



HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIEEELLINEN TIEDEKUNTA

Vesilintujen poikuelaskenta – piste- ja dronelaskennan menetelmävertailu

Juho Kotilainen

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto

Metsätieteiden maisteriohjelma

Metsien ekologia ja käyttö

Marraskuu 2019

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution– Department Metsätieteiden osasto, metsätieteiden maisteriohjelma	
Tekijä/Författare – Author Kotilainen, Juho Antti			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Vesilintujen poikuelaskenta – piste- ja dronelaskennan menetelmävertailu			
Oppiaine /Läroämne – Subject Metsien ekologia ja käyttö			
Työn laji/Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika/Datum – Month and year Marraskuu 2019	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 57
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Vesilintujen poikuelaskentaa on organisoidusti toteutettu Suomessa vuodesta 1989 saakka. Jatkuva poikuetuoton seuranta on tärkeä osa vesilintukantojen seurantaa, joka taas on tärkeä muuttuja vesilinnuille tärkeiden elinympäristöjen muutosten tarkkailussa. Vesilintupoikueiden laskentamenetelmäksi vakiintunut pistelaskenta ei kuitenkaan ole aukoton tapa seurata poikuetuottoa, sillä osa poikueista jää laskennan ulkopuolelle. Myös tiheä rantakasvillisuus estää muuten otollisten vesialueiden laskennan. Pistelaskennan luotettavuudesta ei ole kattavaa tutkimusta.</p> <p>Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, soveltuuko dronepohjainen ilmakuvatulkinta vesilintupoikueiden kustannustehokkaaksi laskentamenetelmäksi. Tuloksia verrattiin pistelaskennalla saatuihin havaintoihin. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös saada tietoa pistelaskennan tarkkuudesta, vesilintujen käyttäytymisestä dronen suhteen sekä dronen rajoituksista sekä mahdollisuuksista riistan tutkimuksessa.</p> <p>Tutkimus toteutettiin laskemalla 15 vesialuetta kolmena eri ajankohtana sekä lisäksi kaksi kosteikkoa keskimmaisella laskentakerralla. Laskennat toteutettiin peräjälkeen siten, että ensin kohteella suoritettiin pistelaskenta, jonka jälkeen alue kuvattiin dronella. Dronekuvauksen aikana lintujen käyttäytymistä koskeneet havainnot kirjattiin muistiin.</p> <p>Kerätty yli 4600 kuvan aineisto käytiin kuva kerrallaan läpi ja havaitut vesilinnut, poikueet ja poikasten lukumäärä sekä ikäluokka kirjattiin ylös. Lopuksi pistelaskenta-aineiston tuloksia verrattiin pistelaskenta-aineiston tuloksiin. Lintujen käyttäytymishavainnot jaoteltiin herkkyyksittäin kolmeen luokkaan ja kohdennettiin lajeittain. Havainnot jaoteltiin herkkyyksiluokkien sisällä havaintoyksikön statuksen mukaan kolmeen luokkaan ja tarkennettiin reaktiovastein.</p> <p>Tutkimuksen tulokset osoittavat, että dronepohjainen ilmakuvatulkinta ei sovellu vesilintujen kustannustehokkaaksi poikuelaskentamenetelmäksi. Kameraoptiikan suorituskyky ei ole riittävä tuottamaan tarpeeksi laadukasta ilmakuvamateriaalia luotettavaa lajitunnistusta varten. Havaintojen perusteella lentokorkeutta ei ole mielekäästä pudottaa alle 40 metrin dronen häiriövaikutuksen voimistumisen vuoksi. Poikasten ikäluokan määrittäminen kuva-aineistosta ei onnistu yhtä tarkasti, kuin pistelaskentamenetelmällä tapahtuva määrittäminen.</p> <p>Lintujen reaktiot droneen olivat vaihtelevia, mutta kategorioitain pääsääntöisesti johdonmukaisia. Kahlaajat olivat erittäin herkkiä. Vesilinnut olivat herkkiä tai ei herkkiä. Poikueelliset emot eivät lähteneet pakolennolle, mutta olivat varuillaan ja hakeutuivat sivuun dronen lentoreitiltä. Poikueettomien vesilintujen ja lokiin suhtautuminen vaihteli kohteittain. Haukat olivat herkkiä vain oletetun pesimäreiviirin läheisyydessä.</p> <p>Optista suorituskykyä parantamalla dronen käyttömahdollisuudet laajenevat, kun haluttu kuvatarkeus saavutetaan tavoitelentokorkeudessa. Drone- ja etenkin akkuteknologian kehittyessä dronen lentoaikaa on mahdollista lisätä, jolloin kuvattavan alueen laajuutta on mahdollista kasvattaa. Poikuelaskenta olisi ehkä jo nykYTEknologialla mahdollista toteuttaa riittävällä tarkkuudella, mutta huipputeknologian käyttö ei ole enää kustannustehokasta.</p> <p>Tutkimus antoi käyttökelpoista tietoa ja hyödyllisiä havaintoja riistan dronetutkimuksen pohjaksi.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Vesilintu, poikue, laskentamenetelmä, drone, drooni, dronelaskenta, pistelaskenta, ilmakekuva, käyttäytyminen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Työtä ohjasivat Hannu Pöysä ja Veli-Matti Väänänen			

