

DRONEN KÄYTTÖ INFRARAKENTAMISEN TYÖNSUUN- NITTELUSSA

Karvonen Mikko

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Mikko Karvonen	Vuosi	2021
Ohjaaja(t)	Janne Poikajärvi		
Toimeksiantaja	Destia Oy / Tuomas Räinen		
Työn nimi	Dronen käyttö infrarakentamisen työsuunnittelussa		
Sivu- ja liitesivumäärä	36 + 0		

Dronen hyödyntäminen infrarakentamisessa on viime vuosina kasvanut merkittävästi. Tämän työn tavoitteena oli luoda ohjeistusta dronen hyödyntämisestä infrarakentamisen työsuunnittelussa Destia Oy:n työmaahenkilöstölle. Opinnäytetyötä laadittaessa lähteenä käytettiin pääosin haastatteluista saatua materiaalia sekä omakohtaista käytännön kokemusta.

Opinnäytetyön pohjalta saakin käsityksen siitä, millä tavoin dronea voi hyödyntää työsuunnittelussa. Työn alussa on kerrottuna, minkä verran aikaa ilmakuvaukseen ja sen jälkeen aineistoon käsittelyyn kuluu sekä minkälaista aineistoa dronedatasta voi tuottaa. Tämän aineiston hyödyntäminen työsuunnittelun eri vaiheissa onkin työn keskiössä. Työssä merkittävimpiä esiin nousseita käyttökohteita olivat eri vaiheiden työsuunnittelun lisäksi liikennejärjestelyjen, massansiirtojen ja turvallisten työmenetelmien suunnitteleminen. Myös eritoten suurien määrien tarkastaminen dronedatan avulla on nopeampaa ja turvallisempaa, ja määrien seuraaminen onkin yksi työsuunnittelun lähtökohdista.

Dronea voidaan hyödyntää infrarakentamisen työsuunnittelussa monissa eri tehtävissä ja se tulee lisääntymään tulevaisuudessa. Tämän vuoksi oli tärkeää luoda ohjeistus siitä, mihin kaikkeen dronea ja niiden avulla tuotettua aineistoa voidaan hyödyntää.

Avainsanat

Drone, droneaineisto, ilmakehä, työsuunnittelu

Degree Programme in Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Mikko Karvonen	Year	2021
Supervisor	Janne Poikajärvi		
Commissioned by	Destia Oy / Tuomas Räinen		
Subject of thesis	Use of drone in infrastructure work planning		
Number of pages	36 + 0		

The use of drones in infrastructure construction has increased significantly in recent years. The aim of this study was to create guidelines for Destia site personnel on how the drones can be utilized in planning the work of infrastructure construction.

When making the guidelines, the sources for the study were mainly interviews and personal practical experience of using the drones in infrastructure projects. Ideas about how use drones in work planning were provided. The guidelines initially state how long time does it take to spent on aerial photography and then how long time on the data processing. Also, ideas were shared on what kind of data can be produced from the drone data. Utilizing drone data in work planning was the main part of the study.

The guidelines explain how material produced by drones can be utilized in the different stages of work planning. In addition, the design of traffic arrangements, soil transfers and safe working methods play an important role in work planning. Drones can be used in planning infrastructure work in many ways and using the drones will increase in the future. Therefore, it was important to create guidelines for using them.

Key words

drone, drone data, aerial picture, work planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	YLEISTÄ TIETOA DRONEISTA JA NIIDEN KÄYTÖSTÄ DESTIASSA	6
2.1	Drone ja sen toimintoja yleisesti.....	6
2.2	Destiasta lyhyesti.....	6
2.3	Destiassa tällä hetkellä käytössä olevat dronet	7
2.4	Dronen käyttö Destiassa.....	9
3	DRONEDATAN TUOTANTOPROSESSI.....	11
3.1	Lentosuunnitelma.....	11
3.2	Ilmakuvaus.....	12
3.3	Mallinnusprosessi	13
4	DRONEDATASTA TUOTETTAVA AINEISTO	14
4.1	Ilmasta kuvattu aineisto	14
4.2	Pistepilvet ja pintamallit.....	16
5	DRONEDATAN HYÖDYNTÄMINEN TYÖNSUUNNITTELUSSA	18
5.1	Ajantasaisen tilannekuvan muodostaminen.....	18
5.2	Työnsuunnittelu.....	18
5.2.1	Olemassa olevat rakenteet.....	20
5.2.2	Alkuvaiheen työnsuunnittelu.....	21
5.2.3	Toteutuneiden rakenteiden tilanne	22
5.2.4	Työturvallisuus	25
5.2.5	Ympäristöarvot.....	26
5.3	Liikennejärjestelyjen suunnitleminen.....	27
5.4	Määrien tarkastaminen	29
6	DRONEN KÄYTÖN KEHITYS JA TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ	32
7	POHDINTA	34
	LÄHTEET.....	36

1 JOHDANTO

Drone on kehitetty alun perin sotilaskäyttöön. Droneja käytetään nykyään paljolti erilaisessa harrastustoiminnassa ja droneja onkin saatavana monenlaisia ja monessa eri hintaluokassa. Nykyään dronea käytetään siviilipuolella enimmäkseen valokuvaukseen ja mutta koko ajan kehitetään droneja, joilla voidaan muun muassa kuljettaa myös rahtia.

Infrarakentamisessa droneja on alettu hyödyntämään 2010-luvulla. Droneja on käytetty lähinnä kuvaamiseen, mutta niiden kehittymisen myötä myös mittaamiseen. Dronen käyttö infrarakentamisessa on viime aikoina lisääntynyt merkittävästi. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia malleja droneista, joissa on paremmat kamerat ja kameran tilalle on saatavilla myös esimerkiksi laserkeilaimia. Näistä johtuen, dronen käyttö infrarakentamisessa tulee jatkossa edelleen lisääntymään ja sen käyttökohteet monipuolistumaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda ohjeistusta Destia Oy:n työmaahenkilöstölle, jonka perusteella työnjohtajat ja työmaapäälliköt voivat saada käsityksen, mitä mahdollisuuksia dronen käytöllä voidaan saavuttaa ja missä tapauksessa sitä on järkevää käyttää. Ohjeistuksen perusteella saa myös käsityksen, minkä verran resursseja aineiston tuottaminen vaatii. Dronen käytöllä on vielä kohtuullisen lyhyt historia ja sen hyödyntämisessä laajemmin on vielä paljon osaamispuutteita.

Destia Oy on yksityinen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö. Destian palveluita ovat muun muassa suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito. Nämä osa-alueet kattavat tie- rata- ja teollisuusympäristöjä sekä kokonaisia elinympäristöjä.

2 YLEISTÄ TIETOA DRONEISTA JA NIIDEN KÄYTÖSTÄ DESTIASSA

2.1 Drone ja sen toimintoja yleisesti

Drone-nimeä käytetään miehittämättömästä ilma-aluksesta (UAV) tai miehittämättömästä ilma-alusjärjestelmästä (UAS). Se on siis ilma-alus, jota ohjataan joko automaattisesti, itsenäisesti tai kauko-ohjaajan toimesta. (Traficom 2021.)

Droneja on saatavana monen kokoisina. Käyttökohteesta riippuen pienimmät painavat muutamia grammoja ja suurimmat painavat jopa tuhansia kiloja. Droneja hyödynnetään moniin eri käyttötarkoituksiin ja ne kehitettiin ensi alkuun sotilaskäyttöön. Nykyään niitä käytetään eri tarkoituksiin myös yksityisesti, kaupallisesti tai poliisin ja muiden viranomaisten tarpeisiin. Sotilaskäytössä käytetään enimmäkseen kiinteäsiipisiä droneja, jotka ovat lentokoneiden kaltaisia. Kiinteäsiipistä dronea käytetään yleensä mittamaan, kartoittamaan tai seuraamaan laajempia alueita. Valo- ja videokuvauksessa suositaan enemmän moniroottoria tai multikoptereita, joka toimii kuten helikopteri. Yleisesti tähän mennessä kehitetyillä droneilla ei saavuteta kovin suurta kantokykyä. (Traficom 2021.)

