



Sähkökäyttöisen ilma-aluksen käyttö haja-asutusalueen viimei- sen kilometrin kuljetuksissa

Laith Ismail

OPINNÄYTETYÖ
MARRASKUU 2022

Konetekniikka
Lentokonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Lentokonetekniikka

ISMAIL, LAITH:

Sähkökäyttöisen ilma-aluksen käyttö haja-asutusalueen viimeisen kilometrin kuljetuksissa

Opinnäytetyö 37 sivua
Marraskuu 2022

Logistiikka-alan muutokset ovat johtaneet siihen, että kuljetusalalle on väistämättä ryhdytty etsimään tehokkaampia, edullisempia ja ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja. Tämä on luonut dronejen kehitykselle uuden markkinaraon logistiikka-alalla. Dronella tarkoitetaan miehittämätöntä ilma-alusta, jota voidaan käyttää muun muassa kaupalliseen tarkoitukseen. Lisäksi droneja hyödynnetään muun muassa lääketeollisuudessa, maanpuolustuksessa sekä yksityisessä käytössä.

Opinnäytetyössä selvitetään nykyaikaisen sähkökäyttöisen ilma-aluksen käyttöä viimeisen kilometrin kuljetuksissa. Työn tarkoitus on kartoittaa dronejen käytön hyötyjä ja haittoja nimenomaan haja-asutusalueiden kuljetuksissa. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä suomalaisen droneyrityksen Lentola Logistics Oy:n kanssa. Työssä selvitetään dronejen käyttömahdollisuuksia nimenomaan Suomen ja EU:n lainsäädännön puitteissa.

Aineiston perusteella dronet ovat huomattavasti ympäristöystävällisempi, kustannustehokkaampi ja nopeampi tapa viimeisen kilometrin kuljetuksiin kuin perinteinen logistiikka maanteitse. Dronen etuna on myös kyky lentää vaikeapääsyisiin sijainteihin. Aineistossa ilmeni kuitenkin, että sääolosuhteilla on merkittävä vaikutus dronen lennättämiselle. Lisäksi lennättämistä säätelee EU:ssa ja Suomessa ilmailulait. Dronen käyttö logistiikassa tulee kuitenkin tulevaisuudessa vaikuttamaan merkittävästi kuljetuspalveluihin.

.

Asiasanat: drone, miehittämätön ilma-alus, kuljetus, haja-asutusalue

ABSTRACT

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

ISMAIL, LAITH:

Use of an Electric Aircraft for the Last Kilometre of a Sparsely Populated Area

Bachelor's thesis 37 pages
November 2022

This thesis examines the use of modern electric-powered aircraft in last-mile transportation. The purpose of the work is to map the benefits and drawbacks of using drones specifically for transportation in sparsely populated areas. This thesis was carried out in cooperation with the Finnish drone company Lentola Logistics Oy. The work explores the possibilities of using drones within the framework of the Finnish and EU legislation.

In this thesis, the benefits of logistics transfers made with drones are mapped for the company, the environment and the customer. In addition, we will find out what the challenges of drones in logistics would be in the future, specifically in the last kilometer of transport.

Based on the data, drones are a significantly more environmentally friendly, cost-effective and faster way of last-mile transport than traditional logistics by road. The advantage of a drone is also the ability to fly to hard-to-reach locations. However, the data showed that weather conditions have a significant effect on flying the drone. In addition, flying is regulated by aviation laws in the EU and Finland. However, the use of drones in logistics will have a significant impact on transport services in the future.

Key words: drone, unmanned aerial vehicle, transport, sparsely populated area

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	7
3	LENTOLA LOGISTICS OY	8
4	DRONE ELI MIEHITTÄMÄTÖN ILMA-ALUS	9
4.1	Dronen käyttö.....	9
4.2	Lentola Logistics Oy VTOL -ilma-alus	10
5	VIIMEISEN KILOMETRIN KULJETUKSET	12
6	LOGISTIIKAN KEHITYS	13
6.1	Perinteinen logistiikka	13
6.2	Dronejen logistiikan nykytilasta	14
6.3	Drone tulevaisuuden käyttökuljetuksissa	16
6	DRONEIHIN LIITTYVÄT ILMAILUMÄÄRÄYKSET	18
7	SÄHKÖKAYTTÖISEN ILMA-ALUKSEN KÄYTTÖ HAJA- ASUTUSALUEILLA.....	22
7.1	Haja-astusalue	22
7.2	Dronekuljetuksen vaikutukset päästöihin	23
7.3	Dronen kuljetuskyky	25
7.3.1	Kosteus ja kylmyys	26
7.3.2	Tuulinen sää	27
8	YHTEENVETO	29
9	POHDINTA	31
	LÄHTEET	32

LYHENTEET JA TERMIT

VTOL	Vertical take-off and landing
UAV	Unmanned aerial vehicle
UAS	Unmanned aerial vehicle system
IP	Ingress Protection
GPS	Global Positioning System
GCS	Ground Control Stations
EU	European Union
BK	Bruttokansantuote
EASA	European Aviation Safety Agency
YKR	Yhdyskuntarakenteen seurannan aineistot
GDPR	General Data Protection Regulation

1 JOHDANTO

Miehittämättömien ilma-alusten käyttö logistiikassa on yleistynyt paljon viime vuosina varsinkin kaupunkialueilla. Tämä johtuu pääosin siitä, että logistiikkatarpeita on valtavasti, joka puolestaan luo uusia mahdollisuuksia toteuttaa innovatiivisia ratkaisuja, jotka voivat jatkuvasti edistää kasvua tehokkaammin, kestävämmiin ja pienemmillä kustannuksilla. Vaatimukset tietojärjestelmiä kohtaan kasvavat, ja siksi tarvitaan uusia, innovatiivisia ratkaisuja, joilla parannetaan ihmisten arkielämää.

Tampereen ammattikorkeakoulussa lentokonetekniikan opettaja Antti Perttula totesi, että droneilla on jo useita käyttömahdollisuuksia niin Suomessa kuin maailmalla (Suominen, 1.4.2022). UAV-laitteiden hyödyntäminen tulevaisuuden kuljetusjärjestelmissä on tärkeää, jotta saadaan kattavaa tietoa UAV:iden nykyisestä ja tulevaisuuden mahdollisesta kehityksestä, sekä niiden haasteista ja käyttömahdollisuuksista kuljetusalalla. Droneista, jotka viime aikoihin asti on liitetty joko maanpuolustukseen tai harrastustoimintaan, onkin tullut vakavia toimijoita kaupallisessa jakelussa. (Aurambout, Gkoumas & Ciuffo, 2019)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan nykyaikaisen drone-tekniikan hyödyntämistä logistiikassa Suomen haja-astusalueilla. Työssä käsitellään Lentola Logistics Oy:n erityisesti kuljetusta varten rakentaman sähkökäyttöisen ilma-aluksen käyttöä haja-asutusalueen viimeisen kilometrin kuljetuksissa. Työssä tutkitaan, kuinka alukset vaikuttavat päivittäisen postin ja pakettien kuljetuskustannuksiin sekä miten ilma-alukset vaikuttavat haja-asutusalueiden palvelutasoon ja voidaan niiden avulla nopeuttaa ja helpottaa haja-asutusalueiden kuljetuksia. Työssä käsitellään lisäksi erilaisten ilmaolosuhteiden vaikutusta dronejen käyttöön kuljetuksessa sekä ilma-alusten käyttöä koskevaa lainsäädäntöä. Sähkökäyttöisillä ilma-aluksilla voidaan parantaa logistiikkaa kaupunkikeskusten ulkopuolella, ja lisäksi vähentää kustannuksia viimeisen mailin toimitusaikana. Lisäksi niillä voidaan vauhdittaa kestävä liikkuvuuden kasvua, sillä dron kuljetuksesta aiheutuu varsin pienet päästöt. Tulevaisuudessa dronejen käyttö logistiikka-alalla ja nimenomaan viimeisen kilometrin kuljetuksissa tulee olemaan merkittävä markkinarako yrityksille. (Dorling ym. 2017; Brunner, Tanner & Wattenhoffer, 2019.)

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, ja se perustuu kansainväliseen sekä kotimaiseen tutkimukseen dronejen käytöstä kuljetusaluksina. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, minkälaisia mahdollisuuksia ja haasteita droneilla on viimeisen kilometrin kuljetuksissa haja-asutusalueilla.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu kvalitatiivisesti eli laadullisesti. Tutkimusta voidaan tehdä joko laadullisesti eli kvalitatiivisesti tai määrällisesti eli kvantitatiivisesti. Laadullisen tutkimuksen avulla pyritään kuvaamaan ”todellista elämää” ja sen lisäksi tutkimaan laajasti haluttua ilmiötä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2009, s. 161). Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena ei kuitenkaan ole kertoa kaiken kattavaa kuvaa tutkittavasta ilmiöstä, vaan sillä pyritään saavuttamaan parempi ymmärrys halutusta ilmiöstä. Lisäksi laadullisella tutkimuksella pyritään saattamaan aineisto paremmin ymmärrettävään muotoon ja kuvaamaan sitä helpommin käsiteltävässä muodossa (Eskola & Suoranta, 1998, s. 13).

Tämä opinnäytetyö on rakennettu teoriaa ohjaavan sisällönanalyysin perustella, jossa teoreettiset käsitteet on saatu suoraan aineistosta. Työn aineisto ovat hankittu olemassa olevan teoratiedon perusteella. Työn analyysi tehdään aineiston ehdoilla. Työssä on hyödynnetty laajasti eri tietolähteitä samalla käyttäen hyödyksi asiantuntemusta Lentola Logistics Oy:llä.

Tämä opinnäytetyö pohjautuu kirjallisuuskatsauksena aiempaan tutkimukseen, jonka perusteella on tehty selvitystä dronejen käyttömahdollisuuksista viimeisen kilometrin kuljetuksissa haja-asutusalueilla. Teorian pohjalta on vastattu tutkimuskysymyksiin ja lopuksi pohdittu dronejen käytön tulevaisuutta kaupallisella alalla.