Sisällysluettelo

Esipuhe	5
1. JOHDANTO	6
1.1 Suomen vesilintuseurannan kehitys ja nykytila	6
1.2 Vesilintulaskentojen tulosten hyödyntäminen	6
1.3 Yleisimmät vesilintulaskentamenetelmät	7
1.3.1 Kierto- ja pistelaskenta	7
1.3.2 Lentokone- ja helikopterilaskenta	8
1.4 Drone	8
1.4.1 Dronetyypit	8
1.4.2 Dronejen lisälaitteisto	9
1.4.3 Lentolainsäädäntö	9
1.4.4 Dronejen käyttö villieläintutkimuksessa	9
1.5 Tutkimuksen tavoitteet	10
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	11
2.1 Tutkimusalueet	11
2.2 Tutkimusta alustava ja tukeva toiminta	12
2.2.1 Koelennot	12
2.2.2 Laskentakierroksen suunnittelu	13
2.3 Pistelaskenta	14
2.3.1 Pistelaskentapaikan valinta	14
2.3.2 Pistelaskentaa edeltävä toiminta	14
2.3.3 Pistelaskenta	15
2.4 Dronelaskenta	15
2.4.1 Laitteisto, sovellukset ja apuvälineet	15
2.4.2 Dronen operointipaikan valinta	15
2.4.3 Laskentojen jälkeinen toiminta	17
2.5 Dronetoiminta	17
2.5.1 Saapuminen operointipisteelle	17
2.5.2 Valmisteleva toiminta operointipisteellä	17
2.5.3 Varsinainen lentotoiminta	18
2.5.4 Pistelaskentahenkilöiden rooli varsinaisen lentotoiminnan aikana	19
2.6.1 Dronelaskenta-aineiston käsittely	20
2.6.2 Pistelaskenta-aineiston käsittely	21

2.7	Tilastolliset menetelmät.....	22
3.	TULOKSET	22
4.	TULOSTEN TARKASTELU	26
4.1	Dronelaskennan soveltuvuus poikuelaskentoihin.....	26
4.2	Sään vaikutus kuva-aineiston käytettävyyteen.....	28
4.3	Lintujen suhtautuminen droneen	32
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	34
5.1	Automaatio mukaan kuva-analyysiin	34
5.2	Parempi kamerateknologia	35
5.3	Lentokorkeutta ei voi pudottaa yhteisvaikutuksen vuoksi	35
5.4	Onko jatkotutkimukselle aihetta?	35
6.	LÄHTEET	37
LIITE 1	— Kohdetietokortit.....	41

Esipuhe

Haluan kiittää ohjaajiani Luonnonvarakeskuksen johtavaa tutkijaa Hannu Pöysää sekä Helsingin Yliopiston Metsätieteiden laitoksen lehtori Veli-Matti Väänästä asiantuntevasta ja laadukkaasta ohjauksesta.

