

**Miehittämättömien ilma-alusten markkinat ja niiden  
lisäarvo maa- ja metsätaloudelle,  
rakennusteollisuudelle sekä medialle**

**UAV markets and the value they bring to agriculture, forestry,  
construction industry, and media**

Kandidaatintyö

## TIIVISTELMÄ

**Tekijä: Taneli Ristola**

**Työn nimi: Miehittämättömien ilma-alusten markkinat ja niiden lisäarvo maa- ja metsätaloudelle, rakennusteollisuudelle sekä medialle**

**Vuosi: 2021**

**Paikka: Lappeenranta**

Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous.

42 sivua, 12 kuvaa ja 4 taulukkoa

Tarkastaja(t): Ilkka Donoghue

**Hakusanat:** miehittämätön ilma-alus, miehittämätön ilma-alusjärjestelmä, drone, markkinat, maatalous, metsätalous, rakennusteollisuus, media

**Keywords:** UAV, UAS, drone, market, agriculture, forestry, construction, media

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan miehittämättömien ilma-alusten, eli UAV (Unmanned Aerial Vehicle) markkinoiden kehittymistä sekä tätä kehitystä ohjaavia tekijöitä. Työssä keskitytään siviilipuolen ammattikäyttöön tarkoitettujen miehittämättömien ilma-alusten tarkasteluun.

Työssä tutustutaan erilaisiin alustyypeihin sekä teknologian, talouden, lainsäädännön ja ympäristötekijöiden vaikutuksiin alan markkinoiden kehitymisessä. Lisäksi työssä esitellään joitakin käyttökohteita miehittämättömille ilma-aluksille. Lopuksi tarkastellaan miehittämättömien ilma-alusten mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita sekä alan tulevaisuuden näkymiä.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta UAV-markkinoiden kasvaneen viime vuosina paljon sekä niiden käytön laajentuneen useille toimialoille. Miehittämättömät ilma-alukset tuovat lisäarvoa parantaen monia nykyisiä toimintoja sekä mahdollistaen uudenlaisia lähestymistapoja eri aloilla erilaisissa toiminnoissa. Tulevaisuudennäkymät ovat alalla kirkkaat ja markkinoiden ennustetaan kasvavan lähivuosina moninkertaisiksi.

## SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto .....	3
1.1	Tutkimuksen tausta .....	3
1.2	Työn tavoite ja tutkimuskysymykset .....	3
1.3	Tutkimusmenetelmät, aiheen rajaus ja työn rakenne .....	4
2	Miehittämättömät ilma-alukset sekä niihin liitetyt järjestelmät.....	7
2.1	Erilaiset alustyyppit ja niiden erot .....	7
2.2	Aluksiin liitetyt järjestelmät.....	9
3	Miehittämättömien ilma-alusten markkinat ja markkinoihin vaikuttavat tekijät.....	11
3.1	Markkinoiden synty ja nykytila .....	11
3.2	Teknologiset tekijät.....	12
3.3	Taloudelliset tekijät.....	14
3.4	Juridiset tekijät .....	14
3.5	Ympäristölliset tekijät.....	19
4	Miehittämättömien ilma-alusten sekä järjestelmien käyttö .....	22
4.1	Maa- ja metsätalous .....	22
4.2	Rakennusteollisuus .....	25
4.3	Media-ala ja videoteollisuus .....	28
5	Tulevaisuudennäkymät .....	30
6	Johtopäätökset ja yhteenveto .....	33
	Lähteet .....	35

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Miehittämättömät ilma-alukset, useammin tunnettu nimellä UAV (Unmanned Aerial Vehicles), ovat olleet jo pitkään käytössä eri aloilla. Erityisesti sotilaskäytössä UAV-teknologiaa on sovellettu eri käyttötarkoituksiin ja jo ensimmäisessä maailmansodassa miehittämättömiä ilma-aluksia käytettiin hyökkäyksissä. Sotilaskäyttö onkin toiminut alan suunnannäyttäjänä, mutta miehittämättömien ilma-alusten käyttö on viime vuosina yleistynyt niin harrastelija- kuin ammattikäytössäkin. (Palik & Nagy 2019) Yhä useammilla aloilla on aloitettu hyödyntämään UAV-teknologiaa ja sen on huomattu parantavan liiketoiminnassa muun muassa turvallisuutta, tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. UAV-teknologialla onkin mahdollista luoda liiketoiminnalle lisäarvoa monin eri tavoin.

UAV-markkinat ovat kasvaneet, kun suurempi kysyntä on tuonut mukanaan kasvaneen tarjonnan. Nykyään miehittämättömiä ilma-aluksia löytyykin todella moneen käyttötarkoitukseen aina sotilaallisista ohjuslennokeista lasten leluoptereihin. Harrastekäyttöön soveltuvan UAV:n voi saada muutamalla kymmenellä eurolla, mutta mikäli halutaan pidempää lentoaikaa ja parempaa käytettävyyttä esimerkiksi parempien lisävarusteiden ja materiaalien muodossa, voi UAV:lle tulla hintaa kymmeniä tuhansia euroja. (de Miguel Molina & Segarra Oña 2018)

## 1.2 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on selvittää, miten miehittämättömien ilma-alusten markkinat ovat kehittyneet siviilipuolen ammattikäytössä ja mitkä asiat ovat vaikuttaneet näiden markkinoiden kehitykseen. Tavoitteena on myös selvittää, miten yritykset voivat hyödyntää UAV-teknologiaa parantaakseen toimintaansa sekä mitä lisäarvoa miehittämättömät ilma-alukset tuovat aloille. Työn tavoitteisiin pyritään vastaamaan seuraavia tutkimuskysymyksiä hyödyntäen:

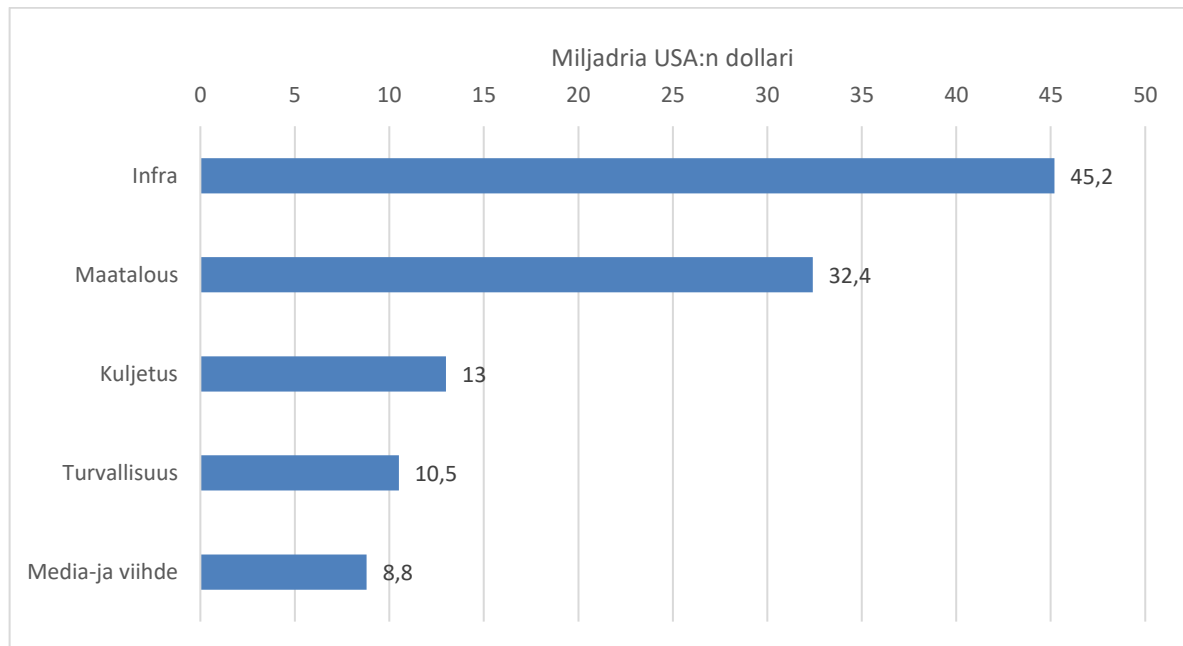
- 1) Miten miehittämättömien ilma-alusten markkinat ovat kehittyneet ja mitkä tekijät ovat ohjanneet tätä kehitystä?

- 2) Mitä uutta UAV-teknologia mahdollistaa ja miten se voi parantaa jo olemassa olevia toimintoja maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa sekä media- ja videoteollisuudessa?

### **1.3 Tutkimusmenetelmät, aiheen rajausta ja työn rakenne**

Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, johon tietoa kerätään alan kirjallisuudesta ja laadukkaista internet-lähteistä. Lähteinä käytetään pääosin kirjoja, tieteellisiä artikkeleita ja julkaisuja, alan tutkimuksia sekä lakitekstejä. Koska ala on suhteellisen uusi, on oletettavaa, ettei kaikista käsiteltävistä asioista löydy tieteellisiä julkaisuja, jolloin tullaan käyttämään muita lähteitä lähdekritiikki huomioiden.

Työn aihe on rajattu UAV-teknologian käyttöön siviilipuolen ammattikäytössä, erityisesti maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa sekä media- ja videoteollisuudessa. Nämä alat kuuluvat viiden suurimman alan joukkoon, jotka hyödyntävät UAV-teknologiaa (Kuva 1) ja niiden osuus maailman UAV-markkinoista on lähes 70 %, kokonaismarkkinoiden ollessa noin 127 miljardia USA:n dollaria (McCarthy 2016). Rajausta jättää kokonaan pois harrastekäytön sekä sotilaallisen käytön, sillä harrastekäytön tutkiminen ei ole tuotantotaloudellisesta näkökulmasta kovinkaan merkittävää ja sotilaskäytön tutkiminen tuo omat haasteensa tiedon rajallisuuden saatavuuden sekä tiukkojen turvallisuusluokitusten myötä. Sotilaskäytön tiedon rajallinen saatavuus johtuu siitä, että esimerkiksi Suomessa laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta (1999/621) mahdollistaa sen, että Puolustusvoimat voivat pitää tietoa salaisena silloin, kun tieto on maanpuolustuksellisesti tärkeää (Finlex 2021).



**Kuva 1. Dronejen käytön markkina-arvo eri aloilla TOP 5 USA:n dollareissa mitattuna vuonna 2015 (mukailen McCarthy 2016)**

Ensiksi työssä perehdytään miehittämättömiin ilma- aluksiin sekä niiden markkinoihin ja markkinoihin vaikuttaviin tekijöihin, erityisesti: teknologisiin-, taloudellisiin-, juridisiin-, ja ympäristöllisiin tekijöihin. Vaikuttavat tekijät on valittu siten, että niillä on ollut ja tulee mahdollisesti myös tulevaisuudessa olemaan eniten merkitystä markkinoihin sekä niiden kehittymiseen. Markkinoihin vaikuttavat tekijät ovat osaltaan kiihdyttäneet tai hidastaneet alan kasvua tai muokanneet markkinoita muilla tavoin. Tämän jälkeen esitellään käyttökohteita miehittämättömille ilma-aluksille maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa sekä media- ja videoteollisuudessa. Lopuksi tarkastellaan miehittämättömien ilma-alusten tulevaisuudennäkymiä.

UAV ja UAS ovat käsitteinä tuntemattomia monille suomalaisille, ja Suomessa näille löytyy monia korvaavia nimiä, kuten: drone, lennokki ja miehittämätön ilma-alus sekä miehittämätön ilma-alusjärjestelmä ja miehittämätön ilma-alus-systeemi. Yleisin suomen kielessä käytössä oleva nimi UAV:lle on kuitenkin drone, jota tässäkin työssä käytetään pääosin tästä eteenpäin. Drone valikoitui käytettäväksi nimeksi, sillä sen käyttö on kaikkein sujuvinta ja sen yleinen käyttö helpottaa lukijaa havainnollistamaan, mistä on kyse. Dronella viitataan tässä työssä kaikkiin miehittämättömiin ilma-aluksiin, sekä kiinteäsiipisiin, että pyöriväsiipisiin. Drone

nimitystä käytetään myös joissakin kohdissa miehittämättömistä ilma-alus järjestelmistä, tekstin luettavuuden helpottamiseksi ja selkeyttämiseksi. Kuitenkin asiayhteydestä lukijalle selviää, onko dronesta puhuttaessa kyseessä miehittämätön ilma-alus vai miehittämätön ilma-alusjärjestelmä.

