ÄLYKAUPUNGEISSA.....	29
	6.1 Laskeutumisalustat.....	29
	6.2 Latausverkot	30
	6.3 Lentokäytävä.....	32
	6.4 Yhteydet dronien ja taustajärjestelmien välillä.....	34
7	DRONE-TOIMINTA HIEDANRANNASSA	36

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	43
Liite 1. Lentoreitit ja telakointiasemat Hiedanrannassa.	43

LYHENTEET JA TERMIT

ADS-B	Automaattinen riippuvainen valvonta – lähetys (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast)
AMC	Ilmatilan hallintayksikkö (Airspace Management Cell)
ANS	Lennonvarmistuspalvelut (Air Navigation Services)
ARMD	Ilmailualan tutkimusoperaation osasto (The Aeronautics Research Mission Directorate)
ASM	Ilmatilan hallinta (Airspace management)
ATC	Lennonjohto (Air Traffic control)
ATCO	Lennonjohtaja (Air Traffic Controller)
BVLOS	Suoran näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva (Beyond visual line-of-sight)
CAAS	Singaporen ilmailuhallinto (Civil Aviation Authority of Singapore)
CTR	Lähialue (Control Zone)
E-VLOS	Avustettuun ilmatilan tarkkailuun perustuva (Extended Visual line-of-sight)
eMBB	Massiivinen laajakaista (enhanced mobile broadband)
FAA	Yhdysvaltain ilmailuhallinto (Federal Aviation Administration)
FC	Lennonohjain (Flight Controller)
FIZ	Lentotiedotusvyöhyke (Flight Information Zone)
GCS	Lennonjohtoasema (Ground Control Station)
GPS	Navigointijärjestelmä (Global Positioning System)
ILMAVE	Ilmavoimien esikunta
IoD	Dronien internet (Internet of Drones)
ITA	Islannin liikenneviranomaisen (Icelandic Transport Authority)
LTE	Pitkäaikainen Kehitys (Long Term Evolution)
LIDAR	Kaukokartoitus (Light Detection and Ranging)
MIMO	(Multiple Input Multiple Output)
mMTC	Massiivista tietomääriä keskenään kommunikoivia laitteet (massive machine type communications)

NASA	Yhdysvaltain liittohallituksen alainen ilmailu- ja avaruushallintovirasto (National Aeronautics and Space Administration)
NOTAM	Ilmailutiedotus sähke (Notice to Airmen)
RMZ	Radiovyöhyke (Radio Mandatory zone)
RPA	Kauko-ohjattu ilma-alus (Remotely Piloted Aircraft)
RPAS	Kauko-ohjatun ilma-aluksen kokonaisjärjestelmä (Remotely Piloted Aircraft System)
RPS	kauko-ohjauspaikka (Remote Pilot Station)
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (Real Time Kinematic)
TAS	Ruotsin liikennevirasto (Transport Agency of Sweden)
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
Traficom	Liikenne- ja viestintävirasto (Trafi, Viestintävirasto ja Liikenneviraston tietyt toiminnot yhdistyvät 1.1.2019 Traficomiksi)
TSA	Liikenteen turvallisuushallinto (Transportation Safety Administration)
ToF	Lentoaika (Time of Flight)
UA	Miehittämätön ilma-alus (Unmanned Aircraft)
UAM	Kaupungin ilma-aluksen liikkuvuus (Urban Air Mobility)
UAS	Miehittämätön ilma-alusjärjestelmä (Unmanned Aircraft System)
uRLLC	Erittäin luotettavia ja pieniviiveisiä yhteyksiä (ultra reliable and low latency communications)
UTM	Miehittämättömän liikenteen hallinta (Unmanned Traffic Management)
VLOS	Suoraan näköyhteyteen perustuva (Visual line-of-sight)
VTOL	Pystysuora nousu ja laskeutuminen (Vertical Takeoff and Landing)
WPT	Langaton tehonsiirto (Wireless Power Transfer)

1 JOHDANTO

Kauko-ohjattu ilma-alus on lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään lentotyöhön. Lentotyöksi katsotaan mikä tahansa muu kuin harraste- ja urheilukäyttö. Kauko-ohjattu ilma-alus ja lennokki ovat miehittämättömiä ilma-aluksia (UA), jotka ovat yleisesti tunnettu droniksi. Droneilla on useita erilaisia sovelluksia, joita voidaan käyttää esimerkiksi lääketieteen palveluissa, pakettien kuljetuksessa, poliisitoiminnassa, liikenteen seurannassa ja palontorjunnassa. Nämä sovellukset edistävät älykkäiden kaupunkien kehittämiseen. Älykäs kaupunki on kaupunki, joka pyrkii saavuttamaan kaupungin tavoitteet hyödyntämällä tieto- ja viestintäteknikan ratkaisuja.

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Business Tampereelle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kansainvälisen benchmarkkauksen perusteella tuoda esille käyttötapoja droneille Hiedanrannassa Tampereella. Tutkimalla dronien hyödyntämistä ja selvittämällä dronien mahdollisuuksia ja haasteita urbaaneissa ympäristöissä. Opinnäytetyön tavoitteena myös laatia Hiedanrannasta kuva, jossa hahmoteltuina potentiaaliset lentoreitit ja alueet, joilla saa lentää.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää dronien lento- ja kieltoalueita sekä dronien käyttöä älykkäässä kaupungissa. Suomen lainsäädännön ja Trafifin määräyksien lisäksi selvitettiin hyviä käytäntöjä ja ohjeita Euroopassa ja muuallakin maailmassa, missä ollaan kaikkein pisimmällä dronen kehityksessä. Tarkoitus oli selvittää myös drone-toiminnan mahdollisuuksia esimerkiksi logistiikassa yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Tavoitteena on huomioida nämä toiminnot Hiedanrannan tulevassa kaavoituksessa.

Opinnäytetyön lähdeaineistona on käytetty voimassaolevaa lainsäädäntöä, Trafifin ilmailumääräyksiä ja muita viranomaislähteitä sekä paljon englanninkielisiä verkkolähteitä. Dronien käyttö kaupungissa on uusi, jonka takia kirjallisia lähteitä ei ole paljon. Opinnäytetyön aloittamiseni drone oli minulle jo tuttu laite, koska olin itse lentänyt droneja ja koulussa minulla oli yksi projekti, jossa rakennettiin kiinteäsiipisen dronen.

2 YRITYKSEN ESITTELY JA HIEDANRANTA

2.1 Business Tampere

Business Tampere on Tampereen kaupunkiseudun elinkeino- ja kehitysyhtiö, jonka tehtävänä on edistää investointeja ja luoda paras ympäristö yritystoiminnalle. Se palvelee yrityksiä Tampereen kaupunkiseudun elinkeino-ohjelman mukaisilla asiakastoimialoilla, joita ovat uudistuva teollisuus, älykkään kaupunkiseudun ratkaisut sekä elämystalous. (Business Tampere 2019)

Business Tampereen omistavat Tampereen kaupunkiseudun kunnat: Tampere, Kangasala, Lempäälä, Nokia, Orivesi, Pirkkala, Vesilahti ja Ylöjärvi. Yhtiö tarjoaa palveluita ja mahdollisuuksia yrityksille ja yrittäjille, jotka toimivat tai haluavat sijoittua Tampereen seudulle. Business Tampere auttaa osajia ja yrityksiä verkostoitumaan sekä kehittää älykkäitä kaupunkiratkaisuja yhdessä yritysten kanssa. (Business Tampere 2019).

2.2 Hiedanranta

Hiedanranta on uusi kehittyvä tulevaisuuden kaupunginosa Näsijärven rannalla Tampereella. Hiedanranta rajoittuu etelässä kantatiehen 65 ja Sellukadun varren tontteihin, lännessä Lielahdenkatuun, pohjoisessa Niemenrannan kaupunginosaan ja idässä Näsijärveen. Tulevaisuuden Hiedanrannan kaupunginosa koostuu kolmesta osa-alueesta: keskustasta, Järvi kaupungista ja uudesta Lielahdesta. Alueelle tulee koteja noin 25 000 asukkaalle ja työpaikkoja noin 10 000 teki-jälle. Yhdessä Lielahden kanssa se muodostaa läntisen Tampereen vetovoimaisen keskuksen, jossa on hyvä asua, tehdä töitä ja viettää vapaa-aikaa. (Tampereen kaupunki 2019).

Hiedanrannasta suunnitellaan kestävä ja älykäs kaupunginosa, joka tarjoaa asukkaille sujuvan arjen ja parantaa elämänlaatua hyödyntämällä uusia digitaalisia ratkaisuja, kuten miehittämätön ilma-aluksen tekniikka (UA-tekniikka). Tampereen raitiotie kulkee tulevaisuudessa alueen kautta ja matkaa keskustasta on noin neljä kilometriä. (Tampereen kaupunki 2019a).

Hiedanrannan suunnittelu aloitettiin vuonna 2016 kansainvälisellä ideakilpailulla. Yleissuunnitelman laatiminen alkoi keväällä 2017 ja sen ensimmäinen vaihe oli rakennesuunnitelma, joka hyväksyttiin kaupunginhallituksessa joulukuussa 2017. Yleissuunnitelma valmistuu keväällä 2019, jonka jälkeen aloitetaan asemakaavoitus. Hiedanrannan rakentaminen (kuva 1) käynnistyy 2020-luvun alussa. Raitiotietä rakennetaan vuosina 2021 - 2024. Koko alueen kehitystyön arvioidaan valmistuvan vuoteen 2045 mennessä. (Tampereen kaupunki 2019b).



KUVA 1. Hiedanrannan suunnittelu. (Tampereen kaupunki).

3 LÄINSÄÄDÄNTÖ JA MUUT MÄÄRÄYKSET

Monissa Euroopan maissa miehittämättömien ilma-alusten (UA) ammattikäyttö valvotaan monilla määräyksillä. Useimmissa maissa tarvitsee erilaisia lupia kansalliselta ilmailuviranomaiselta ennen kuin voi aloittaa toiminnan. Ammattikäyttäjän on noudatettava yksityisyyden suojan ja tietosuojan koskevia eurooppalaisia ja kansallisia sääntöjä. (DroneRules 2018).

Tärkeimmät säännöt ovat mm. uudet ilmailuturvallisuutta koskevat säännökset, joilla säädellään miehittämättömien ilma-alusten käyttöä kansallisessa ilmatilassa, jotta dronet eivät häiritse lentoturvallisuutta eivätkä aiheuta vaaraa ihmisille tai vahingoita omaisuutta. Euroopassa kaikilla kansalaisilla on perusoikeus yksityisyyden suojaan ja tietosuojaan, jota dronien käyttö saattaa uhata. Ilma-aluksen käyttäjä tai lentäjä on vastuuvollinen onnettomuustapauksessa korvaamaan aiheuttamansa vahingot.