Heidän kärsivällisyytensä ja kannustavuutensa olivat vertaansa vailla.

Paljon kiitoksia myös Luonnonvarakeskuksen Mervi Kunnasrannalle siitä, että pääsin osaksi hänen vetämäänsä Accurate & Cost-Effective Wildlife Censuses by Drones -hanketta.

Kiitokset myös Pentti Kokille ja Seppo Toivarille ammattitaitoisesta dronetyöskentelystä ja -opetuksesta.

Helsingissä 25.11.2019

Juho Kotilainen

1. JOHDANTO

1.1 Suomen vesilintuseurannan kehitys ja nykytila

Suomen sisävesien lintulaskentojen juuret ulottuvat 1920–1930-luvuille, mutta ensimmäiset vertailukelpoiset laskentatulokset ovat 1960-luvulta. Laskennat toteutettiin silloin linjalaskentoina, kunnes 1980-luvulla pistelaskentaan perustuva menetelmä luotiin. Suomessa vesilintujen organisoitua laskentaa on tehty vuodesta 1986 alkaen, jolloin Luonnonvarakeskus (Luke) ja Luonnontieteellinen keskusmuseo (Luomus) yhdessä käynnistivät parilaskennat. Kolme vuotta myöhemmin Luke käynnisti samoilla laskentakohteilla vesilintujen poikuelaskennat, ja ne ovat jatkuneet tähän päivään saakka. Pessimäkantoja (parimääriä) koskevat tiedot perustuvat vuodesta 1986 lähtien ja poikastuottoa (poikasmääriä) vuodesta 1989 lähtien toteutettuihin valtakunnallisiin vesilintulaskentoihin. Vuoden 2019 pariaineistot ovat 1 230 kohteelta ja poikueaineistot 868 kohteelta (Luke 2019).

1.2 Vesilintulaskentojen tulosten hyödyntäminen

Vesilintukantojen seuranta on perusteltua, sillä vesilinnut ovat esimerkiksi tärkeä indikaattori vesielinympäristöjen luontaisille sekä ihmisten aiheuttamille muutoksille (Koskimies 1988, Koskimies & Pöysä 1989). Vesilintukantojen seurannan ensisijainen syy on havainnoida muutoksia kantojen koossa, jolloin riistalajien metsästystä voidaan säädellä. Säätelyllä pyritään pitämään metsästys kestäväällä tasolla, jotta vesilintukantojen koko ei vaarannu.

Toissijainen syy on tuottaa aineistoa, jonka avulla pystytään tutkimaan lajikohtaisten muutosten taustatekijöitä. Esimerkiksi vesikasvillisuuden runsaussuhteiden muutosten tai pienpetojen kannanvaihtelun vaikutuksia (Krull 1970, Sargeant 1972). Lintupopulaatioiden muutokset ovat yleisesti käytetty indikaattori ympäristön tilan muutoksia tarkkailtaessa (Morrison 1986). Linnuston tilan tuntemisella mahdollistetaan täsmällisempi ja tehokkaampi riistanhoito sekä kestävät metsästyssuosituksat vesilinnuille (Pöysä 1986, Nummi & Pöysä 1993).

1.3 Yleisimmät vesilintulaskentamenetelmät

1.3.1 Kierto- ja pistelaskenta

Kierto- ja pistelaskentojen ensisijainen tavoite on saada aineistoa pesivien vesilintujen kannoista sekä lajien runsaussuhteista (Koskimies ym. 1988). Laskentojen edustavuutta tavoitellaan keräämällä aineistoa laaja-alaisesti eri biotoopeilta ja alueilta (Koskimies ym. 1988). Laskettava alue voi olla kokonainen tai selkeästi rajattu vesi- tai kosteikko-alue (Koskimies ym. 1988). Tulosten vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi laskennan toteuttaminen on pidettävä riittävän muuttumattomana: pistelaskupaikat on pyrittävä pitämään samana vuodesta toiseen (Koskimies ym. 1988). Kiertolaskentareitin on oltava merkitty kartalle ja sitä on pyrittävä noudattamaan vallitsevien olosuhteiden puitteissa (Kauppinen ym. 1988)