## **2 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT ILMA-ALUKSET SEKÄ NIIHIN LIITETYT JÄRJESTELMÄT**

Miehittämättömät ilma-alukset (UAV) ovat ilma-aluksia, joita ei ohjaa kyydissä oleva ihminen, vaan aluksia voidaan ohjata etänä, erilaisten ohjausjärjestelmien, kuten tietokoneen kautta, tai ne voivat olla täysin autonomisesti ohjautuvia. (Droneinfo 2021a) Miehittämättömät ilma-alusjärjestelmät (UAS) ovat puolestaan sellaisia järjestelmäkokonaisuuksia, jotka koostuvat ilma-aluksesta ja niihin liitetyistä järjestelmistä, joita ovat komento-, ohjaus- ja viestintäjärjestelmät, sekä autonomiset tai ihmisen ohjaamat hallintajärjestelmät. (Gupta et al. 2013)

### **2.1 Erilaiset alustyypit ja niiden erot**

On olemassa monia tekniikoiltaan erilaisia dronealuksia, mutta yleisimmät käytössä olevat voidaan jakaa pääsääntöisesti kahteen alakategoriaan: kiinteäsiipisiin (fixed-wing) ja pyöriväsiipisiin (rotary-wing) (Valavanis 2015). Kiinteäsiipiset muistuttavat ulkoasultaan hyvin paljon lentokoneita ja ne ovat tyypillisesti kansan kielellä kutsuttuja lennokkeja (Kuva 2). Pyöriväsiipiset ovat puolestaan neljän tai useamman roottorin avulla liikkuvia aluksia, kuten harrastekäytössä olevat dronet (Kuva 3). Molemmilla päätyypeillä on omat heikkoudet ja vahvuudet, ja ne soveltuvat ominaisuuksiensa perusteella erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Kiinteäsiipisillä droneilla on monia etuja verrattuna pyöriväsiipisiin. Niiden lentoaika ja kantomatka ovat pidempiä, meluaste matalampi ja matkustusnopeus suurempi. Ne voivat myös kuljettaa mukanaan suurempia kuormia. Haittapuolina kiinteäsiipisillä lennokeilla on, että ne tarvitsevat liikkeellelähtoon sekä laskeutumiseen kiitoradan tai laukaisimen. Kiinteäsiipisillä aluksilla ei voi myöskään leijua paikallaan, vaan niiden on liikuttava koko ajan eteenpäin, sillä ne tarvitsevat ilmapvirtauksen muodostamaa nostetta. Kiinteäsiipiset soveltuvatkin käytettäviksi parhaiten tehtäviin, joissa ne voivat liikkua tasaisella nopeudella suhteellisen korkealla ja niillä on paljon tilaa operoida, esimerkiksi maaston kuvaaminen. (PWC 2016)

Pyöriväsiipiset dronet omaavat myös paljon hyötyjä. Niiden liikkeellelähtö on helppoa, sillä ne voivat nousta ilmaan lähes mistä tahansa. Ne ovat kevyitä ja niillä on mahdollista tehdä nopeita



suunnanmuutoksia. Pyöriväsiipisillä voidaan myös lentää matalammalla korkeudella ja niillä on mahdollista pysyä paikallaan ilmassa leijuen. Kuitenkin pyöriväsiipisillä aluksilla lentoaika on pienempi ja niiden aiheuttama meluhaitta on suurempi. (PWC 2016) Taulukossa 1 on AUAV:n määrittelemä yhteenveto kiinteäsiipisten ja pyöriväsiipisten miehittämättömien ilmalusten vahvuuksista ja heikkouksista, sekä niiden yleisimmistä käyttötarkoituksista. (Chapman 2016)



**Kuva 2. Kiinteäsiipinen drone (Mitre 2011)**



**Kuva 3. Pyöriväsiipinen drone (Finavia 2019)**

**Taulukko 1. Dronetyyppien vertailu (Mukaiillen Chapman 2016), jossa \$AUD = Australian dollari**

	<b>Edut</b>	<b>Heikkoudet</b>	<b>Käyttötarkoitukset</b>	<b>Hinta [\$AUD]</b>
<b>Pyöriväsiipinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käytettävyys</li> <li>• Helppokäyttöisyys</li> <li>• Kameran helppo hallinta</li> <li>• Voi toimia ahtailla alueilla</li> <li>• Voi leijua paikallaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lyhyt lentoaika</li> <li>• Pieni kuljetuskapasiteetti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ilmakuvaus ja videointi</li> <li>• Tarkastukset</li> </ul>	5000–65 000 \$
<b>Kiinteäsiipinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kestävä</li> <li>• Suuri lentonopeus</li> <li>• Kattavampi tarkastelualue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nousu ja laskeutuminen vaativat paljon tilaa</li> <li>• Ei voi leijua paikallaan</li> <li>• Kalliimpia</li> <li>• Vaikeampia lennättää, tarvitaan enemmän koulutusta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ilmakartoitus</li> <li>• Putkilinjojen ja voimajohtojen tarkastus</li> </ul>	25 000–120 000 \$

## 2.2 Aluksiin liitetyt järjestelmät

Miehittämättömistä ilma-aluksista puhuttaessa ne sekoitetaan usein miehittämättömiin ilma-alusjärjestelmiin. Kuitenkin UAV on vain itse alus, mutta kun alukseen liitetään esimerkiksi videokamera, on kyseessä jo miehittämätön ilma-alusjärjestelmä. Videokameran lisäksi aluksiin voidaan käyttötarkoituksen mukaan lisätä esimerkiksi lämpökamera ja sensoreita (kuten ilmanpaine, ilmankosteus ja lämpötila). Lähes kaikki dronet, joita taivaalla näkyy tänä päivänä, ovat osa miehittämätöntä ilma-alusjärjestelmää, sillä niitä ohjaa ihminen maasta käsin ja niissä on jonkinlainen kamera. (Gundlach 2012)

Miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien ohjausalustoja on olemassa monenlaisia. Ensimmäisenä lukijalle saattaa tulla mieleen tietokoneella ohjattava drone, joita toimintaelokuvissa nähdään, mutta se ei ole ainut tapa ohjata droneja. Useimpia ammattikäytössä olevia droneja ohjataan nykyään ohjaimella, joka muistuttaa pitkälti pelikonsolien ja kauko-ohjattavien lelujen ohjainta, sekä siihen liitettyllä mobiililaitteella, kuten puhelimella tai tabletilla (Kuva 4). Mobiililaitte on yhteydessä dronen järjestelmiin, jolloin sen

välityksellä voidaan kontrolloida järjestelmien kuten kameran ja sensorien käyttöä. (UAV Coach 2020) Tällaista ihmisen ohjaamaa yksikköä kutsutaan kauko-ohjaukseksi tai maaohjaukseksi (Ground control / remote piloting). Nämä vaativat operaattorin (ihminen) jatkuvaa läsnäoloa ja toimintoja. Toinen yleinen ohjaustapa on puoliautomaattinen. Siinä vaaditaan operaattoria lentoon lähdössä, laskeutumisessa, järjestelmien käytössä, ja joissakin liikkeissä. Ilmassa ollessa autopilotti voidaan kuitenkin kytkeä päälle ja drone noudattaa ennalta määritettyä reittiä, mutta operaattorilla on mahdollisuus ottaa laitteen hallinta milloin tahansa. Kolmas tapa on täysin autonomisesti ohjautuva, jonka ei pitäisi vaatia minkäänlaista operaattorin ohjaamista ja dronen ohjaus tapahtuu ajotietokoneen päätöksillä. (Gupta et al. 2013)



**Kuva 4. Pyöriväsiipinen drone ja sen kauko-ohjain, john kiinnitetty tabletti (Spiik 2015)**

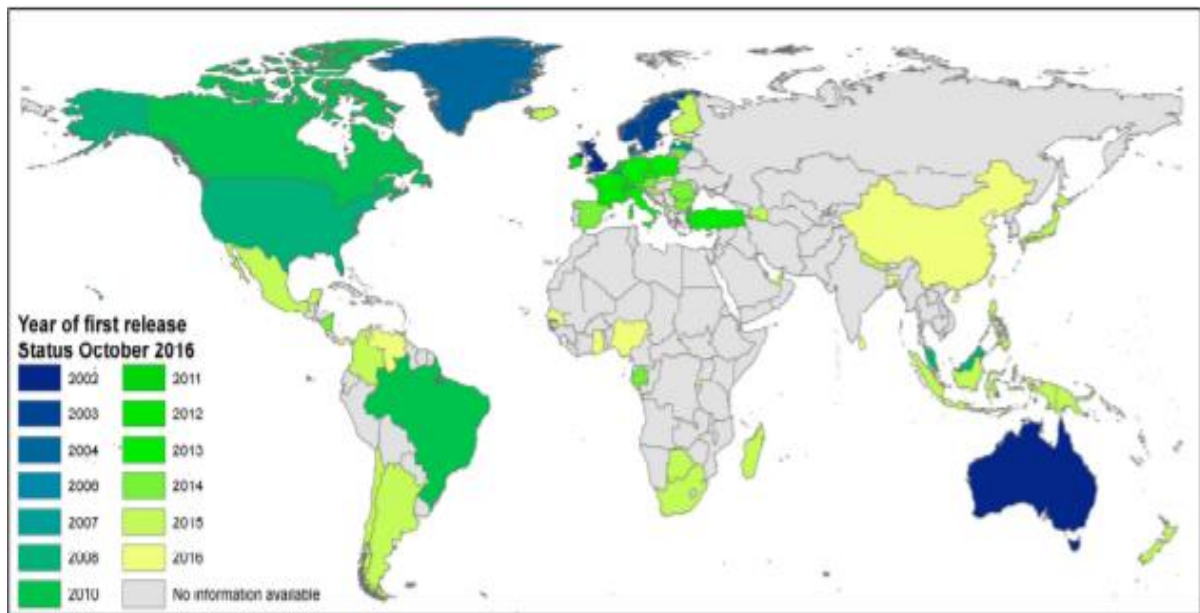
### **3 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN MARKKINAT JA MARKKINOIHIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT**

#### **3.1 Markkinoiden synty ja nykytila**

Ammattikäytössä miehittämättömät ilma-alukset ovat yleistyneet vasta 2000-luvulla, kun niiden markkinapotentiaali ja hyödyt alkoivat kiinnostaa yrityksiä. Tätä ennen droneja oli käytetty lähinnä sotilaskäytössä USA:n armeijan toimesta. Ensimmäistä kertaa siviilikäyttöinen drone saikin lentää vuonna 2006 USA:n siviili-ilmatilassa, kun niitä käytettiin pelastus ja etsintä operaatioissa hurrikaani Katarinan jälkeen. (Daly 2020)

Ensimmäinen kaupallinen drone oli ”The Roswell Flyer”, jonka oli suunnitellut Mike Dammars vuonna 1991. Sen myynti aloitettiin vuonna 1999 hintaan 350 € ja se oli yleinen harrastekäytössä. (Rothstein 2015) Voidaankin todeta, että dronejen käyttö on levinnyt ensiksi sotilaspuolelta harrastajille ja vasta sen jälkeen yleistynyt ammatillisessa käytössä, kun niiden potentiaali ja käyttömahdollisuudet on huomattu.