Tämän takia Euroopan ilmailulainsäädännössä vaaditaan, että ilma-aluksen ammattikäyttäjillä on oltava vakuutus, joka kattaa kolmannelle osapuolelle aiheutuneet vahingot. Ammattikäyttäjällä on oltava tietoinen näistä säännöistä ja sen on aina kunnioitettava ja noudatettava näitä oikeuksia ja säännöksiä. Jos näitä sääntöjä ei noudeta, niin voi seurata merkittäviä taloudellisia tai oikeudellisia seurauksia. (DroneRules 2018).

3.1 Trafin ilmailumääräys OPS M1-32

Liikenteen turvallisuusvirasto on päivittänyt kauko-ohjattuja ilma-aluksia ja yli 250 g painavien lennokkeja koskevaa ilmailumääräystä Suomessa. Tämä määräys tuli voimaan 12/2018 ja sitä ei sovelleta sisätiloissa tapahtuvaan lennättämiseen eikä sotilasilmailuun. Valvomattomien lentopaikkojen, esimerkiksi Hyvinkäällä ja Nummelassa sijaitsevien helikopterilentopaikkojen, määrittely on määräyksen tärkein ja turvallisin muutos. (Liikenne- ja viestintävirasto 2018).

Valvomattomien lentopaikkojen lähellä, alle kilometrin etäisyydellä lentokentän kiitotiestä tai lentokentällä, lentäminen on sallittu vain lentopaikan pitäjän antamalla luvalla tai lentopaikan pitäjän julkaisemien paikallisten ohjeiden mukaisesti. Helikopterikenttien lähellä alle 600 m etäisyydellä lentämiseen tarvitaan aina helikopterikentän pitäjän lupa. (Droneinfo 2019).

Johtavan asiantuntijan Jukka Hannolan mukaan määräyksen muutoksen tarkoituksena on ollut vähentää dronien ja lennonjohdon yhteydenottoja, sekä pyrkiä mahdollistamaan dronien joustava toiminta ja kehitys. Määräyksessä on koitettu tekemään sääntelystä entistä käyttäjäystävällisempää. (Liikenne- ja viestintävirasto 2018).

3.2 Lentämisen yleiset vaatimukset Suomessa

Kauko-ohjattu ilma-alus (RPA) lentää ilman mukana olevan ohjaaja. Trafirin määritelmän mukaan ilma-alusta käytetään lentotyöksi. Lentotyötä Trafirin mukaan on mikä tahansa muu kuin harraste- ja urheilutoiminta (Droneinfo 2019). Kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämiseen ilmailuun ei vaadita lentolupaa eikä sovelleta lentotyöstä annettujen muiden säädöksiä (OPS M1-32) ilmailumääräyksen mukaisesti. Ammattikäyttäjä on ilmoitettava Trafirille ennen kuin kauko-ohjattua ilma-alusta käytetään ilmailuun ensimmäisen kerran. Mikäli ilmoitetuissa tiedoissa tapahtuu muutoksia, siitä on ilmoitettava myös Trafirille (Trafirin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

Kauko-ohjatusta lennosta vastaavan henkilön on oltava vähintään 18-vuotias, hänen nimensä ja yhteistietonsa pitää laittaa kauko-ohjattuun ilma-alukseen.

Käyttäjän on ilmoitettava seuraavat tiedot Trafirille:

- tiedot käyttäjästä
- tekniset perustiedot ilma-aluksesta
- tieto siitä, aiotaanko toimintaa harjoittaa asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella tai ulos kokoontuneen väkijoukon yläpuolella.

Asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella tarkoittaa aluetta, jossa asukkaita tai työpaikkoja on neliökilometriä kohti 800 tai enemmän. (Trafirin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

Lennot on suoritettava siten, että niistä aiheutuvat vaarat ja meluhaitat ovat mahdollisimman pieniä ulkopuolisille ihmisille, eivätkä ne estä hätäonnettomuus- tai pelastustilanteeseen paikalle saapuvan viranomaisen toimintaa.

Kauko-ohjatuista lennoista olevista tiedoista tulee säilyttää kahden vuoden ajan ja niissä on tallennettava seuraavat tiedot:

- lennon päivämäärä, lähtö- ja laskupaikka sekä alkamis- ja päätymisaika
- ilma-aluksen päällikkö, valmistaja ja malli
- onko kyseessä: VLOS vai BVLOS
- lentotehtävän luonne.

Ilma-aluksen päällikkö on lennosta vastaava henkilö, jolla on lennon aikana käs- kyvalta ja vastuu turvallisuudesta. Kauko-ohjatun ilma-aluksen on väistettävä muita ilma-aluksia. (Trafin Ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.3 Lentämisen ohjeet alueilla, joissa saa lentää Suomessa

3.3.1 Lentäminen rajaamattomien alueiden päällä

Lentämisen on noudattava seuraavia ehtoja, mikäli lennetään rajaamattomilla alueilla:

- Kauko-ohjatun ilma-aluksen lentoonlähtömassa saa olla enintään 25 kg, johon ei lasketa mukaan pelastuslaitetta.
- Lennättäjällä itsellään pitää olla suora näköyhteys ilma-alukseen (VLOS) tai kauko-ohjaustähystäjällä on suora näköyhteys ilma-alukseen (EVLOS). Käytettäessä kauko-ohjaustähystäjää on yhteydenpitoa varten oltava luotettava viestintäväline kauko-ohjaajan ja kauko-ohjaustähystäjän välillä.
- Lentokorkeuden on oltava alle 150 metriä maan tai veden pinnasta. (Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.3.2 Lentäminen tiheästi asuttujen alueiden päällä

Lentäminen tiheästi asuttujen alueiden päällä on sallittua, kun ilma-aluksen suurin lentoonlähtömassa on enintään 3 kg ja ohjaaja on tutustunut alueeseen, varmistunut laitteen teknisestä kunnosta ja arvioinut, että lento voidaan suorittaa turvallisesti. Jos käytössä on enintään 7 kg laitteen (pois lukien pelastuslaite) ja hätätilanteessa pystytään laskeutumaan siten, että ulkopuolisiin ihmisiin ja omaisuuteen kohdistuva vaaraa on mahdollisimman pieni, silloin on sallittua lentää alueilla. Tässä tilanteessa ammattikäyttäjän tulee laatia kirjallinen selvitys ja sitä on säilyttävä vähintään kolmen kuukauden ajan lennon päättymisestä.

Kirjallisen selvitykseen sisältyy

- toimintakuvas, joka sisältää tiedot toiminta-alueesta, toiminta-ajasta, käytettävistä lentokorkeuksista ja ilma-aluksista
- turvallisuusarviointi, joka sisältää vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien vähentämisen
- toimintaohjeistus normaali- ja häiriötoiminnalle, jossa kuvataan tarvittavat toimenpiteet. (Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.3.3 Lentäminen lähempänä kuin 50 m väkijoukosta tai väkijoukon päällä

Ilma-aluksen massa saa olla enintään 7 kg, johon ei lasketa kiinnitettävän pelastuslaiteiden massaa. Hätätilanteessa pystytään laskeutumaan siten, että ulkopuolisiin ihmisiin ja omaisuuteen kohdistuva vaara on mahdollisimman pieni.

Ammattikäyttäjä laatii ja toimittaa kirjallisen selvityksen Trafille ennen lentojen aloittamista ja se on säilytettävä vähintään kolmen kuukauden ajan toiminnan päättymisestä. (Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.3.4 Lentäminen lentoaseman läheisyydessä

Drone-lentäminen lentoaseman läheisyydessä eli lähialueella (CTR), lentotiedotusvyöhykkeellä (FIZ) ja radiovyöhykkeellä (RMZ) on sallittua, kun etäisyys on yli 1 km mutta alle 3 km lentoaseman kiitotiestä. Tällöin voidaan lennättää esteiden tasalla. Korkeusrajat voidaan ylittää esteen välittömässä läheisyydessä 15 m esteen yläpuolelta esteen omistajan luvalla. Kun etäisyys kiitoteiden reunasta on yli 3 km, lentäminen on sallittu enintään 50 m korkeudella maan tai veden pinnasta. Alle 1 km etäisyydellä kiitotien reunasta tai esteen yläpuolella lennättäminen ei ole sallittua. (Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.4 Lentämisen poikkeuslupa

Trafi voi myöntää luvan poiketa ilmailumääräyksen OPS M1-32 vaatimuksesta ja ehdoista toiminnallisten tarpeiden vuoksi, jos ne eivät vaaranna turvallisuutta. Luvan hakemisessa hakijan on esitettävä kirjallinen lennon toimintakuvaus, turvallisuusarviointi ja toimintaohjaus. Trafi voi myöntää myös luvan tilapäisesti testaus- ja tutkimustoimintaan. (Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2018).

3.5 ASM-Toimintakäsikirja

ASM-Toimintakäsikirja on ilmailulain 107 § mukainen ilmatilan joustavan käytön menetelmät sisältävä ilmatilan hallintaa ohjaava käsikirja, jonka käytännöllä Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom) ja Ilmavoimien esikunta (ILMAVE) pyrkivät varmistamaan ilmatilan turvallisen, tehokkaan ja joustavan käytön, sekä takaamaan toiminnan läpinäkyvyyden, yhteensovittamalla eri osapuolten väliset ilmatilan käyttötarpeet. (ASM-Toimintakäsikirja 2019).

Traficom ja Ilmavoimien esikunta ovat päivittäneet ASM-toimintakäsikirjaa, joka tuli voimaan 10.1.2019. Merkittävimpänä muutoksena on mahdollistettu miehittämättömälle ilmailulle perustettavien ilmatilavarausten nopeutettu menettely. Vaara-alueen perustaminen tulee esittää ilmatilanhallintayksikölle (AMC) vii-

meistään kaksi arkipäivää ennen toiminnan aloitusta, tällöin vaara-alue aktivoituu NOTAM-tiedotteella ja se tulee esittää myös NAV WARNINGS-kartalla. (ASM-Toimintakäsikirja 2019).

Trafin tarkastajan Henri Hohtarin mukaan perustettavan vaara-alueen yläraja on enintään 150 m maan tai veden pinnasta. Perustettava vaara-alue ei sijaitse lähialueella (CTR) tai radiovyöhykkeellä (RMZ) eikä sijaitse ilmailulta pysyvästi rajoitetulla alueella tai muulla aluevalvontalain 14 § mukaisella maanpuolustuksellisesti tärkeällä alueella. Perustettava vaara-alue ei sijaitse lähempänä kuin 5 km valvomattomilta lentopaikoilta tai helikopterilentopaikoilta. (Perttula 2019).

Vaara-alueen perustamisen yhteydessä AMC voi asettaa ehtoja ja rajoitteita aluevalvontalain 14 § mukaisesti. Perustettava vaara-alueen koko ja aktiivisuus tulee perustua tosiasialliseen käyttöön ja toimijan tulee olla koko ajan tavoitettavissa vaara-alueen aktiivisuuden ajan, lisäksi tarvitsee ilmoittaa alueen keskipisteen ja ympyrän säteeseen perustuen, mutta perustavaa vaara-aluetta ei tarvitse todentaa ANS-järjestelmiin. AMC:lla on oikeus keskeyttää aktivoitua vaara-alueella oleva ilmailulle vaarallinen toiminta lentoturvallisuuden varmistamiseksi tai mikäli lentoliikenteen sujuvuus häiriintyy. Tämän varmistamiseksi on luotava varmistetut yhteydenpitomenettelyt vaara-alueen toimijan ja AMC:n välille. (Perttula 2019).