Alueittain jaetut laskenta-ajat perustuvat Luonnontieteellisen museon (2018) vesilintujen laskentaohjeisiin. Poikueiden kiertolaskenta-aika Suomen eteläosissa on 1.–17.6. ja pohjoisosissa 10.–30.6. Pistelaskenta-aika on Suomen eteläosissa 20.5.–20.6. ja pohjoisosissa 30.5.–30.6. (tunturissa 5.7. asti). Laskennan toistaminen seuraavina vuosina tulisi tapahtua ± 7 vrk ensimmäistä laskentapäivästä pistelaskennan osalta. Laskentojen joustavan aikavälin tarkoitus on mahdollistaa laskenta-ajankohdan optimointi poikasten pesän jättämisen jälkeiseen aikaan.

Kiertolaskenta voidaan tehdä liikkumalla esimerkiksi veneellä tai kanootilla rantaviivoja mukaillen, mutta alueen voi tarkastaa myös jalan (Kauppinen ym. 1988). Pistelaskenta tehdään yhdestä tai useammasta paikasta tarkkailemalla aluetta kiikareita ja/tai kaukoputkea apuna käyttäen (Koskimies ym. 1988). Rehevillä kohteilla runsaan ilmaversois-kasvillisuuden tuottama suoja ja katvealue haittaavat laskentaa (Koskimies ym. 1988). Kiertolaskennan ongelmana on häiriön aiheuttaminen vesilinnuille, jolloin poikueet hakeutuvat usein kasvuston suojaan (Kauppinen ym. 1988).

Piste- ja kiertolaskennan aineiston vertailukelpoisuus mahdollistaa sen soveltamisen esimerkiksi tutkimusalueen ympäristön tilan seurantaan. Useiden vuosien tuloksia vertailemalla poikuetuoton vuosittaista vaihtelua ja pitkän ajan trendiä on mahdollista mallintaa (Koskimies ym. 1988, Kauppinen ym. 1988).

1.3.2 Lentokone- ja helikopterilaskenta

Ensimmäiset lentokone- ja helikopterilaskennat toteutettiin Pohjois-Amerikassa keski-talvella 1935. Laskentamenetelmiä alettiin kehittää aktiivisemmin 1950-luvulla, mutta lentolaskennat vakiintuivat yleiseen käyttöön 1970-luvun alkupuolella (Sparks 1964, Dick 1979, Williams 2018). Lentokone- ja helikopteriavusteinen laskenta on yhä laajalti käytössä Pohjois-Amerikan vesilintuseurannassa (Anderson ym. 2018). Siellä lasketaan muun muassa muuttavia lintuja, pesiviä pareja ja poikueita (Anderson ym. 2018, Fleskes ym. 2018).

Suomessa helikopterilaskentaa on käytetty kokeiluluonteisesti metsähanhien laskennoissa vaikeakulkuisilla pesimäsoilla 2015 vuodesta alkaen. Menetelmä on Suomen Riistakeskuksen soveltama (Riistan vuoksi 2/2016). Lentokonelaskentaa käytetään riistatutkimuksessa esimerkiksi hirviä laskettaessa. Perinteiseen lentotutkimukseen liittyy kuitenkin monia heikkouksia, joita dronetutkimuksessa ei ole. Esimerkkeinä toimivat matalalla lentäminen, edullisuus, turvallisuus. Dronet ovat myös hiljaisia ja pienikokoisia verrattuna ihmistä kuljettaviin lentolaitteisiin, joten eläimille ja ihmisille aiheutuvan häiriö on paljon pienempi (McEvoy ym. 2018) – unohtamatta ekologisuutta.

1.4 Drone

1.4.1 Dronetyypit

Dronella tarkoitetaan yleensä miehittämätöntä pienoisolma-alusta eli lennokkia. Myös veden pinnalla ja sukelluksissa kulkevia miehittämättömiä aluksia kutsutaan droneiksi. Dronejen käyttömahdollisuudet ovat laaja-alaiset ja niitä käytetään mm. harraste-, sotilas-, mittaus- ja valokuvauskäytössä (Dalamagkidis 2015).