Dronen ohjaajalla oleva radiolähetin on jatkuvassa yhteydessä droneen. Radioyhteyden kautta ohjataan dronen toimintoja, kuten ohjausta ja kuvausta. Monissa droneissa on automaattinen kotiinpaluutoiminto, mikäli radioyhteys katkeaa. Näille radiolaitteille on olemassa omat säädökset. Laitteiden taajuudet ja tehot on oltava oikeita, jotta ne eivät häiritse muita radiolaitteita. Radioyhteydessä käytettävät taajuudet ja tehot on määritelty kansallisesti. (Traficom 2021.)

2.2 Destiasta lyhyesti

Destia Oy on suomalainen infra-alaan keskittynyt palveluyhtiö, jonka asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtionhallinnon organisaatiot. Destia Oy:n valtakunnallinen organisaatio muodostuu kuudesta liiketoimintaryhmästä. Liiketoimintaryhmiä ovat Väyläpalvelut, Kunnossapitopalvelut, Ratapalvelut, Maa- ja kalliopalvelut, Rakennustekniset palvelut sekä Kaupunki-kehitys ja asiantuntijapalvelut. Destia Oy on yksityinen yritys, jonka omistaa Ahlström Capital Oy. Yrityksen liikevaihto vuonna 2020 oli 563,8 miljoonaa euroa ja

henkilöstömäärä 1 626. Opinnäytetyön tekemisen aikana julkaistiin Destian kauppa ranskalaiselle infrajätti Colas:lle, jolla on toimintaa 50 maassa ja noin 55 000 työntekijää, Colas-konsernin liikevaihto vuonna 2020 oli n. 12,3 miljardia euroa. (Destia 2021.)

2.3 Destiassa tällä hetkellä käytössä olevat dronet

Destialla on tällä hetkellä käytössä noin 20 dronea. Infrarakentamisen puolella käytetään kiinalaisen valmistajan DJI:n eri malleja. Käytössä olevia malleja tällä hetkellä ovat Phantom 4 RTK, Phantom 4 Pro+, Mavic Pro, Mavic Air 2 ja Matrice M300. Väyläpalvelut-liiketoimintaryhmä käyttää droneja eniten työmailla. Väyläpalvelut käyttävät pääsääntöisesti tarkkaa paikannusta hyödyntäviä DJI Phantom 4 RTK -droneja, jolla saadaan luotua tarkkoja ja ajantasaisia ilmakuvia Infrakitiin taustakartoiksi, kuvassa 1 on DJI Phantom 4 RTK. Näiden ajantasaisten taustakarttojen avulla voidaan tehostaa työnsuunnittelua. Phantom 4 RTK drone vastaanottaa työmaalla käytössä olevan tukiaseman korjaussignaalia, joten signaalointia tarvitaan huomattavasti vähemmän kuin droneilla, jotka eivät voi hyödyntää RTK-korjaussignaalia. Signaloinnissa maastoon merkitään rasteja, joiden perusteella ilmakuva voidaan sijoittaa oikeaan sijaintiin.



Kuva 1. DJI Phantom 4 RTK (Jaakkola 2021)

Lisäksi Destialla on DJI Matrice M300 -droneja, jotka ovat kooltaan suurempia ja täten soveltuvat paremmin ammattikäyttöön muun muassa pidemmästä käyttöajasta ja paremmista säänkesto-ominaisuuksista johtuen. Näillä laitteilla saadaan suurempia alueita mitattua yhdellä mittauksella, jolloin ne soveltuvat erityisesti suuremmille projekteille. Matrice M300 mallissa on mahdollista myös hyödyntää laserkeilainta tai lämpökameraa, riippuen kohteesta tarvittavista ominaisuuksista.

Destian kiviainespalveluissa käytetään droneja DJI Phantom 4 Pro+ ja Mavic Air 2. Näitä käytetään pääosin kiviainesalueiden kartoitukseen ja määrälaskennan lähtötietojen hankintaan. Kuvassa 2 on Mavic Air 2, joka on kooltaan huomattavasti

pienempi, kuin aiemmassa kuvassa ollut DJI Phantom 4 RTK. Edellä mainittuja edullisempia dronemalleja voidaan myös käyttää 360°-kuvien tuottamiseen. (Jaakkola & Ruotsalainen 2021.)



Kuva 2. Mavic air 2 (DJI 2021)

Pelkästään dronen ja siinä olevan kameran ominaisuuksien lisäksi kuvien laatuun vaikuttavat myös sääolosuhteet. Kirkkaalla ja valoisalla kelillä terävät ja sopivasti valottuneet kuvat onnistuvat helpommin. Myös dronejen toimintalämpötila on rajoitettu, eikä Destiassa käytössä olevilla malleilla voi lentää, mikäli ilman lämpötila on pakkasen puolella, koska tällöin siivet voivat jäättyä. Yleensä käytetty lentokorkeus on 50–75 m. Mikäli tarkoituksena on kuvata pelkästään ortokuva eli ilmakehäkuva, voi lentokorkeus olla suurempikin. Mitä suurempi lentokorkeus, sitä suurempi alue ehditään kuvaamaan, mutta tämä huonontaa myös kuvaresoluutiota. (Jaakkola & Ruotsalainen 2021.)

2.4 Dronen käyttö Destiassa

Dronella kuvattua ilmakehäkuva-aineistoa hyödynnetään työsuunnittelussa ja laadunvarmistuksessa, lisäksi pistepilvidatasta voidaan laskea määriä sekä varmistaa laatua. Infrarakentamisen projekteilla kuvauslentoja tehdään esimerkiksi 1–2

viikon välein niiltä alueilta, joita on tarpeen kuvata uudelleen. Ilmakuvia ja piste-pilvistä tuotettuja pintamalleja voidaan hyödyntää vähemmän tarkkuutta vaativien kohteiden laadunvarmistuksessa. Esimerkiksi valmiin tien pinnan valokuvista voidaan määrittää kaiteiden alku- ja loppukohtia tai kaistanleveyyksiä. Pintamalleja puolestaan voidaan käyttää meluvallien ja luiskien laadunvarmistukseen ja lisäksi erinäisten pinta-alojen ja etäisyyksien laskentaan. Näiden avulla saadaan määritettyä muun muassa kiviaineskasan tilavuuksia. Ilmakuvilla ja pintamalleilla voidaan myös tarkentaa suunnittelun lähtötietoja. (Jaakkola & Ruotsalainen 2021.)

Droneja käyttävät Destiassa tällä hetkellä pääsääntöisesti mittauspäälliköt ja automaatio-operaattorit. Myös osa työnjohtajista käyttää dronea omilla projekteillaan. Destiassa droneja käytetään avoimessa luokassa ja lentäminen on luvalista ilman erillistä lupaa, jos ei olla lentokieltoalueella. Aina ennen lentämistä kohteessa on tarkastettava, ettei alueella ole ilmatilarajoituksia. Riippuen dronen painosta ja missä sillä lennetään, riittää yleensä Traficommin verkkoteoriakoe. Destiassa droneja lennättävien henkilöiden on suoritettava verkkoteoriakoe. Koe on voimassa viisi vuotta ja sen lisäksi pilotin on harjoiteltava lentämistä turvallisissa olosuhteissa. (Jaakkola 2021.)

3 DRONEDATAN TUOTANTOPROSESSI

3.1 Lentosuunnitelma

Ennen lentosuunnitelman tekemistä lentosuunnitelman tekevän henkilön ja lentotyötä tilaavan henkilön on keskusteltava keskenään, jotta tiedetään mitä alueita halutaan lennettävän. Lisäksi on selvitettävä lähistöllä olevat mahdolliset lentokielto/rajoitusalueet. Lennettävä alue suunnitellaan siten, että dronen kantama kattaa alueen. Lentoalueen kesken voidaan droneen vaihtaa akut ja sen jälkeen jatkaa eteenpäin siitä, mihin alueen lento oli jäänyt. Suuremmilla työmailla, missä lentoalueita on useita, on lentoalueet suunniteltava kokonaisuutena. Lentoalueita suunniteltaessa on suunniteltava myös paikat, mistä lentoa lähdetään suorittamaan. Esimerkiksi vilkasliikenteisellä tiellä ei voi pysähtyä tien laitaan suorittamaan lentoa. Lentosuunnitelmaa tehdessä onkin hyvä hyödyntää alueella mahdollisesti olevia levähdysalueita tai esimerkiksi yksityisteitä, joista koko lennon voi suorittaa ilman häiriöitä.