3.6 Tärkeimmät ilmailumääräykset EU-maissa ja muuallakin maailmassa

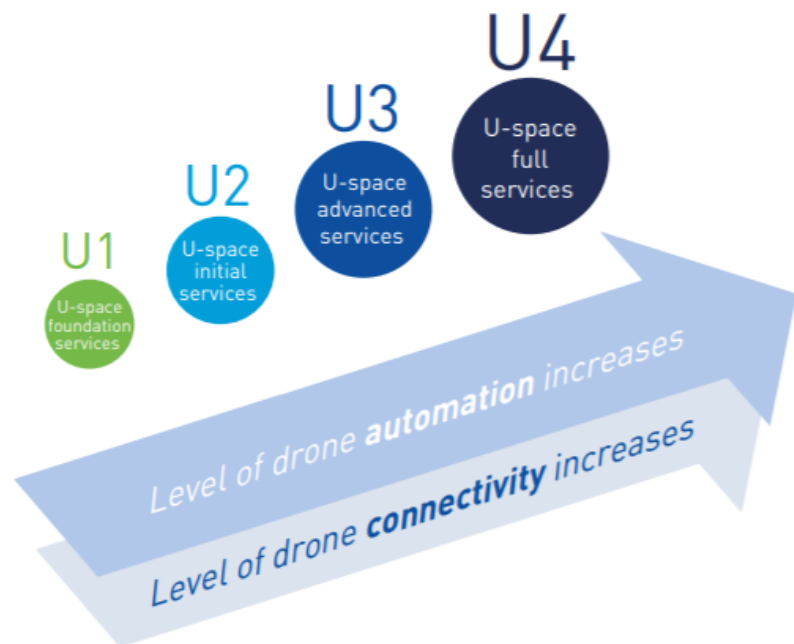
Dronet tulevat vaikuttamaan merkittävästi kaupunkiin ja sen toimintaan. Kaupungeissa drone-toimintaa varten on luotava uusia järjestelmiä ja sääntöjä, joilla voidaan hallita dronien käyttöä sekä voidaan integroida niitä maanpäällisiin järjestelmiin ja perinteiseen ilmailuun.

Euroopassa tällä hetkellä on käynnissä merkittävin drone-integrointiohjelma U-Space-hanke, joka on Euroopan komission perustama SESAR-yhteisyritys ja joka vie hanketta eteenpäin osana koko eurooppalaisen ilmailuliikenteen hallintajärjestelmää. U-Space-hankkeen keskeiset periaatteet ovat esimerkki, turvalli-

suus ja drone-toiminnan hallinta. Hanke hyödyntää kehittyviä tekniikoita ja automatisoituvia toimintoja, joiden avulla voidaan hallita suuria määriä droneja kaupungeissa.

U-Space-hanke suunnitteluvaiheet ovat seuraavat (kuva 2):

- U1: U-Space säätiöpalvelut, jotka tarjoavat sähköisen rekisteröinnin, tunnistamisen ja Geofence-tekniikan.
- U2: U-Space alkupalvelut, jotka tukevat drone-toiminnan hallintaa, joka sisältää lentosuunnittelun, lentojen hyväksynnän ja seurannan.
- U3: U-Space kehittyneet palvelut, jotka tukevat monimutkaisempia toimintoja tiheillä alueilla, joka sisältää kapasiteetin hallinnan ja avun konfliktien havaitsemiseen.
- U4: U-Space täydet palvelut, jotka tarjoavat integroituja palveluita miehitetyn ilmailun kanssa ja tukevat U-Space-hankkeen täyttä toimintakykyä. (U-Space-hankkeen suunnitelma 2017).



KUVA 2: U-Space-hankkeen suunnitteluvaiheet (U-Space-hankkeen suunnitelma 2017)

Uusien teknologioiden sääntely on saattanut olla hankala tehtävä viranomaisille. Rajoitettavan ja helpottavan sääntelyn välinen tasapaino on vaikeaa. Yhä useammat maat ovat ottaneet käyttöön hyvin erilaisia lähestymistapoja UA: iin. Esimerkiksi Islannissa Islannin liikenneviranomainen (ITA) asettaa yleisiä sääntöjä

ja määräyksiä droneille. Islannissa dronet, jotka käytetään kaupallisiin tarkoituksiin ei tarvita erityistä lupaa. Dronet ovat rekisteröitävä ITA:an ja niillä on oltava tunnusmerkki. Maksimilentokorkeus on 120 m maan tai veden pinnasta. Dronen lentäminen ei ole sallittua 2 km etäisyydellä lentokentältä. Kaupunkialueilla ei saa lentää 50 m etäisyydellä rakennuksesta. (Uavcoach 2019a).

Ruotsissa ammattilentäjien tarvitsee hakea luvan kaikkiin kaupallisiin toimintoihin Ruotsin liikennevirastosta (TAS). Jos lennetään pimeässä, drone on varustettava valaistuksella siten, että miehittämättömien ilma-alusten sijainti ja suunta voidaan selvästi nähdä. Dronien lentäjien pitää tarkistaa online-kartan avulla alueita, joissa saa lentää. (Uavcoach 2019b).

Sveitsissä erityistä lupaa ei tarvita dronien lentämiseen, ellei dronen paino ylitä 30 kg tai jos lentäminen tapahtuu ihmisten päällä ja BVLOS-kautta. Jos käytetään droneja, joiden paino on yli 500 g, on taattava vähintään miljoona frangia (n. 877000 €) mahdollisista vahingoista. (Uavcoach 2019c).

Yhdysvalloissa drone on rekisteröitävä FAA:lla ja kauko-ohjaustodistus on haettava FAA:lta, jotta päästään lentämään droneja kaupallisesti. Maksimilentonopeus on 160 km/h.

Seuraavassa on dronien sertifiointivaatimukset lentämiseen USA:ssa:

- Ammattilentäjä pystyy lukemaan, puhumaan, kirjoittamaan ja ymmärtämään englantia. Poikkeuksia voidaan tehdä, jos henkilö ei pysty täyttämään jotakin näistä vaatimuksista lääketieteellisestä syystä, kuten kuulovammauksesta.
- Ammattilentäjän fyysinen ja psyykinen kunto on oltava kunnossa, jotta voi käyttää droneja turvallisesti.
- Ammattilentäjä on oltava vähintään 16-vuotias.
- On suoritettava ilmailutietokoe (Part 107-koe) hyväksytysti.
- On suoritettava myös liikenteen turvallisuushallinnon (TSA) turvatarkastus. (Uavcoach 2019d).

Singaporessa tietyssä olosuhteessa voidaan vaatia toimintalupaa dronien käyttämiseen. Singaporen ilmailuhallinto (CAAS) myöntää toimintaluvan, jota tarvitaan tietyntyyppisille UA-toiminnoille. CAAS myöntää toimintaluvan hakijalle, jos

hän pystyy varmistamaan dronen turvallisuuden toiminnan ottaen huomioon hakijan organisaatorakenteen ja henkilöstön sekä erityisesti UA:n lentäjien pätevyyden ja turvallisuuden hallintamenettelyt. Toimintalupa on voimassa enintään vuoden. (Singaporen ilmailuhallinto 2019).

4 DRONIEN MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET ÄLYKKÄISSÄ KAUPUNGEISSA

Dronien odotetaan olevan avainasemassa älykkäissä kaupungeissa, joissa droneja voi käyttää erilaisia sovellutuksissa, esimerkiksi lääketieteessä, pakettien toimittamisessa, poliisitoiminnassa, liikenteen seurannassa, palontorjunnassa, kaavoituksessa jne. Kuitenkin turvallisuuden ja yksityisyyden kaltaiset haasteet tiheästi asutuilla alueilla ovat edelleen huolenaiheita dronien yhdistämiseksi osaksi älykkäitä kaupunkeja.

4.1 Dronien tärkeimmät mahdollisuudet älykkäissä kaupungeissa

4.1.1 Tavarakuljetukset

Tuotteiden toimittaminen tehokkaammin ja tarkemmin asukkaille on yksi älykkään kaupungin tärkeimmistä käsitteistä. Dronien avulla on mahdollisuus toimittaa tavaroita itsenäisesti ja nopeasti asiakkaille. Monet suuret logistiikkayritykset, kuten DHL ja Amazon, tehostavat dronien integrointia järjestelmäänsä, jotta voisivat parantaa toimituksen ongelmia.

Suomessa Kartanonkoskella ja Ylästössä toteutettiin pakettien lennätysten kokeilu droneilla. Lentomatkaa tuli noin neljä kilometriä ja dronien matkassa lensi noin kilon painoisia paketteja. Dronet lennettiin ennalta analysoituja reittejä pitkin, enintään noin 15 metriä lentoesteitä, kuten talojen kattoja ja puun latvoja korkeammalla. Dronien lentoreitit kulkivat teiden ja metsien päältä, jolla varmistettiin turvallisuus, jos drone sattuisi tippumaan. Dronet eivät kulkeneet esimerkiksi päiväkotien tai jalkakäytävien ylitse. Pakettien toimitus droneilla ei onnistunut toiveiden mukaisesti. Vuorenmaan mukaan dronien kokonaisjärjestelmässä ilmeni epävarmuutta. ”Kyse ei ole mistään yksittäisestä ongelmasta vaan useamman epävarman tekijän summasta”. Kokeilussa ei haluttu ottaa mitään riskiä, koska lentoalue oli lähellä Helsinki-Vantaan lentokenttää. (Lumme 2019).

Islannin online-päivittäistavaramyymälä Aha on tehnyt yhteistyötä israelilaisen droneyhtiön Flytrexin kanssa laajentaakseen toimitusmahdollisuuksiaan käyttämällä drone-toimitusjärjestelmää. Aha voi nyt toimittaa tavaroita Reykjavikin kaupungin kahden osan välillä. Aha toimittaa tilauksia droneilla, jotka on varustettu vaijereilla, jotka laskevat toimituksia asiakkaan takapihalle. (Flytrex 2019).

ARK Invest ryhmän mukaan dronet, jotka käytetään lentotyöhön voivat lentää jopa 160 km/h ja toimittaa tavaraa, jonka paino on alle 2,3 kg alhaisilla hinnoilla. Amazon testaa Amazon Prime Airia useissa kansainvälisissä paikoissa saadakseen tavarat asiakkaille noin 30 minuutissa. UPS on myös testaa pakettien toimituksia dronien avulla. Tavoitteenaan henkilöstä kustannuksen vähentäminen (Desjardins 2018).

4.1.2 Lääketieteenpalvelut

Droneilla voi olla tärkeä rooli ihmishenkien pelastamisessa tulevaisuudessa. Drone voi pelastaa henkiä toimittamalla kiireellisiä lääkkeitä potilaille, siirtämällä lääketieteellisiä näytteitä laboratorioden välillä tai reagoimalla nopeasti katastrofin aikana.