Vasta vuonna 2006 ICAO (International Civil Aviation Organization) ilmoitti, että siviilikäytössä oleville miehittämättömille ilma-aluksille tarvitaan kansainväliset yhdenmukaistetut ehdot ja käytännöt. Ennen tätä vain viisi valtiota oli julkaissut kansalliset drone säännöksensä (Englanti, Australia, Norja, Ruotsi ja Tanska). Dronemarkkinoita alettiinkin vasta säädellä ja ohjata, kun markkinat olivat jo kasvamassa. Kuvasta 5 nähdään, milloin valtiot ovat julkaisseet dronesäännöksensä. (Stöcker et al. 2017)



**Kuva 5. Dronesäännösten maakohtainen käyttöönotto (Stöcker et al. 2017)**

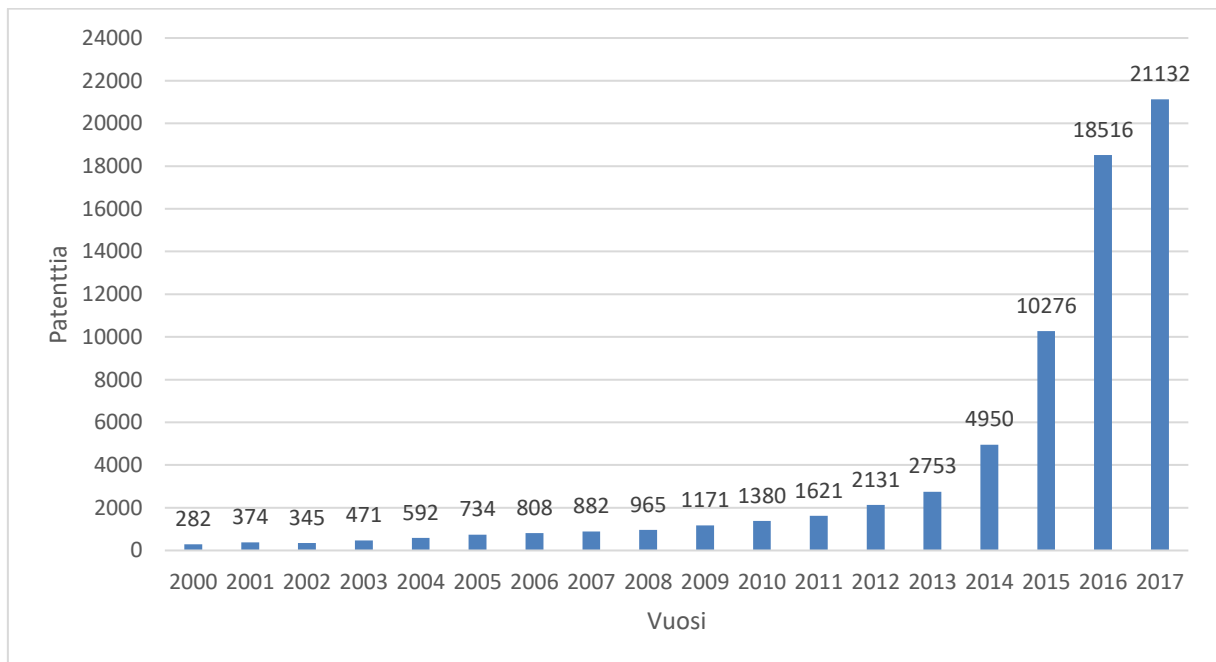
Siviilikäytön dronemarkkinat ovat siis hyvin nuoret ja niiden kasvu on vasta alkanut. Kuten kuvasta 5 näkee, jotkin maat ovat olleet dronemarkkinoiden edelläkävijöitä. Voidaankin olettaa, että maissa, joissa dronesäännöksiä on ollut pisimpään voimassa, on dronejen käyttö kasvanut eniten ja niitä on otettu käyttöön eri toimialoilla. Kuitenkin tulee huomioida, ettei karttaan ole väritetty esimerkiksi Etelä-Koreaa tai Intiaa, joissa teknologinen kehitys on ollut viime vuosina todella nopeaa. (Viotti 2002; Rongping & Wan 2008) Näissä maissa luultavasti on droneja käytössä ja niiden sääntely on myös mitä luultavammin aloitettu.

### 3.2 Teknologiset tekijät

Teknologian kehitys on yksi suurimmista dronemarkkinoita muokkaavista tekijöistä. Vielä 1900-luvulla, kun dronet olivat lähinnä vain sotilaskäytössä, niissä käytetty teknologia oli salaista ja vain harva pääsi käsiksi siihen. Kuitenkin edellä mainitun The Roswell Flyerin myötä ihmiset tulivat yhä tietoisemmiksi droneista ja niiden valmistus alkoi laajentua sotilaskäytön ulkopuolelle. Valmistajien määrän kasvaessa uusia teknologioita on alettu liittämään droneihin ja nykyään droneja saakin ostettua täysin valmiina paketteina. Näissä on valmiiksi asennettuna tarvittavat lisävarusteet, joita kuluttaja tarvitsee haluamaansa käyttötarkoitukseen. (Rothstein 2015)

Tietotekniikan kehitys on myös vaikuttanut vahvasti dronejen kehittymiseen. Tiedonsiirron ja lentoalustan kehittyminen ovat muuttumassa dronejen päätuotteiksi, sillä yritystoiminnassa olevalla dronella on olennaista, että pystytään keräämään dataa ja lähettämään se data jonnekin, esimerkiksi tietokoneelle analysoitavaksi. Näiden tietoteknisten kehitysten avulla droneja on voitu alkaa hyödyntämään yhä erilaisimmissa käyttökohteissa, kuten rakennusteollisuudessa ja maataloudessa. (Fan et al. 2020)

Patentilla tarkoitetaan yksinoikeutta, joka antaa yksinoikeuden kyseisen keksinnön ammattimaiseen hyödyntämiseen, kuten myyntiin ja valmistukseen (Patentti- ja rekisterihallitus 2021). Patenttien määrä onkin yksi hyvä tapa analysoida alan teknologian kehittymistä. Mitä enemmän patenteja droneista on tehty, sitä nopeampaa alan teknologian kehitys ollut. Ennen vuotta 2000, vuosittain julkaistiin alle 100 patenttia droneteknologialle, kun taas vuonna 2008 patenteja julkaistiin lähes 1000 ja vuonna 2017 tämä luku oli jo 21132. (Liu et al. 2019) Patenttien määrän kasvusta voidaan huomata, että dronejen teknologinen kehitys on ollut 2010-luvulla jyrkässä kasvussa ja droneteknologia on alkanut kiinnostaa yhä useampia sekä patenttien kasvanut määrä kertoo aktiivisuuden kasvamisesta alalla (Aho 2021). Patenttien määrän kasvua on kuvattu kuvassa 6.



**Kuva 6. Drone patenttien määrän vuotuinen kehitys vuoteen 2017 (Mukaien Liu et al. 2019)**

### 3.3 Taloudelliset tekijät

Taloudelliset tekijät ovat osaltaan vaikuttaneet markkinoiden kehitykseen. Esimerkiksi laitteiden hinta on yksi merkittävä tekijä, jolla on ollut vaikutusta siihen, miten siviilipuolen ammattikäyttöön tarkoitettut dronet ovat menestyneet markkinoilla. Yksi maailman tunnetuimmista dronevalmistajista on Ranskalainen Parrot ja heidän tunnetuin tuotteensa Anafi-drone. (Rothstein 2015; Parrot 2021). Hintaa Parrot Anafilla on noin 700 USA:n dollaria, johon kuuluu dronen lisäksi ohjausalusta ja 4K- kamera (Amazon 2021). Nykyään droneja saa halvimmillaan jo muutamalla kymmenellä eurolla, kalliimpien hintojen ollessa useissa kymmenissä tuhansissa. Dronejen suuret hintaerot eri käyttötarkoitusten mukaan voidaankin olettaa olevan yksi syy siihen, miksi markkinat ovat kasvaneet. Kun droneja on saatavilla harrastekäyttöön sopuhintaan, näkyy niitä enemmän myös katukuvassa. Tällöin niiden hiljainen markkinointi (World of mouth) kasvaa ja yhä useammat haluavat kokeilla laitetta. (Sweenwy et al. 2015) Hintaan on vaikuttanut muun muassa kokoonpanomateriaalien, kuten muovin ja hiilikuidun hinnan alentuminen sekä valmistajien kilpailun lisääntyminen. Hintakilpailu on lisääntynyt, kun markkinoille on noussut uusia yrityksiä (Dronelife 2016).

### 3.4 Juridiset tekijät

Miehittämättömien ilma-alusten laajentumista yritysten käyttöön on vaikeuttanut ja hidastanut alan tiukka sääntely. Ilmailulainsäädäntö noudattaa pitkälti kansainvälisiä sääntöjä ja normeja. Droneja koskeva lainsäädäntö on tiukentunut ja on yhä tiukentumassa, niin Suomessa, kuin muuallakin maailmassa. Ajan saatossa on muodostettu uusia lakeja, kun on huomattu ilma-alusten aiheuttamia vaaroja ja muita häiriöitä ihmisille tai luonnolle.

Suomessa ilmailuviranomaisena toimii Traficom sekä Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA, joka on Euroopan unionin yhteinen ilmailuviranomainen (Traficom 2021, Europa 2019). Suomessa ilmailulainsäädäntö perustuu Suomen ilmailulakiin (864/2014) ja Euroopan unionin asetuksiin (Finlex 2020). Yhdysvalloissa tästä valvonnasta puolestaan vastaa FAA (federal aviation administration) (FAA 2021). Dronen paino määrittää sen, onko miehittämättömän ilma-aluksen lennättäminen säännelty EU:n asetuksen vai Suomen kansallisen lainsäädännön mukaan. Mikäli aluksen toimintamassa ylittää 150 kilogrammaa,

tulee noudattaa EU-asetusta 216/2008, mutta alle sen painavat alukset toimivat kansallisen lainsäädännön puitteissa, Suomessa ilmailulain (864/2014) ja Traficomien määräyksen OPS M1-32 mukaan. (Puolustusministeriö 2017)

Ilmailun kielto- ja rajoitusalueet koskevat myös miehittämättömiä ilma-aluksia. Aluevalvontalain (755/2000) 14 §:n mukaan maanpuolustuksen kannalta merkittäviä kohteita ei saa tutkia ilma-aluksesta käsin. Laki kuitenkin mahdollistaa ilmakuvaamisen erillisellä luvalla, mikäli toiminnalla ei aiheuteta vaaraa Suomen aluevalvonnalle. Ilmailulle voidaan myös säätää rajoituksia valioneuvoston asetuksella ja näitä kieltoalueita ovat muun muassa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden alueet. Ilmailua on rajoitettu myös siinä, kuinka korkealla alusta saa lennättää. Suomessa yleisesti suurin lentokorkeus on 150 metriä, mutta mikäli toimitaan vähintään viiden kilometrin säteellä lentokentän kiitoradasta, on maksimikorkeus vain 50 metriä. Alusta saa lennättää alle viiden kilometrin säteellä lentokentästä, mikäli on oltu yhteydessä ilmaliikennepalvelun tarjoajaan ja saatu erillislupa. Samaa sääntöä tulee noudattaa, mikäli alusta lennätetään yli 150 metrin korkeudessa. (Finlex 2014)

Miehittämättömiä ilma-aluksia voidaan lennättää joko kameran kanssa tai ilman. Mikäli kamera on liitettyä alukseen, tulee huomioida ilmailulain lisäksi henkilötietolaki. Miehittämättömät ilma-alukset mahdollistavat uuden kuvakulman, jota ei aidat tai muut normaalit näköesteet estä. Tällöin ne mahdollistavat kuvaamisen alueilla, joita normaalisti suojaa esimerkiksi kotirauha. Aluksella ei kuitenkaan saa kuvata, äänittää tai muuten kerätä tietoa kotirauhan suojaamilla alueilla. (Droneinfo 2021b)

Vuodesta 2021 alkaen koko EU:n alueella miehittämättömien ilma-alusten lennättämistä yhtenäistävä asetusta astui voimaan. Sen mukaan kaikkien lennättäjien tulee rekisteröityä dronetoimijarekisteriin, kun ennen tämä oli pakollista vain ammattilaisille. Asetuksen mukaan lennokkeja on kolmessa alakategoriassa: Avoin, Erityinen ja Sertifioitu. Avoin kategoriassa toimitaan alle 120 metrin korkeudella, alle 25 kilogrammaa painavalla aluksella. Avoin alakategoria koostuu A1, A2 ja A3 luokista, joista A1 on kaikkein pienimmille aluksille rajoitetuimmilla lentoalueilla ja A3 luokka suurimmille aluksille laajimmilla lento-oikeuksilla. Yhtenäistäväan asetukseen ei tarvitse kuitenkaan mukautua heti, vaan erilaisille laitteille on määrätty omat siirtymäaikansa. Tällä siirtymäajalla OPS M1-32 mukaan toimivat toimijat



voivat noudattaa asetuksen mukaisia painorajoja. Luokkien A1-A3 vaatimukset listattu taulukkoon 2. (Droneinfo 2020) Nämä uudet säännökset tulevat hidastamaan luultavasti markkinoiden kasvua, sillä alan uusille kokeilijoille voi rekisteröityminen olla liian suuri kynnys aloittaa toiminta.