Lennokki-tyyppiset dronet jaetaan tavallisesti kahteen ryhmään: kiinteä- ja pyöriväsiipisiin. Kiinteäsiipisten etuina pyöriväsiipiseen nähden ovat mm. pitkä käyttöaika ja kova lentonopeus. Kiinteäsiipisillä droneilla ei kuitenkaan voi lentää kovin hitaasti, sillä ne vaativat ilmassa pysyäkseen siipien ja lentovauhdin aikaansaamaa nostetta lentokoneiden tapaan. Samasta syystä kiinteäsiipiset ovat vaateliaampia laskeutumipaikan suhteen (Boon ym. 2017).

Pyöriväsiipisillä droneilla taas pystytään tuottamaan yleensä tarkempaa kuvamateriaalia lentovauhdin säädettävyyden vuoksi. Niiden ketterän ohjattavuuden sekä joustavasti säädeltävän lentovauhdin myötä niillä on myös mahdollista toimia huomattavasti haastavammissa paikoissa, kuten vaikkapa rakennusten välissä ja jopa tehtaiden sisällä.

1.4.2 Dronejen lisälaitteisto

Droneihin on saatavana paljon eri tarkoituksiin soveltuvaa lisälaitteistoa kameran lisäksi. Esimerkiksi lämpötilaa, tuulennopeutta, ilmanpainetta ja lämpösäteilyä mittaavia sensoreita on yleisesti käytössä. Käytännössä dronet on mahdollista valjastaa melkein millä tahansa lisälaitteella, joka ei ulkoisilta mitoiltaan tai painoltaan ylitä dronen kantokykyä. Virranlähteenä lisälaitteilla on yleensä dronen akku, mutta virranlähteen voi valjastaa omallakin akulla.

1.4.3 Lentolainsäädäntö

Lentotoiminnassa noudatettiin voimassa olevia ilmailumääräyksiä: OPS M1-32, Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen (TRAFI/90924/03.04.00.00/2016). Lentojen aikana kohteilla ei ollut lentotoimintaan vaikuttavia pysyviä tai määräaikaista rajoitteita.

1.4.4 Dronejen käyttö villieläintutkimuksessa

Dronet tuovat kustannustehokkaan vaihtoehdon ilmasta tapahtuvaan tutkimukseen. Ennen dronejen yleistymistä, ja etenkin helppokäyttöistymistä, ilmasta tapahtuva pienikokoisten alueiden tutkimus on ollut kallista toteuttaa. Pienlentokoneella tai helikopterilla toteutettaessa tutkimuksen hinta suhteessa dronella toteutettavaan tutkimukseen on sitä kalliimpi, mitä pienemmästä alasta on kyse (Matese ym. 2015). Dronella tutkittaessa etuna on myös pieni koko ja hiljainen lentomelu. Joidenkin eläinten kohdalla lentokoneen tai helikopterin läsnäolo vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen, jonka vuoksi esimerkiksi luontaista käyttäytymistä vaativia tutkimuksia on ollut vaikeaa tai mahdotonta toteuttaa. Dronen pieni koko ja hyvä hallittavuus mahdollistaa myös pääsyn lentolaitteilla vaikeasti saavutettaviin paikkoihin, esimerkiksi latvuserroksen sekaan tai lähelle

pienveden pintaa. Varoetäisyydet suuriin voimalinjoihin, mastoihin ja muihin korkealle nousevaan infrastruktuuriin ovat huomattavasti pienemmät, mitä esimerkiksi helikopterilla tai lentokoneella.