Lentosuunnitelmassa määritellään aluerajauksen lisäksi, kuinka tiheästi drone lentää alueella. Kun dronelle tehdään lentosuunnitelma, drone lentää automaattisesti lentosuunnitelmassa määritellyn alueen. Dronella voi lentää myös perinteiseen tyyliin manuaalisesti, jolloin dronea ohjataan ilmassa vastaanottimessa näkyvän kuvan perusteella, Manuaalisella tyylillä ei kuitenkaan saada kuvapeittoa niin tasaiseksi kuin lentosuunnitelmalla. Lentosuunnitelmassa määritetään lentoreitit ja se lennättää dronen automaattisesti sen mukaisesti, eikä dronea tarvitse manuaalisesti lentää. Kuvassa 3 on esitetty näkymä lentosuunnitelmasta dronen näytöltä. Lentosuunnitelmassa määritetään alueelta muun muassa sivupeitot, jotta kaikilla alueilla on riittävästi onnistuneita kuvia. Lentokorkeuden määrittäminen tehdään myös lentosuunnitelmassa. Lentokorkeus vaikuttaa kuvien laatuun ja kuvausnopeuteen. Lentosuunnitelmassa määritetään myös kameran kuvauskulma. Kuvauskulma valitaan sen mukaan, mitä datasta halutaan jalostaa. Esimerkiksi suoraan alaspäin kuvaava 90° kulma tuottaa tasaista kuvaa, kun taas 75° kulmalla saadaan jo kohtalaisesti maastonmuotojakin mukaan. Joskus esimerkiksi kallioleikkauksia lennettäessä, voi olla tarpeen lentää manuaalisesti lisää kuvauslinjoja lentosuunnitelman lisäksi, jotta pinnan muodot saadaan tulemaan tarkasti

pistepilviin. Yksittäisen lentosuunnitelman luonti ja tallennus droneen vie noin 15 minuuttia. (Valtonen 2021.)



Kuva 3. Lentosuunnitelma ja dronen näytön näkymä (Jaakkola 2021)

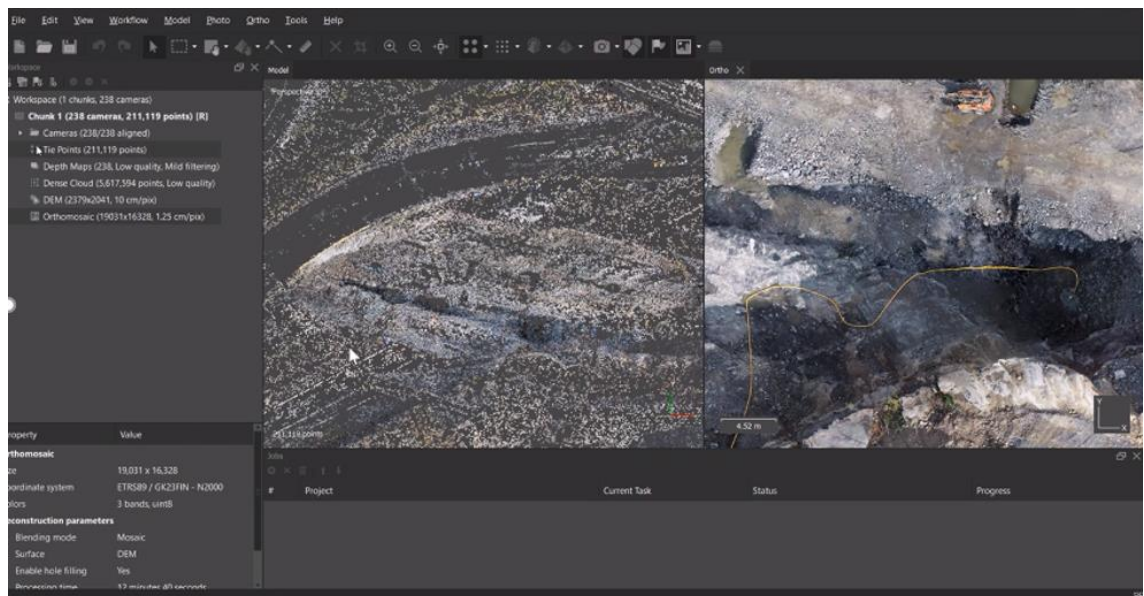
3.2 Ilmakuvaus

Ilmakuvausten tekemisessä on tärkeää löytää hyvä lähtöpaikka. Lähtöpaikan pitäisi olla esteetön, eli läheisyydessä ei saisi olla sähkölinjoja, valaisinpylväitä tai liikennettä, jotta dronen lento-ohjelmointi ei häiriinny näistä. Lähtöpaikalta pitää myös pystyä näkemään drone koko lennon ajan. Lentoajankohdaksi kannattaa valita keskipäivän seutu, niin varjot ovat silloin pienimmillään. Varjot aiheuttavat kuviin ja pistepilviin virheitä.

Droneissa on mallista riippuen erilaisia rajoitteita, minkälaisissa sääolosuhteissa niillä voi lentää. Osassa droneista on lämmitettävät siivet, jolloin niillä voi lentää myös pakkasella. Sade estää yleensä dronella lentämisen ja vaikka kyseinen dronemalli sen sallisikin, valokuvien laatua se huonontaa merkittävästi. Myös kova tuuli estää lentämisen, koska se voi aiheuttaa dronen putoamisen.

3.3 Mallinnusprosessi

Mallinnusprosessissa kuva-aineistoa käsitellään ohjelmassa. Aineistosta poistetaan vioittuneet kuvat, jonka jälkeen ohjelma alkaa yhdistelemään kuvia. Yhdistelemisen jälkeen ohjelma luo aineistosta pistepilven. Kuvassa 4 on näkyvä eräästä mallinnussovelluksesta. Mikäli tarvetta on ainoastaan ilmakuvalle, voi pistepilven jättää luomatta, joka lyhentää käsittelyaikaa huomattavasti. Pistepilven kanssa aineiston käsittelyaika on noin 2–3 tuntia riippuen aineiston laajuudesta. Tämän jälkeen aineisto voidaan kirjoittaa ohjelmasta ulos halutussa formaatissa ja siirtää pilvipalveluun, jonka kautta sitä jaetaan haluttuihin sovelluksiin. Pistepilven aineistosta voidaan alkaa mallintamaan tarvittavia malleja. Valokuvista luotu pistepilvi perustuu kuvassa oleviin värieroihin. Tästä syystä tasavärisistä pinnoista, kuten uudesta asfaltista, ei tule oikeellista korkeustietoa. Myös kasvillisuus ja esimerkiksi puiden tai rakennusten aiheuttamat varjot aiheuttavat pistepilven virheellisyyksiä. (Valtonen 2021.)



Kuva 4. Näkymä mallinnussovelluksesta (Jaakkola 2021)

4 DRONEDATASTA TUOTETTAVA AINEISTO

4.1 Ilmasta kuvattu aineisto

Dronesta ja siinä olevasta kamerasta riippuen saadaan lennettäessä kuvattua valokuvia, 360-kuvia tai videokuvaa. Tästä aineistosta voidaan jalostaa työmaan tarvitsemaa aineistoa.

Eniten käytetty tapa on luoda valokuvia yhdistelemällä taustakartta eli ilmakuva (ortokuva). Tämä vastaa monissa palveluissa käytettyä ilma- tai satelliittikuvaa. Erona dronella tehdyssä ilmakuvassa on sen tarkkuus. Dronella tehdyssä ilmakuvassa päästään noin 2 cm kuvaresoluutioon, joka riittää yleensä väylärakentamisen tarpeisiin. Toisena merkittävänä erona on ilmakuvan ajantasaisuus. Edellisenä päivänä tehdyn lennon aineisto saadaan seuraavana päivänä taustakartaksi käytettäviin sovelluksiin. Internetpalveluissa olevat ilmakuvat voivat olla vuosia vanhoja, eikä näissä siten näy työmaalla tapahtuneet muutokset. Kuvassa 5 on vasemmassa reunassa Google Maps:n ilmakuva ja oikeassa reunassa dronedatasta tuotettu ilmakuva. Kuvista näkyy selkeästi ero laadussa ja ajantasaisuudessa.