3 LENTOLA LOGISTICS OY

Yrityksen nimi Lentola tulee Kangasalan Lentolasta, missä yritys alun perin aloitti alusten rakentamisen. Lentola viittaa samalla myös lentämiseen, joka olennaisesti liittyy yrityksen toimintaan. Yrityksen toimiala on ilma-alusten ja logistiikkaratkaisujen kehittäminen, valmistaminen ja myyminen sekä niihin liittyvien palveluiden tarjoaminen. Yritys aloitti toimintansa rakentamalla TAMK:ssa oppilasprojektin vuonna 2016, mutta varsinaisesti yritys perustettiin vasta vuonna 2017, jonka jälkeen yritys sai kaksi kotimaista sijoittajaa. Yritys rakensi ensimmäisen täydellisen dronen vuonna 2018. Yrityksen tavoitteena on kehittää ja parantaa logistiikan sähkökäyttöisiä VTOL-ilma-aluksia (vtol=vertical take-off and landing) hyödyntäviä kuljetusjärjestelmiä ja vauhdittaa siten kestäväää kehitystä logistikkassa, jonka lisäksi yrityksen tavoitteena on pienentää haja-asutusalueiden viimeisen kilometrin kuljetusten hiilidioksidipäästöjä jopa 70 % sähkökäyttöisiä ilma-aluksia kuljetusjärjestelmässä hyödyntäen. (Hohenthal, 2022)

Yritys on saanut media-alalta tutkimussäätiön tukia, ja rahoitustuen tavoitteena on tutkia sähkökäyttöisten ilma-alusten käytön vahvuuksia, heikkouksia ja mahdollisuuksia haja-asutusalueiden lehdenjakelun mahdollisuuksiin liittyen. Sen lisäksi yritys pyrkii saavuttamaan ekologisia ja taloudellisia säästöjä nykyisiin jakelumuotoihin verrattuna. (Berggren, 17.8.2020)

4 DRONE ELI MIEHITTÄMÄTÖN ILMA-ALUS

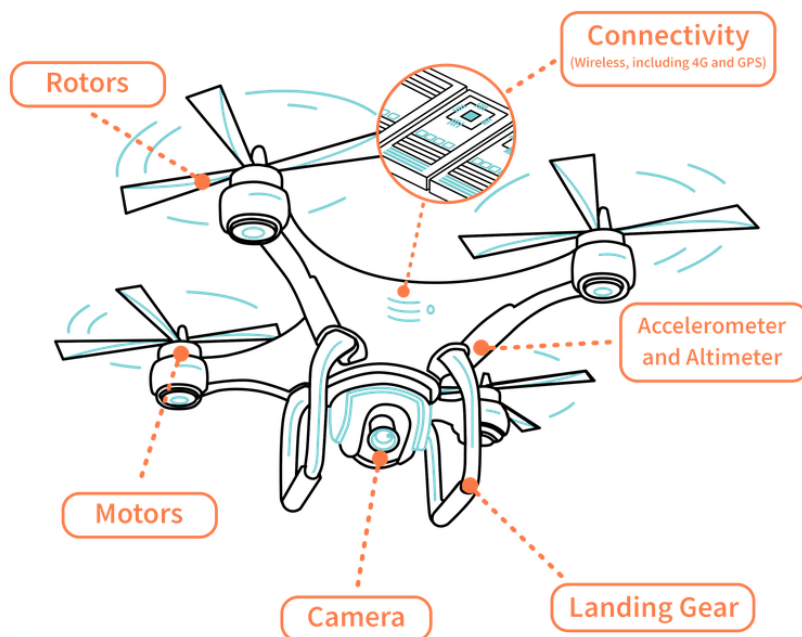
4.1 Dronen käyttö

Drone tai toiselta nimeltään UAV (Unmanned aerial vehicle) tarkoittaa kauko-ohjattavaa ilma-alusta. Termit viittaavat ilma-aluksiin, jotka pystyvät lentämään kauko-ohjauksella ihmisen ohjaamana tai automaatiolla ilman ihmisen toimintaa. (Identified technologies, n.d.) Drone ei ole siis ole täysin itsenäisesti lentävä laite, vaan se vaatii joko laitteita tai henkilön ohjaamaan sitä (Weatherington, 2005).

Ensimmäinen kauko-ohjattu kaksoisroottorin FA-61 helikopteri valmistettiin vuonna 1936 Saksassa. Varsinainen langaton ja miehittämätön ilma-alus valmistettiin amerikkalaisten Hewittin ja Sperryn toimesta vuonna 1917. Alun perin drone-tekniologiaa kehitettiin kuitenkin sotilastarkoitukseen, ja ensimmäisen kerran droneja aloitettiin käyttämään vuonna 2000 Irakin ja Afganistanin sodissa. (Nami, 8.5.2018)

Droneja on olemassa monenlaisia eri malleja, esimerkiksi moniroottoriset dronet (Multi Rotor Drones), kiinteäsiipiset dronet (Fixed Wing Drones), yksiroottoriset helikopterit (Single Rotor Helicopter) ja kiinteäsiipiset hybridimallit (Fixed Wing Hybrid VTOL). Kaikki mallit eivät kuitenkaan sovi samaan käyttötarkoitukseen. (Edri, 22.07.2022)

Droneja on valmistettu eri kokoisia riippuen niiden käyttötarkoituksesta. Suurinta osaa droneista käytetään enimmäkseen sotilaalliseen tarkoitukseen: esimerkiksi Predator-drone, ja dronet joissa on kiinteät siivet. Niitä käytetään suurilla maa-alueilla, maantieteellisissä mittauksissa tai esimerkiksi villieläinten salametsästyksen vastaisessa toiminnassa. Näiden lisäksi on olemassa niin kutsuttuja VTOL-droneja, jotka nousevat ja laskevat pystysuorana. Dronet pystyvät lentämään joko autonomisesti tai automaattisesti. Automaattinen drone pystyy suorittamaan turvallisesti lennon ilman ohjaajaa, ja mahdollistaa sen, että drone pystyy pärjäämään erilaisissa odottamattomissa ja arvaamattomissa hätätilanteissa. Automaattinen drone pystyy lentämään myös tiettyä ennalta määritettyä reittiä. (EASA, 2020, 31)



KUVA 1. Dronen osia. (Ctia, 12.04.2019)

Drone lentää käyttämällä aerodynamiikan voimia nostamaan sitä. Tyypillisesti drone valmistetaan kevyistä komposiittimateriaaleista, sillä tällöin saadaan dronen painoa vähennettyä, mutta ohjautuvuus parantuu. Droneissa on erilaisia tekniikoita kuten infrapunakamerat, GPS ja laser (kuluttaja-, kaupallinen ja sotilaallinen UAV). Droneja ohjataan kauko-ohjausjärjestelmillä (GSC) ja niitä kutsutaan tällöin myös maaohjaamoiksi. Yllä olevassa kuvassa (KUVA 1) näkyy laitteisto, joka löytyy jokaisesta dronestä: moottori, roottorit, GPS, kamera, laskuteline, kiihtyvyyssmittari ja korkeusmittari. (Ctia, 12.04.2019)

4.2 Lentola Logistics Oy VTOL -ilma-alus

Lentola Logistics Oy:n kehittämä kiinteäsiipinen VTOL ilma-alus (nousee ja laskeutuu pystysuorasti) ja se lentää pitkät siirtymät lentokoneen tavoin siivillään. UVA:t ovat vakaampia ja suurempia, ja niillä on erinomaiset lento-ominaisuudet, hyötykuormakapasiteetti ja kestävyys. Ilma-alus on täysin sähköinen ja lentää kahdella sähkökäyttöisellä moottorilla, ja se suorittaa lentotehtävää automaattisesti. Lentola Logistics Oy:n ilma-alus lentää pystysuoraan. Kiinteiden siipien

avulla tuotettu nostovoima pudottaa aluksen virrankulutuksen vaakalennossa kolmannekseen verrattuna potkurivoimalla tuotettuun multikopterityyppiseen leijuntaan. (Hohenthal, 2022)



KUVA 2. Lentola Logistics Oy:n drone. (Hohenthal, 2022)

Lentola Logistics Oy on valmistanut viidennen prototyyppidronen malliratkaisun, ja tällä hetkellä valmistuksessa on kuudes prototyyppi. Tämänhetkinen prototyyppi kulkee noin 70–80 kilometrin tuntivauhtia, ja jaksaa kantaa maksimissaan 3,5 kilon rahdin. Se pystyy lentämään kuorman kanssa enimmillään 40 kilometriä. Kiinteäsiipiset VTOL-ilma-alukset ovat erittäin energiatehokkaita, koska ne hyödyntävät kykyään liukua säästääkseen käyttämänsä polttoainetta tai muuta energianlähdettä. VTOL-ilma-aluksiin kuuluvat muun muassa helikopterit, joissa ei voida kuitenkaan hyödyntää liukua. (Hohenthal, 2022)

Siipien kärkiväli	1,4 m
Rungon pituus	1 m
Maksimi hyötykuorma	3,5 kg
Maksimi lentomatka 2kg hyötykuormalla	40 Km
Maksimi lentomatka ilman hyötykuormaa (korvattu lisäkustolla)	90 Km
Matkanlentonopeus	80 Km/h
CO₂-päästöt vaakalennossa	< 2 g /Km
Dronen paino akuston kanssa	10 kg

KUVA 3. Lentola Logistics Oy:n ilma-aluksen tekniset tiedot. (Hohenthal, 2020)

5 VIIMEISEN KILOMETRIN KULJETUKSET

Kaupunkialueilla tavaroiden kuljettaminen on lisääntynyt huomattavasti väestön kasvun, sähköisen kaupankäynnin ja uuden teknologian vuoksi. Sen lisäksi monet Euroopan kaupungeista ovat kohdanneet liikenteen aiheuttamia ongelmia kuten ruuhkia, turvallisuushkia, ilmansaasteita ja melua. EU:n BKT:sta on arvioitu, että noin 85 % syntyy Euroopan kaupungeissa, vuonna 2010 luku oli noin 73 %. (Aurambout, Gkoumas & Ciuffo, 2019)

Dronen käyttö viimeisen kilometrin toimituksessa on saanut paljon suosituksia, koska on huomattu, että dronella pakettien toimittaminen alentaa toimituskuluja mikä estää ruuhkakustannuksia, ja lisäksi se vähentää myöhästyneitä toimituksia. Dronella tavaroiden toimittaminen voisi vähentää myös paikallisliikenteen tarvetta ja vähentää näin ollen ruuhkia ja päästöjä. Monet yritykset kuten Amazon, Google, UPS ja DHL ovat jo aloittaneet toimitukset droneilla. (Aurambout, Gkoumas & Ciuffo, 2019)