Taulukko 2. Dronejen vaatimukset (Mukaillen Droneinfo 2020)

Luokka	Avoim A1	Avoim A2	Avoim A3
<b>Rajoitukset siirtymäkauden aikana</b>	<p>Maksimipaino: 500 g</p> <p>Lentäminen sallittu tiheästi asutuilla alueilla, ei ihmisjoukkojen päällä</p> <p>Koulutus: Ei koulutusvaatimusta</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>	<p>Paino: 500 g – 2 kg</p> <p>Lentäminen sallittu tiheästi asutuilla alueilla turvallisella etäisyydellä ihmisistä</p> <p>Koulutus: Verkkoteoriakoe + valvottu lisäteoriakoe</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>	<p>Paino: 500 g – 25 kg</p> <p>Lentäminen sallittu harvaan asutuilla alueilla, kaukana ihmisistä ja asutuksesta</p> <p>Koulutus: Verkkoteoriakoe</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>
<b>Rajoitukset siirtymäkauden jälkeen</b>	<p>Maksimipaino: 900 g</p> <p>CE-merkinnät: C0 ja C1</p> <p>Koulutus: Yli 250 g laite: verkkoteoriakoe</p> <p>Lentäminen sallittu yksittäisten ihmisten yli, ei ihmisjoukkojen päällä</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>	<p>Maksimipaino: 4 kg</p> <p>CE-merkinnät: C2</p> <p>Koulutus: Verkkoteoriakoe ja valvottu lisäteoriakoe</p> <p>Lentäminen sallittu turvallisella etäisyydellä ihmisistä</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>	<p>Maksimipaino: 25 kg</p> <p>CE-merkinnät: C2, C3, C4</p> <p>Koulutus: Verkkoteoriakoe</p> <p>Lentäminen sallittu kaukana ihmisistä ja asutuksesta</p> <p>UAS- ilmatilavyöhykkeet huomioitava</p>

Taulukossa 2 mainitut CE-merkinnät ovat markkinalainsäädännön 945/2019 mukaisia laitevaatimuksia, jotka astuvat voimaan samaan aikaan uuden asetuksen kanssa. (Droneinfo 2020) Taulukkoon 3 on listattu CE-merkintöjen laiterajoitukset eri osa-alueilla.

**Taulukko 3. Tiivistelmä markkinalainsäädännön 945/2019 laitevaatimuksista (Droneinfo 2020)**

CE-merkintä	C0	C1	C2	C3	C4
<b>Paino</b>	alle 250 g	alle 900 g	alle 4 kg	alle 25 kg	alle 25 kg
<b>Nopeus</b>	alle 19 m/s	alle 19 m/s	-	-	-
<b>Etätunnistus</b>	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
<b>Ilmatila-varoitukset</b>	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
<b>"Palaa kotiin" toiminto</b>	-	kyllä	kyllä	kyllä	-
<b>Lentokorkeuden rajoitin</b>	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	-
<b>Autopilotti</b>	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kielletty

Mikäli avoimen luokan rajat eivät riitä toiminnalle, tulee toiminta toteuttaa joko erityinen tai sertifioitu luokassa. Toimittaessa erityinen luokassa, on toiminnalle haettava erityislupaa, jonka voi myöntää Traficom. Ihmisjoukkojen päällä lennettäessä, ihmisiä kuljetettaessa tai vaarallisia aineita kuljetettaessa, tulee toiminnan tapahtua sertifioitu luokassa. (Droneinfo 2020)

Miehittämättömiä ilma-aluksia koskeva lainsäädäntö on kehittynyt sitä mukaa, kun alukset ovat kehittyneet ja uusia lakeja ja säädöksiä on tarvittu turvallisen ja inhimillisen toiminnan takaamiseksi. Samalla kun uudet lait ja asetukset ovat rajoittaneet toimintaa miehittämättömillä ilma-aluksilla, ovat ne myös selkeyttäneet toimintaperiaatteita. Monet yritykset eivät ole välttämättä ottaneet dronetekniikkaa käyttöön, koska he eivät ole tieneet mitä saa ja mitä ei saa tehdä.

### 3.5 Ympäristölliset tekijät

Monet ympäristölliset tekijät ovat vaikuttaneet osaltaan siihen, miten dronemarkkinat ovat kehittyneet tähän päivään ja miten ne tulevat kehittymään. Näitä tekijöitä ovat muun muassa päästöt, melusaaste ja materiaalien hankinta sekä tästä aiheutuvat päästöt ja ympäristön kulutus. Dronet ovat kuitenkin mahdollistaneet monia ympäristöystävällisempiä tapoja toteuttaa tiettyjä toimenpiteitä, mikä on puolestaan ajanut markkinoiden kasvua eteenpäin.

Dronejen käyttö itsessään on hyvin ympäristöystävällistä, sillä ne eivät saastuta ilmaa, koska ne käyttävät ainoastaan sähköä, eivätkä polttomoottoria (He 2015). Kuitenkin, kuten kaikessa valmistuksessa, myös dronejen valmistuksessa syntyy päästöjä ja lopputuotteena jätettä. Suuri päästöjen aiheuttaja on litium akkujen materiaalien louhinta. Näitä akkuja käytetään dronejen virranlähteinä useimmiten, varsinkin mikäli kyseessä on suhteellisen pieni alus. Akkujen valmistukseen tarvitaan louhittuja materiaaleja maaperästä. Louhinnalla puolestaan on monia ympäristövaikutuksia ilmanlaatuun, vesistöihin ja maaperään (Kaiva 2021). Kuitenkin esimerkiksi sähköautojen markkinat ovat viime vuosina kasvaneet räjähdysmäisesti ja niiden ennustetaan korvaavan polttomoottoriautot tulevaisuudessa. Mikäli sama pätee muuhunkin akkujen tuotantoon, ei kaivostoiminnan luulisi olevan este dronejen markkinoiden kasvulle.

Dronejen tuotanto on myös ympäristöystävällisempää, kuin esimerkiksi helikoptereiden, joita dronet pystyvät tietyissä toimenpiteissä korvaamaan. Tämä johtuu muun muassa siitä, että dronen valmistus vaatii yleensä paljon vähemmän materiaalia, kuin helikopterin, sillä dronet ovat pääasiassa pienempiä kuin helikopterit. Poikkeuksena suuret kiinteäsiipiset dronet, joita ei kuitenkaan siviilipuolen ammattikäytössä usein ole.

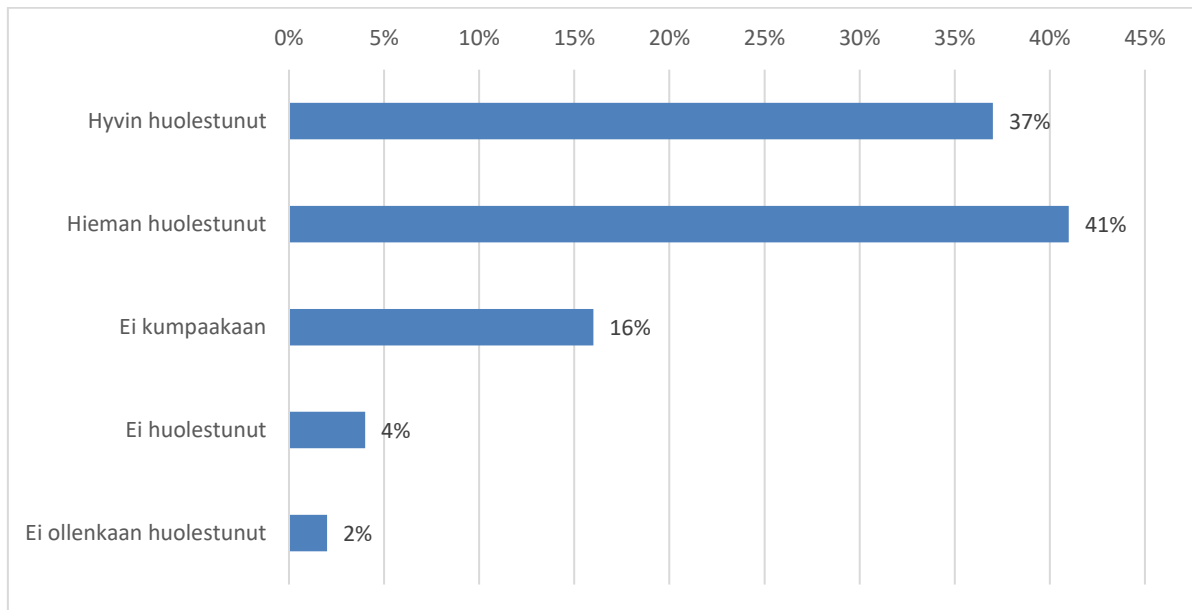
Markkinoiden kasvua on myös kehittänyt dronejen potentiaali toimia ympäristöystävällisemmin kuin vaihtoehtoisilla perinteisillä toiminnoilla. Dronet tuottavat huomattavasti vähemmän melusaastetta kuin esimerkiksi helikopterit (Taulukko 4), jolloin niillä kuvaaminen ja niiden käyttö luonnossa on ekosysteemeille turvallisempaa, sillä jotkin lajit ja ekosysteemit voivat häiriintyä suurta melua aiheuttavista koptereista. (Ympäristöministeriö 2007)

**Taulukko 4. Drone / helikopteri desibelivertailu maanpinnalla mitattuna, laite sadan (100) metrin korkeudella maanpinnasta (Airborne drones 2020)**

<b>Laite</b>	<b>Ääni [desibeli]</b>
UAV / Drone	50–55
Helikopteri	95

Droneilla voidaan myös tutkia alueita, joita ei ennen ole voitu tutkia, esimerkiksi alueen vaikeakulkuisuuden takia (Zolkos et al. 2021), tai joiden tutkiminen on ollut alueen ekosysteemille hyvin kuluttavaa, esimerkiksi maaston tallautumisen takia. Droneilla voidaan tällöin lentää alueilla koskematta maastoon, jolloin voidaan kerätä tärkeää dataa alueen ekosysteemistä. Näin on mahdollista suojella ja hoitaa alueita yhä tehokkaammin. Esimerkiksi luonnonsuojelualueille ei välttämättä haluta helikoptereita lentämään tai ihmisiä kulkemaan jalan tai maastoajoneuvoin, jolloin luonnon kuluminen olisi väistämätöntä. Dronejen pienempi melu on myös ihmisystävällisempää, kun esimerkiksi kaupungeissa helikopterin aiheuttama melu voi olla ihmisille paljon haitallisempaa kuin dronen ääni. (Ympäristöministeriö 2007)

Yksi suuri huolenaihe maailmalla on metsien häviäminen ja tutkimuksen mukaan yli  $\frac{3}{4}$  henkilöstä on vähintäänkin hieman huolestunut aiheesta (Kuva7). Tämä huolenaihe heijastuu osaltaan myös kuluttajakäyttäytymiseen, ja osa kuluttajista suosii yrityksiä, jotka panostavat ympäristöystävällisyyteen ja sekä kestävään arvonluontiin. Droneja voidaanakin hyödyntää metsien elvyttämisessä sekä metsäkadon torjunnassa. (Jacobsen 2019) Tällöin yritykset voisivat myös antaa kuluttajille itsestään huomattavasti vihreämmän kuvan, mikäli ne käyttäisivät droneja ja toisivat niiden ympäristöhyötyjä laajemmin esiin. Esimerkiksi WWF on mainostanut käyttävänsä droneja muun muassa metsien elvyttämiseen metsäpalojen jälkeen (WWF 2020). Tällainen positiivinen näkyvyys alalla kehittää dronejen brändiä yhä ympäristöystävällisempänä teknologiana. Tämä on markkinoiden kehittymisen kannalta positiivista, sillä nyky-yhteiskunnassa ympäristöystävällisyys on vahvasti nouseva megatrendi (Kosonen 2019).