Swiss Post on tehnyt yhteistyötä dronen valmistajan Matternetin kanssa laboratorionäytteiden kuljettamiseksi Sveitsin kolmella eri alueella (Bern, Zurich ja Lugano) BVLOS kautta. Miehittämättömät ilma-alukset kuljettavat laboratorionäytteitä ja kiireellisesti tarvittavia lääkkeitä. Näytteiden ja lääkkeiden kuljettaminen tulisi muuttua joustavammaksi, ympäristöystävällisemmäksi ja vähemmän riippuvaiseksi liikennetilanteesta. (Swiss Post 2019).

Uuden-Seelannin Flirtey on johtava itsenäisen dronen toimituspalvelu, joka on suorittanut ensimmäisen drone-toimituksen kaupunkialueella Yhdysvalloissa Nevadassa vuonna 2016 Yhdysvaltain ilmailuhallinnon (FAA) hyväksynnällä. Flirtey:n toimitusjohtajan Matt Sweenyin mukaan ensimmäisen drone-toimituksen tekeminen kaupunkialueella on merkittävä saavutus. Flirteyn testissä toimitettiin paketti onnistuneesti vaijerilla laskien. (McNabb 2016).

4.1.3 Liikenteen valvonta ja hallinta

Droneja voidaan käyttää keräämään ja välittämään reaaliaikaista tietoa liikenne-ruuhkista. Kaupunkien kasvavan liikennemäärän vuoksi tarvitaan nykyaikaisia älykkäitä droneja liikenteen seurantajärjestelmiin tarjoamaan tarkkoja tietoja liikennevirroista ja liikenneonnettomuuksista liikenne-ruuhkien vähentämiseksi.

Dubain poliisi on alkanut käyttää droneja liikenne-ruuhkien seuraamisesta ruuhka-aikoina, jotta he voivat lähettää partioita helpottamaan liikenne-ruuhkia. Dronet liitetään poliisinoperaatioihin liikenteen ja tapahtumien seuraamiseksi. Dubain poliisin operatiivisen viestinnän apulaisjohtajan Khalid Al Merrin mukaan 4G- tekniikka auttaa tallentamaan tapahtumia, hätätilanteita, katastrofeja ja onnettomuuksia Dubaissa ja lähettää niitä suorana lähetyksenä poliisin komento-keskukseen, jotta virkamiehet voivat tehdä nopeita päätöksiä. 4G-tekniikan mahdollistaa nopean tiedonsiirron, jotta tarvitaan tehokkaasta tallentamista ja koulutusta varten. (Al Shouk 2017).

4.1.4 Infrastruktuurin tarkastukset ja mittaukset

Dronet voivat olla joustavia, nopeita ja kustannustehokkaita työkaluja kaupungin infrastruktuurin tarkastamiseen. Tarkastukset voidaan suorittaa dronen avulla, ilman ihmisen läsnäoloa eikä siihen näin tarvita kalliita rakennustelineitä. Lisäksi dronien lämpökuvauksilla voidaan kerätä tietoja nopeasti ja tarkasti, kuten materiaalien heikkeneminen, lämpövirtauksen sijainnit ja veden tunkeutumispaikat (Industrial SkyWorks 2019).

Dronien visuaaliset kunnossapitotarkastukset voidaan toteuttaa turvallisesti ja kustannustehokkaasti droneilla erityisesti korkeissa paikoissa, (savupiiput, sillat, tornit, mastot). Lämpövuotojen ja kattovuotojen voidaan havaita myös dronien lämpökameralla. Automaattiset drone-mittaukset säästävät aikaa ja kustannuksia sekä antavat tarkemmat mittaus- ja vertailutulokset. Mittauksia voidaan tehdä aikaisempaa useammin, jolloin voidaan saada hankintasäästöjä. (RumbleTools 2019).

4.2 Dronien haasteet älykkäissä kaupungeissa

Droneista voidaan saada paljon hyötyä älykkäiden kaupunkien palveluihin, mutta UA-järjestelmien tehokas käyttö kaupunkialueella aiheuttaa useita haasteita. Nämä haasteet voidaan luokitella teknisiin ja epäteknisiin haasteisiin. Tekniset haasteet ovat mm. UA-järjestelmien laitteistot, ohjelmistot, viestintä ja toiminta. Epäteknisiin haasteisiin liittyy erilaisia tekijöitä, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia turvallisesta ja asianmukaisesta käytöstä älykkäissä kaupungeissa. (Al-Jaroodi, Idries, Jawhar, Mohamed & Mohammed 2018).

Yksi olennaisista haasteista dronien hyödyntämisessä älykkäissä kaupungeissa on turvallisuus. Älykkäissä kaupungeissa dronet toimivat rakennusten, teiden ja muiden kaupunkien infrastruktuurien kesken, joissakin tapauksissa myös hyvin lähellä ihmisiä. Dronien onnistuneen integroinnin älykkäisiin kaupunkeihin edellyttää korkeat turvallisuusvaatimukset. (Al-Jaroodi ym. 2018)

Dronien ja niiden palveluiden käytön ja valvonnan älykkäissä kaupungeissa pitäisi olla ainoastaan valtuutetuilla yksilöillä. Dronien, lennonjohtoaseman (GCS) ja muiden järjestelmien välinen viestintä on suojattava. UA-järjestelmien käyttäminen älykkäissä kaupungeissa edellyttää suojaamista useilta hyökkäyksiltä. Hyökkäystyypit ovat erilaisia, kuten laitteistohyökkäykset, jotka muuttavat UA-laitteiston suunniteltua käyttäytymistä. Toinen hyökkäystyyppi on lento-ohjauksen tietokonehyökkäykset, joissa ulkoiset toimijat häiritsevät dronien sisäisiä ja viestintäjärjestelmiä muuttamaan niiden toimintansa tai tehtävänmääritysparametreja. Kolmas hyökkäystyyppi on navigointianturien hyökkäykset, jotka voivat muuttaa UA:n suunniteltua polkua. Lisäksi on muita hyökkäystyyppejä, kuten viestintäkanavien hyökkäyksiä ja GCS-hyökkäyksiä. (Al-Jaroodi ym. 2018, Roddayn, Schmidtin & Prasin 2016).

Älykkäissä kaupungeissa käytettävien dronien on oltava luotettavia. Dronet voivat kohdata mekaanisia tai elektronisia laitteistovikoja, jotka aiheuttavat toimintahäiriöitä, mikä rajoittaa dronien kykyä suorittaa tehtävänsä. Yksi mahdollinen

ja hyvin tunnettu lähestymistapa vähentää sellaisien vikojen vaikutuksia käyttämällä adaptiivisia ohjausalgoritmeja, joissa on laitteiston vikojen havaitsemismekanismit. Nämä algoritmit mahdollistavat vikatoleranssiominaisuuksien lisäämisen tietäntyyppisten vikojen käsittelemiseksi ja niiden vaikutuksen välttämiseksi. (Al-Jaroodi ym. 2018, Zacharyn, Anuradhan & Eugenien 2010).

Älykkäissä kaupungeissa käytetyt dronet vaativat yleensä viestintäyhteyksiä GCS:n ja muiden älykkäiden kaupunkien järjestelmien kanssa. Useimmat UA-sovellukset eivät voi ylläpitää turvallisia ja luotettavia toimintoja ilman sopivien yhteyksien vaatimuksia, kuten kaistanleveys, latenssi ja siirtonopeus. Käytettävissä olevan tiedonsiirtokaistanleveys voi vaikuttaa alueella käytettyjen dronien määrää, mutta samanaikaisesti tapahtuu suuria viestintäviiveitä, jos samalla alueella toimivat useat yhteistoiminnalliset dronet kommunikoivat satelliittiyhteyden kautta. (Al-Jaroodi ym. 2018).

Drone on yleensä varustettu useilla antureilla ja kameroilla tietojen keräämiseksi. Tämä voi herättää yksityisyyden huolenaiheita asukkaille tai joillekin organisaatioille älykaupungeissa. Määräyksiä ja selkeitä ohjeita tästä asiasta on välttämätöntä olla dronien asianmukaisen käytön varmistamiseksi. On olemassa sellaisia mahdollisuuksia, joita droneja voidaan käyttää väärin muihin tarkoituksiin kuin alun perin tarkoitettuihin toimintoihin, jotka estävät UA-sovellusten käyttämistä älykkäissä kaupungeissa, esimerkiksi dronien käyttäminen vakoilemassa asukkaita tai organisaatioita. (Al-Jaroodi ym. 2018).

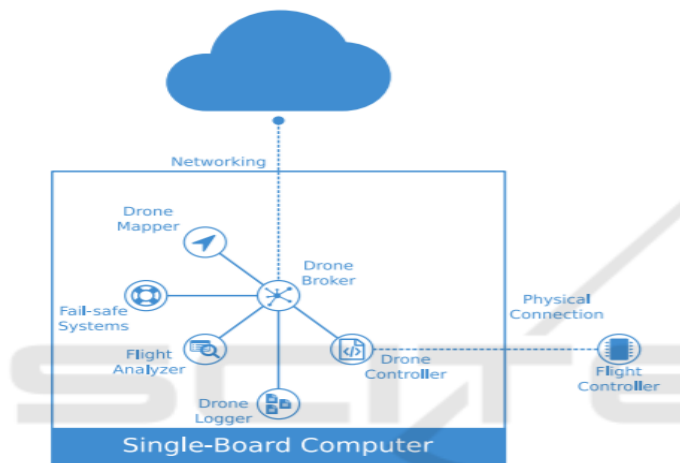
5 AUTOMAATISET DRONET

Älykkäissä kaupungeissa käytettävät dronet sovelluksia, jotka pystyvät toimimaan automaattisesti BVLOS-toiminnalla. Droneilla, jotka lentävät BVLOS-toiminnalla, on oltava useita ominaisuuksia ja valmiuksia, mukaan lukien turvallisuus, luotettavuus, törmäyksien välttäminen, nopea yhteys ja reaaliaikainen seuranta. Täysin automattinen ilma-alus pystyy suorittamaan itsenäisesti sekä ope-roinnista että päätöksenteosta teknisten järjestelmiensä ja tekoälyn avulla ilman ihmisen apua. Automaattiset ilma-alukset vaativat ainakin alkuvaiheessa etäope-rointikeskuksen, joka pystyy tilanteesta ja valitusta toimintamallista riippuen valvomaan ilma-aluksen kulkua tai puuttumaan siihen tarvittaessa.

Automaattisen miehittämättömien ilma-alusten järjestelmä koostuu kahdesta pääosasta drone- ja maajärjestelmistä. Droneja ohjataan mikroprosessorilla, jossa on apuantureita, jotka voivat olla joko sisäänrakennettuja tai ulkopuolisia mikroprosessorilevyjä. (Areias, Humberto, Guardalben, Fernandes & Sargento 2018).

5.1 Automaattiset drone-järjestelmät

Automaattiset drone-järjestelmät koostuvat kaikista vaadituista lentokomponenteista, joista jokaisella komponentilla on merkitys dronen turvallisessa lentotoiminnassa. Drone-järjestelmien kokoonpano muodostuu erilaisista komponentista (kuva 3).