Dronen merkitys rahtiliikenteessä haja-asutusalueilla tullaan näkemään lähitulevaisuudessa lisääntyvänä Suomessa, varsinkin viimeisen kilometrin kuljetuksissa. Kaiken kaikkiaan pakettien toimittaminen kotiin on iso helpotus asiakkaalle, sillä se poistaa asiakkaiden tarpeen lähteä kodeistaan vastaanottamaan paketteja. Tällä on ollut konkreettinen kansanterveyshyöty esimerkiksi COVID-19 pandemian aikana. Ruoan nopea toimittaminen on myös tärkeää asiakkaille, sillä tällöin ruoat säilyvät paremmin kuljetuksen aikana. (Airbus, luettu 2.11.2022) Eri puolilla maailmaa myös lääketieteellisten laitteiden kuljetus tapahtuu droneilla. tällöin lääkkeiden ja muiden tärkeiden tarvikkeiden kuljetus voisi olla tehokkaampaa ja poistaisi asiakkaan tarpeen pakettien noudolle. Dronen yksi tärkeimmistä kuljetusalueista onkin sairaankuljetus. (Konak, 29.5.2019; Hentilä, 2019)

Yritykset kuten Amazon, Alphabet Inc, Rakuten, JD.com, Dronistics, DHL, Flirtey, Zipline, Flytrex, Zing ja Uber ovat saaneet kehitettyä heidän dronejakelujärjestelmänsä niin, että ne pystyvät jakamaan paketteja esimerkiksi maatiloilla, asiakkaiden pihossa, puutarhoissa, vuoristoalueilla, lähiöissä ja maaseutualueilla luotamalla GPS:ään drone-autopilotin navigoinnissa. (Chen, ym. 20.12.2021)

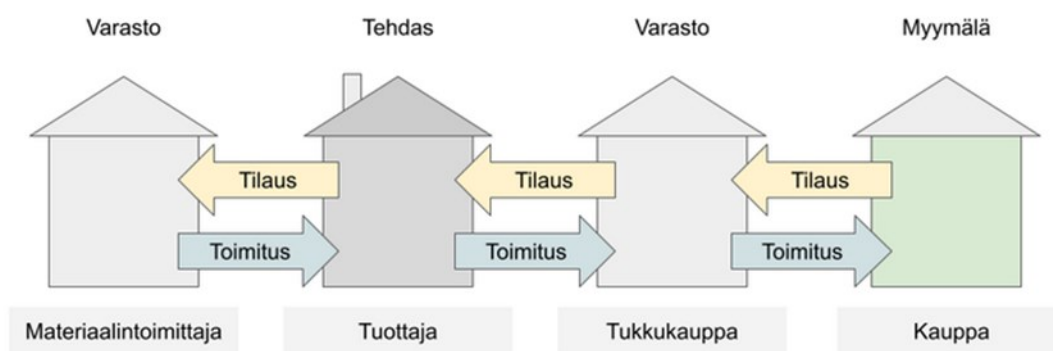
6 LOGISTIIKAN KEHITYS

6.1 Perinteinen logistiikka

Logistiikalla tarkoitetaan hankintaa, tuotantoa, jakelua ja markkinointia. Perinteiseen logistiikkaan kuuluu lisäksi varastointi sekä jakelujärjestelmä. Logistiikkaan voidaan kuitenkin lukea kuuluvaksi myös pakkaus, kuljetus, lastaus sekä purku. Logistiikka sanalla tarkoitetaan perinteisesti myös materiaalivirtojen suunnittelua, toteutusta ja hallintaa. (Hokkanen & Karhunen 2014)



Tilaus-toimitusketju



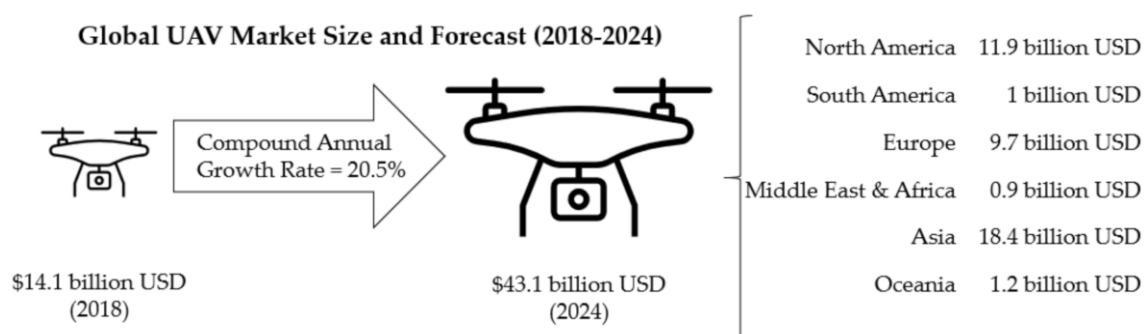
KUVA 4. Tavaralogistiikan perinteiset toiminnot muodostavat tilaus-toimitusketjun. (Rautauoma, 2022)

Perinteisten logistiikkaratkaisujen käyttö voi tällä hetkellä tehdä yritykselle enemmän haittaa kuin hyötyä. Asiakasmäärien kasvu ja odotukset toimituksen nopeuteen ja kustannuksiin liittyen eivät tee perinteisestä logistiikasta enää hyödyllistä (Far Eye, 13.10.2022). Perinteisen logistiikan tavaroiden jakelu on heikentänyt ilmanlaatua, jonka lisäksi se aiheuttaa erityisesti kaupungeissa meluhaittoja, onnettomuuksia ja lisää huomattavasti ilmaston kuormitusta. Monet yritykset ovat joutuneet tekemään toimenpiteitä liittyen logistiikan ympäristöhaittoihin. Viime vuosina logistiikan vaikutus ilmastomuutokseen on herättänyt huomiota, ja saastumisen ja liikenneturvallisuuden tiukentamisen vuoksi aiemmat parannukset ovatkin lieventäneet muita ympäristöongelmia. Uuden tutkimuksen mukaan ilmaston lämpeneminen on paljon suurempi uhka kuin aiemmin. (McKinnon,

ym., 2010) Tästä syystä monet yritykset siirtyvätkin mieluummin moderniin logistiikkaan.

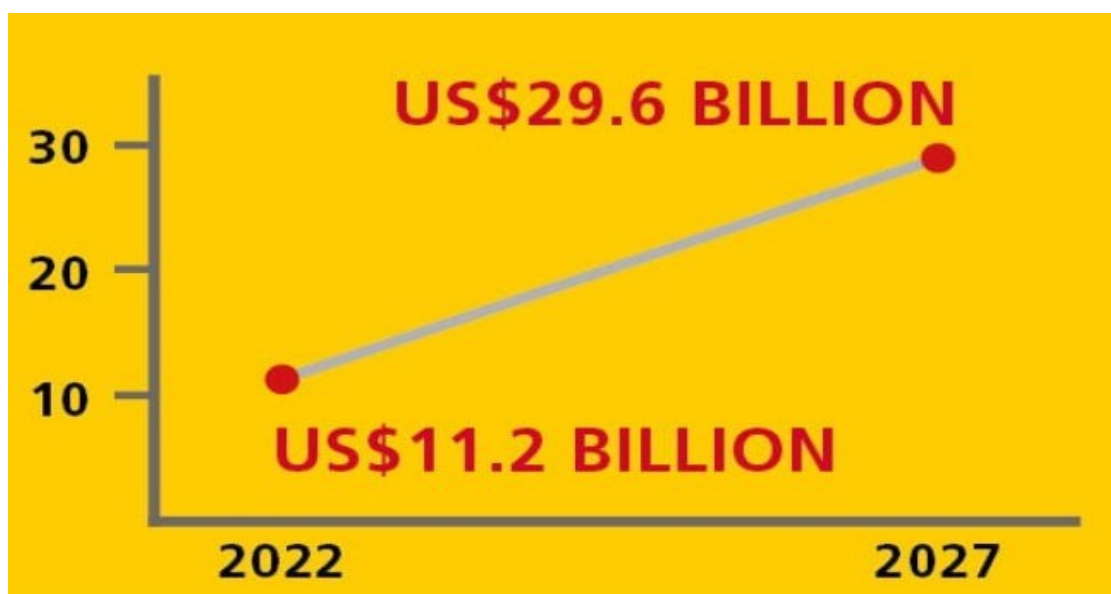
6.2 Dronejen logistiikan nykytilasta

Dronen käyttö logistiikan kuljetuksissa on lisääntynyt viime vuosina paljon, ei vain yksityis- ja kuluttajamarkkinoilla, vaan myös logistiikkateollisuudessa. Muutos on näkynyt erityisesti Euroopassa ja USA:ssa, joissa on huomattu, että dronejen kuljetuskustannukset ovat paljon halvempia kuin muut tiekuljetusajoneuvot. Sen lisäksi niillä on paljon nopeammat toimitusajat kuin muilla ajoneuvoilla. UAV:ta käytetään tällä hetkellä noin 70 % maanpuolustuksessa, 17 % kuluttajasektorilla ja 13 % kaupallisella sektorilla. Vaikka tällä hetkellä sotilas sektorilla käytetään UAV:ta eniten, niin tulevuudessa nähdään, että kaupallisella sektorilla tulee olemaan nopeampia kasvumahdollisuuksia. (Gupta, ym., 2021)



KUVA 5. Maailmanlaajuisten markkinoiden koko ja ennustetut maailmantaloudet UAV:ille (Gupta ym., 2021)