**Kuva 7. Kuinka huolissaan ihmiset ovat metsien hävittämisestä (Mukaiillen Jaganmohan 2020)**

## 4 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN SEKÄ JÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ

### 4.1 Maa- ja metsätalous

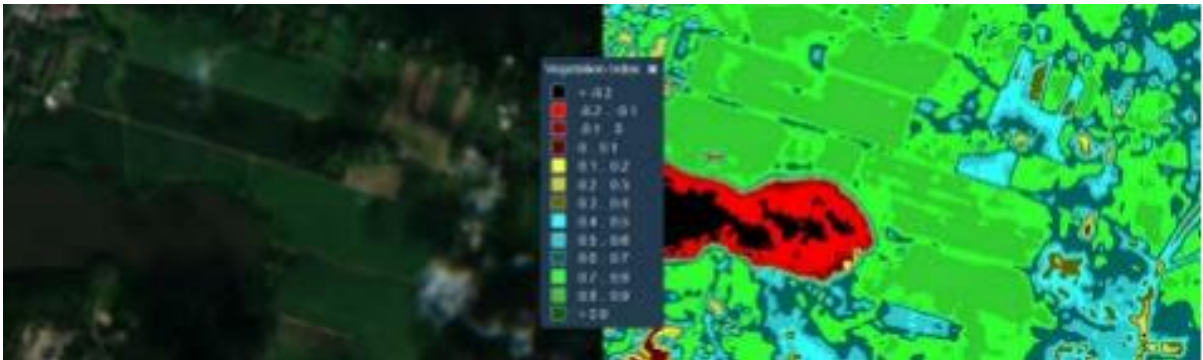
Maatalous on ihmisten selviytymisen kannalta elintärkeää, sillä se on lähes ainoa keino, miten ihmisille voidaan tuottaa ravintoa. Maanviljely tulee kuitenkin olemaan haastavampaa tulevaisuudessa ihmispopulaation kasvaessa, sillä viljelyalueita on vain rajallinen määrä. Maatalouden tuleekin kehittyä yhä tehokkaammaksi ja miehittämättömät ilma-alukset tarjoavat yhden ratkaisun tähän ongelmaan.

Tarkkuusviljelyllä tarkoitetaan mittaustiedon hyödyntämistä maanviljelyn hoitopäätösten tukena. Menetelmä on suunniteltu parantamaan maatilan tuotantotehokkuutta ja tuottavuutta sekä kannattavuutta samalla minimoiden tarkoituksettomat vaikutukset luontoon ja ympäristöön. (Whelan & Taylor 2013, 1–2) Etätunnistusta pidetään tarkkuusviljelyn yhtenä tärkeimmistä tekniikoista. Sillä seurataan viljelyalueita ja sen avulla voidaan tarkkailla monia kasvusatoja ja kasvillisuusparametreja kuvien avulla. Aiemmin tarkkuusviljelyssä on hyödynnetty satelliittikuvia, sekä kuvia, joita on otettu lentokoneista ja helikoptereista, eli niin sanotuista miehityistä lentoaluksista. Satelliittikuvat ovat usein kuitenkin huonolaatuisia eikä niiden kuvia ole saatavilla aina halutulta ajankohdalta, jolloin ne eivät ole paras vaihtoehto. Miehityt lentoalukset ovat puolestaan kallis vaihtoehto, jolloin kuvia ei ole mahdollista käydä ottamassa silloin kuin halutaan. (Tsouros et al. 2019, 1–2)

Nykyään näitä kuvauksia voidaan toteuttaa miehittämättömillä ilma-aluksilla ja niiden käyttö on alalla yleistynyt. Aluksiin liitettyjen järjestelmien avulla voidaan tarkkailla kasvusatoja ajantasaisesti ja reagoida muutoksiin sekä tarpeisiin nopeasti. Yksi yleisimpiä käyttötapoja miehittämättömille ilma-aluksille tarkkuusviljelyssä on rikkaruohojen kartoittaminen. Rikkaruohot voivat pahimmillaan aiheuttaa vakavia ongelmia vallatessaan tilaa ja kasvuresursseja, kuten vettä viljelykasveilta, jolloin sato kärsii. Muita käyttökohteita miehittämättömille ilma-aluksille tarkkuusviljelyssä on sadon kasvun seuranta ja sen arviointi, sadon terveyden seuranta ja tautien havaitseminen sekä kastelun ja lannoituksen hallinta. (Tsouros et al. 2019, 3–5) Alusta lennätetään pellon yläpuolella ja alukseen liitetyillä sensoreilla

mitataan viljelyaluetta eri parametrein. Tiedot syötetään sitten traktorin tietokoneeseen, joka ohjelmoi esimerkiksi kastelun ja lannoituksen niin, että ajettaessa pellolla, kone lannoittaa ja kastelee automaattisesti dronen sensorien syöttämien tietojen mukaan oikeille kohdille. (Mahosenaho & Posio 2020)

Satelliittikartoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi Sentinel- satelliitteja, joita Euroopan avaruusjärjestö ESA on laukaissut Maata kiertävälle radalle vuodesta 2014 Copernicus-hankkeen myötä. (ESA 2021) Yksi tapa tarkastella viljelyksiä näiden satelliittien toimesta on slovenialaisen Sinergise yhtiön luoman palvelun (Sentinel-hub Playground) kautta. Tämä palvelu on kaikille vapaa (Sinergise 2021). Palvelussa käyttäjä voi itse valita, mitä aluetta tarkastelee (Kuva 8). Kuva 8 on Rekolan opinnäytetyössä käytetty kuva, sillä tämänhetkinen tilanne viljelysalueilla ei olisi antanut realistista vertailukuvaa satelliittikuvan ja dronen ottaman kuva välillä, maan osittaisen lumipeitteen takia. Kuvasta 8 nähdään myös se, etteivät satelliittikuvat ole tarkkoja. Kuva 9 on puolestaan dronella otettu kuva viljelylohkosta. Ero kuvien tarkkuuksien välillä on huomattava ja jo visuaalisesta kuvasta voidaan saada selville paljon kasvillisuudesta ja sen tilasta.



**Kuva 8.** Sentinelin ottama satelliittikuva ja kasvillisuusindeksikuva samasta alueesta. Vihreä arvo indeksissä kuvaa lehtivihreän suurta määrää (Rekola 2018; Sinergise 2017)





**Kuva 9. Viljelylohko kuvattu dronella (Rekola 2018)**

Miehittämättömät ilma-alukset ovat muokanneet maatalouden lisäksi metsätaloutta. Metsänhoitoon käytetään maatalouden tavoin kaukokartoitusta, jonka avulla voidaan mitata useita tärkeitä parametrejä, kuten metsän puulajijakaumaa, latvuston korkeutta, puuston tiheyttä sekä hiilivaraston laatua. Alusten ja niiden järjestelmien, kuten kameroiden, yleistymisen lisää laitteiden kustannustehokkuutta, kun hintakilpailu lisääntyy. Tämä mahdollistaa puuston ja sen hoitotarpeen tarkastelun jopa yksilötasolla. (Zhang et al. 2016). Esimerkiksi tuholaisvahinkoja voidaan paikantaa ja alkaa nopeasti hoitamaan droneilla saatavien kuvien avulla (Näsi et al. 2018).

Miehittämättömien ilma-alusten yksi kilpailukykyisimmistä ominaisuuksista verrattuna satelliittikuvaukseen, on niiden mahdollisuus lentää lähellä maanpintaa pienillä lentonopeuksilla. Tämä mahdollistaa muun muassa todella tarkkojen kuvien ottamisen ja datan keräyksen läheltä maanpintaa olevista populaatioista (Zhang et al. 2016). Verrattuna satelliittikuvaukseen, droneja käytettäessä vältetään useilta ongelmilta. Satelliittien ottamat valokuvat ovat usein huonolaatuisia eivätkä ne myöskään pääse yhtä syväälle metsään, kuin mitä droneilla päästään. Satelliittikuvauksessa esiintyy myös ongelmia pilvisellä säällä, sillä pilvet estävät visuaalisten kuvien ottamisen kokonaan, kun taas droneilla voidaan lentää pilvien alapuolella, jolloin alueita voidaan kuvata häiriöttä. (Tang & Shao 2015)

Metsätaloudessa miehittämättömiä ilma-aluksia käytetään myös hakkuiden, harvennusten ja muiden metsänhoito-operaatioiden paikantamiseen. Myös metsäpaloja voidaan paikantaa ja niiden kehittymistä seurata tehokkaasti miehittämättömillä ilma-aluksilla. Metsäpalojen reaaliaikainen seuranta auttaa palontorjunnassa ja se on turvallinen vaihtoehto, kun ihmisiä ei tarvitse lähettää alueelle raportoimaan tilanteesta. (Homainejad & Rizos 2015) Toinen tapa, jolla dronejen avulla voidaan kerätä tietoa metsistä reaaliaikaisesti, on puihin kiinnitettävät sensorit. Tälliset sensorit kiinnitetään droneilla metsään, josta ne lähettävät dataa, muun muassa ympäristön muutoksista, kuten lämpötilasta, ilmankosteudesta sekä valon määrästä. (Brogan 2020)

Maapallon metsäpeite häviää nopeasti ja joka minuutti jopa 48 jalkapallokentän kokoinen alue kaadetaan (Wong 2015). Drone-teknologiaa hyödynnetäänkin myös metsien häviämistä ja hävittämistä vastaan. Droneihin voidaan asentaa skannerit, joiden avulla istutettava alue skannataan. Tietojen pohjalta luodaan 3D-malli, jonka avulla suunnitellaan kannattavin istutussuunnitelma alueelle. Tämän jälkeen dronea, johon on asennettu puunsiemensäiliö ja -laukaisin, lennätetään alueen yllä. Säiliöstä puunsiemenet laukaistaan tietokoneohjaisesti istutussuunnitelman mukaan alueelle. Tämä tapa on paljon tehokkaampi kuin se, että ihminen istuttaisi puuntaimet, sillä keskimäärin ihminen voi istuttaa vain 2000–3000 puuta päivässä. Dronella sen sijaan voidaan kylvää jopa 40 000 puunsiementä päivässä, eli yli 13-kertainen määrä. (Jacobsen 2019)

Droneilla on siis paljon käyttöä maataloudessa ja metsätaloudessa, niiden tuoman taloudellisen ja ympäristöllisen lisäarvon takia. Niillä toteutettava tarkkuusviljelyn ja metsänhoidon valvonta ja kuvaus säästävät paljon resursseja, jolloin työtä voidaan tehdä tehokkaammin. Metsien uudistamisessa voidaan puolestaan päästä kylvämään alueita, joihin kulkeminen olisi muuten taloudellisesti kannattamatonta ja vaikeaa (Whiting 2019).