1.5 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätarkoitus oli vertailla drone- ja pistelaskentamenetelmää toisiinsa. Vertailun tavoitteena oli saada tietoa menetelmien luotettavuudesta ja soveltuvuudesta vesilintujen seurantaan. Pohjois-Amerikassa tehdyssä tutkimuksessa kävi ilmi, että maalta tapahtuvassa laskennassa kohteen poikueista tulee nähdä 30–45 % (Pagano ym. 2014). Mikäli dronelaskennassa poikueita havaitaan enemmän ja tulosten ollessa luotettavia, voisi saadun aineiston avulla muodostaa pistelaskentadatalle korjauskertoimia, jotka ottavat esimerkiksi laskettavan kohteen rehevyyden huomioon. Niiden avulla olisi mahdollista saada tarkempia tuloksia poikueiden lukumäärästä. Tarkempi tieto auttaisi tekemään yhä tarkempia arvioita vesilintujen todellisesta määrästä, jota voisi hyödyntää vesilintuja koskevissa metsästyslainsäädännössä.

Tutkimuksella halusin saada tietoon, että havaitaanko dronella poikueita enemmän ja onko havaittujen poikueiden koko suurempi, kuin pistelaskennalla saatu tulos. Samalla tutkin, havaitaanko vesilintuyksilöitä enemmän.

Tutkimuksen kannalta olennaista oli myös määrittää, kuinka hyvin kuvista löydetty vesilinnut ovat tunnistettavissa lajiltaan ja sukupuoleltaan sekä miten poikasten ikävuokan määrittäminen onnistuu Pirkolan ja Högmanderin (1974) seitsenluokkaisen määrittämisen mukaan.

Lentotoiminnan aikana havainnoitiin aktiivisesti lintujen käyttäytymistä, koska lintulajien ja -ryhmien välistä suhtautumista droneen ei ole juuri tutkittu.

Tutkimusaihe luo tärkeää pohjaa dronetutkimukselle etenkin vesilintujen saralla, mutta tarjoaa sovellusmahdollisuuksia muulle dronepohjaiselle tutkimukselle. Tärkeänä osana tutkimusta on havaita myös dronen vajaavaisuuksia ja rajoitteita. Dronejen mahdollisuudet laitteesta riippuen ovat kuitenkin rajalliset ja nämä rajoitteet ja haavoittuvuudet eivät ole vakiintuneet tutkijoiden mieliin. Tämä maisterintutkielma on osa Mervi Kunasrannan vetämää *Accurate & Cost-Effective Wildlife Censuses by Drones* -hanketta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusalueet

Tutkimus kattoi 15 varsinaista kohdetta. Kaikki kohteet saatiin laskettua jokaisella laskentakierrolla. Lisäksi aineistoon kuuluu kaksi lisäkohdetta, jotka laskettiin vain toisella laskentakierrolla (Taulukko 1).

Kohteiden valinnassa hyödynnettiin 30 vuoden ennakkotietoa, jonka perusteella pyrittiin valikoimaan vesilintupoikueille soveltuvia alueita. Sattumanvaraisuuteen perustuva kohdevalinta ei ollut mahdollinen käytössä olevilla resursseilla, sillä otantaa olisi pitänyt tehdä moninkertainen määrä, jotta samoihin havaintomääriin olisi päästy. Vesistöjen kattamasta pinta-alasta vain pieni osa on vesilintupoikueiden suosiossa (Holopainen 2015).

Alueita valittaessa kiinnitettiin myös huomiota siihen, että kohteiden välillä ilmenisi tarpeeksi vaihtelua ravinteisuuden ja ominaispiirteiden suhteen. Kohteiden pinta-alat rajoitettiin 1–10 hehtaariin, jotta alue olisi dronella vielä tehokkaasti tutkittavissa.

Kohteiden kolmantena valintakriteerinä oli vähintään kohtuullinen saavutettavuus. Vaikeakulkuisen maaston takana olevia kohteita ei valikoitu tutkimukseen yhtään. Dronen isokokoinen suojalaatikko oli kahden miehen kannettava, eikä soveltunut siten vaikeakulkuisiin maastoihin.

Jokaiselle 15 kohteen laskentakierrokselle oli varattu viikko laskenta-aikaa, joten hyvien sääolosuhteiden sattuessa kohdalle pyrittiin laskemaan mahdollisimman moni kohde.

Taulukko 1. Kohteiden ala, ravinteisuusluokka ja laskenta-ajat.