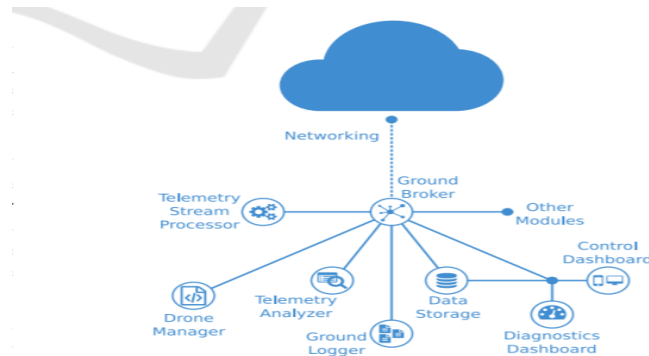
KUVA 3. Drone-järjestelmien komponentit (Areias ym. 2018)

Nämä komponentit ovat muun muassa:

- Drone-viestivälittäjä (Drone Broker), joka tukee pääkommunikaatioväylää dronella. Tässä järjestelmässä on myös relemekanismi, jonka tehtävänä on välittää edestakaisin viestejä maajärjestelmien kanssa.
- Lentoanalysointilaite (Flight Analyzer), jolla pystytään analysoimaan ja käsittelemään dronen käyttäytymistä.
- Tunnistus- ja käyttäytymisprofiilien avulla tämä järjestelmä voi havaita poikkeavuuksia ja ilmoittaa niitä aktiivisesti maajärjestelmälle.
- Fail-safe-järjestelmä (Fail-safe system) on mekanismi, joka käynnistettäessä yrittää minimoida vian seuraukset.
- Drone-tietojenkeruulaite (Drone Logger), jolla voidaan luoda kopio kaikista dronen tapahtumista virheenkorjaus- ja rekisteritarkoituksiin.
- Drone-ohjain (Drone Controller), joka toimii adapterina kääntämään välittäjäkomento- viestimuodot sellaisiin viestimuotoihin, jotka ovat luettavissa lennonjohdossa.
- Lennonohjain (Flight Controller), jonka tehtävänä on ohjata lentävän dronen prosessia ja korjata sen käyttäytymistä.
- Drone-mapperi (Drone Mapper), joka tukee dynaamista kartan latausta nykyisten GPS-tietojen ja tietyn säteen perusteella. Lisäksi se kykenee tarjoamaan paljon tietoja, kuten lentoesteet sekä minimi- ja maksimikorkeusrajoitukset. (Areias ym. 2018).

5.2 Automaattiset maajärjestelmät

Automaattiset maajärjestelmät koostuvat lentojen palveluista, järjestelmästä ja prosesseista, kuten tietojen tallennus ja hallinta. Maajärjestelmien kokoonpano muodostuu erilaisista komponentista (kuva 4).



KUVA 4. Maajärjestelmien komponentit. (Areias ym. 2018)

Nämä komponentit ovat muun muassa:

- Maan viestivälittäjä (Ground Broker), joka tukee pääkommunikaatioväylää maajärjestelmiin.
- Drone-manageri (Drone Manager), jonka tehtävänä seurata dronen tilaa ja toimia sisäisenä välityspalvelimena drone-ohjauksen ja todellisen ohjattavan dronen välillä.
- Maajärjestelmien tietojenkeruulaite (Ground Logger), jonka avulla voidaan luoda kopio kaikista tapahtumista, jotka tapahtuivat maajärjestelmissä virheenkorjaus- ja rekisteritarkoituksiin.
- Diagnoosin hallintapaneeli (Diagnostics Dashboard), joka voi käyttää koko järjestelmän suorituskyky- ja anturitietoja pienellä latenssilla, mikä mahdollistaa visuaalisen vianmäärityksen.
- Ohjauspaneeli (Control Dashboard), jolla maajärjestelmän käyttäjät voivat ohjata aktiivisia droneja.
- Järjestelmämonitori (Telemetry Stream Processor) on vastuussa maajärjestelmien seurannasta, jonka avulla maajärjestelmänvalvojat voivat havaita palveluvikoja, hälytyksiä ja verkon latenssia automaattisesti.

- Telemetrianalysointilaite (Telemetry Analyzer), jonka avulla voidaan muodostaa yhteyden lennon telemetriatietoihin, jotta voidaan analysoida dronien käyttäytymistä ja havaita poikkeavuuksia. Tämän järjestelmän avulla maajärjestelmän käyttäjät voivat reagoida nopeasti dronien käyttäytymismuutoksiin ongelmien vähentämiseksi laskuvarjojen käyttöönotolla tai hätälaskulla. (Areias ym. 2018).

6 DRONE-TEKNIIKAN KÄYTTÖÖNOTTO ÄLYKAUPUNGEISSA

Älykkäissä kaupungeissa keskeinen tavoite on toimittaa palveluja nopeammin ja tehokkaammin asukkaille. Nykyään tuhansia droneja käytetään jo ihmisten elämän parantamiseen. Pian dronet tulevat olemaan keskeinen osa pakettien toimituksessa. Tulevaisuudessa dronet saattavat liikkua itsenäisesti kaupungeissa.

Liikkuvuuden mullistaminen kaupunkialueilla on yksi nykyaikaisen ilmailun visiosta. NASA on sitoutunut tukemaan dronien liikennejärjestelmiä yhteistyössä kaupunkien ilma-alusten liikkuvuuden yhteisön (UAM) kanssa, jotta haasteet ovat tunnistettavissa ja ratkaistavissa. NASA:n tavoitteena on luoda turvallinen ja tehokas UAM järjestelmä matkustajille ja rahtikuljetuksille kaupunkialueella. UAM kattaa myös pienien pakettien toimitukset ja muut kaupunkien miehittämättömät ilma-alusten järjestelmät (UAS). (Gipson 2017.)

Robots Expert Finland Oy:n toimitusjohtajan Tero Vuorenmaan mukaan ”UAM on kyvykkyys mahdollistaa skaalautuva ilma (Drone) liikenne urbaanissa ympäristössä integroimalla se osaksi älykästä liikennettä ja älykaupunkeja” (Drone Business Breakfast –seminaari 2019.). UAM kuuluu miehitettyt tai miehittämättömät, ilma-aluksien lisäksi. Niiden tehokas käyttö edellyttää infrastruktuuriratkaisuja tukemaan niiden täysimääräistä käyttöönottoa. Näihin ratkaisuihin kuuluvat muun muassa laskeutumisalustat, latausverkostot, lentoreitit sekä yhteydet dronien ja taustajärjestelmien välillä.

6.1 Laskeutumisalustat

Miehittämättömien ilma-aluksien liikkuvuuden onnistumisen keskeinen tekijä on kaupunkien infrastruktuurien luominen droneille nousua, laskeutumista, lataamista ja huoltoa varten. Laskeutumisalustat ovat joko laskutyynyjä tai telakointiasemia droneille, jotka kykenevät nousemaan ja laskeutumaan pystysuoraan (VTOL). Laskeutumisalustat voidaan asentaa maahan tai rakennusten katoille.

Itsenäinen nousu ja laskeutuminen liikkuvalla alustalle lataus- tai akunvaihtotela- kointiasemalla tarjoaa hyvän ratkaisun olosuhteissa, joissa halutaan droneja len- tämään jatkuvasti. Imatralainen yritys RumbleTools on kehittänyt dronen tela- kointiaseman, joka pystyy vaihtamaan automaattisesti dronien akut ja lataamaan niitä, mikä mahdollistaa dronen jatkuvan toiminnan. Se ottaa myös talteen kerä- tyn datan jatkokäsittelyä varten. (RumbleTools 2019).

Skysense-yhtiö on kehittänyt Skyport-aseman, joka on täysin itsenäinen drone- suoja, joka on suunniteltu lataamaan ja suojaamaan droneja ankarissa ympäris- töissä. Skyport-asema on valmistettu tukevasta teräksestä ja komposiittimateri- aaleista, ja siihen kuuluu yksi laskutyyny, joka lataa dronea. Sitä voidaan käyttää vaihto- tai tasavirralla. (Skysense 2019).

Suurena haasteena on saada dronet laskeutumaan tiettyyn paikkaan tai laskeu- tumisalustaan. Haaste syntyy, kun yritetään itsenäistä dronen laskeutumista pel- kästään GPS: n avulla, koska aina tulee muutaman metrin mittausvirheitä. Perin- teinen GPS ja reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (RTK) eivät ole riittävän tark- koja navigoimaan droneja.

Maailman ensimmäisen dronien internet (IoD) FlytBase yritys tarjoaa laskeutu- misratkaisujärjestelmää, joka voi auttaa tarkasti kohdistamaan ja laskeutumaan droneja nimettyyn paikkaan senttimetrin tarkkuudella sekä toimii erilaisessa olo- suhteissa ja jopa sellaisilla alueilla, joissa ei ole GPS-signaalia. FlytBase:ssa ra- kennetaan maailman älykkäin FlytDock-järjestelmä tarkkaan laskeutumiseen te- lakointiasemoille droneja varten käyttämällä hahmontunnistustekniikoita ja yrityk- sen omia laskeutumisalgoritmeja, joilla voidaan lähestyä ja laskeutua droneja ArUco-tunnisteella telakointiasemalla. (Achal 2018).

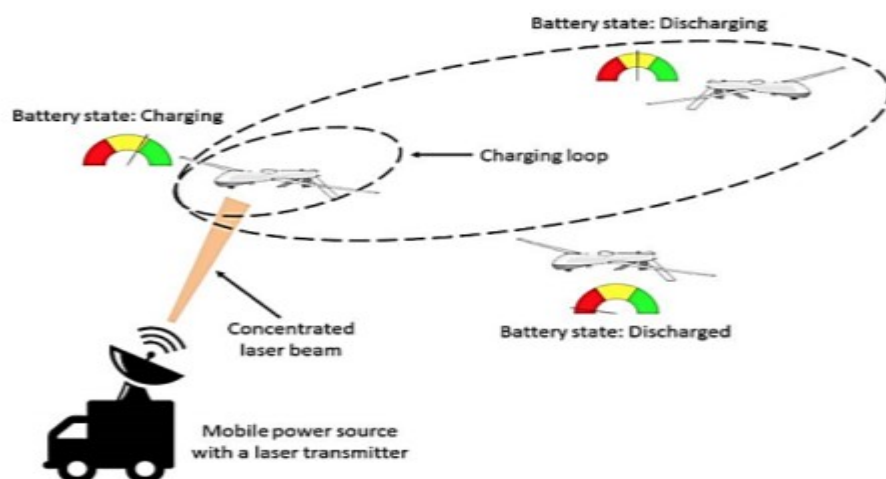
6.2 Latausverkostot

Dronen akun kapasiteetti rajoittaa niiden matkaetäisyyttä ja lentoaikaa. On tär- keää parantaa dronien automaattisia latausjärjestelmä ja ratkaista akun kapasi- teettiongelmia, jotta voidaan edistää dronien käyttöä kaupunkialueella.