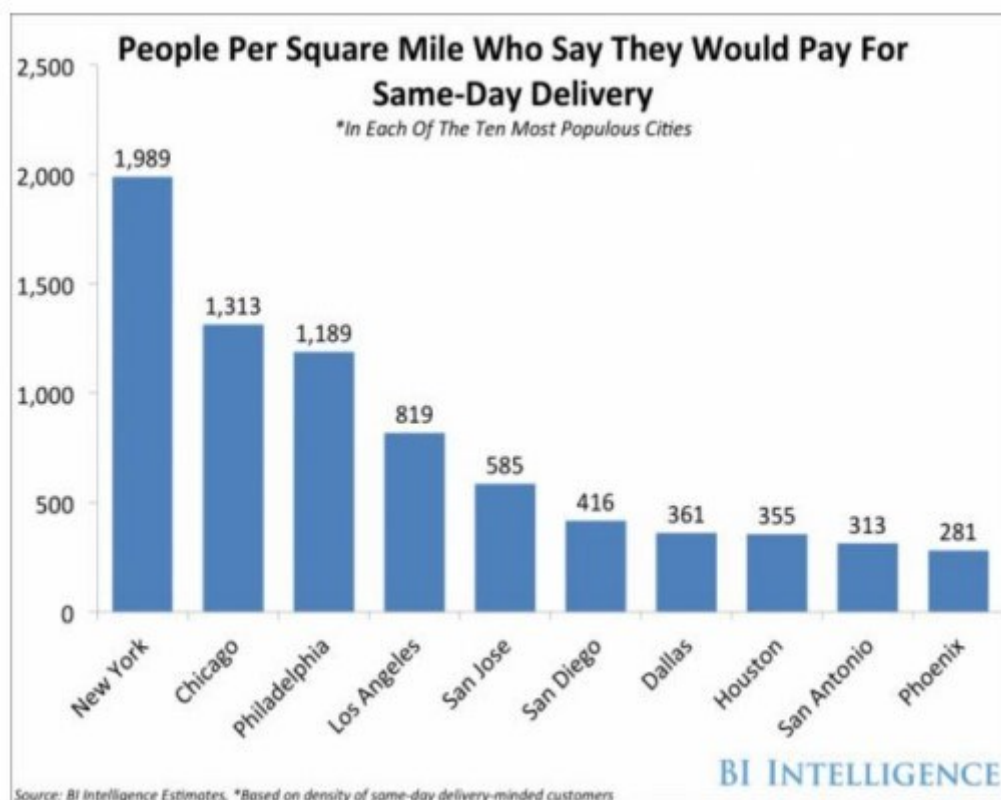
Amazon sekä monet muut yritykset Englannissa ovat aloittaneet yksityiset drone-toimitukset asiakkaille. Lisäksi Startup-yritykset kuten Kycart, Matternet ja FlyTrex ovat aikomassa tarjota dronekuljetuksia tulevaisuudessa. (Aurambout, Gkoumas & Ciuffo, 2019) Vuoteen 2027 mennessä ennustetaan, että dronen asema globaaleissa markkinoissa tulee lisääntymään ja että logistiikka- ja kuljetusmarkkinat lisääntyvät noin 17 miljardia dollaria. (DHL, 2019)



KUVA 6. Drone-logistiikan ja kuljetusmarkkinoiden arvio vuoteen 2027 mennessä. (DHL, 2.7.2019)

Dronen käyttö logistiikassa on lisännyt yritysten kilpailukykyä. Dronen käyttö lisää ensisijaisesti verkkokaupan markkinoita ja vastaa näin ollen asiakkaiden kasvuvuodotuksiin toimitusten nopeudesta. Yksi isoista syistä, mikä tekee dronen käytön logistiikka-alan yrityksille erittäin tärkeäksi on se, että droneilla on merkittävästi pienemmät kustannukset, joka vähentää toimittamiseen kuluja inhimillisiä työvoimakustannuksia. Sen lisäksi droneilla on erittäin suuri merkitys toimitusten kuljetuksille vaikeapääsyisille alueille. Dronet ovat ihanteellisia lääkkeiden ja terveydenhuollon tarvikkeiden toimittamiseen syrjäisille tai kehittymättömille alueille. Lisäksi dronejen toimituksilla on vähäisiä ympäristövaikutuksia verrattuna perinteisiin toimituksiin maanteitse, rautateitse tai lentoteitse. Tämä tulee olemaan arvokasta yrityksille, jotka haluavat parantaa heidän "vihreää" merkitystään. (DHL, 16.5.2019)

Benaddin (28.10.2021) mukaan Yhdysvalloissa sekä muualla maailmassa yritykset ovat jo alkaneet testata dronien käyttöä tuotteiden jakeluun nimenomaan viimeisen kilometrin kuljetuksissa. Alla olevassa kuvassa (KUVA 7) voidaan havaita asiakaskyselyn tuloksia Yhdysvalloissa, jossa erityisesti suurkaupunkien asiakkaat olisivat valmiita maksamaan saman päivän kuljetuksista lisäkustannuksia.



KUVA 7. Asiakaskysely saman päivän kuljetuksen tarpeesta. (Akshay ym. 2018)

6.3 Drone tulevaisuuden käyttökuljetuksissa

Dronen teknologia kehittyy koko ajan, ja lisää jatkuvasti edistyneitä ominaisuuksia ja toimintoja droneilla. Ympäri maailman kansalliset viranomiset tunnustavat dronejen mahdollisuuksia toimituksessa. Viranomiset myöntävät lupia, joilla yritykset voivat käyttää UAV-rahtilaitteita kaupallisessa toiminnassa, ja se antaa mahdollisuuden sille, että yritykset voivat tarjota lisää maksullisia dronepalveluita. DHL pyrkii tulevaisuudessa panostamaan dronejen teknologiaan ja varsinkin viimeisen kilometrin kuljetuksiin, koska nähdään, että se on logistiikan tarve myös tulevaisuudessa. (DHL, 16.5.2019)

Drone-toimitus on iso askel teknologiakehityksen kannalta, sillä sen kautta pystytään laajentamaan potentiaalista käyttöä toimituslogistiikassa, jonka lisäksi se auttaa vähentämään toimitusketjun painetta. Tämä voisi lisätä verkkokaupan tilauksia, mutta saman aikaisesti vähentää liikenneuhkia kaupungeissa ja vaikuttaa kasvavaan kuorma-autonkuljettajapulaan. (DHL, 16.5.2022)

Kiinassa vuonna 2019 DHL Express, maailman johtava kansainvälinen pikakuljetuspalvelun tarjoaja, sekä Ehang, maailman johtava älykkäiden autonomisten ilma-alusten yritys, tekivät yhteistyötä panostamalla älykkääseen logistiikkaan. Ne pyrkivät kehittämään älykkäitä drone-toimitusratkaisuja nimenomaan viimeisen kilometrin jakeluun. (Sunol, 6.11.2020) Suomessa drone-kuljetus ja viimeisen kilometrin teknologia on myös kehittymässä koko ajan. Tällä hetkellä Helsingissä toimii Alphabetin tytäryritys Wing, joka on aloittanut vuonna 2021 yhteistyön Fazerin kanssa kuljettamalla Fazerin tuotteita droneilla Vuosaaren alueille. Vuoteen 2035 menessä Euroopan droneala ennustaa, että se tulee työllistämään yli 100 000 ihmistä ja sen lisäksi alan taloudellisen vaikutuksen arvioidaan olevan vuodessa yli 10 miljardia euroa (Eurooppa-neuvosto 2018, 18.10.2018).

Nähdään, että viiden vuoden sisällä droneilla tulee olemaan todennäköisesti merkittävä rooli logistiikkatoiminnassa kaikkialla maailmassa. Dronejen tulevaisuus ja kehitys on kiinni kuitenkin teknologian soveltuvuudesta. Dronet ovat kustannustehokkaampia nimenomaan viimeisen kilometrin operaattoreille ja pienpakettipalveluille (Ajot, 9.5.2022).

Vaikka UAV:n käyttö tulee lisääntymään tulevaisuudessa kuljetusalalla, on olemassa kuitenkin rajoituksia ja huolenaiheita, jotka liittyvät yksityisyyden loukkamiseen, UAV-laitteiden hallinnan menettämiseen ja hakkerointiin. Nämä ongelmat pitää ratkaista kokonaan, ennen kuin aloitetaan UAV:n käyttö tosielämämme liikennejärjestelmissä.

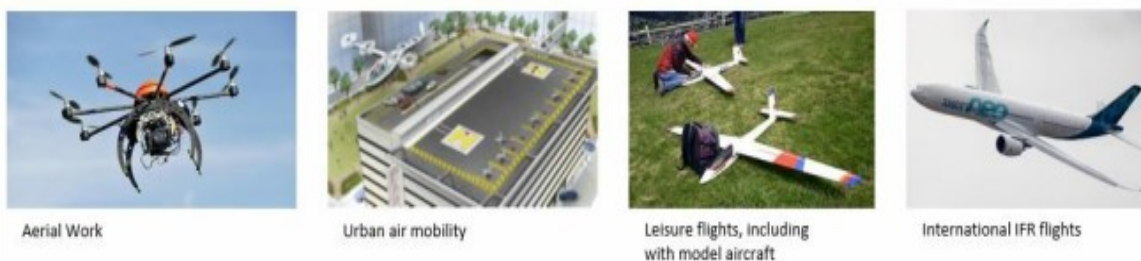
6 DRONEIHIN LIITTYVÄT ILMAILUMÄÄRÄYKSET

Dronen ilmailumääräysten sääntöjen 2019/945 ja komission täytäntöönpanoasetusten avulla pystytään suojelemaan EU-kansalaisten turvallisuutta ja yksityisyyttä. Lisäksi se mahdollistaa EU-kansalaisille dronejen vapaan liikkuvuuden ja tasapuoliset toimintaedellytykset. (EASA, 11.6.2019)

Patrick Ky, EASA:n pääjohtaja on sanonut seuraavasti:

Eurooppa on ensimmäinen alue maailmassa, jolla on kattavat säännöt, jotka takaavat dronien turvallisen, varman ja kestävä toiminnan sekä kaupallisessa että vapaa-ajan toiminnassa. Yhteiset säännöt auttavat edistämään investointeja, innovaatioita ja kasvua tällä lupaavalla alalla. (EASA, 11.6.2019)

Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto (EASA) on julkaissut uusia määräyksiä EU-maissa, jotka ovat tulleet voimaan 1.12.2020 alkaen. Uuden määräyksen mukaan, mikäli dronen käyttäjä lennättää dronea näköyhteyteen perustuen, alle 25 kilon laitteella, ja korkeintaan 120 metrin korkeudella maanpinnasta, eikä dronea lennätetä ihmisten yläpuolella, ei tähän vaadita toimintalupaa. Mikäli dronea lennätetään yli 25 kilon laitteella tai 120 metrin korkeudella ja lähellä ihmisiä, ja jos dronea lennätetään näköyhteyden ulkopuolella, tarvitaan siihen Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien myöntämä toimintalupa. Yrityksille ja dronen operaattoreille on eri säännöt, dronen operaattori ja kauko-ohjaaja yksityiskäytössä on sama luonnollinen henkilö, mutta yrityksessä operaattori on itse oikeushenkilö. (Droneinfo, 26.4.2022)



KUVA 8. Dronetyypit. (EASA, 11.6.2019)

Määritelmässä käytetään termiä UAS eli miehittämätön lentokonejärjestelmä, jolla viitataan droneihin. Määritelmä kattaa miehittämättömät ilma-alukset, jossa

ei ole ohjaajaa, jonka lisäksi määritelmässä viitataan moottorikäyttöisiin kiinteäsiipisiin helikoptereihin ja purjelentokoneisiin. (EASA, 11.6.2019)

Operaattorilla on seuraavat velvollisuudet:

- Kehittää toimintamenetelmät
 - Varmistaa radiotaajuuksien tehokas käyttö
 - Nimetä kauko-ohjaaja jokaiselle lennolle
 - Varmistaa, että kauko-ohjaajat ovat perehtyneet dronen valmistajantomittamiin käyttöohjeisiin ja operaattorin toimintamenetelmiin
 - Päivittää paikkatietoisuusjärjestelmä tarvittaessa
 - Varmistaa, että alakategorioissa A2 ja A3 toteutettavassa operaatiossa kaikille toiminnassa mukana oleville henkilöille on ilmoitettu riskeistä ja että he ovat nimenomaisesti suostuneet osallistumaan.
- (Droneinfo, 29.4.2022)

Miehittämättömiä ilma-aluksia koskevat säännöt otettiin käyttöön Suomessa vuonna 2014. Suomessa Trafi eli liikenteen turvallisuusvirasto valvoo ja toteuttaa dronejen lentämiseen liittyvää määräystä. EU:n ja muiden kansainvälisten määräysten lisäksi Suomessa on myös kansallisia säädöksiä kuten ilmailulaki. Tammikuun 2021 lopussa tulivat voimaan dronen lennättämistä koskevat uudet EU-säännöt, ja nämä dronen lennätykseen liittyvät lait koskevat kaikkia maita Euroopan Unionissa. Sen lisäksi Suomessa tulee varmistaa lennättämiselle sallitut alueet ennen dronen lentämistä, sillä Suomessa on useita ilmailulta kiellettyjä alueita verrattuna muihin maihin. Näitä ovat esimerkiksi ydinvoimalat, öljynjalostamot ja valtionhallinnolle kuuluvat alueet. Kuitenkin osaan kieltoalueista pystyy saamaan erikoisluvan, esimerkiksi EFP20 Loviisa, EFP25 Olkiluoto, EFP30 Kilpilahti ja EFP55 Hanhikivenniemi. Luvat jakautuvat kahteen osaan: yksittäinen lupa, joka myönnetään tapauskohtaisesti, ja jota tulisi hakea kolme arkipäivää ennen dronen lennättämistä ja kausilupa, jota tulee hakea seitsemän päivää ennen dronen lennättämistä, ja jonka voi myöntää enintään vuodeksi. Suomessa kieltoalueilla lennättämiseen ei tarvitse erikoislupia, mikäli on kyseessä sotilas-, rajavartiolaitos-, poliisi-, tull-, merenkulkulento, ilmailuviranomainen tai kiireellinen lääkintälento. (Droneinfo, 29.4.2022)

Trafin ilmailumääräys OPS M1-35 koskee miehittämättömien ilma-alusten lennättämistä, jotka painavat yli 250 g. Tämä määräys ei koske sotilasilmailuun liittyvää lentämistä eikä sisätiloissa tapahtuvaa lentämistä.

Määräyksellä tarkoitetaan seuraavia asioita:

- avustettuun ilmatilan tarkkailuun perustuvalla toiminnalla (E-VLOS) toimintaa, jossa kauko-ohjaustähystäjä tarkkailee miehittämätöntä ilma-alusta ympäröivää ilmatilaa ja avustaa kauko-ohjaajaa varmistamaan lennon turvallisuuden;
- esteen läheisyydellä alle 30 metrin vaakasuoraa etäisyyttä esteestä tai etäisyyttä, joka on puolet esteen korkeudesta, sen mukaan kumpi näistä etäisyyksistä on suurempi;
- kauko-ohjaajalla luonnollista henkilöä, joka vastaa miehittämättömän ilma-aluksen lennon turvallisesta suorittamisesta käyttämällä sen ohjaimia joko manuaalisesti tai, kun miehittämätön ilma-alus lentää automaattisesti, seuraamalla sen lentosuuntaa pystyen puuttumaan lentosuuntaan ja muuttamaan sitä milloin tahansa;
- kauko-ohjaustähystäjällä kauko-ohjaajan hyväksymää henkilöä, joka ylläpitää jatkuvaa tietoisuutta miehittämättömän ilma-aluksen sijainnista, tarkkailee miehittämätöntä ilma-alusta ympäröivää ilmatilaa ilman apuvälineitä ja avustaa kauko-ohjaajaa varmistamaan lennon turvallisuuden;
- miehittämättömällä ilma-aluksella ilma-alusta, joka toimii tai jonka on tarkoitus toimia itsenäisesti tai jota voidaan kauko-ohjata ilman ilma-aluksessa olevaa ohjaajaa;
- miehittämättömällä ilma-alusjärjestelmällä miehittämätöntä ilma-alusta ja sen kauko-ohjaukseen tarvittavaa laitteistoa;
- miehittämättömän ilma-alusjärjestelmän käyttäjällä julkisen viranomaisen toimivaltuudet saanutta toimijaa, joka käyttää tai aikoo käyttää yhtä tai useampaa miehittämätöntä ilma-alusjärjestelmää
- Suurimmalla sallitulla lentoonlähtömassalla (MTOM) sitä valmistajan tai rakentajan määrittelemää miehittämättömän ilma-aluksen suurinta sallitua massaa, hyötykuorma ja polttoaine mukaan luettuina, jolla miehittämätöntä ilma-alusta voidaan käyttää. Lentoonlähtömassaan ei lasketa ilma-alukseen kiinnitettävää pelastuslaitetta;
- toiminnalla suoran näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) miehittämättömällä ilma-alusjärjestelmällä harjoitettavan toiminnan tyyppiä, jota ei harjoiteta suorassa näköyhteydessä eikä kauko-ohjaustähystäjän avulla. Ja myös mahdollista lentää (EVLOS) lentoa, käymällä kauko-ohjaustähystäjää, jossa saa suora näköyhteys tapahtumalla ilmailukseen tapahtumista, ja sen lisäksi EVLOS-lennossa pystyy ottaa yhteyttä kauko-ohjaajalla ja kauko-ohjaustähystäjä viestivälineen kautta, mikäli puheyhteys olisi ongelma, tai jos ei toimis.
- toiminnalla suorassa näköyhteydessä (VLOS) miehittämättömällä ilma-alusjärjestelmällä harjoitettavan toiminnan tyyppiä, jossa kauko-ohjaaja kykenee ilman apuvälineitä ylläpitämään jatkuvan näköyhteyden miehittämättömään ilma-alukseen niin, että kauko-ohjaajalla on törmäysten välttämiseksi mahdollisuus ohjata miehittämättömän ilma-aluksen lentorataa muihin ilma-aluksiin, henkilöihin ja esteisiin nähden.
(Trafin Ilmailumääräys OPS M1-32 2018, Trafi, 2020)

Lennättämistä videolinkin avulla ei katsota toiminnaksi suorassa näköyhteydessä;

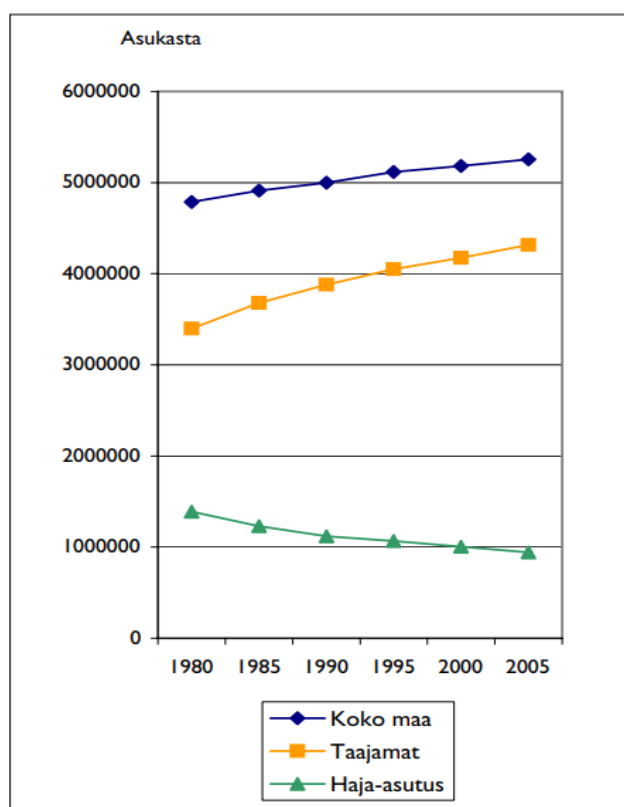
UAS-ilmatilavyöhykkeellä toimivaltaisen viranomaisen perustamaa ilmatilan osaa, jossa helpotetaan tai rajoitetaan miehittämättömillä ilma-aluksilla harjoitettavaa toimintaa tai kielletään se toiminnasta aiheutuviin turvallisuuteen, yksityisyyteen, henkilötietojen suojaan, turvatoimiin tai ympäristöön liittyviin riskeihin puuttumiseksi.
(Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2020, Trafi, 2020)

Suomessa on käytössä yleinen tietosuoja-asetus (GDPR), joka on myös käytössä kaikissa EU-jäsenmaissa. GDPR kieltää lennon aikana ihmisjoukon kuvaimisen tai videoimisen dronella. Sen lisäksi suositellaan lentämään sellaisella ajalla, kun ihmisiä ei ole paljon ulkona. (Trafi, 2020)

7 SÄHKÖKAYTTÖISEN ILMA-ALUKSEN KÄYTTÖ HAJA-ASUTUSALUEILLA

7.1 Haja-astusalue

Haja-asutusalueen termillä tarkoitetaan aluetta, joka ei ole yhtenäistä, vaan asukkaat asuvat kaukana toisistaan, eikä yleensä alueella asu paljon ihmisiä. Suomessa haja-astusalueita on paljon verrattuna taajama-alueisiin. YKR-Taajama tarkoittaa alueita, missä asuu vähintään 200 asukasta. Lisäksi taajama-alueilla rakennusten määrä ja kerrokset ovat tiheämpään rakennettua verrattuna haja-asutusalueisiin (Helminen & Ristimäki, 2007, 13–16).



KUVA 11. Taajaman ja haja-asutusalueen väestömäärä koko maassa 1980–2005. (Helminen & Ristimäki, 2007, s.9)

Suomessa laskettiin haja-astusalueen kokonaisväestö vuosina 1980–2005. Kuvassa 11 nähdään, että suomalaisten väestömäärät ovat tasaisesti lisääntyneet taajama-alueilla ja näin ollen haja-asutusalueilla ihmisiä asuu aiempaa vähemmän ja harvemmin.

7.2 Dronekuljetuksen vaikutukset päästöihin

Dronet toimivat sähköllä, ja ne ovat energiatehokkaita eli niiden päästöt ovat huomattavasti pienempiä kuin maakuljetuksissa. Wing on tehnyt puolentoistavuoden aikana 60 000 testilentoa Suomessa. Niiden perusteella selvitettiin, että droneilla on 16–22 kertaa alhaisemmat päästöt kuin perinteisessä logistiikassa, jossa hyödynnetään maakuljetuksia. (Mikkonen, n.d.)