Kuva 5. Vasemmalla Google Maps:n ilmakeku ja oikealla dronedatasta tuotettu ilmakeku

360-kuvia saadaan 360-kameralla tai sitten sellainen voidaan luoda ohjelmallisesti yhdistämällä 30–40 kuvaa eri suuntiin otettuina. 360-kuvista saadaan parempi syvyysvaikutelma ja 360-asteen kuvaa. 360-kuvat käsitellään sovelluksissa yleensä yksittäisinä valokuvina. Kuvan avattua sitä voi pyöritellä ja katsoa eri suuntiin. Kuvassa 6 on kuvakaappaus 360-kuvasta. Kuvasta erottuvat selkeämmin muun muassa pinnan korkeuserot.



Kuva 6. 360-kuva (Jaakkola 2021)

4.2 Pistepilvet ja pintamallit

Dronedatasta voidaan tuottaa myös pistepilvi. Ohjelmistoilla voidaan luoda kameralan ottamien kuvien pohjalta pistepilvi. Pisteiden tiheytenä ei kannata käyttää pienempää kuin 0,5 m pisteväliä, koska muutoin aineisto menee niin raskaaksi käyttää. Tämä aiheuttaa rajoitteita pistepilven käyttöön, jonka vuoksi kaikkein tarkimpiin töihin tätä ei voikaan käyttää. Tarkkuus riittää esimerkiksi luiskien mallinukseen tms. pienempää tarkkuutta vaativiin kohteisiin, kuten esimerkiksi työnsuunnittelussa.

Pistepilven pohjalta voidaan luoda pintamalleja, joita voidaan hyödyntää työnsuunnittelussa. Esimerkiksi suuren maaleikkauksen kaivutasosta voidaan kuvauksen pohjalta luoda pintamalli. Tästä pintamallista nähdään, missä tasossa leikkaus on menossa ja kuinka paljon on tehty ja mitä on vielä tekemättä. Tämän tiedon pohjalta saadaan tietoa esimerkiksi siitä, onko järkevää leikata salaojakavannot seuraavan leikkauskerroksen yhteydessä.

Dronedatasta voidaan luoda myös DEM-kuva (Digital Elevation Model) eli korkeusmalli. Korkeusmalli sisältää pisteiden joukon, joka kuvaa pinnanmuotoja. Tästä korkeusmallista saadaan irti esimerkiksi alueen korkeusvaihteluja. Näitä tietoja voidaan hyödyntää työnsuunnittelussa esimerkiksi, kun mietitään, millälaiset maastonmuodot kohteessa on ja miten siellä päästään liikkumaan. Tämän avulla voidaan suunnitella, mistä kohtaa työt kohteella on järkevää aloittaa. Myös

alueen vesien hallinnassa korkeusmallia voidaan käyttää hyödyksi. Tämän avulla voidaan suunnitella työt siten, että vedet voidaan ohjata tai pumpata pois kaivannoista.

5 DRONEDATAN HYÖDYNTÄMINEN TYÖNSUUNNITTELUSSA

5.1 Ajantasaisen tilannekuvan muodostaminen

Dronedatasta luotavien ilmakuviin avulla saadaan luotua ajantasainen tilannekuva työmaan sen hetkisestä tilanteesta. Kun ilmakuva on tuore, nähdään töiden edistymisen tilanne suoraan näytöltä, eikä sitä ole pakko lähteä toteamaan maastoon. Ilmakuvan avulla voidaan liittää maastosta saatuja mielikuvia yhteen ja on helpompi muodostaa kokonaiskuvaa työmaasta tai vaikkapa lohkoista. Työmaan etenemistä voidaan verrata myös aiempiin ilmapäiviin. Ajantasainen tilannekuva luo hyvän pohjan työsuunnitteluun, koska lähtökohdaksi töiden suunnitteluun on, että tiedetään, mikä on tilanne työmaalla. Tämän ansiosta myös työsuunnitteluna tehokkuus ja tarkkuus paranevat merkittävästi. Myös työsuunnittelun luotettavuus paranee, kun lähtötieto on oikeellista ja ajantasaista. (Leinonen 2021.)

Ajantasaisen tilannekuvan johdosta on myös mahdollista puuttua mahdollisiin virheisiin nopeammin. Kun saadaan ajantasaista tietoa kohteesta, voidaan rakentamista suunnitella eri lailla kuin alun perin oli suunniteltu. Tällöin työsuunnittelua voidaan jalostaa ja välttää sekä minimoida täten vahinkoja. Työsuunnittelu on työn aikana jatkuva prosessi ja se kehittyy koko työmaan ajan, oli sitten kyseessä kokeneita henkilöitä tai vähemmän kokemusta omaavia.

5.2 Työsuunnittelu

Ilmakuviin perusteella nähdään, missä mikäkin olemassa oleva rakenne on maastossa. Ensimmäiset ilmapäivät työsuunnittelua varten on hyvä olla mahdollisimman pian, mielellään heti puuston poiston jälkeen. Puuston poiston jälkeen tilanne maastossa on muuttunut jo huomattavasti internetistä löytyviin ilmapäiviin verrattuna. Usein myös internetistä pohjana käytettävät ilma- tai satelliittikuvat eivät ole yhtä tarkkoja, kuin dronella kuvatut, joten niiden avulla ei pääse yhtä lähelle työmaata ja sitä kautta ei pysty hahmottamaan tilannetta yhtä hyvin. Kun työmaa on pidemmällä, ajantasaisten ilmapäivien merkitys kasvaa entisestään, koska uusia rakenteita on jo rakennettu, eikä paikalla ole enää pelkkää metsää.

Työsuunnittelun alustana Destiassa on käytössä pääsääntöisesti Infrakit. Sitä käyttävät niin suunnittelijat kuin projektien henkilöstökin. Infrakit toimii joillakin projekteilla myös hankkeen projektipankkina. Infrakit on suomalainen tiedonhallintajärjestelmä, joka toimii pilvipalveluna. Ohjelmistossa oleva aineisto on jaettavissa eri toimijoille ja tarvittaessa käyttöoikeuksia voidaan rajata. Infrakit ohjelmassa näkyvät myös työmaalla olevat työkoneet ja mallit. Sinne saadaan myös tuotua muokattu droneaineisto, muun muassa pistepilvet ja ilmakuvat. Myös dronella otetut 360-kuvat voidaan tuoda tänne ja ne voidaan sijoittaa sijainnin mukaan oikeaan paikkaan. Tällöin tarkempia 360-kuvia voidaan hyödyntää työsuunnittelussa, kun nähdään suoraan taustakuvan päällä, mistä kohdin näitä kuvia on olemassa. Myös normaalit valokuvat saadaan sijainnin perusteella oikeille kohdille.

Infrakit-ohjelmistossa onkin usein taustakuvana dronella otettu ilmakuva työmaalueesta. Tämän päälle voidaan lisätä haluttua malliaineistoa ja näin työsuunnittelussa saadaan tarkka ja ajantasainen ilmakuva taustalle helpottamaan työsuunnittelua. Tämän kautta nähdään myös tarkalleen missä kohdalla koneet milloinkin työskentelevät. Koska työsuunnittelun tuloksia viedään maaston paljon puhelimen välityksellä, on ilmakuvan päällä näkyviä koneita huomattavasti helpompi ohjeistaa puhelimitse, koska tiedetään heti, mistä on kysymys ja missä kohteessa milloinkin ollaan. Ilmakuvan pohjalta saa myös tarkkaan mitattua etäisyyksiä massansiirtosuunnittelua tehdessä. Kuvassa 7 on ilmakuva eritasoliittymän alueelta. (Marjamäki 2021.)



Kuva 7. Ilmakuva eritasoliittymän alueelta töiden alkuvaiheessa (Jaakkola 2021)

5.2.1 Olemassa olevat rakenteet

Dronedatasta luodusta ilmakuvasta nähdään hyvin olemassa olevia rakenteita, koska ilmakuvan tarkkuus on riittävän hyvä. Ilmakuvan päälle voidaan lisätä suunnitelma-aineistoa ja täten suunnitella työjärjestystä. Kun suunnitelma-aineisto on lisätty ilmakuvan päälle, nähdään myös mitkä olemassa olevat rakenteet ovat tulevien rakenteiden tiellä. Tämän jälkeen voidaan suunnitella näille tarvittavat toimenpiteet, onko ne purettavia vai siirrettäviä ja kuinka kauan tämä vie aikaa. Ilmakuvalta saadaan myös varmistettua, pitääkö ennakkoon saatu aineisto paikkaansa. Vaikka vanhat rakenteet olisivat purettavia, on vielä varmistettava, että onko uudet vastaavat rakenteet oltava tehtynä, ennen kuin vanhat voidaan purkaa.