Käytettävissä on kaksi vaihtoehtoa, joilla voidaan lisätä dronien lentoaikaa. Ensimmäisellä vaihtoehdolla on akun kapasiteetin lisääminen, joka on hyvin rajallinen vaihtoehto nykyaikaisessa tekniikassa. Akut saattavat olla liian painavia tai niiden materiaalit ovat liian kalliita. Toinen vaihtoehto on ladata akun ulkoisesta energialähteestä ajoittain. Se voi olla joko langallinen tai langaton. Langattomat vaihtoehdot tarjoavat suuremman liikkumisvapauden kuin langalliset vaihtoehdot dronien lautauksen aikana. (Lu, Bagheri, James & Phung 2018).

Langattomalla tehonsiirrolla (WPT) voidaan ladata dronien akkuja joutumatta laskeutumaan. Energia voidaan siirtää maassa olevista latausjärjestelmistä droneille induktiivisen resonanssin avulla. Se on induktiivinen kytkentämuoto, jossa teho siirretään magneettikentällä kahden resonanssipiirin (lähettimen ja vastaanottimen) välillä. (Junaid, Konoiko, Zweiri, Sahinkaya & Seneviratne 2017).

Dronien akkujen lataamisella lasersäteilyn kautta on myös yksi keino, jolla pystytään pidentämään lennonaikaa. Tätä menetelmää käytetään usein sotilasvalvonnassa ja tiedusteluoperaatioissa (kuva 5). Ulkoinen energialähde syöttää laseria, joka tuottaa valonsäteen tietyllä taajuudella ja aallonpituudella sekä kohdistaa sen droneille. Tämä on suunnattu erityisesti suunniteltuun aurinkokennoon, joka on asennettu UA-laitteisiin. (Lu ym. 2018).



KUVA 5. Lasersäteilyprosessi drone-latauksessa. (Lu ym. 2018).

Global Energy Transmission (GET) on kehittänyt induktiivisen latausjärjestelmän, joka pystyy lataamaan dronien akkuja lennon aikana, jolloin dronet pysyvät ilmassa pitkiä aikoja. GET on kehittänyt maailman ensimmäisen laitteiston, joka voi langattomasti ladata raskaita droneja pitkiä matkoja (kymmeniä metrejä). GET tarjoaa turnkey-ratkaisun, johon kuuluu maan langattomat tehonsiirtoasemat ja dronet, joissa on sisäänrakennettu GET-tekniikka, kuten langaton virransyöttöjärjestelmä ja akun nopean lataus, jonka avulla voidaan ladata droneja mahdollisesti muutamassa minuutissa lennon aikana. (Global Energy Transmission 2018).

6.3 Lentokäytävä

Yleensä siviili-ilma-alusten koordinoitua välittyy lennonjohdon (ATC) kautta. Lennonjohtajat (ATCO) havaitsevat ongelmia ja ratkaisevat niitä tekemällä muutoksia yhden tai useamman ilma-aluksien suuntaan, nopeuteen tai korkeuteen. Kaupunkeihin tullaan rakentamaan turvaverkkoja ja reittejä droneille törmäyksien välttämiseksi, koska dronien tulee toimia sellaisessa monimutkaisessa kaupunkiliikenteessä, jossa on paljon esteitä. Ongelmat on tärkeä havaita ja ratkaista lennon suunnitteluvaiheessa, tätä voidaan kutsua strategiseksi konfliktinratkaisuksi. (Radišić, Vidović, Ivošević & Wang 2018).

Strategisen konfliktinratkaisun mahdollistamiseksi UA-reittejä on tunnettava ja toteutettava erittäin tarkasti. Myös esteet on tunnistettava etukäteen ja ne on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa. Turvallisuuden ylläpitämiseksi on oltava muitakin keinoja, varsinkin jos GPS-signaalit heikkenevät tai yhteydet epäonnistuvat. Droneissa tarvitaan varmentamisjärjestelmiä, jotka voivat ylläpitää turvallisuuden. (Radišić ym. 2018).

Suurimmalla osalla nykyaikaisista kaupungeista on hyvät maankuljetusinfrastruktuurit, joita voidaan hyödyntää UA-lentokäytävien määrittämisessä. Dronien lentokäytävien käyttöönotto on mahdollista olemassa oleva infrastruktuurien yläpuolella tai vieressä säilyttäen turvallisen etäisyyden liikkuvista ajoneuvoista ja läheisistä rakennuksista. Yksi mahdollinen vaihtoehto kaupunkialueiden UA-kulkureiteille on seurata vesistöjä tai vähemmän asuttuja alueita, kuten luonnonsuojelualueita. UA-kulkureittien perustaminen ei vaikuta nykyisiin helikopteritoimintoihin

eikä häiritse muita liikennepalveluja tai vaikuta niiden toimintaan. (Pathiyil, Low, Soon & Mao n.d.).

Geofence-tekniikka on yksi mahdollisista ratkaisuista, joilla voidaan varmistaa dronien sujuvaa toimintaa rajoitetuilla alueilla. Tämä turvallisuusstrategia perustuu telematiikkaan ja satelliittipaikannukseen. Reclusen ja Drouardin (2009) mukaan voidaan etänä valvoa alueita, joilla on tehty ympäröivän virtuaalisen aidan ja tunnistaa liikkuvat objektit, jotka tulevat alueille tai poistuvat niistä. UA-reitityksien perustaminen on otettava huomioon rajoitettuja ilmatiloja sekä muita näkökohtia, kuten dronien paino, koot ja tuetut tekniikat. (Pathiyil ym. n.d.).

Ammattikäyttöön tarkoitetut dronet ovat varustettu eri suuntiin havainnoivilla antureilla ja välttämisalgoritmeilla esteiden välttämiseksi. Antureista on saatavilla tietoja ja laskenta-algoritmeilla saadaan tietoa ympäristöstä ja voidaan lentää turvallisesti.

Anturien ominaisuuksia ovat seuraavat:

- Stereonäkö on kyky havaita visuaalisesti rakenteiden kolmiulotteisuus ottamalla kaksi kuvaa hieman eri kulmista kahdella kameralla. Molempien kuvien samoja pisteitä käsittelemällä pystytään määrittämään näiden pisteiden etäisyydet trigonometrinen kaavojen avulla.
- Ultraäänen taajuus on ihmisen korvan kuuloalueen yläpuolella. Etäisyyden määrittämiseen mittaamalla pulssin aika, joka kuluu signaalin heijastamiseksi esteestä. Ultraääniantureilla voidaan käyttää suhteellisen lyhyellä etäisyydellä. Ne eivät voi havaita esteen kokoa tai muotoa.
- Lentoajan kamera (ToF) on etäisyyskamerajärjestelmä, joka koostuu integroidusta valonlähteestä ja kamerasta. Se voi mitata etäisyystietoja jokaisesta kuvapistestä lähettämällä valopulssi ja laskemalla aika, joka tarvitaan valon heijastumiseen takaisin kameraan.
- Kaukokartoitus (LIDAR) on optinen tutka, joka toimii näkyvän valon, lähinfranan tai ultraviolettin alueella. Se laskee etäisyydet ja havaitsee kohteet perustuen aikaan, joka kuluu laservalon pulssin anturista kohteeseen ja takaisin. (Radišić ym. 2018).

6.4 Yhteydet dronien ja taustajärjestelmien välillä

Miehittämättömien ilma-alusten turvallinen toiminta edellyttää luotettavia viestintäverkkoja. Jotta droneja voidaan käyttää ilmatilassa, niiden on kommunikoitava ilmaliikenteen hallintajärjestelmän ja muiden dronien kanssa. Sovelluksesta riippuen dronet voivat käyttää erilaisia viestintämenetelmiä, mukaan lukien matkapuhelinverkkoja, satelliitteja ja muita radioviestimiä.

Matkapuhelinverkot ovat luotettava viestinnän menetelmä, koska niiden infrastruktuuri on jo olemassa, ja näin niitä voidaan käyttää BVLOS-toiminnan ohjaimiseen ja seurantaan. Mobiiliverkot ovat myös nopeita ja turvallisia. Kaupunkialueilla on yleensä hyvä matkapuhelinverkkojen kattavuus, mutta nämä verkot ovat optimoitu käytettäväksi maassa. Tämän takia niiden kattavuus ei välttämättä ole yhtä hyvä ilmassa. Tuleva 5G-matkapuhelinverkko parantaa huomattavasti nopeutta, latenssia ja kapasiteettia. Matkapuhelinjärjestelmällä on jo kyky tunnistaa matkapuhelimet SIM-korttien kautta, tätä kykyä voitaisiin myös käyttää tunnistamaan droneja. Matkapuhelinverkkotorneja voitaisiin myös käyttää auttamaan droneja määrittelemään sijaintinsa trigonometristen kaavojen avulla. (Nesta 2018).

5g-verkon tukiasemat ovat erittäin pieniä, mikä mahdollistaa niiden helpon sijoittamisen kaupungeissa mm. valaistuspylväisiin ja talojen katoille. Tukiasemat voivat sisältää satoja antennielementtejä ja useita keiloja keilanmuodostusta (beamforming) ja erittäin suurta tiedonsiirtonopeutta varten. Keilanmuodostus tarkoittaa, että 5G-tukiasemalla on mahdollisuus kohdistaa useamman antennin säteily (radiokeila) tiettyyn kohteeseen. MIMO-tekniikalla voidaan minimoida häiriöitä ja solukapasiteettia voidaan lisätä antennin rakenteilla. 5G-tekniikan samaa taajuutta voidaan käyttää sekä datan lähettämiseen että vastaanottamiseen. Lisäksi voidaan 5G hyödyntää erittäin laajaa spektriä ja suurta taajuuksien määrää. (Nokia n.d.; Ahonen 2019).

Nokian koneoppimisen insinöörin Ilkka Käsälän mukaan 5G-tekniikka tarjoaa monia etuja, joita voidaan käyttää kaupunkialueella droneja varten. yhtenä etuna

on massiivinen laajakaista (eMBB), joka tarjoaa useiden gigabittien sekuntinopeuksia datan siirtoon. Toisena tulee kommunikaatio, johon tarvitaan erittäin luotettavia ja pieniviiveisiä yhteyksiä (uRLLC). Lisäksi on esineiden internetiin liittyvä suuri määrä keskenään kommunikoivia laitteita (mMTC). Keskeisimmät 5G-verkon tekniset tavoitteet liittyvät pieneen viiveeseen, datanopeuden kasvuun, liikkuuuteen sekä verkon energia- ja spektritehokkuuteen. (Känsälä 2019).

7 DRONE-TOIMINTA HIEDANRANNASSA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää drone-toiminnan mahdollisuuksia ja Hiedanrannan kaavoituksessa huomioon otettavia drone-toimintoja tulevaisuudessa. Kun Hiedanrannasta ja sen infrastruktuureista tulee yhä digitaalisempia, syntyy mahdollisuuksia tehdä liikennejärjestelmistä entistä tehokkaampia ja älykkäämpiä. Hiedanrannassa ja Suomessa droneja voidaan hyödyntää laajasti esimerkiksi kuljetustoiminnassa, turvallisuus- ja vartiointisovelluksissa, kulunvalvonnassa ja kunnossapidon valvonnassa.