Hohenthalin (2022) mukaan yksittäisestä paketista aiheutuviin päästöihin vaikuttaa myös se, onko kuljettaja Posti vai esimerkiksi kuriirifirma:

Posti ajaa pitkiä jakelureittejä päivittäin ja heidän on mahdollista kuljettaa samalla myös paketteja. Kuriirifirmat taas kuljettavat vain paketteja, jolloin haja-asutusalueella yksittäisestä paketista voi koitua huomattavan korkeat päästöt, mutta merkitystä on myös sillä, toimiiko auto dieselillä, bensiinillä vai sähköllä. Lähtökohtaisesti maaseudulla ei ole varaa käyttää sähköautoja, ainakaan vielä. Co₂ -elin-kaaripäästöt ovat Lentola Logistiikin aluksessa 5–10 g/km, sähköautolla n. 50 g/km ja dieselautolla n. 160 g/km. (Hohenthal, 2022)

Myös Robot Expert -yritys on tehnyt laskelmia, joiden tarkoituksena oli saada selville, kuinka paljon hiilidioksidia pystyy säästämään dronekuljetusten avulla. Laskelman perustella, mikäli pakettitoimitukset tehtäisiin dronejen avulla, Suomessa säästyisi peräti 70 hiilidioksiditonnia, joka vastaa noin 3000 dronekuljetettua pakettia päivässä. Myös Washingtonin yliopiston kuljetusinsinöörien tutkimuksen mukaan droneilla pakettien toimittaminen voi tietyissä olosuhteissa toteutettuna vähentää hiilidioksidipäästöjä kuorma-autokuljetuksiin verrattuna. (Mikkonen, n.d.)

Tulevaisuuden kannalta nähdään, että kevyiden tavaroiden kuljetukset droneilla ja erityisesti erikoistavaroiden verkkokauppatoimitukset voivat vähentää päästöjä merkittävästi. Kuljetuspalvelujen droneista ennakoidaan, että niiden käyttö lisääntyy 2030-luvulla, ja drone-kuljetusten avulla voidaan vuoteen 2045 mennessä vähentää liikenteen päästöjä 10 000 tonnilla päästöjen perusennusteen nähten. (Skal, 28.5.2020)

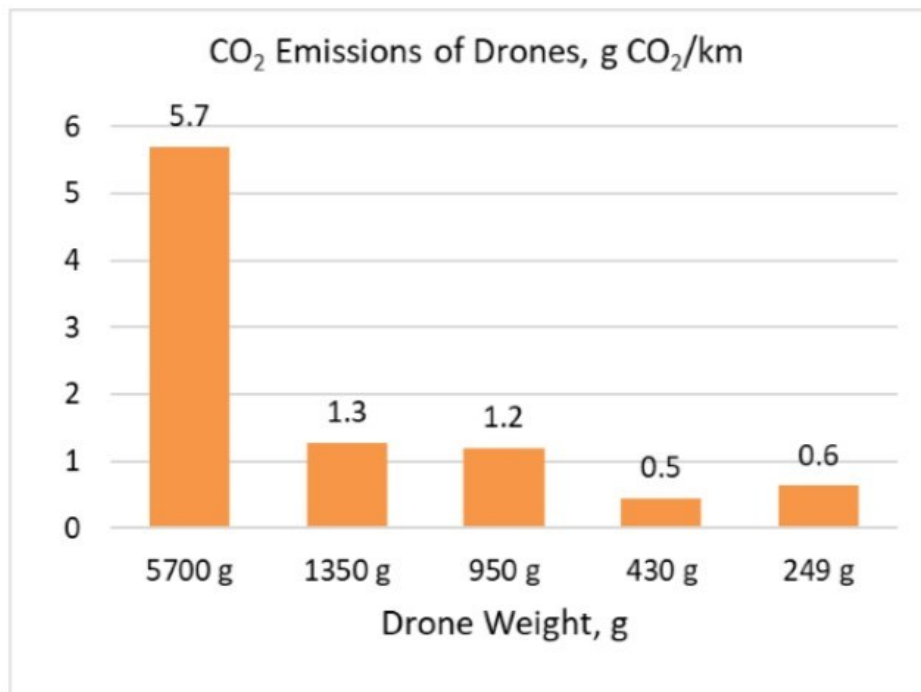
Vuonna 2020 myös Suomessa on tehty tutkimus liittyen eri kuljetusvälineisiin ja niiden vaikutuksiin CO₂-päästöihin. Tutkimus suoritettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa, mihin osallistui kolme yritystä: Hiilineutraalit droniratkaisut Etelä-Suomessa Aeria, Innocode Oy ja Redstone AERO Oy. Tutkimuksessa selvitettiin erilaisten kuljetusmuotojen CO₂-päästöt. Tutkimuksen tavoitteena oli karottaa kuljetusvälineiden vaikutuksia hiilidioksidipäästöihin. Tutkimuksessa käytettiin erilaisia kevyen paketin nelikopteridroneja ja lisäksi ajettiin henkilöautolla ja mönkijällä. Tutkimuksessa laskettiin energiankulutuksen lähtöarvot sekä päästöt lento- ja maakuljetusten vertailua varten. Testipaikka sijaitsi Haminassa hiekkatiellä epätasaisessa maastossa. Testin pituus oli 2,0 km, joka sisälsi lento- ja maareittien pituudet. Lisäksi reitti sisälsi meno-paluulennot niin, että 500 metrin näköetäisyys ei ylittynyt lentojen aikana. (XAMK, 2020)

Kuvassa 9 näkyy testien tulokset.

Vehicle	Weight, g	g CO ₂ /km
1 Car, diesel		237
2 ATV		152
3 Mid. class drone (700 mm)	5700	5.7
4 Compact class drone (330 mm)	1350	1.3
5 Compact class drone (250 mm)	950	1.2
6 Compact class drone (350 mm)	430	0.5
7 Mini class drone (150 mm)	249	0.6

KUVA 9. Erilaiset logistiikan kuljetusmuotojen hiilidioksidipäästöt kilometriä kohden. (XAMK, 2020)

Dronejen akkujen energiankulutus mitattiin lentojen jälkeen. Testissä dieselautolla ja bensiinikäyttöisellä mönkijällä ajettiin lentomatkaa vastaava matka. XAMK:ssa toteutetun tutkimuksen perusteella saatiin selville, että dronejen päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin muiden kuljetusvälineiden, joita käytettiin testissä. Kuvan 9 perustella huomataan, että auton ja mönkijän päästöt ovat huomattavasti korkeampia kuin suurimman osan ilmakuljetusten päästöistä, jonka lisäksi voidaan huomata, että mitä painavampi drone on, sitä enemmän se lisää energiankulutusta, joka osaltaan lisää sen vaikutusta päästöihin.



Kuva 10. Dronen CO₂-päästöjen kasvu suhteessa dronen painoon.
(XAMK, 2020)

Testien avulla saatiin selville myös se, että hiilidioksidipäästöihin voidaan vaikuttaa sen perusteella, mitä kuljetusvälinettä käytetään. Lisäksi saatiin selville, että dronen koon kasvu lisää sen päästöjen kulutuksen määrää, ja tämä kertoo sen, että tällä hetkellä dronen koko on rajoittava tekijä, sekä suuri vaikuttaja vähäpäästöisten kuljetuspalveluiden kannalta.

7.3 Dronen kuljetuskyky

Sääolosuhteet ovat tärkeä tekijä, jotka vaikuttavat merkittävästi dronen lentoon. Esimerkiksi kylmät ja kuumat lämpötilat, tuuli, hiekkamyrsky, lumi ja sade vaikuttavat dronen lennättämiseen. Suomessa on pitkä kylmä talvi ja sateinen kesä, joka tulee ottaa huomioon dronen rakenteissa. Kylmä sää vaikuttaa dronen akkuihin ja lyhentää lentoaikaa merkittävästi (Droneblog, 17.8.2022).

7.3.1 Kosteus ja kylmyys

Kosteus

Kosteuden vaikuttaminen lennättämiseen riippuu pitkälti dronen tyypistä, mutta yleensä suositeltavaa on pitää UAV kuivana, koska vesi saattaa haitata moottorin ja sähköisten osien toimintaa. Sadesäällä on aina olemassa riski että, vesi pääsee dronen tuuletusaukoista sähkömoottoriin, ja tämä voi vaikuttaa dronen vastaanottoon, jolloin dronen signaali häiriintyy ja dronesta tulee hallitsematon. Tilanteessa on vielä suurempi riski, mikäli sadevesi pääsee suoraan sähkönjakokeskukseen aiheuttaen mahdollisen oikosulun. Oikosulku aiheuttaa lisävaurioita polttamalla piirilevyn komponentteja tai sulattamalla kaapeleita. (Droneblog, 17.8.2022)

Kylmyys

Yksi tärkeämmistä asioista kylmällä sekä sateisella säällä, joka on otettava huomioon, on akkujen täyttäminen sekä akkujen jännitteen tarkkaileminen, koska kylmettyessään akkujen kyky luovuttaa energiaa heikkenee, saatava virta sekä varauskyky laskevat. Kylmyys vaikuttaa dronen litiumpolymeeriakkuihin (LiPo). Tämän takia akut kannattaa ladata aina täyteen ennen lentoa. Lisäksi dronen akkuja kannattaa pitää 15–25 asteen huonelämpötilassa ennen lentoa. Akun jännitteen tarkkaileminen estää akkujen nopean tyhjenemisen, koska purkautuminen on tällöin rajoitettua. Nykyään useimmissa drone-sovelluksissa on akun valvontaominaisuus, joka auttaa sateisella säällä, ja se on paras sekä luotettavin tapa tällä hetkellä seurata akun tilaa. (Droneblog, 17.8.2022)

Talvella dronen lentäminen voi olla haastavaa, koska kylmät lämpötilat vaikuttavat paitsi akkuihin myös dronen muihin toimintoihin. Kylmä lämpötila vaikuttaa dronen lentoaikaan, sillä että se hidastaa kemiallista reaktiota LiPo-akkujen kanssa ja alentaa akun kapasiteettia. Se voi lyhentää dronen lentoaikaa jopa puolella, jonka lisäksi kylmät ilmatilat saattavat heikentää dronen antureita, joka puolestaan saattaa saada dronen pysähtymään tai vähentämään vastetta ohjaustulokselle. Erittäin kylmät säät voivat aiheuttaa sen, että akut epäonnistuvat kokonaan. Lisäksi pitää huolehtia jatkuvasti potkuredien kunnossapidosta, koska

kylmä sää aiheuttaa painetta, joka saattaa vaurioittaa niitä. (DJI Guides, 21.11.2017)