Mikäli olemassa olevia rakenteita ei voida purkaa tai siirtää välittömästi, on töitä suunniteltava sen mukaisesti, että näiden vaatimat työt eivät häiritse uuden rakentamista. Tämän vuoksi on hyvä suunnitella koko työmaata ja tarkastella olemassa olevia rakenteita laajalti, jotta tiedetään missä työt voidaan aloittaa ja millä aikataululla. Mikäli kyseessä on suuri projekti, jossa kaikilla alueilla ei aloiteta töitä samana vuonna, voi myöhemmin aloitettavien alueiden olemassa olevien rakenteiden purkamisen tai siirrot suunnitella myöhemmin. Näitä ei kuitenkaan saa

unohtaa, jotteivat ne ole sitten aikataulua rajoittavana tekijänä, kun näiden alueiden töitä aletaan suunnittelemaan.

5.2.2 Alkuvaiheen työsuunnittelu

Kun on selvitetty olemassa olevien rakenteiden tilannetta, ja on selvillä, mitkä rakenteet voidaan purkaa välittömästi tai missä alueella ei ole ollenkaan olemassa olevia rakenteita, voidaan alkaa suunnittelemaan alueen töitä. Lähtökohteisesti sillä alueella, missä on eniten töitä, pitäisi työt päästä aloittamaan ensimmäisenä. Eli mikäli alueella on esimerkiksi suuri leikkaus tai täyttö, jotka vievät kauan aikaa. Ilmakuvasta on myös helppo havaita alueella olevat olemassa olevat tiet ja liittymät, joita voidaan hyödyntää tulevilla töissä.

Tässä vaiheessa on myös hyvä käydä ottamassa mittamiehen toimesta muutamia vertailupisteitä alueelta, jossa töitä ollaan aloittamassa. Mikäli näissä vertailupisteissä havaitaan suurta heittoa maastomalliin, on järkevää tehdä uusi maastomalli dronedatan pohjalta. Tämän jälkeen laskennalliset kuutiotkin ovat lähempänä todellisuutta, ja työn suunnittelu tarkentuu ja helpottuu.

Ilmakuvista ja suunnitelmista nähdään, millä alueella on leikkausta ja millä alueella puolestaan pengerrystä, johon nämä materiaalit voidaan käyttää. Samalla ilmakuvasta voidaan suunnitella tehokkain ja lyhin reitti kohteiden välillä ja mihin materiaalia kannattaa siirtää.

Lisäksi esimerkiksi siltakaivantojen kohdilla voidaan suunnitella varastointialueiden ja massansiirtojen paikkoja, kun nähdään ilmakuvasta tilanne ja millä alueella on tilaa. Kuvassa 8 ilmakuva siltapaikalta, jossa näkyy kiertotie ja olemassa oleva tie sekä siihen jäävä tila. Kuvassa näkyy myös, että uusi ramppi on jo pitkälti rakennettu.



Kuva 8. Ilmakuva siltapaikalta

5.2.3 Toteutuneiden rakenteiden tilanne

Kun työt ovat käynnissä, nähdään ajantasaisista ilmakuvista töiden etenemää. Ajantasaisesta ilmakuvasta nähdään, mitä milläkin alueella on tehty ja sitä mitä siellä pitää tehdä seuraavaksi. Jos esimerkiksi pengerrys jonkin pehmeikön läpi on valmistunut, voidaan pehmeikön toisen puolen leikkaukselta alkaa siirtämään materiaalia tulevaa rakennetta myöten, eikä ole tarvetta käyttää yleisiä teitä tähän. Tämän seurauksena voidaan esimerkiksi käyttää suurempaa ajokalustoa, jolloin työ tehostuu.

Toteutuneiden rakenteiden tilannetta voidaan arvioida toimistolla myös esimerkiksi vertaamalla toteumapisteitä ilmakuvaan. Tämä perusteella voidaan todentaa, onko rakenteet tehty oikein ja suunniteltuun tasoon tai pitääkö seuraavalla kerroksella jotain mahdollisesti vielä korjata. Kuvassa 9 on ilmakuvan päälle lisätty toteumapisteitä päällysteen toteumamittauksista.



Kuva 9. Toteumamittauksen tulokset ilmakuvan päällä (Jaakkola 2021)

Ilmakuvan päälle voidaan myös laittaa työmaan malleja, jolloin kokonaisuus on helpompi hahmottaa, kun taustalla on ajantasainen ilmakeku. Mallien pohjalta voidaan myös helposti verrata toteutuneiden rakenteiden toteumaa suunniteltuun. Mikäli jokin rakenne ei olekaan tehty kuten suunniteltu, on se mahdollista havaita ajoissa. Korjaaminen tai seuraavan työvaiheen työsuunnitelman muuttaminen on helpompaa ja joustavaa, kun työt voidaan suunnitella ennakkoon, eikä vasta kohteessa huomata virhettä.

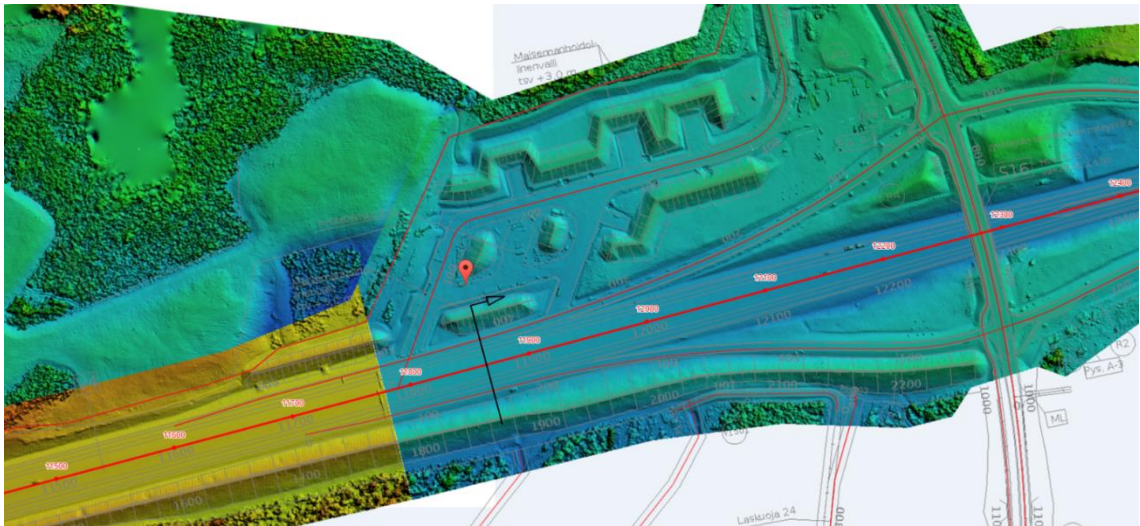
Ilmakuvan perusteella voidaan myös työn valmistuttua tarkastaa, että työmaalla on suunnitellut rakenteet tehty ja onhan ne tehty suunnitelman mukaisesti. Tässä voidaan hyödyntää myös erilaisia versioita droneaineistosta. Kuvassa 10 on il-

makuva eritasoliittymän alueelta, jossa on myös malleja vaalealla värillä näkyvissä. Tämän kuvan perusteella ei ole kovin helppo sanoa, onko esimerkiksi meluvallit tehty suunnitelman mukaisiin paikkoihin.



Kuva 10. Ilmakuva eritasoliittymän alueelta valmiista rakenteista (Leinonen 2021)

Mikäli halutaan tarkastella tarkemmin esimerkiksi meluvallien sijainnin oikeellisuutta tai kuivatusten ja sivuojien toimivuutta, voidaan käyttää dronedatasta luotua korkeusmallia. Kuvassa 11 on korkeusmalli saman eritasoliittymän kohdalta kuin edellisessä kuvassa, mutta tästä korkeuserot erottuvat huomattavan paljon paremmin kuin normaalista ilmakuvasta. Korkeusmallista on vaikeampaa erottaa eri materiaaleja ja yksityiskohtia, kuin normaalista ilmakuvasta, mutta muutoin muodot erottuvat tästä huomattavasti paremmin.