## **4.2 Rakennusteollisuus**

Rakennusteollisuudessa miehittämättömät ilma-alukset ovat yleistyneet 2010-luvulla, eikä niitä vielä näy liiaksi rakennustyömailla. Dronet ovat kuitenkin hyvä työkalu erilaisiin rakennusteollisuuden tehtäviin, ja niillä voidaan toteuttaa useita työmaiden tehtäviä

tehokkaammin ja turvallisemmin kuin ihmisillä. Useimmiten rakennusteollisuudessa on käytössä pyöriväsiipiset dronet, koska niillä operointi on työmailla ketterää niiden pienen koon sekä pienten lentonopeuksien ansiosta. Potentiaalisia käyttökohteita droneille rakennusteollisuudessa on:

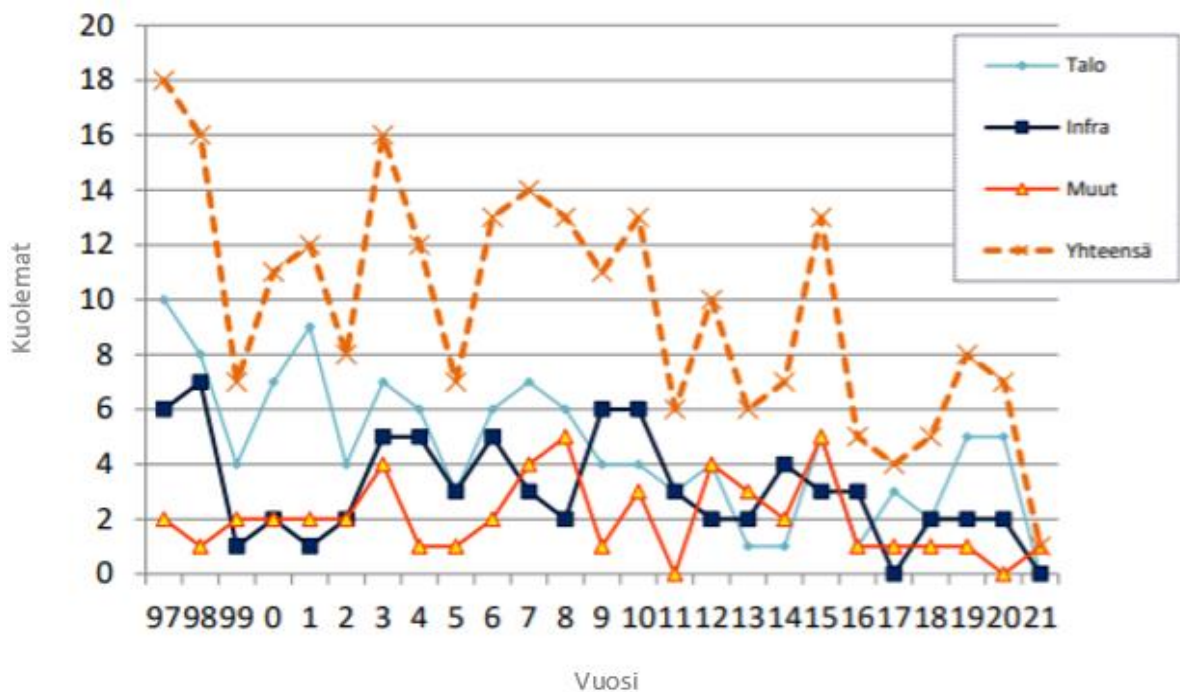
- Rakennustarkastukset
- Vaurioiden havaitseminen ja arviointi
- Alueen kartoittaminen ja tutkiminen
- Turvallisuustarkastukset
- Rakennustoiminnan ja kehityksen seuranta

(Zhou & Gheisari 2018)

Dronet tehostavat rakennustyömailla toimintaa päästessään helposti kuvaamaan kohteita, joihin ihmisen olisi hankala kulkea, esimerkiksi sillat ja monumentit. Droneihin lisätty tekniikka mahdollistaa muun muassa rakennustarkastuksissa visuaalisen ja lämpödatan keräyksen, jolloin vaurioita ja poikkeamia voidaan havaita tehokkaasti ja näin voidaan välttyä suurilta kustannuksilta sekä vakavilta vahingoilta. Esimerkiksi luonnonkatastrofien, kuten hurrikaanien jälkeen tutkijat useimmiten käyttävät droneja kartoittaakseen vahinkoja ja tilannetta alueella, esimerkiksi romahtaneissa rakennuksissa. Droneilla näiden ahtaiden tilojen tutkiminen on helppoa ja turvallista, sillä miehitetyt helikopterit eivät pysty operoimaan tällaisissa tiloissa ja alue saattaa olla liian vaarallinen henkilöiden lähettämiseksi paikalle. (Zhou & Gheisari 2018)

Rakennusteollisuuden käytössä droneihin asennetaan monia erilaisia järjestelmiä ja sensoreita, joista tärkeimpinä voidaan pitää kameroita. Niiden avulla voidaan kuvata ja videoida, jolloin voidaan muodostaa muun muassa kolmiulotteisia malleja projekteista tai tarkastella rakennusprojekteja muuten. (Zhou & Gheisari 2018) Esimerkiksi YIT käyttää toiminnassaan droneja muodostaessaan 3D-malleja työmaista, joihin työmaan johto voi tukeutua päätöksenteossaan. Tällöin saadaan lähes reaaliaikainen tilannekuva projekteista. (YIT 2020) Kiinnittämällä droneen esimerkiksi visuaalisen, sekä lämpökameran, voidaan diagnosoida rakennusten visuaalisia vikoja sekä lämpöhäiriöitä, esimerkiksi lämmönkarkausta ja silmälle näkymättömiä murtumia.

Rakennustyömaat ovat hyvin riskialttiita työpaikkoja ja niissä tapahtuvat tapaturmat voivat johtaa kuolemaan tai vakaviin loukkaantumisiin. Viime vuosina kuolemaan johtaneet tapaturmat ovat kuitenkin olleet laskussa (Kuva 10), mutta silti vuonna 2020 ilmoitettuja tapaturmia oli 948 kappaletta, joista vakavia 92. (Rakennusteollisuus 2021) Suurin syy työmaaonnettomuuksille on vaaralliset työolosuhteet, jotka liittyvät suoran valvonnan puutteeseen sekä puutteellisiin näkemyksiin (Saurin et al. 2005). Myös onnettomuuksien määrällä ja työmaaolosuhteista tiedottamisella voidaan todeta olevan vahva yhteys (Enshassi & Zaiter 2014).



Kuva 10. Rakennusalan työpaikkakuolemat 1997–2020 (Rakennusteollisuus 2021)

Rakennustyömaiden riskialueilla, kuten korkeissa paikoissa ja rakennusten reunoilla, joissa putoamisriski on suuri, varsinkin huonolla ja liukkaalla kelillä, tulisi ottaa käyttöön uusia ja turvallisempia menetelmiä työskennellä. Turvallisuussyistä on myös tärkeää, että vaarallisten toimintojen jatkuva tarkkailu, varsinkin alueilla, joihin pääsy on vaikeaa tai hankalaa, on tärkeää. Dronet toimivat apuvälineinä kaikissa näissä toimenpiteissä. Niiden avulla voidaan tarkkailla alueita ja työolosuhteita, sekä toimia alueilla, joissa ihmisen on vaarallista työskennellä. (De Melo et al. 2017) Droneilla voitaisiin muun muassa suorittaa

rakennustarkastuksia ja kuvantamisia putoamisvaarallisilla alueilla sekä tehdä tarkastustoimenpiteitä vaikeapääsyissä kohteissa, kuten siltatyömailla ja monumenteilla. Tällöin ihmiset eivät joutuisi itse menemään näille rakennustyömaiden riskialueille, joissa suurin osa tapaturmista tapahtuu. Tämä johtaisi väistämättä työpaikkakuolemien vähentymiseen. Työturvallisuuskeskuksen (2021) mukaan työturvallisuuden kehittäminen parantaa myös yrityksen tuottavuutta, kun sairauspoissaolot ja tapaturmat sekä vaaratilanteet vähenevät. Myös asiakkaat ja yhteistyökumppanit arvostavat yrityksiä, joissa työturvallisuuteen panostetaan.

### **4.3 Media-ala ja videoteollisuus**

Media-alalla ja videoteollisuudella tarkoitetaan tässä työssä kaikkea sitä, missä videoita ja kuvia käytetään pääsääntöisenä materiaalina alalla, kuten elokuvat, sekä esimerkiksi mainostamista ja ammatillista valokuvausta. Näitä ovat muun muassa kiinteistövälityksessä käytetyt talojen myyntikuvat, mainosvideoiden kuvaamiset esimerkiksi musiikkifestivaaleille, yliopistoille tai yrityksille sekä organisaatioiden kampanjavidet. Kaikissa näissä voidaan hyödyntää droneja korvaten vanhoja käytäntöjä tehokkaammiksi, kuten kustannustehostamalla kuvausta tai tuottamalla kokonaan uudenlaista materiaalia alan tarpeisiin. Esimerkiksi suomalainen mainostoimisto OSG Agency Oy mainostaa droneilla kuvattavia mainosvideoita uutta näkökulmaa tuovina ja tilanteisiin mukautuvana vaihtoehtona (Jaakkola 2020).

Kiinteistövälityksessä talojen ilmakuvat on ennen täytynyt ottaa joko helikopterilla tai lentokoneella, joka on kallista. Nykyään tähän tarkoitukseen käytetään useimmiten pyöriväsiipisiä droneja, jotka tarjoavat kustannustehokkaamman tavan kiinteistöjen kuvaamiseen. Dronejen avulla on mahdollista kuvata helposti myös videoita kiinteistöistä, jolloin saadaan alueesta yksilöllisempi esittely kuin pelkkien kuvien avulla. Myynti-ilmoituksiin voidaan myös liittää droneilla kuvattu video kaupungista, jossa kohde on myynnissä, tällöin mahdollinen ostaja näkee samalla koosteen kaupungista, joka voi edesauttaa myyntiprosessia. (Glink 2017)

Nykyään monia uutisten tilannevideoita ja esimerkiksi urheilua kuvataan droneilla. Yle uutiset on julkaissut dronella kuvattua videomateriaalia kohteista, joihin toimittajan lähettäminen voisi

olla liian riskialtista. (Juhola 2016) Videoteollisuus tarjoaa myös hyvän käyttökohteen droneille tarjoten huomattavasti helikoptereita halvemman vaihtoehdon. Erityisesti elokuva-alalla droneja käytetään paljon kohtauksien kuvauksissa. Dronet tarjoavat näissäkin tilanteissa halvemman ja turvallisemman vaihtoehdon (Dronelife 2018). Nashville Film Institutun sivuilla julkaistussa artikkelissa (NFI 2021) kerrotaan dronejen hyödyiksi edellä mainittujen lisäksi se, että droneilla päästään kuvaamaan kohtauksia pienissä ja ahtaissa tiloissa, joihin helikoptereilla ei mahdu.

Kuitenkin helikopterit voivat lentää huomattavasti kauemmin, sekä ne voivat kuljettaa todella painavia kameravarusteita verrattuna droneihin. Tämä saattaa osaltaan hidastaa dronejen laajenemista painavaa kuvaustekniikkaa vaativiin tilanteisiin, esimerkiksi elokuvissa ja uutisissa, joiden kuvaamisessa täytyy lentää pitkän aikaa kerralla, jolloin dronejen akkukapasiteetin rajallisuus tulee vastaan. Myöskään painavaa kuvauskalustoa ei voida dronella käyttää, jolloin tarkat kuvaukset korkealta käsin eivät onnistu yhtä hyvin.

Dronet tuovat kuvauksiin myös kokonaan uusia mahdollisuuksia. Pyöriväsiipisillä droneilla on mahdollista lentää lähempänä maanpintaa kuin helikoptereilla, jolloin kuvaaminen mahdollistetaan täysin uudella tavalla uudesta perspektiivistä. Vaikka helikopterillakin pystyy lentämään todella matalalla, on se huomattavasti haastavampaa kuin dronella, sillä lentäjän tulee olla todella kokenut, jottei helikopteri putoa maahan. (Helicopter express 2020). Kokeneen lentäjän tarjoamat palvelut voivat puolestaan nostaa kustannuksia niin korkeiksi, ettei se ole enää kannattavaa.