Miehittämätön liikenteenhallinta (UTM) on keskeinen järjestelmä, jonka avulla voidaan hallita drone-liikennettä Hiedanrannassa. Dronet voidaan integroida kansalliseen ilmatilaan ja sitten droneja pystytään lentämään BVLOS-toiminnalla. UTM pitää droneja ja muita ilma-aluksia turvallisina. UTM mahdollistaa droneilla lentämisen BVLOS-toiminnalla ilman pelkoa törmäyksistä muiden ilma-aluksien kanssa. Dronet, helikopterit ja muut ilma-alukset voivat kommunikoida automaattisesti keskenään ja välttävät näin törmäyksen miehittämättömän liikenteenhallintajärjestelmän avulla.

Sopiva infrastruktuuri on toinen tärkeä tekijä Hiedanrannassa, jotta droneja voidaan integroida osaksi älykaupunkia. Laskeutumisalustat, latausverkot, mobiiliverkot ja dronien huoltotilat ovat keskeisiä drone-toimintojen mahdollistajia kaupungissa. Hiedanranta suunniteltaessa täytyy huomioida dronien operointia. Tällaiselle infrastruktuurille ei ole vielä suoraa ennakkotapausta, mallia voidaan ottaa helikopterilentotoiminnoista.

Rakennuksien kattojen käyttäminen lento-olähtöön ja laskeutumiseen saattaa olla paras tapa käyttää droneja Hiedanrannassa. Tiheästi asutuilla alueilla dronet tarvitsevat turvallisen laskeutumisalueen, lisäksi on pyrittävä pitämään dronen aiheuttama melua ja ilman turbulenssia mahdollisimman pieninä. Dronen toimiminen rakennusten katoilta on vähemmän ongelmallista.

5G-matkapuhelinverkon käyttö Hiedanrannassa lisää turvallisuutta, koska dronet ja muut lentävät ilma-alukset sekä laskeutumispaikat ja ohjauskeskus voivat

kommunikoida keskenään turvallisesti ja tehokkaasti. Ohjauskeskus voi huolehtia sekä reitinhallinnasta että hätätilanteiden hallinnasta.

Poliisilla on tärkeä rooli drone-toiminnassa turvallisuuden kannalta. Poliisi voi puuttua dronien lentämiseen turvallisuuden ylläpitämiseksi. Poliisi voisi puuttuaan käyttää voimakeinoja tai teknisiä laitteita, joilla voidaan ottaa lentolaitteen ohjaus haltuun.

Hiedanrannassa telakointiasemat tulee sijoittaa rakennusten katoille mahdollisimman kauas asuinalueista ja Hiedanrannan ydinkeskustasta. Lentoreitit tulee suunnitella niin, että dronet lentävät alueilla, joissa on vähän ihmisiä tai rakennuksia. Hiedanrannan alustavaan yleissuunnitelmaan on mallinnettu dronien telakointiasemia ja lentoreittiä (liite 1). Liitteessä 1 on kartta, jossa näkyy kolme telakointiasemaa, jotka on kuvattu keltaisilla rastiympyröillä ja jotka sijaitsevat kaupungin eri alueilla. Lisäksi kartassa näkyy kaksi hätätelakointiasemaa, jotka on kuvattu punaisilla rastiympyröillä ja jotka sijaitsevat melkein lentoreittien keskellä. Hätätilanteissa drone voi laskeutua lähellä olevaan telakointiasemaan. Telakointiasemia on sijoitettu rakennusten katoille.

Kartassa näkyy myös sinisiä ja vihreitä viivoja, jotka kuvaavat dronen lentoreittejä. Vihreä viiva kuvaa painavien dronien lentokäytäviä, jossa kaikki dronet pysyvät lentämään tämän reitin kautta. Yhteen suuntaan on lennettävä tietyllä korkeudella ja vastakkaiseen suuntaan on lennettävä eri korkeudella. Dronien suunta voidaan tunnistaa käyttämällä lentovaloja. Suunnan tunnistamisen avulla voidaan myös vähentää törmäyksiä. Sininen viiva kuvaa kevyiden dronien lentokäytäviä, joissa vain alle 7 kg painava drone saa lentää. Lentokieltoalueet, joita dronen tulee välttää, on kuvattu keltaisilla ympyröillä. Tällaisia alueita ovat mm. koulut, päiväkodit, torit ja muut alueet, joissa ihmiset kokoontuvat.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Miehittämättömien ilma-alusten käyttö on kaikkialla maailmassa kovassa kasvussa. Tekniikan kehittyessä pystytään droneja hyödyntämään entistä enemmän myös kaupallisessa tarkoituksessa. Dronien määrän jatkuvasti kasvaessa on myös alaan liittyvä sääntely ollut jatkuvassa muutoksessa. Käytettäessä droneja kaupungeissa pystytään monet tehtävät suorittamaan nopeammin, kustannustehokkaammin ja turvallisemmin kuin aikaisemmin.

Opinnäytetyöprosessin aikana pyrkimys oli selvittää, mitkä ovat asioita, jotka tulisi ottaa huomioon älykkäissä kaupungeissa, niin että drone tulisi lentämään täysin automaattisesti ja itsenäisesti ilman ihmisten puuttumista. Tällä hetkellä Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) ja Yhdysvaltain liittohallituksen alainen ilma- ja avaruushallintovirasto (NASA) tukevat dronien hankkeita ja tekniikkaa. Niiden tavoitteena on rakentaa laaja, turvallinen ja automatisoitu lennonohjausjärjestelmä sekä dronen integrointi nykyiseen valvottuun ilmatilaan.

Nykyisellä tekniikalla dronien lentäminen täysin automaattisesti on vieläkin vaikea, varsinkin jos lentäminen tapahtuu ilman näköyhteyttä (BVLOS). Kuitenkin on mahdollista hyödyntää droneja esimerkiksi kuljettamisessa ja paikantamisessa ja erilaisissa tarkastustehtävissä kaupungeissa, mutta se vaatii ihmisten ohjaamista ja valvomista. Dronien integrointi osaksi älykaupunkeja vaatii hyvän infrastruktuurin, luotettavan mobiiliyhteyden ja lento-ohjausjärjestelmän sekä hyvän miehittämättömän liikenteenhallinnan (UTM).

Itse asiassa dronien infrastruktuurilla on paljon erilaisia ratkaisuja ja menetelmiä, joita voidaan hyödyntää, mutta haasteena on näiden palvelujen organisointiin ja standardointiin liittyvät ongelmat. Esimerkiksi akun lataaminen tai vaihtaminen ei ole vaikea teknologinen ongelma, muttei ole olemassa standardeja, jotka mahdollistaisivat eri valmistajien dronien yleiseen itsenäiseen lataamisen samalla menetelmällä.

Dronien kehityksen ollessa nopeaa, eivät viranomaiset ole aina pystyneet perässä, vaikka Suomessakin on määräyksiä jatkuvasti päivitetty. Suomessa liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) viranomaiset sääntelevät ja valvovat miehittämättönnä ilmailua koskevia lakeja ja määräyksiä sekä päivittävät niitä koko ajan, jotta droneja pystytään käyttämään turvallisesti ja sujuvasti muiden toimintojen kanssa kaupunkialueilla. Opinnäytetyön tarkoitus oli perehtyä miehittämättönnä ilmailua koskevaan nykyiseen lainsäädäntöön, ilmailumääräykseen ja käytötapoihin Suomessa ja muuallakin maailmalla.

Miehittämättönnä ilmailua koskevat lait ja määräykset on kehitetty ja päivitetty lyhyen ajan kuluessa, koska miehittämättönnä ilma-aluksiin liittyvä tekniikka kehittyy edelleen ja dronien ominaisuudet kehittyvät jatkuvasti. Viranomaiset päivittävät ja muuttavat määräyksiä turvallisuuden takaamiseksi ja jotta voitaisiin hyödyntää mahdollisimman paljon dronien sovelluksista. Esimerkiksi Suomessa miehittämättönnä ilma-aluksen maksimilentokorkeus on 150 m, mutta se saattaa pienentyä 120 m:iin ilmailun sujuvuuden varmistamiseksi.

Hiedanrannassa ja ylipäätään Suomessa droneja voidaan käyttää hyvin laajasti monessa eri tehtävissä. Trafi on ollut hyvin aktiivinen dronien kehityksessä Euroopan sekä maailman tasolla. Se on tarkoituksellisesti pitänyt lainsäädännön melko liberaalina, niin että Suomi pystyy edistämään ja kilpailemaan muiden maiden kanssa drone-tekniikassa. Suomen ilmaliikenne on turvallista ja sujuva, Suomessa on luotettavat mobiiliyhteydet sekä hyviä ilmailun asiantuntijoita ja yrityksiä, jotka kehittävät ja edistävät droneja. Lisäksi Suomessa on hyvä infrastruktuuri, joka mahdollistaa automaattisten dronien käytön tulevaisuudessa. Dronien kasvun myötä syntyy kansainvälisesti merkittävän uhka. On tärkeää, että viranomaisella on koulutus ja ymmärtämys dronien väärinkäytön uhista.

Opinnäytetyön aihepiiri on laaja ja sen kattava käsittely ei tässä työssä onnistu. Aihepiiri tarjoaa kuitenkin runsaasti haasteita ja mahdollisuuksia jatkotutkimusta varten. Miehittämättönnä ilma-alusten liikenteenhallintajärjestelmän (UTM) kehittäminen voisi olla hyvänä jatkotutkimusaiheena, kuten palvelut, roolit, vastuut, tietorakenteet, tiedonvaihtoprotokollat, ohjelmistotoiminnot ja infrastruktuurin. Älykkään liikkumisen kehittämien voisi olla myös hyvänä jatkotutkimusaiheena, koska suurin osa kaupunkiliikenteen ilmaliikkuvuuden projektista on vielä kesken.