Kuva 11. Korkeusmalli eritasoliittymän alueelta (Leinonen 2021)

Dronedatasta on myös mahdollista mallintaa esimerkiksi läjitysalueita. Aineistosta voidaan määrittellä muun muassa, kuinka paljon maanomistajan maa-alueita on jäänyt läjitysalueen alle. Aineistosta saadaan myös selville, kuinka paljon maita on ajettu kunkin maanomistajan alueelle. Näitä tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi määriteltäessä toteutuneen mukaista korvausta maanomistajalle tai vaikka aliorakoitsijalle.

Kun alueelta on kuvattu ilmakuvia jo ennen alueen rakentamista ja sen edetessä, voidaan näitä ilmakuvia hyödyntää esimerkiksi ristiriitatilanteiden ratkaisussa. Kun jokin rakenne on valmistunut, voi esimerkiksi maanomistajan kanssa tulla kinaa. Usein riita läjitysalueiden osalta koskee esimerkiksi vesien hallintaa. Kun dronekuvia on sekä ennen että jälkeen rakentamisen, voidaan puolueettomasti osoittaa, mikä tilanne on ollut missäkin vaiheessa.

5.2.4 Työturvallisuus

Työturvallisuus on nykypäivän rakentamisessa erittäin suuri asia ja kaikkien toivomuksena olisikin päästä työpäivän jälkeen turvallisesti kotiin. Hyvällä työsuunnittelulla voidaan työturvallisuutta merkittävästi parantaa. Kun aletaan suunnittelemaan kohteen töitä, nähdään ajantasaisista ilmakuvista työkohteen todellinen tilanne. Ilmakuvasta työt voidaan suunnitella turvallisesti suoritettaviksi juuri siinä tilanteessa, kuin maastossa sillä hetkellä on. Myös esimerkiksi etäisyyksien hahmottaminen ja mittaaminen ilmakuvasta on huomattavasti helpompaa kuin

maastossa. Tältä pohjalta myös esimerkiksi suojausrakenteiden paikoilleen mahtuminen voidaan varmistaa, kun on tiedossa, missä rakenteet todellisuudessa ovat.

Dronella pääsee helposti sellaisiin paikkoihin, joihin ei muuten ole turvallista mennä. Esimerkiksi korkean kallioleikkauksen seinämien ja hyllyjen kuvaaminen onnistuu dronella suhteellisen vaivattomasti. Tätä kuvattua aineistoa voidaan käyttää lähtöaineistona muun muassa, kun suunnitellaan kallioleikkauksen tarvitsemia lujituksia, kuten esimerkiksi pultituksia tai verkkoja. Myös tällaisten haasteellisten paikkojen lopputilanteen kartoitus on turvallisempaa suorittaa dronemitauksella ja jalostaa aineisto haluttuun muotoon. (Leinonen 2021.)

5.2.5 Ympäristöarvot

Dronedatasta saatavien tietojen perusteella työsuunnittelun parannuttua, saadaan työtä myös tehostettua. Tämä vaikuttaa väistämättä myös ympäristöön tuleviin päästöihin. Kun esimerkiksi ajomatkaa saadaan lyhennettyä hyvästä työsuunnittelusta johtuen, vaikuttaa tämä huomattavasti työstä syntyviin päästöihin. Vielä suurempi päästövähennys saadaan, kun työ saadaan suunniteltua siten, että se voidaan tehdä kerralla valmiiksi. Kun massoja ei esimerkiksi tarvitse kuljettaa välivarastoon ja lastata siitä uudelleen kyytiin ja kuljettaa lopullisen sijoituspaikkaansa, voidaan puhua jo merkittävästä vähennyksestä. Aineistosta saatavan tiedon perusteella ajoreittien suunnittelu myös koskemattomaan maastoon on helpompaa ja täten saadaan ympäristökuormitusta vähennettyä. Myöskin maastossa käynnit vähenevät, koska sama tieto on nähtävillä toimistolla ja tämä vähentää myös ympäristökuormitusta.

Kun toteutuneet rakenteet on kartoitettu kattavasti, voidaan esimerkiksi kuivatuksen toimintaa ja vesienhallintaa tarkastella tämän tiedon pohjalta. Mikäli vesien hallinnassa on ongelmia, voidaan ilmakuvista ja korkeusmallista tarkastaa, onko ongelman aiheuttaja työmaalla jokin virheellinen rakenne vai esimerkiksi vähentyneet veden imeytymisalueet.

5.3 Liikennejärjestelyjen suunnittelu

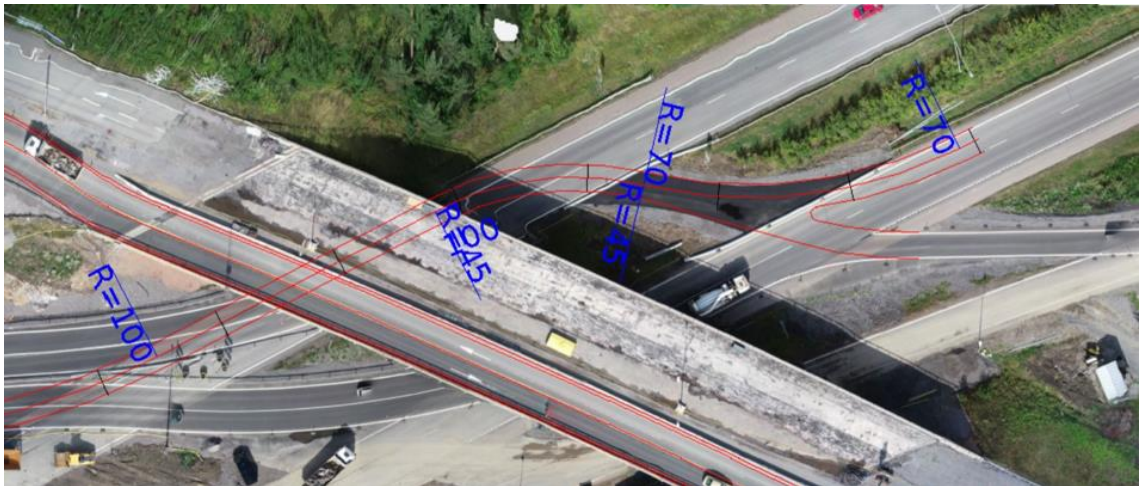
Liikennejärjestelyjen ja kiertoteiden suunnittelussa ajantasaisista ilmakuvista on suuri apu. Niiden avulla nähdään, mikä on töiden tilanne tällä hetkellä työkohteessa ja mitä varottavia kohteita alueella on (esim. valaisinpylväät ym.). Näiden tietojen perusteella suunnittelijan on helpompi sovittaa esimerkiksi kiertotien linjaus maastoon sopivaksi. Usein myös kohteessa olevat väliaikaiset rakenteet eivät välttämättä ole toteutettu täysin suunnitelman mukaisesti. Tällaisessa tilanteessa ilmakuvan perusteella saadaan suunnittelijalle tarkka tieto näiden rakenteiden todellisesta sijainnista maastossa, ja kohteen seuraavan vaiheen suunnitelma voidaan viilata valmiiksi jo suunnittelupöydällä. Tällä vähennetään muutoksia ja viiveitä työmaalla. Kuvassa 12 on ilmakuva kiertotien toteumasta ja kuvassa näkyy myös suunniteltu linjaus. Suunnittelussa huomioitiin olemassa olevat valaisinpylväät ja muuttuva nopeusrajoitustaulu, jotta niitä ei tarvinnut purkaa kiertotien tieltä.