## 5 TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Tulevaisuudessa droneja tullaan hyödyntämään yhä useammilla aloilla ja niiden käyttö tulee kasvamaan myös maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa ja media-alalla (Business Insider 2021a). Business Insiderin (2021b) mukaan dronemarkkinat ovat vielä aikaisessa kasvuvaiheessa ja niiden käyttö eri aloilla kasvaa koko ajan. Droneteknologia on alkanut laajentua myös aloille, joihin samanlaisten innovaatioiden käyttö ei ole aikaisemmin levinnyt. Tämä povaa markkinoille kasvua. (Business Insider 2021b)

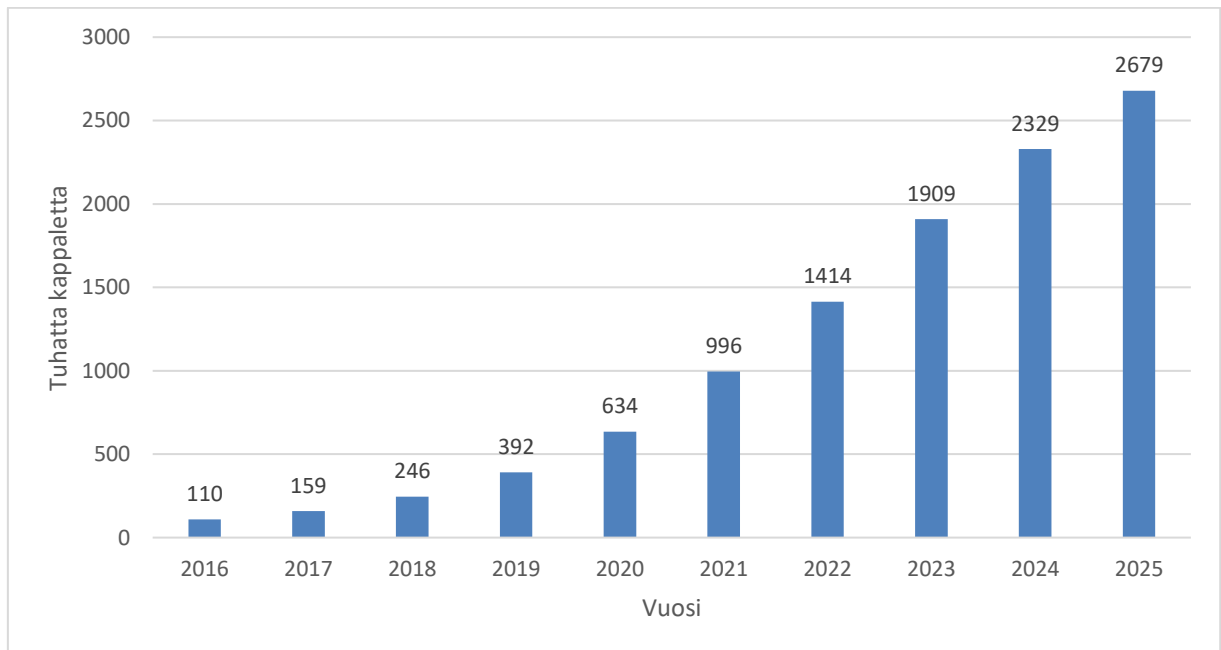
Markkinat tulevat alalla laajentumaan yhä entisestään dronejen teknisten ominaisuuksien parantuessa, kun tekniikkaa voidaan alkaa hyödyntämään laajemmalla skaalalla työtehtäviä ja aloja. Tällä hetkellä yksi suurimmista teknisistä rajoitteista on dronejen lyhyt lentoaika pienen akkukapasiteetin takia. Akkuteknologia on kuitenkin tällä hetkellä suuressa murroksessa ja akuista pyritään tekemään yhä kevyempiä ja tehokkaampia. (Hänninen 2021) Tällöin droneilla voidaan yhä useammin korvata helikoptereita, esimerkiksi laajojen maastoalueiden kartoituksissa.

Markkinoiden kehitystä on viime vuosina ennustaneet monet eri finanssilaitokset ja alan toimijat. Esimerkiksi Tractica on ennustanut dronemarkkinoiden kehityksen vuoteen 2025 asti vuonna 2019 (Kuva 11) (Statista 2019). Ennusteen mukaan markkinoiden kasvu on jyrkästi kiihtyvää. Myös muiden ennusteiden, kuten Business Insiderin (2021b) mukaan markkinat tulevat kasvamaan lähes eksponentiaalisesti lähivuosina. Sotilastoiminta tulee varmasti vaikuttamaan droneteknologian kehitykseen tulevaisuudessakin, mutta siviilipuolen ammattikäyttö kehittyy todennäköisesti suurimmaksi dronejen käyttökohteeksi tulevina vuosina. Vuonna 2015 se oli vielä pienin kolmesta (sotilaskäyttö, harrastekäyttö, ammattikäyttö) (Goldman Sachs 2015).

Tekoäly ja sen kehitys tulevat tulevaisuudessa mullistamaan alaa, kun droneja voidaan ohjata työskentelemään itsenäisesti toteuttaen tiettyjä tehtäviä, jolloin vapautetaan ihminen ohjaajan paikalta kokonaan. Toki tähän on vielä matkaa, mutta MIT (Massachusetts Institute of Technology) on jo kyennyt kehittämään dronen, joka pystyy väistämään esteitä itsenäisesti tekoälyn avulla. (Kenzo 2016)

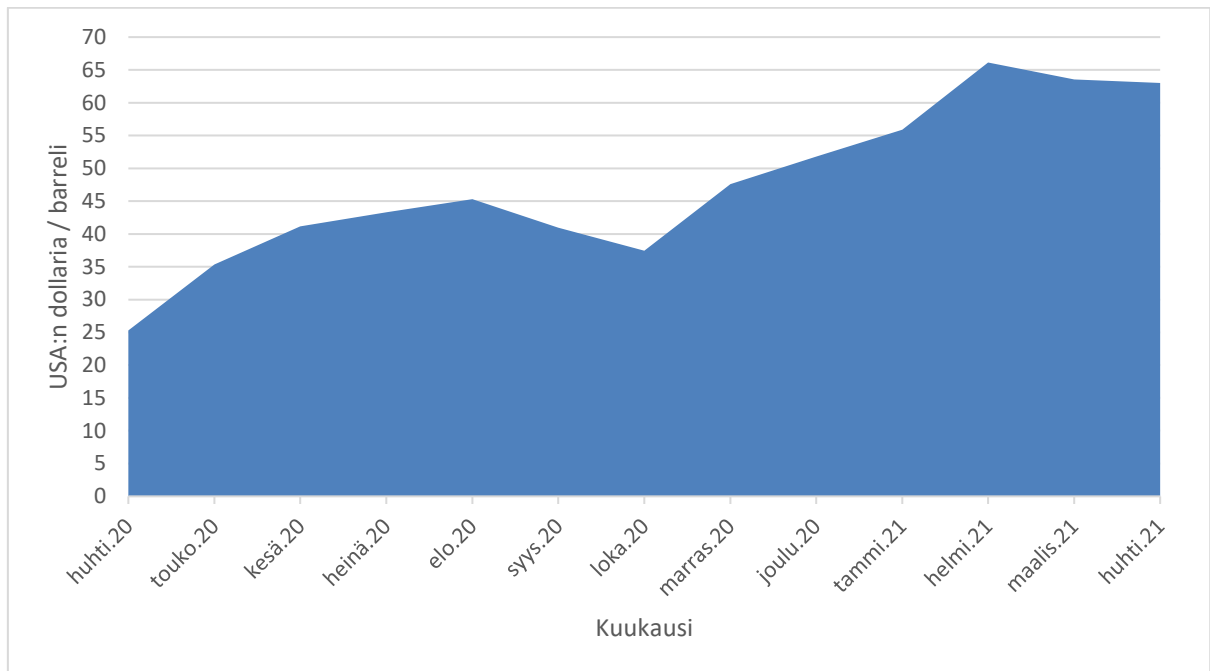
Markkinoihin vaikuttavia uusia lakeja ei ainakaan Suomessa ole tulossa käyttöön lähiaikoina. Kuitenkin esimerkiksi polttoaineen hinnan kasvu voi toimia katalyyttinä dronemarkkinoille. Suomessa polttoaineen verotus on nostanut polttoaineiden hintaa rankasti ja globaalisti hintaa on nostanut myös noussut raakaöljyn hinnan kasvu. Kuvassa 12 on esitetty Brent raakaöljyn hintakehitys viimeisen vuoden aikana. Brent-raakaöljyä käytetään öljyn useimmiten viitehintana öljyn hinnoittelulle (Investopedia 2020).

Polttoaineen hinnan kasvu nostaa automaattisesti esimerkiksi helikoptereilla tehtävien toimintojen hintaa, kun lentokerosiini, jota helikopterit käyttävät, kallistuu. Tällöin yhä useammat yritykset alkavat uudistamaan kustannusrakennettaan ja dronet tarjoavat helikoptereille sähköllä toimivan korvikkeen. Monien muiden maiden tapaan, myös Suomi pyrkii poistumaan polttomoottorien käytöstä tulevaisuudessa. (Eduskunta 2020) Myös tämä voi osaltaan edesauttaa sähköisten dronejen markkinoiden kasvua.



**Kuva 11. Ennuste myytyjen dronejen kappalemäärästä vuoteen 2025 (Statista 2019; Tractica 2019)**





**Kuva 12. Brent-Öljyn hinnan kehitys kuukausittain viimeisen vuoden aikana, mitattu kuukauden 1. päivä (Investing 2021)**

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön aiheena oli selvittää, miten miehittämättömien ilma-alusten markkinat ovat kehittyneet siviilipuolen ammattikäytössä ja mitkä asiat ovat vaikuttaneet näiden markkinoiden kehitykseen. Tavoitteena oli myös selvittää, miten yritykset voivat hyödyntää UAV- teknologiaa parantaakseen toimintaansa sekä mitä lisäarvoa miehittämättömät ilma-alukset tuovat aloille. Aiheita lähestyttiin kahden tutkimuskysymyksen avulla, joista ensimmäinen oli:

- 1) Miten miehittämättömien ilma-alusten markkinat ovat kehittyneet ja mitkä tekijät ovat ohjanneet tätä kehitystä?

Miehittämättömien ilma-alusten markkinat ovat viime vuosina kasvaneet voimakkaasti. Erityisesti lainsäädännön muutokset, teknologian kehittyminen ja ympäristötietoisuuden kasvaminen ovat vaikuttaneet markkinoiden kehittymiseen vahvasti. Lainsäädäntö on säännellyt pitkälti sitä, ketkä saavat käyttää droneja ja mihin tarkoitukseen. Tämä on vaikuttanut siihen, miten nopeasi markkinat ovat voineet laajentua eri aloille hyödynnettäviksi. Teknologian kehittyminen puolestaan on ollut punainen lanka sille, mihin dronet pystyvät ja mihin kaikkeen niitä voidaan hyödyntää. Uudet teknologiset ratkaisut ja innovaatiot, joita on voitu yhdistää droneteknologiaan, ovat lisänneet dronejen käyttökohteita ja näin laajentaneet markkinoita. Ympäristötietoisuuden ja yhä vaativamman kuluttajakäyttäytymisen myötä ympäristölliset asiat ovat nousseet myös dronemarkkinoita muokkaaviksi tekijöiksi. Fossiilisten polttoaineiden roolin pienentyessä maailmalla sähköllä toimivat dronet tarjoavat ympäristöystävällisempiä ratkaisuja yritysten toimintaan. Myös dronejen mahdollisuudet toimia ympäristöä vähemmän kuluttavammin kuin perinteiset toiminnot ovat kasvattaneet markkinoita. Taloudellisten tekijöiden vaikutusten selvittäminen koitui haastavimmaksi, sillä dataa oli vain vähän saatavilla tutkimusten puutteellisuuden takia. Tässä työssä käsiteltiin tämän takia vain dronejen hintakehityksen vaikutusta markkinoihin, joka on ollut osaltaan huomattavaa. Hintojen alentuminen valmistajien välisen kilpailun kasvamisen takia on kasvattanut markkinoita.

Työn toinen tutkimuskysymys käsitteli dronejen lisäarvon luontia maa- ja metsätaloudelle, rakennusteollisuudelle sekä media- ja videoteollisuudelle:

- 2) Mitä uutta UAV-teknologia mahdollistaa ja miten se voi parantaa jo olemassa olevia toimintoja maa- ja metsätaloudessa, rakennusteollisuudessa sekä media- ja videoteollisuudessa?

Dronet mahdollistavat paljon uusia toimintoja eri aloilla. Niiden käytöllä voidaan myös parantaa useita olemassa olevia toimintoja. Maa ja metsäteollisuudessa droneilla voidaan tehostaa muun muassa tarkkuusviljelyä sekä erilaisia kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteitä. Droneilla voidaankin toteuttaa tarkkailua ajantasaisemmin kuin esimerkiksi satelliittikuvauksella. Rakennusteollisuudessa dronet parantavat rakennustyömaiden turvallisuutta ja helpottavat monien kohteiden kuvaamista esimerkiksi suunnittelua tai vaurioiden paikantamista varten. Media-alalla ja videoteollisuudessa dronet puolestaan mahdollistavat kuvausten suorittamisen täysin uusista perspektiiveistä. Dronet myös parantavat kuvausten turvallisuutta ja niiden käyttö on usein kustannustehokkaampaa kuin perinteisten toimintojen, kuten helikopterikuvauksen käyttö.

Alan tulevaisuudennäkymien voidaan sanoa olevan hyvinkin kirkkaat, sillä monien ennusteiden mukaan ala on vasta kasvun alkuvaiheessa ja dronejen käyttö tulee yleistymään. Onkin todennäköistä, että droneteknologiaa aletaan hyödyntämään aloilla, jossa sitä ei vielä käytetä. Lisäksi niillä aloilla, joissa dronet ovat jo käytössä, tulee niiden käyttö kasvamaan huomattavasti, kun dronejen käytön hyödyt selviävät yhä useammille.