LÄHTEET

- Achal. 2018. Releasing FlytDock- precision landing solution for commercial drones. Yritysblogi. Flytbase. Luettu 5.4.2019. <https://blogs.flytbase.com/precision-landing-solution/>
- Ahonen M. tutkija. 2019. 5G-teknologian esittely - ympäristö- ja terveysriskit. Uusi Suomi. Luettu 24.4.2019 <http://mikkoahonen.puheenvuoro.uusi-suomi.fi/273776-5g-teknologian-esittely-ymparisto-ja-terveysriskit>
- Al Shouk A. 2017. Drones to monitor traffic in Dubai. Gulf News UAE. Luettu 18.3.2019 <https://gulfnews.com/uae/transport/drones-to-monitor-traffic-in-dubai-1.2143678>
- Al-Jaroodi J., Idries A., Jawhar I., Mohamed N. & Mohammed F. 2018. Unmanned aerial vehicles applications in future smart cities. Technological Forecasting and Social Change. Elsevier. Luettu 14.2.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.sciencedirect.com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0040162517314968>
- Areias, B., Humberto, N., Guardalben, L., Fernandes, J. and Sargento, S. 2018. Towards an automated flying drones platform. In proceedings of the 4th international conference on vehicle technology and intelligent transport systems (VE-HITS). Scitepress. Luettu 21.2.2019 <https://www.scitepress.org/papers/2018/67924/67924.pdf>
- ASM-Toimintakäsikirja. 2019. Ilmatilan joustavan käytön menetelmät. Luettu 7.3.2019 https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1478763420/8d90860470f2d078ffc2099c9c466bf7/23008-ASM-Toimintakäsikirja_1.pdf
- Business Tampere. 2019. Luettu 1.2.2019 <https://business tampere.com/fi/tietoa-meista/business-tampere/>
- Desjardins J. 2018. Is the future of ecommerce in drone deliveries?. Visual Capitalist. Automatio. Luettu 15.3.2015 <https://www.visualcapitalist.com/ecommerce-drone-deliveries/>
- Droneinfo. 2019. Missä saa lentää? Luettu 27.2.2019 https://www.droneinfo.fi/fi/lentoty/missa_saan_lentaa
- DronesRules. 2018. Miehitettävien ilma-aluksien säännöt ammattikäyttäjille. Luettu 27.1.2019 <http://dronerules.eu/fi/professional>
- Flytrex. 2019. Food delivery takes off with Iceland's leading e-commerce. Luettu 1.3.2019 <https://www.flytrex.com/projects/iceland-aha/>
- Gipson L. 2017. NASA embraces Urban Air Mobility, calls for market study. NASA:n Ilmailualan tutkimusoperaation osasto (ARMD). Julkaistu 08.11.2017. Päivitetty 31.08.2018 Luettu 1.4.2019 <https://www.nasa.gov/aero/nasa-embraces-urban-air-mobility/>

Global Energy Transmission (GET). 2018. In-flight wireless charging – outdoor demonstration. Luettu 6.2.2019 <http://getcorp.com/in-flight-wireless-charging-outdoor-demonstration/#contact-section>

Industrial SkyWorks Inc. 2019. Drone roof inspections & building envelope inspections. Luettu 18.3.2019 <https://industrialskyworks.com/building-inspection-services/>

Junaid A., Konoiko A., Zweiri Y., Sahinkaya M. & Seneviratne L., 2017. Autonomous wireless self-charging for multi-rotor unmanned aerial vehicles. ResearchGate. Energies. Luettu 4.4.2019. https://www.researchgate.net/publication/317584880_Autonomous_Wireless_Self-Charging_for_Multi-Rotor_Unmanned_Aerial_Vehicles

Känsälä, I., 2019. Nokian koneoppimisen insinööri. Dronet verkkojen analysoinnissa. Drone Business Breakfast –seminaari, 13.2.2019 Oulussa.

Liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) ilmailumääräys OPS M1-32. 2018. Luettu 24.1.2019 https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1543326521/514c2766eb6f8413b2b0d71032cb4337/32598-OPS_M1-32_2018_fi.pdf/

Lu M., Bagheri M., James A., Phung T., 2018. Wireless charging techniques for UAVs: A Review, reconceptualization and extension. IEEE Access (6). Luettu 1.2.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ieeexplore-ieee-org.libproxy.tuni.fi/document/8368105>

Lumme m., 2019. Kartanonkoskella ja Ylästössä paketteja lennättäneiden droonien matka typistyi – "Tämä ei ollut teknologiatesti". Vantaan Sanomat. Luettu 23.3.2019. <https://www.vantaansanomat.fi/artikkeli/756108-kartanonkoskella-ja-ylastossa-paketteja-lennattaneiden-droonien-matka-typistyi-tama>

McNabb M., 2016. Flirtey completes first urban drone delivery in US. Dronelife. Luettu 16.3.2019 <https://dronelife.com/2016/03/29/flirtey-completes-first-urban-drone-delivery-us/>

Nesta (National Endowment for Science, Technology and the Arts). 2018. Flying High: The future of drone technology in UK cities. Loppuraportti. Luettu 5.2.2019. <https://www.nesta.org.uk/report/flying-high-challenge-future-of-drone-technology-in-uk-cities/exploring-urban-drone-integration/>

Nokia. N.d. Beamforming for 4.9G/5G Networks. Luettu 24.4.2019 <https://onestore.nokia.com/asset/201377>

Pathiyil, L., Low K. H., Soon B. H. & Mao, S., N.d. Enabling safe operations of unmanned aircraft systems in an urban environment: A Preliminary Study. Air Traffic Management Research Institute. Luettu 19.4.2019. https://www.academia.edu/34379272/Enabling_Safe_Operations_of_Unmanned_Aircraft_Systems_in_an_Urban_Environment_A_Preliminary_Study

Perttula, A., Lehtori, 2019. RPAS Ilmatilavaraus. Sähköpostiviesti. antti.perttula@tuni.fi. Luettu 14.1.2019

Radišić T., Vidović A., Ivošević J., Wang B., 2018. Challenges and solutions for urban UAV operations. International Scientific Conference "Science and Traffic Development. ResearchGate. Luettu 5.4.2018. https://www.researchgate.net/publication/326319889_Challenges_and_Solutions_for_Urban_UAV_Operations

RumbleTools Oy. 2019. RumbleToolsin autonominen robottidrone. Luettu 31.1.2019 <https://www.rumbletools.fi/fi/ratkaisumme/>

Singaporen ilmailuhallinto (CAAS). 2019. Permit Application. Luettu 23.4.2019 <https://www.caas.gov.sg/public-passengers/unmanned-aircraft-systems/permit-application>

Skysense yhtiö. 2019. Skyport-asema. Luettu 29.1.2019. <https://www.skysense.co/skyport>

Swiss Post. 2019. A vision has become reality. Post CH Ltd. Development & Innovation. Luettu 29.1.2019 <https://www.post.ch/en/about-us/company/innovation/swiss-post-s-innovations-for-you/drones?shortcut=drones>

Tampereen kaupunki, Hiedanranta. 2019a. Luettu 1.2.2019 <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaupunkisuunnittelu-ja-rakentamishankkeet/hiedanranta.html/>

Tampereen kaupunki, kaupunginosan suunnittelu, Hiedanranta. 2019b. Luettu 1.2.2019 <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaupunkisuunnittelu-ja-rakentamishankkeet/hiedanranta/suunnittelu.html/>

Vuorenmaa T., 2019. Robots Expert Finland Oy:n toimitusjohtaja. U-space ja uusimmat tuulet drone-liiketoiminnassa Euroopassa. Drone Business Breakfast –seminaari, 13.2.2019 Oulussa

Uavcoach. 2019a. Drones laws in Iceland. Luettu 22.4.2019 <https://uavcoach.com/drone-laws-in-iceland/>

Uavcoach. 2019b. Drone laws in Sweden. Luettu 22.4.2019. <https://uavcoach.com/drone-laws-in-sweden/>

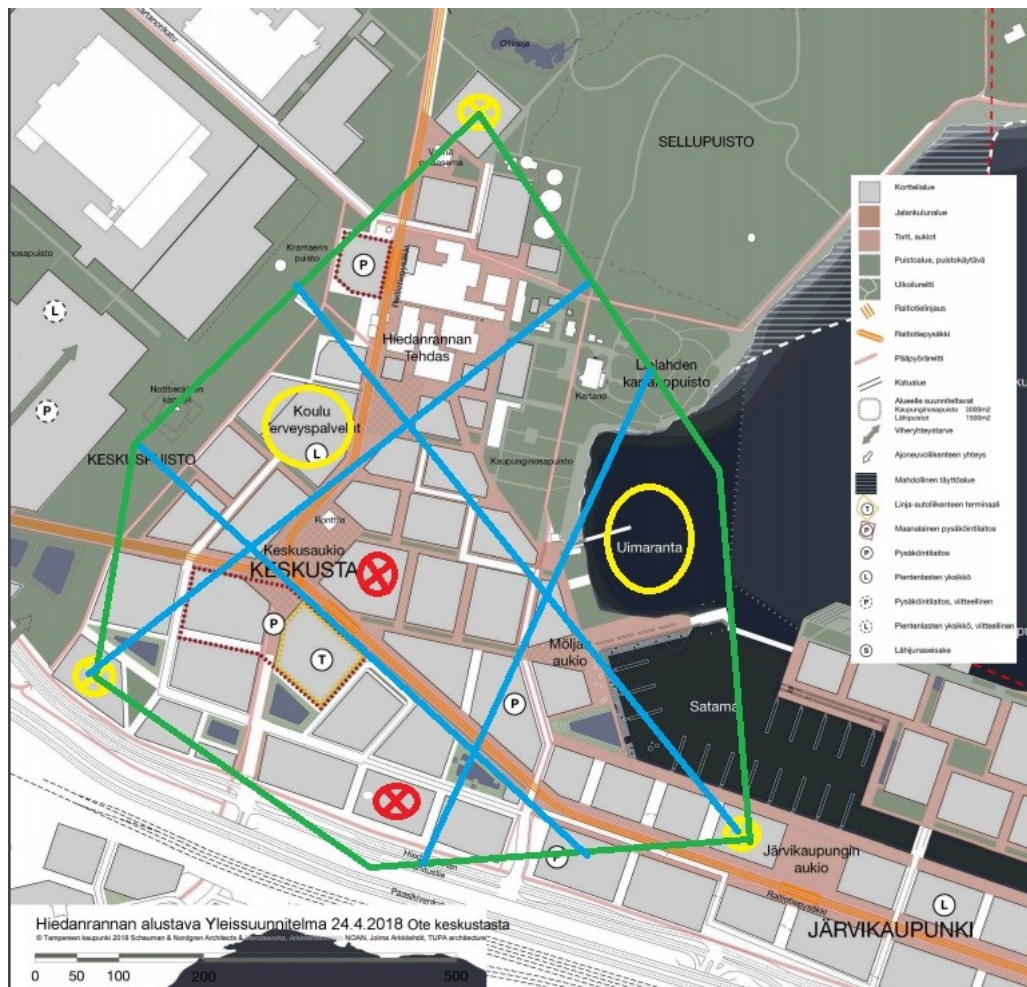
Uavcoach. 2019c. Drone laws in Switzerland. Luettu 22.4.2019. <https://uavcoach.com/drone-laws-in-switzerland/>

Uavcoach. 2019d. Drone Laws in the United States of America. Luettu 23.4.2019 <https://uavcoach.com/drone-laws-in-united-states-of-america/>

U-Space-hankkeen suunnitelma. 2017. Euroopan unionin julkaisutoimisto. Luettu 11.2.19 <https://www.sesarju.eu/u-space-blueprint>

LIITTEET

Liite 1. Lentoreitit ja telakointiasemat Hiedanrannassa.



Vihreä viiva	Painavien dronien lentokäytävä
Sininen viiva	Kevyiden dronien lentokäytävä
Keltainen rastiympyrä	Telakointiasema
Punainen rastiympyrä	Hätätelakointiasema
Keltainen ympyrä	Rajoitettu lentoalue