Kuva 12. Kiertotien suunnitelma ja toteuma ilmakuvalla

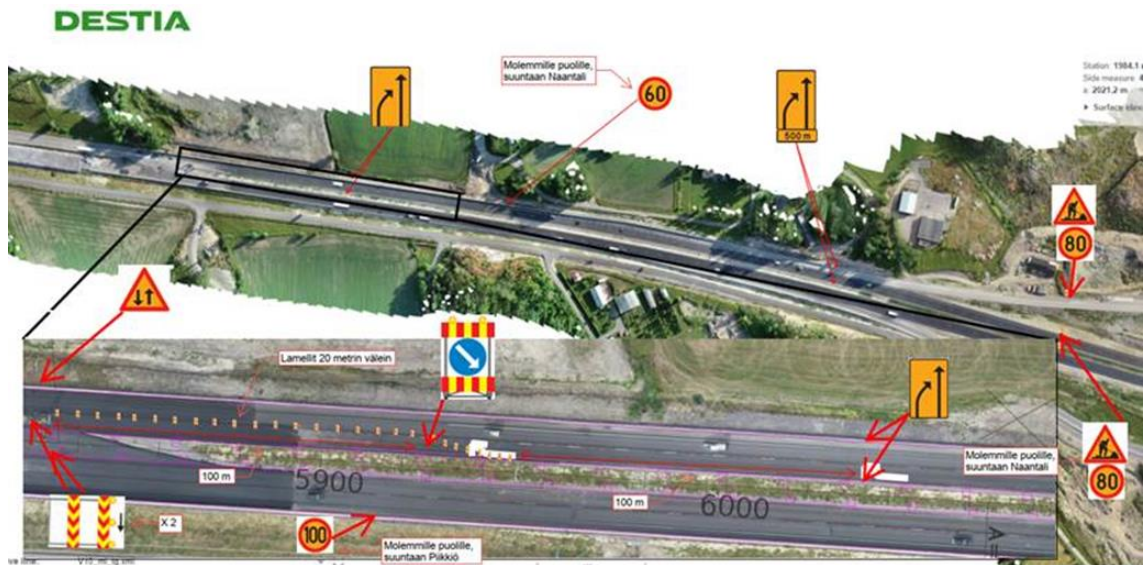
Suunniteltaessa esimerkiksi kiertotietä, voidaan myös miettiä vanhojen rakenteiden hyödyntämistä liikennejärjestelyissä. Ilmakuvalta voidaan mitata, että sopiiko

kiertotie esimerkiksi vanhan tien päälle osittain. Mikäli ei sovi, voidaan myös tutkia, että kummalle puolelle tietä on järkevämpää levittää. Tätä kautta saadaan optimoitua levennykseen kuuluvien materiaalien määrät. Myös liittymät ja niiden kainalot voidaan suunnitella paremmin ja nähdään esimerkiksi liittymä alueella olevat mahdolliset esteet suoraan kovalta ja näiden takia suunnitelmaa ei tarvitse enää muuttaa maastossa. Ilmakuvan perusteella pystytään hahmottamaan myös laajempi alue ja liikennejärjestelyjä pystytään tarkastelemaan laajemmassa laajuudessa toimistolla. Kuvassa 13 on kuva ilmakuvan päälle suunnitelluista kiertoteiden geometrioista.



Kuva 13. Ilmakuvan päälle suunnitellut kiertoteiden geometrioista (Jaakkola 2021)

Liikenteenohjaussuunnitelmia voidaan myös tehdä droneaineiston päälle. Tällöin taustalle saadaan ajantasainen ilmakeku ja paikka on helppo hahmottaa. Ilmakuvan päälle tehdystä suunnitelmasta saadaan myös paljon tarkempi ja siinä nähdään esteen jo työpöydällä. Kuvassa 14 on kuvakaappaukset liikenteenohjaussuunnitelmasta, joka on tehty ilmakuvan päälle.



Kuva 14. Ilmakuva liikenteenohjaussuunnitelman taustalla (Vahala 2021)

5.4 Määrien tarkastaminen

Yksi työsuunnittelun tärkeimmistä lähtökohdista on tietää, mitä siihen mennessä on tehty tai mikä on lähtötilanne, kun suunnitellaan tulevia töitä. Kun kohteessa on jo tehty työvaiheita, on määrien kautta helppo tarkastaa, onko esimerkiksi edellinen rakennekerros tehty valmiiksi ja voiko seuraavaa alkaa tekemään. Dronekuvista tehtyjä ilmakuvia tai pistepilviä voidaankin käyttää apuna määrien tarkastamisessa. Ilmakuvasta voidaan esimerkiksi tarkastaa, mihin saakka suodatinkerros on tehty tai mihin saakka jokin meluvalli on täytetty. Pistepilven perusteella voidaan myös laskea esimerkiksi, kuinka paljon meluvallin täyttö on vielä kesken ja paljonko siihen tarvitaan vielä täyttöä. Tämän pohjalta voidaan suunnitella, mistä on järkevää ajaa puuttuvia täyttöjä meluvalliin.

Pistepilvien avulla on helppoa tarkastaa myös esimerkiksi murskekasan määrä. Perinteisesti murskekasan määrät on arvioitu silmämääräisesti tai mittaamalla ne mittamiehen toimesta. Kasojen mittaaminen on haastavaa ja aikaa vievää. Lisäksi kasan luiskat voivat olla jyrkkiäkin, mikä puolestaan lisää turvallisuusriskiä mittauksen suorittamisessa. Toisaalta, kun tällaisia kohtia ei pystytä mittaamaan, kasassa oleva murskemäärä ei saada tarkkaan selville. Dronella lentämällä, kasan mittaamiseen ei mene aikaa, kuin ehkä puoli tuntia. Lisäksi jos alueella on useita kasoja, saadaan nämä kaikki kuvattua samalla lentokerralla, kun taas perinteisesti mittaamalla ne joudutaan jokainen mittaamaan erikseen. Pistepilven

pohjalta tehtävä määrälaskenta on hieman aikaa vievämpi, kuin mittajaan pisteistä tekemä määrälaskenta. Ilmakuvaa voi käyttää taustakarttana laskennassa, niin voi tarkastaa, että alue on rajattu oikein.

Ilmakuvan pohjalta on helppoa tehdä määrien tarkastusta monenlaisille alueille ja kuvien pohjalta tarkastelua voidaan tehdä myös jälkikäteen. Määrätarkasteluja kannattaa myös tehdä matalalla kynnyksellä, koska se ei vaadi aineiston luonnin jälkeen enää paljoa työtä ja tällä voi helpottaa ja tarkentaa työnsuunnittelua merkittävästi. Myös esimerkiksi kallion määrien mittaaminen on ilmakuvan pohjalta paljon helpompaa ja pisteitä on varmasti riittävästi. Mittamieheltä ison ja epätasaisen kallioalueen kartoittaminen voi viedä jopa päivän. Lisäksi epätasaisen kallion päällä liikkuminen ei ole turvallista, eteenkään jos olosuhteet ovat haasteelliset.

Ilmakuvalta voidaan myös tarkastaa pinta-aloja ja metrimääriä. Ilmakuvalta on helppo tarkastaa esimerkiksi jonkin alueen päällysteneliöiden määrä. Lisäksi ilmakuvalta on helppo tarkastaa esimerkiksi kaiteiden pituuksia. Lisäksi kaiteen pituutta tarkastaessa voidaan myös tarkastaa, että onhan kaide rakennettu riittävän pitkäksi, kuten on suunniteltu. Kuvassa 15 on ilmakehän kuva kohteesta, jossa näkyy kaide ja sen päässä oleva kokoon painuva kaiteenpää. Kuvalla näkyy myös tien paalutus, josta voi tarkastaa, että kaide on rakennettu suunnitelman mukaisesti.



Kuva 15. Ilmakuva kaidekohteesta

Kun droneaineistoa on kertynyt pidemmältä ajalta, saadaan tästä tietoa työmaan eri tilanteista ja vaiheista. Tätä historiatietoa voidaan hyödyntää usein, kun tulee jälkiseuraamuksia tai kiistaa asioista jälkikäteen. Tällaisissa tapauksissa kuvattavasta aineistosta saatava hyöty ei välttämättä ole nähtävissä heti kuvaushetkellä. Kun droneaineistoa yhdistetään koneista saatuihin toteumatietoihin, voidaan monesti kiistat ratkaistua helposti esimerkiksi aliorakoitsijan kanssa. Myös massojen tarkastuksessa on monesti epävarmuutta, mutta droneaineisto auttaa tässä, vaikka alun perin aineistoa ei olisikaan kuvattu tätä tarkoitusta varten. Kuvalta voidaan esimerkiksi tarkastaa lähtötilannetta, koska muistikuvat esimerkiksi parin vuoden takaiseen ovat usein erilaisia ihmisten välillä. (Leinonen 2021.)

6 DRONEN KÄYTÖN KEHITYS JA TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ

Dronejen ominaisuudet kehittyvät tulevaisuudessa ja käyttömahdollisuudet tästä syystä tulevat lisääntymään. Suurta roolia kehityksessä näyttölee myös eteenkin kameroiden kehittyminen. Kun kameroiden laatu ja tarkkuus paranevat, päästään entistä tarkempiin ilmakehisiin ja pistepilviin. Tietotekniikan kehittyessä pystytään myös käsittelemään entistä suurempia datamääriä lyhyemmässä ajassa, jolloin aineistoa saadaan tarkemmaksi, mutta aineista saadaan myös entistä reaaliaikaisemmaksi. Tämä lisää entisestään dronen käyttöä infrarakentamisen työmailla.