Työssä käytettiin myös lähteitä, jotka eivät olleet tieteellisiä, kuten alan lehtiä ja muita julkaisuja. Tämä johtui siitä, että alan ollessa suhteellisen uusi, ei tutkimuksia ole saatavilla kaikista halutuista teemoista. Näissä kohdissa julkaisun kirjoittajan oma mielipide asiasta on voinut vaikuttaa tutkimustuloksiin, sillä lähteiden oikeellisuutta ei ole ollut mahdollista sataprosenttisesti tarkastaa.

## LÄHTEET

Aho 2021. Innovaatioiden hyötykäyttö – mitä patenteista pitäisi tietää. [WWW-dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavissa: <https://www.ril.fi/fi/artikkelit/innovaatioiden-hyotykaytto-mita-patenteista-pitaisi-tietaa>

Airborne Drones. 2020. Drone noise levels. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://www.airbornedrones.co/drone-noise-levels/>

Brogan, C. 2020. Drones that patrol forests could monitor environmental and ecological changes. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://www.imperial.ac.uk/news/207653/drones-that-patrol-forests-could-monitor/>

Business Insider. 2021a. Drone market outlook in 2021: industry growth trends, market stats and forecast. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://www.businessinsider.com/drone-industry-analysis-market-trends-growth-forecasts?r=US&IR=T>

Business Insider. 2021b. Drone technology uses and applications for commercial, industrial and military drones in 2021 and the future. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <https://www.businessinsider.com/drone-technology-uses-applications?r=US&IR=T>

Canis, B. 2015. Unmanned Aircraft Systems (UAS): Commercial Outlook for a New Industry. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2021]. Saatavissa: <http://goodtimesweb.org/industrial-policy/2015/R44192.pdf>

Chapman, A. 2016. Drone Types: Multi-Rotor vs Fixed-Wing vs Single Rotor vs Hybrid VTOL. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.3.2021]. Saatavissa: <https://www.auav.com.au/articles/drone-types/>

David, D. 2020. A Not-So-Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). [WWW-dokumentti]. [viitattu 7.3.2021]. Saatavissa: <https://consortiq.com/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>

de Miguel Molina, B., Segarra Oña, M. 2018. The drone sector in Europe. Ethics and civil drones. Springer, Cham, 2018. s. 7–33.

Droneinfo. 2020. EU:n dronesäännöt. [WWW-dokumentti]. [viitattu 13.3.2021]. Saatavissa: <https://www.droneinfo.fi/fi/eun-dronesaanot?toggle=Erilaisia%20laitteita%20koskevat%20siirtym%C3%A4ajat>

Droneinfo. 2021a. Lentotyö ja miehittämätön ilmailu. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.2.2021] Saatavissa: <https://www.droneinfo.fi/fi/lentotyö/lentotyö-ja-miehittämätön-ilmailu>

Droneinfo. 2021b. Yksityisyys ja tietosuoja. [WWW-dokumentti]. [viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/yksityisyys-ja-tietosuoja?toggle=Asetus%2C%20jonka%20tarkoituksena%20on%20suojata%20henkil%C3%B6tietoja&toggle=Kohteiden%20kuvaaminen%20ilmasta%20ja%20kuvien%20levitt%C3%A4minen>

Dronelife. 2016. TOP 20 VC-funded Drone Companies to Watch in 2016. [WWW-dokumentti]. [viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://dronelife.com/2016/01/25/top20-vc-funded-drone-companies-to-watch-in-2016/>

Dronelife. 2018. Drone Riot: The Ultimate Guide to Drone Filmmaking. [WWW-dokumentti]. [viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://dronelife.com/2018/05/07/drone-riot-the-ultimate-guide-to-drone-filmmaking/>

Eduskunta. 2020. Hallituksen esitys HE 23/2020 vp. [WWW-dokumentti]. [viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_23+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_23+2020.aspx)

ESA. 2021. The Sentinel missions. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2021]. [http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

Europa. 2019. Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto (EASA). [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: [https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/easa\\_fi](https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/easa_fi)

FAA. 2021. About FAA. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021] Saatavissa: <https://www.faa.gov/about/>

Fan, B., Li, Y., Zhang, R., Fu, Q. 2020. Review on the technological development and application of UAV systems. *Chinese Journal of Electronics*. Vol. 29, nro.2, s.199–207.

Finavia. 2019. Ilmailun tulevaisuus: Kuljetetaanko lentorahtia tai ihmisiä tulevaisuudessa droneilla? [viitattu 5.3.2021]. [WWW-dokumentti]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/ilmailun-tulevaisuus-kuljetetaanko-lentorahtia-tai-ihmisia-tulevaisuudessa>

Finlex. 2014. Valtioneuvoston asetus ilmailulta rajoitetuista alueista. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2014/20140930>

Finlex. 2020. Ilmailulaki. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140864>

Glink. 2017. 9 ways drones are hanging real estate. CBS NEWS. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.cbsnews.com/media/9-ways-drones-are-changing-real-estate/>

Goldman Sachs. 2015. Drones. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/drones/>

Gundlach, J. 2012. Designing unmanned aircraft systems : a comprehensive approach. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 785 s.

Gupta, S., Ghonge, M. & Jawandhiya, P. 2013, "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)". *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*. Vol. 9, nro. 4.

He, Z. 2015. External Environment Analysis of Commercial-use drones. *Atlantis Press*.

Helicopter express. 2020. Helicopter vs Drone: Which Is Best for Aerial Cinematography? [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.3.2021]. Saatavissa: <https://helicopterexpress.com/blog/helicopter-vs-drone-cinematography>

Homainejad, N. & Rizos, C. 2015. Application of multiple categories of unmanned aircraft systems (uas) in different airspaces for bushfire monitoring and response. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. Vol. XL-1/W4.

Hänninen, V. 2021. Akkutekniikan kehitys vauhdissa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2021]. Saatavissa: <https://www.nanobitteja.fi/katsausartikkelit2021/akkutekniikan-kehitys-2021;jsessionid=551FA66F2673AECAE888B3FFE8FE9D88>

Investing. 2021. Brent-öljyfutuurit - Kesä 2021 (BM1). [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2021]. Saatavissa: <https://fi.investing.com/commodities/brent-oil>

Investopedia. 2020. Brent Crude vs. West Texas Intermediate: The Differences. [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2021]. Saatavissa: <https://www.investopedia.com/ask/answers/052615/what-difference-between-brent-crude-and-west-texas-intermediate.asp>

Jaakkola, S. 2020. Drone-kuvaus markkinoinnissa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: <https://osg.fi/drone-kuvaus-markkinoinnissa/>

Jacobsen, B. 2019. Tree-Planting Drones Could Save Us From Deforestation. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.3.2021]. Saatavissa: <https://www.futuresplatform.com/blog/tree-planting-drones-could-save-us-deforestation-UAV-sustainability>

Jaganmohan, M. 2020. Deforestation concerns in the United Kingdom (UK) 2018. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/973577/deforestation-concerns-united-kingdom-uk/>

Kenzo, N. 2016. Drone technology, cutting-edge drone business, and future prospects. *Journal of Robotics and Mechatronics*. Vol.28, s.262–272.

Kosonen, L. 2019. Muovi on nyt arkipaha, seuraavat megatrendit ehkä ruoka ja liikkuminen – miten kuluttaja erottaa viherpesun aidosta vastuullisuudesta? [WWW-dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10674467>

Limited, E.G.P. 2015. *New Perspectives in Marketing by Word-Of-Mouth*, Emerald Publishing Limited, Bingley. 192 s.

Liu, Y., Ding, K., Gao, J. 2019. Technology Development and Applying Scenary of UAV: A Patentometric Survey. *IEEE International Symposium on Innovation and Entrepreneurship (TEMS-ISIE)*.

McCarthy, N. 2016. The Industries Where Drones Could Really Take Off. [WWW-dokumentti]. [viitattu 2.4.2021]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2016/09/02/the-industries-where-drones-could-really-take-off-infographic/>

Mahosenaho, T. & Posio, M. 2020. Drooniteknologia ympäristöviisaassa viljelyssä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2021]. Saatavissa: <https://www.proagriaoulu.fi/fi/drooniteknologia-ymparistoviisaassa-viljelyssa/>

Mitre. 2011. Keeping Track of Unmanned Aircraft by Overcoming "Lost Links". [WWW-dokumentti]. [viitattu 5.3.2021]. Saatavissa: <https://www.mitre.org/publications/project-stories/keeping-track-of-unmanned-aircraft-by-overcoming-lost-links>



NFI. 2021. Drone filming - everything you need to know. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2021]. Saatavissa: <https://www.nfi.edu/drone-filming/>

Näsi, R., Honkavaara, E., Blomqvist, M., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Hakala, T., Viljanen, N., Kantola, T. & Holopainen, M. 2018. Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 30, s. 72-83.

Patentti- ja rekisterihallitus 2021. Patentit. [WWW-dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavissa: <https://www.prh.fi/fi/patentit.html>

Puolustusministeriö. 2017. Miehitämätöntä ilmailua ja lennokkitoimintaa koskevan lainsäädännön kehittäminen turvallisuuden näkökulmasta. Puolustusministeriön julkaisuja 3/2017.

PWC. 2016. Clarity from above. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.3.2021]. Saatavissa: <https://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf>

Rakennusteollisuus. 2021. Tapaturmatilanne 2019–2021. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.3.2021] Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/tyoturvallisuus/tapaturmatilanneseurannat/tammikuu-2021b-kuukausittain-seuranta.pdf>

Rekola, T. 2018. Pienoishelikopterin hyödyntäminen maataloudessa. Opinnäytetyö. Mustiala, Hämeen ammattikorkeakoulu, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma.

Rongping, M. & Wan, Q. 2008. The development of science and technology in China: A comparison with India and the United States. *Technology in society*. Vol. 30, nro. 3, s. 319–329.

Rothstein, A. 2015. Drone. New York, Bloomsbury Academic, New York. 209 s.

Sinergise. 2021. Sentinel playground. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinelplayground/>

Spiik, K. 2015. Korkeaakin korkeammalta – Drone! [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.spiik.net/korkeaakin-korkeammalta-drone/>

Stöcker, E.C., Bennett, R., Nex, F., Gerke, M. & Zevenbergen, J.A. 2017. Review of the current state of UAV regulations. *Remote sensing (Basel, Switzerland)*. Vol. 9, nro. 5, s. 459.

Tang, L. & Shao, G. 2015. Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of forestry research*. Vol. 26, nro. 4, s. 791–797.

Traficom. 2021. Ilmailun maahuolinta. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.4.2021]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/ilmailu/ilmailun-maahuolinta>

Tsouros, D.C., Bibi, S. & Sarigiannidis, P.G. 2019. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Western Macedonia.

UAV Coach. 2020. How to Fly a Drone - A Beginner's Guide to Multicopter Systems & Flight Proficiency. [WWW-dokumentti]. [viitattu 12.3.2021]. Saatavissa: <https://uavcoach.com/how-to-fly-a-quadcopter-guide/>

Valavanis, K.P. & Vachtsevanos, G.J. 2015. Handbook of unmanned aerial vehicles, Springer.

Viotti, E.B. 2002, "National Learning Systems: A new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 69, nro. 7, s. 653-680.

Wong, K. 2017. Planting Trees With Drones. *Stanford social innovation review*. Vol. 15, nro. 4.

WWF. 2020. Seed-dispersing drones help rebuild koala populations devastated by bushfires [WWW-dokumentti]. [viitattu 5.4.2021]. Saatavissa: <https://www.worldwildlife.org/stories/seed-dispersing-drones-help-rebuild-koala-populations-devastated-by-bushfires>

Ympäristöministeriö. 2021. Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta. Ympäristöministeriön raportteja 7/2007. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.4.2021]. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41509/YMra\\_7\\_2007\\_Vnp\\_meluntorjunnasta.pdf?sequence=2](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41509/YMra_7_2007_Vnp_meluntorjunnasta.pdf?sequence=2)

Zolkos, S., Fiske, G., Windholz, T., Duran, G., Yang, Z., Olenchenko, V., Faguet, A. & Natali, S.M. 2021. Detecting and Mapping Gas Emission Craters on the Yamal and Gydan Peninsulas, Western Siberia. *Geosciences*.