Lennettäessä kylmissä olosuhteissa seuraavat asiat tulee huomioida:

- jään muodostuminen potkureihin tai siipiin
- akkujen kylmän kestävyys
- kylmyyden vaikutus dronen rakenteisiin
- kylmyyden vaikutus kauko-ohjaajaan
- kylmyyden vaikutus radio-ohjaimeen

(Droneinfo, 15.02.2021)

Talvella saattaa olla myös huono näkyvyys, sumun tai lumisateen takia, joka saattaa aiheuttaa riskitilanteita droneille. Dronessa käytetään radiolähetintä, johon vaikuttaa myös kylmyys, koska talvella, ja kylmällä säällä akkujen kyky luovuttaa energiaa heikkenee. Sen lisäksi kylmyys vaikuttaa droneien kameran suorituskykyyn, lumi vaikeuttaa näkökenttää, ja tämä tekee kameran valotusjärjestelmästä epäselvän. (Droneinfo, 15.02.2021)

Droneja ei pääsääntöisesti suositella lentämään sateessa tai lumisessa säässä, ellei sitä ole erikseen luokiteltu IP-droneksi. IP (Ingress Protection) on siis luokitus droneille, jotka pysyvät ympäristönä tahdissa ja pystyvät vastaamaan haastaviin lento-olosuhteisiin. IP-luokituksella tarkoitetaan, että dronen moottoreissa on korkealaatuiset komponentit ja ne on suojattu kosteudelta sekä pölyltä. (Droneinfo, 15.02.2021)

7.3.2 Tuulinen sää

Tuuli ja vesi yhdistettyinä ovat riski dronelle, koska tuulisella säällä voi helposti menettää dronen hallinnan ja vesi saattaa aiheuttaa laitteen pysähtymisen.

Äärimmäiset sääolosuhteet liittyvät usein kovaan tuuleen, joka vaikeuttaa dronen hallintaa ja laskemista. Kova tuuli vie dronen akuista paljon virtaa, ja tällöin mitä enemmän drone joutuu torjumaan tuulta, sitä enemmän energiaa kuluu sen akuista. Pidempään lennättämiseen on hyvä varustaa mukaan vara-akkuja, joilla turvataan dronen lennätys myös tuulisemmalla säällä. (Drone Genuity, n.d.)

Dronet kuitenkin pystyvät lentämään hyvin tuulisissa olosuhteissa, mutta lento-kyky riippuu dronen tehokkuudesta. Suurin osa kaupallisista droneista on kalliimpia, niistä löytyy isompia potkureita, ja ne tuovat dronelle luonnostaan vakaamat lento-ominaisuudet. Tällaiset dronet pystyvät lentämään nopeuksilla 10–30 mailia tunnissa (mph). Mitä korkeampi työntövoima dronella on painon suhteen, sitä parempi. (Droneblog, n.d.) Dronen malli, koko ja paino vaikuttaa siihen, miten drone jaksaa olla ilmassa tuulisissa olosuhteissa. Dronella, joka on kevyt ja pieni, on riskitekijöitä enemmän kuin isolla dronella. Dronen kuorma tulee myös olla oikein kiinnitetty, drone ja tehtävä huomioiden. Mikäli kuorma liikkuu lennon aikana tämä voi aiheuttaa sen, että dronen painopiste siirtyy. Painopiste on valmistajan määrittelemä alue dronessa. Mikäli määritetty painopiste liikkuu, voi tämä aiheuttaa sen, että dronen hallinta on sen jälkeen mahdotonta. (Droneinfo, 15.02.2021)

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää dronejen käytön mahdollisuuksia ja haasteita viimeisen kilometrin kuljetuksissa haja-asutusalueilla. Aineiston perusteella dronet ovat huomattavasti ympäristöystävällisempi, kustannustehokkaampi ja nopeampi tapa viimeisen kilometrin kuljetuksiin kuin perinteinen logistiikka maanteitse. Saavutettavuus asiakkaille paranee, ympäristökuormitus vähenee ja kustannukset yrityksille vähentyvät. Dronejen lennätys kohtaa aineiston mukaan kuitenkin haasteita erityisesti Suomen vaihtelevaan ilmastoon liittyen. Sääolosuhteet vaikuttavat merkittävästi dronen lennätettävyyteen ja merkityksellistä olisikin tulevaisuudessa kehittää dronejen säänkestävyyttä nimenomaan kaupallisessa tarkoituksessa.

Vuonna 2019 Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa tehdyn tutkimuksen mukaan dronella on huomattavasti pienemmät päästöt verrattuna autoon tai muihin kuljetusvälineisiin. Tutkimuksen perusteella huomattiin, että dronen koon kasvaessa se lisää myös dronen hiilidioksidipäästöjä. (XAMK, 2020) Dronen kehityksessä koko saattaakin koitua haasteeksi, mikäli pyritään samanaikaisesti vähäpäästöisyyteen. Myös Wing-yrityksen tuottaman tutkimuksen mukaan dronella on huomattavasti pienimmät päästöt kuin maakuljetuksissa (Mikkonen, n.d.).

Aineistossa ilmeni, että sääolosuhteilla on merkittävä vaikutus dronen lennättämiselle erityisesti Suomessa. Kylmyys ja tuuli sekä säteinen sää vaikuttavat esimerkiksi akkujen jännitteeseen, jonka lisäksi dronejen akkujen energia heikkenee ja varauskyky laskee. Kylmä sää voi myös lyhentää lentoaikaa jopa puolella, jonka lisäksi huono näkyvyys talviaikana lisää dronen riskitilanteita esimerkiksi sumun tai lumisateen aikana. Vaikka tuuli on iso vaikuttaja dronen hallintaan ja laskeutumiseen, pystyvät monet dronet lentämään tuulisissa olosuhteissa, riippuen kuitenkin dronen tehokkuudesta. Lisäksi työssä ilmeni, että dronen koko, paino ja dronen malli ovat tärkeitä tekijöitä siinä, kuinka hyvin drone pystyy kestämään tuulta. Kevytrakenteisella dronella on enemmän riskitekijöitä verrattuna isompaan ja raskasrakenteisempaan droneen, joka pystyy pärjäämään tuulisissa olosuhteissa.

Suomessa dronen hyödyntäminen osana logistiikaketjua on vielä alkutekijöissään, lukuun ottamatta muutamia yrityksiä kuten Fazeria, joka on suorittanut testilentoja hyödyntäen droneteknologiaa. Lentola Logistics Oy on Suomessa tässä suhteessa edelläkävijä ja yrityksen pyrkimyksenä onkin toimia kattavasti koko Suomen haja-asutusalueilla. Ulkomailla vastaavaa toimintaa on ollut käynnissä pidemmän aikaa. Muun muuassa DHL ja Amazon ovat hyödyntäneet droneja osana kuljetusketjujaan. On huomattu, että dronejen keskeisimpiä etuja ovat nopeus, edulliset käyttökustannukset ja kyky lentää vaikeapääsyisiin sijainteihin, jos niitä verrataan muihin kuljetusmuotoihin, jotka vaativat ihmistyötä.

Suomessa haja-asutusalueita löytyy merkittävä määrä verrattuna taajama-alueisiin, joka lisää dronejen tarvetta, sillä drone pystyy kuljettamaan lähetyksiä helpommin ja nopeammin alueisiin, joihin muuten voisi olla vaikeaa päästä. Sen lisäksi drone on loistava vaihtoehto esimerkiksi lääkkeiden ja terveydenhuollon tarvikkeiden toimittamiseen syrjäisille tai kehittymättömille alueille. Tavaroiden kuljettaminen haja-asutusalueille on lähtökohtaisesti vaikeaa Suomessa jo pelkästään pitkien välimatkojen takia.

Suomessa ja Euroopassa dronejen käyttöä säätelee kuitenkin lait, joiden nojalla droneja saa lennättää vain tietyillä alueilla. Osa lennätysalueista vaatii myös erillisen viranomaisen luvan. Lainsäädäntö on kuitenkin muuttunut viime vuosien saatossa ja harraste- sekä ammattitekijöille sovelletaan nykyisin samaa lainsäädäntöä. Tämä voi osaltaan joustavoittaa dronejen siirtymistä myös yritystoimintaan.

9 POHDINTA

Suomessa dronen käyttö logistiikka-alalla on lisääntymässä, sillä yritysten kilpailu on kasvussa. On huomattu, että dronen käyttö kuljetuksissa on erittäin edullinen ja vähäpäästöinen verrattuna muhin kuljetusvälineisiin, vaikka rajoituksia ja haasteita onkin. Dronen käyttö logistiikassa tulee kuitenkin tulevaisuudessa vaikuttamaan merkittävästi kuljetuspalveluihin. Dronen käyttö haja-astusalueilla ei välttämättä tule kuitenkaan kohtaamaan samanlaisia haasteita kuin kaupungeissa, joka tekee dronen lentämisestä helpompaa ja halvempaa. Vaikka dronen käyttötarkoitus keskittyisi haja-asutusalueille, voidaan hyötyjä havaita myös taajama-alueilla vähentyneet kuljetusliikenteen ja näin ollen ruuhkien vähentymisenä. Työssä ilmeni, että droneilla on suora vaikutus päästöjen vähenemiseen. Mikäli droneja kehitetään tulevaisuudessa lisää osaksi modernia logistiikkaketjua, voi sillä olla merkittäviä vaikutuksia hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen Suomessa. Tällä voitaisiin osaltaan tukea EU:n päästövähennysten tavoitetta vuoteen 2030 mennessä. Lentola Logistics Oy on tällä hetkellä merkittävä edelläkävijä suomalaisessa droneteknologiassa, mutta lisääntyvä kilpailu voisi vaikuttaa dronejen käytön mahdollisuuteen laajemmin. Kilpailun lisääntyessä sillä olisi vaikutusta myös dronejen tuotantokustannuksiin. Suomella on edullinen asema dronejen kilpailukykyiseen kehittämiseen myös globaalilla tasolla, sillä Suomessa on hyvä mahdollisuus testata droneja myös haastavissa olosuhteissa.

Droneteknologian käyttö haja-astusalueilla on erittäin ajankohtainen ilmiö, mutta vielä Suomessa verrattain uusi, eikä aiheeseen liittyvää tutkimusta ole vielä suomen kielellä paljon. Kansainvälisessä vertailussa ilmiö on jo tunnetumpi tutkimuksen ja teknologian kentällä. Tässä opinnäytetyössä on käytetty pääasiassa kansainvälisiä tutkimuksia. Aihe vaatisi ehdottomasti jatkotutkimusta, jolloin saataisiin lisätietoa dronen käytön mahdollisuuksista nimenoman Suomessa.