Laserkeilaimien käyttö droneissa tulee lisääntymään tulevaisuudessa ja tällä saadaan tarkempia pistepilviä. Tarkkuuden parannuttua, pistepilviä voidaan käyttää entistä enemmän ja sellaisissakin käyttökohteissa, johon niiden tarkkuus ei vielä tällä hetkellä riitä. Esimerkkinä tästä voisi olla erilaiset siltoihin liittyvät mittaukset, muun muassa muotin muodon tarkastus sekä lopulliset muodot. Lisäksi tulevaisuudessa droneihin on saatavilla erilaisia kameroita, kuten esimerkiksi lämpökameroita, jotka mahdollistavat esimerkiksi päällysteen levityslämpötilan seurannan ja taltiointia.

Dronella tuotettavaa kuva- ja malliaineistoa voidaan myös yhdistää toteutusmalleihin ja tätä aineistoa hyödyntää toteumanseurannassa. Toteumanseurannassa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää automaattisia droneja, johon ohjelmoidaan lentoreitit ja se lentää samaa reittiä ohjelman mukaisesti. Dronet latautuvat automaattisesti latausasemalla, josta myös data siirtyy automaattisesti pilvipalveluun. Kun aineisto käsittely saadaan myös automatisoitua, saadaan työmaan tilanne selville hyvin reaaliaikaisesti. Tämä helpottaa työnsuunnittelua ja vähentää työmaalla olevan henkilöstön tarvetta. Tähän samaan aineistoon voidaan antaa oikeudet myös tilaajalle, jolloin laadunvalvontakin voidaan tehdä reaaliaikaisesti ja kaikista vaiheista jää aineistoa. (Jaakkola 2021.)

Myös työmaiden kulun-, turvallisuuden- ja liikennejärjestelyjen valvonta tulee kehittymään dronejen ansiosta tulevaisuudessa. Kun työmaata kuvataan ilmasta käsin päivittäin, voidaan dronet määrittää ilmoittamaan muutoksista työmaa-alueella. Jos esimerkiksi jokin liikennemerkki tai liikenteenohjaustaulu on liikkunut,

saadaan tästä ilmoitus automaattisesti ja se voidaan korjata välittömästi, ja vaaraa aiheuttava tilanne saadaan korjattua nopeasti. Kulunvalvontaa voidaan toteuttaa myös ilmasta käsin, kun drone tunnistaa henkilön kulkuluvan perusteella automaattisesti. Näin ollen kulkuluvattomat henkilöt saadaan kiinni nopeasti, joka voi olla tärkeää etenkin korkean turvaluokituksen kohteissa.

7 POHDINTA

Tulevaisuudessa dronen käyttö infrarakentamisessa tulee lisääntymään. Kun lentämistä ja aineiston käsittelyä saadaan enemmän automatisoitua, saadaan ilmakuvat lähestulkoon reaaliaikaisiksi. Tämä puolestaan tarkoittaa ja helpottaa työnsuunnittelua entisestään. Tämän johdosta infrarakentamisessakin voidaan siirtyä enemmän tehdasmaiseen toimintaan siten, että valvomosta voidaan samaan aikaan valvoa ja johtaa useampaa työmaata. Kun työnsuunnittelua voidaan tehdä pääsääntöisesti toimistolta käsin, jää työnsuunnittelun tekemiseen enemmän aikaa, kun matkoihin ei mene niin paljoa aikaa.

Opinnäytetyötä tehdessäni opin myös itse paljon siitä, mihin kaikkeen dronea voidaan hyödyntää. Tässä työssä onkin kasattuna tietoa dronen käytöstä, useilla eri Destian työmailla ympäri Suomea. Haastatteluissa kysyin kokemuksia eri kokosilta työmailta, ja urakoiden koot vaihtelivatkin kolmesta miljoonasta sataan miljoonaan. Uskoisin, että tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää eteenkin sellaisten henkilöiden kouluttamisessa, joilla ei ole paljoa kokemusta dronen käytöstä työmaalla. Aineiston pohjalta henkilöt saavat tietoa dronen käytöstä ja mihin siitä saatavaa aineistoa voidaan hyödyntää. Uskoisin, että vielä ei edes ole huomattu läheskään kaikkia asioita, jossa dronedataa voidaan hyödyntää. Kun dronedataa kertyy, saadaan siitä tietoa pitkältä aikaväliltä ja tulevaisuudessa siitä saadaan varmasti paljon irti esimerkiksi mahdollisia takuuajaisia seuraamuksia selvittäessä.

Haastattelujen ja oman työmaakokemuksen perusteella infrarakentamisen työnsuunnittelussa käytetään eniten hyödyksi ilmakuvia. Ilmakuva saadaan jalostettua vähimmällä työllä dronedatasta ja siitä saa irti paljon tietoa. Ajantasainen ilmakuva kertoo myös työmaan tilanteesta. Ilmakuvan avulla voidaan suunnitella muun muassa liikennejärjestelyjä. Lisäksi siitä on suuri apu työnsuunnittelussa, kun nähdään mitä esteitä tai varottavia kohteita alueella on ja nähdään työmaan toteuma. Työnsuunnittelua tehdessä ilmakuvan päälle voidaan myös laittaa malleja, jolloin nähdään mitä kohteeseen on suunniteltu. Näitä tietoja yhdistelemällä päästään työmaahan tarkemmin kiinni ja työnsuunnittelu on oikeellisempaa ja tarkempaa. Ilmakuvan pohjalta on helppo suunnitella myös esimerkiksi massojen siirtoa ja niille tarvittavia reittejä, kun tilanne näkyy ilmakuvalta.

Toisena tärkeänä aiheena haastattelujen perusteella esiin nousi määrien laske-
kenta dronekuvien pohjalta. Dronella saadaan tehtyä laajoja alueita kattava mit-
taus nopeasti ja turvallisesti. Esimerkiksi kallion pinnan kartoituksessa vaaditaan
suuri määrä pisteitä pinnan epätasaisuudesta johtuen. Kallion pinnoilla voi myös
olla suuria korkeusvaihteluja, jolloin jalkaisin tällaisella pinnalla liikkuminen ei ole
turvallista, eritoten liukkaaseen ajankohtaan. Dronemittauksesta saatavia määriä
voidaan hyödyntää myös monessa muussa työnsuunnittelun vaiheessa, koska
toteutuneiden ja jäljellä olevien määrien tietäminen on onnistuneen työnsuunnit-
telun lähtökohta.

LÄHTEET

DJI 2021. DJI Mavic air 2. Viitattu 1.10.2021 https://www.dji.com/fi/mavic-air-2?site=brandsite&from=insite_search.

Jaakkola, M. 2021 Dronen hyödyntäminen infrarakentamisessa 1/2021.

Jaakkola, M. 2021. Dronen käyttö Destiassa. Sähköposti mika.jaakkola@destia.fi 7.7.2021. Tulostettu 8.7.2021.

Jaakkola, M. 2021. Sähköposti mika.jaakkola@destia.fi 1.10.2021. Tulostettu 1.10.2021.

Jaakkola, M. & Ruotsalainen, J. 2021 Dronen toimintamallikuvaus 2021 V. 0.3.

Jussila, J. 2021. Destia Oy. Työnjohtajan puhelinhaastattelu 3.9.2021.

Leinonen, J. 2021. Sähköposti jussi.leinonen@destia.fi 28.9.2021. Tulostettu 1.10.2021.

Marjamäki, E. 2021. Sähköposti esa.marjamaki@destia.fi 27.9.2021. Tulostettu 1.10.2021.

Traficom 2021. Drone ja sen toiminnot – miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien yleistuntemus. Viitattu 21.7.2021 <https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/drone-ja-sen-toiminnot-miehittamattomien-ilma-alusjarjestelmien-yleistuntemus>.

Vahala, V. 2021. Sähköposti ville.vahala@destia.fi 1.10.2021. Tulostettu 1.10.2021.

Valtonen, J. 2021. Destia

Oy. Automaatio-operaattorin puhelinhaastattelu 2.9.2021.