LÄHTEET

Airbus. n.d. Miehittämättömät ilma-alusjärjestelmät - nopeaa kehitystä. Verkkosivu. Viitattu 2.11.2022. <https://www.airbusfinland.com/tulevaisuuden-ratkaisut/miehittamattomat-ilma-alukset>

Ajot. 9.5.2022. The Future of Drones in Transportation and Logistics. Verkkosivu. Viitattu 15.9.2022. <https://ajot.com/news/the-future-of-drones-in-transportation-and-logistics>

Akshay, P., Shaikh, A. & Patil, O. 2018. Drones in Production, Supply Chain and Logistics. International Research Journal of Engineering and Technology Volume: 05. Issue: 02. Feb-2018. <https://www.irjet.net/archives/V5/i2/IRJET-V5I2465.pdf>

Aurambout, J.-P., Gkoumas, K. & Ciuffo, B. 2019. Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. Aurambout et al. European Transport Research Review. 11:30. <https://etr.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s12544-019-0368-2.pdf>

Benaddi, P. 28.10.2021. Will Drones disrupt logistics? Daa Cap. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2022. <https://www.daacap.com/will-drones-disrupt-logistics/>

Berggren. 17.8.2020. Patenttiasiat ovat niin hyvissä käsissä kuin ne vain voivat olla. Lentola Logistics. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2022. <https://www.berggren.eu/blogi/lentola-logistics-patenttiasiat-ovat-niin-hyvissa-kasissa-kuin-ne-vain-voivat-olla>

Brunner, G., Szebedy, B., Tanner, S., & Wattenhofer, R. 15.8.2019. The urban last mile problem: Autonomous drone delivery to your balcony. International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). Atlanta, GA, USA. s. 1005–1012. <http://dx.doi.org/10.1109/ICUAS.2019.8798337>

Chen, K.-W., Xie, M.-R., Chen, Y.-M., Chu, T.-T. & Lin, Y.-I. 20.12.2021. DroneTalk. An Internet-of-Things-Based Drone System for Last-Mile Drone Delivery. http://liny.csie.nctu.edu.tw/document/DroneTalk_20211220.pdf

Corrigan, F. 1.10.2020. Dronezon. How Do Drones Work And What Is Drone Technology. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2022. <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/what-is-drone-technology-or-how-does-drone-technology-work/>

Ctia. 12.04.2019. Up, Up and Away: How Do Drones Work? Verkkosivu. Viitattu 19.9.2022. <https://www.ctia.org/news/up-up-and-away-how-do-drones-work>

DHL. 16.5.2019. DHL EXPRESS LAUNCHES ITS FIRST REGULAR FULLY-AUTOMATED AND INTELLIGENT URBAN DRONE DELIVERY SERVICE. Verkkosivu. Viitattu 16.9.2022. <https://www.dhl.com/global-en/home/press/press-archive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html>

DHL. 2.7.2019. The future of logistics takes flight. Verkkosivu. Viitattu 16.9.2022. <https://lot.dhl.com/the-future-of-logistics-takes-flight/>

DHL. n.d. Relevance to the Future of Logistics. Verkkosivu. Viitattu 17.8.2022. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/drones-logistics.html>

DJI Guides. 21.11.2017. Flying a Drone in Winter: 5 Things You Must Know. Verkkosivu. Viitattu 16.9.2022. <https://store.dji.com/guides/winter-drone-flying-tips/#:~:text=Do%20not%20fly%20in%20temperatures,off%20and%20landing%20your%20drone.>

Dorling, K., Heinrichs, J., Messier, G.G. & Magierowski, S. 12.7.2016. Vehicle routing problems for drone delivery. IEEE Transactions on Systems. Man & Cybernetics: Systems. Vol. 47. no.1. s. 70–85.
<http://dx.doi.org/10.1109/TSMC.2016.2582745>

Droneblog. n.d. Can a Drone Fly in Strong Winds? Verkkosivu. Viitattu 17.8.2022. <https://www.droneblog.com/can-a-drone-fly-in-strong-winds-with-flight-tips/>

Droneblog. n.d. How Does Weather Affect Drones? Verkkosivu. Viitattu 17.8.2022. <https://www.droneblog.com/weather-affects-drones/>

Drone Genuity. n.d. How does wind affect drone flights? Verkkosivu. Viitattu 1.11.2022. <https://www.dronegenuity.com/how-does-wind-affect-drone-flights/>

Drone Industry. 10.4. 2019. The Drone Market 2019-2024. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2022. <https://droneii.com/the-drone-market-2019-2024-5-things-you-need-to-know>.

Droneinfo. 26.4.2022. Luvasta vapaa toiminta Avoin-kategoriassa. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2022. <https://droneinfo.fi/fi/luvasta-vapaa-toiminta-avoin-kategoriassa>

Droneinfo. 15.02.2021. Miten sää vaikuttaa lentoon – Sääoppi. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2022. <https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/miten-saa-vaikuttaa-lentoon-saa-oppi>

Droneinfo. 29.4.2022. Missä ei saa lennättää? Verkkosivu. Viitattu 22.10.2022. <https://www.droneinfo.fi/fi/missa-ei-saa-lennattaa>

EASA. 11.6.2019. EU wide rules on drones published. Verkkosivu. Viitattu 10.9.2022. <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/news/eu-wide-rules-drones-published>

EASA. 14.10.2020. Regulations on UAS (drone) explained. What are the applicability dates under EU regulation 2019/947 and 2019/945? <https://www.easa.europa.eu/en/faq/116446>

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino. s. 13.

Edri, n.d. Erilaisia malleja droneista. Verkkosivu. Viitattu 22.7.2022. <https://www.edrl.fi/dronet/>

Eurooppa-neuvosto 2018. 18.10.2018. European Council, 18 October 2018. Verkkosivu. Viitattu 31.10.2022.<https://www.consilium.europa.eu/en/meetings/european-council/2018/10/18/>

Far Eye. 13.10.2022. 3 Reasons Why You Need to Part your Traditional Logistics Strategy. Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022. <https://www.getfareye.com/insights/blog/3-reasons-why-you-need-to-part-with-your-traditional-logistics-strategy>.

Gupta, A., Afrin, T., Scully, E. & Yodo, N. 2021. Advances of UAVs toward Future Transportation: The State-of-the-Art, Challenges, and Opportunities. file:///C:/Users/xismaila/Downloads/futuretransp-01-00019%20(3).pdf

Helminen, V. & Ristimäki, M. 2007. Kaupunkiseutujen haja-asutusalueen väestömuutokset Suomessa 1980–2005. s. 13–16. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38392/SY_9_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Hentilä, V.-P. 2019. Droonien käyttö logistiikassa ja kaupunkiympäristössä. Tietotekniikan tutkinto-ohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 22.9.2022. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/261079/Hentila_Veli-Pekka.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Hohenthal, M. 2020. Sähkökäyttöiset ilma-alukset haja-asutusalueiden lehdenjakelussa. Pilotointiraportti. Media-alan tutkimussäätiö. https://www.mediaalantutkimussaatio.fi/wp-content/uploads/Raportti_ilma-alukset-haja-asutusalueella.pdf

Hohenthal, M. 2022. Toimitusjohtaja. Sähköpostiviesti 21.10.202. Lentola Logistics Oy.

Hokkanen, S. & Karhanen, J. 2014. Johdatus Logistiseen ajatteluun. 7. uudistettu painos. Kangasniemi: Loka.

Identified technologies. n.d. 07 Jul Ending the Drone vs UAV debate: Drone basics 101. Verkkosivu. Viitattu 2.10.2022.

<https://www.identifiedtech.com/blog/uav-surveying/drone-technology-ending-the-drone-vs-uav-debate-drone-basics-101/>

Konak, A. 29.5.2019. The importance and future of drone in cargo transportation. Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022.

<https://ahmetkonak55.medium.com/the-importance-and-future-of-drone-in-cargo-transportation-3ad20ff022d7>

Mikkonen, T. n.d. Dronet tulevaisuutemme mullistajina. Verkkosivu. Viitattu 18.8.2022. <https://easteam.fi/blogi/dronet-tulevaisuutemme-mullistajina>

McKinnon, A., Browne, M., Poecyk, M. & Whiteing, W. 2010. Green logistics, E-kirja. Viitattu 15.5.2022. Saatavilla: [https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/LOGISTIK/document%20\(9\).pdf](https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/LOGISTIK/document%20(9).pdf)

Nonami, K. 8.5.2018. Research and Development of Drone and Roadmap to Evolution. Viitattu 15.8.2022.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrobomech/30/3/30_322/_pdf/-char/ja

Rautauoma, R. 2022. Tavaralogistiikan perinteiset toiminnot muodostavat tilaus-toimitusketjun. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö.

Schroth, L. 10.4.2019. The Drone Market 2019-2024: 5 things you need to know. Verkkosivu. Viitattu 16.9.2022.

<https://droneii.com/the-drone-market-2019-2024-5-things-you-need-to-know>

Skal. 28.5.2020. Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta. Tiivistelmäraportti.

https://www.skal.fi/sites/default/files/tiedotteiden_liitteet/liikenteen_tiekartta_tivistelmaraportti_2020.pdf

Sunol, H. 6.11.2020. Cyzeberg. How Drones Will Affect the Logistics Industry in the Next 5 Years. Verkkosivu. Viitattu 16.9.2022. <https://articles.cyzerger.com/how-drones-will-affect-the-logistics-industry-in-the-next-5-years/>

Suominen, E. 1.4.2022. Kaupungin tapahtumien turvallisuutta valvotaan ilmasta käsin. Tampereen korkeakouluyhteisö. Tampereen ammattikorkeakoulu. <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/kaupungin-tapahtumien-turvallisuutta-valvotaan-ilmasta-kasin>

Trafi. 2020. Trafin ilmailumääräys OPS M1-32. 2018. Viitattu 24.1.2019. https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Maarays%20OPS%20M1-32_2021_final.pdf

Trafi. 2020. Trafin ilmailumääräys OPS M1-32 2020. https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/OPS%20M1-32_2020_final.pdf

Weatherington. 2005. Dyke: Unmanned Aircraft Systems. UAV Planning Task Force. Office of the Secretary of Defense. s.4

XAMK. 17.1.2020. CO2 Emissions of different transportation modes. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2022. <https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitystoiminnan-blogi/co2-emissions-of-different-transportation-modes/>.