Kohde	Ala (ha)	Ravinteisuus	1. las- kenta	Klo	2. las- kenta	Klo	3. lasken- ta	Klo
Hämeenlahti I	4,16	3	20. kesä	18.07	5. heinä	11.23	18. heinä	18.53
Hämeenlahti II	3,72	3	21. kesä	19.44	5. heinä	8.44	18. heinä	18.24
Keskimmäinen I	5,00	3	21. kesä	6.08	4. heinä	9.08	18. heinä	17.30
Keskimmäinen II	4,61	3	21. kesä	6.30	4. heinä	9.45	18. heinä	17.14
Mustavirta, ranta	2,90	2	20. kesä	11.37	3. heinä	15.19	18. heinä	9.35
Mustavirta, saari	4,08	2	20. kesä	12.08	3. heinä	15.01	18. heinä	9.50
Paskalampi, pitkä	1,83	3	19. kesä	18.53	3. heinä	19.50	18. heinä	11.56
Paskalampi, poikki	1,14	3	19. kesä	19.08	3. heinä	19.55	18. heinä	11.52
Pieni Lapinjärvi	4,84	3	20. kesä	17.10	3. heinä	10.23	18. heinä	20.21
Riistavesi I	6,78	3	21. kesä	13.37	5. heinä	7.35	19. heinä	14.07
Riistavesi II	5,10	3	21. kesä	14.18	5. heinä	8.06	19. heinä	14.17
Tavinsalmi	8,79	3	20. kesä	9.09	3. heinä	16.16	18. heinä	10.35
Tervaranta	4,30	2	20. kesä	19.43	4. heinä	10.40	19. heinä	12.16
Mattilanlahti	4,85	3	20. kesä	10.12	3. heinä	18.05	18. heinä	12.54
Vasemmaislampi	3,15	3	19. kesä	11.22	4. heinä	18.05	18. heinä	19.31
Pappalan allas	2,87	2	–	–	4. heinä	17.17	–	–
Patamäen kosteikko	2,81	1	–	–	4. heinä	15.30	–	–

Ravinteisuusluokat

1 = <25 %

2 = 25–50 %

3 = >50 %

2.2 Tutkimusta alustava ja tukeva toiminta

2.2.1 Koelennot

Tutkimusta pohjustavat koelennot järjestettiin 9.–10.5.2017 Uimaharjulla, Joensuussa. Koelentojen päätarkoituksena oli tutustua laitteistoon, sen suorituskykyyn sekä lintujen reaktioihin. Laitteiston osalta testasimme akkujen tehokasta käyttöaika, kameran suorituskykyä sekä dronen automaattista toimintaa lentosovellukseen määrittämiemme parametrien mukaan. Muita havaittavia ominaisuuksia olivat dronen liikehtiminen sekä ääni eri lentovaiheissa.

Koelennon kuvamateriaalin tutkinnan jälkeen päädyttiin vaihtamaan dronen kamera DJ3:sta DJ5:een kuvien laadun parantamiseksi. Koelentojen kuvamateriaalista pyrittiin

myös tuottamaan ortoilmakuva, mutta overlap-arvot osoittautuivat liian mataliksi korkearesoluutioisen ortoilmakuvan muodostamiseen.

Lintujen käyttäytymisestä emme saaneet kovin kattavaa kuvaa kahdessa koelentopäivässä. Saatujen havaintojen perusteella muuttoparvissa olleet vesilinnut olivat herkkiä lähtemään. Moni lintu karkkosi jo ennen varsinaisen lentotoiminnan aloittamista. Havainto jättää ilmoille jatkotutkimuksen aiheen: kuinka paljon ajankohdan valinta vaikuttaa vesilintujen kuvattavuuteen dronella.

2.2.2 Laskentakierroksen suunnittelu

Täyden laskentakierroksen suunnitteluun vaikuttivat eniten pistelaskentamenetelmän määrittämät ohjeet laskenta-ajoista sekä tehokkuus. Laskentakierro suunniteltiin siten, että mitään kohdetta ei laskettaisi pelkästään aamu- tai iltapäivällä. Sillä pyrittiin minimoimaan vuorokaudenajan vaikutus vesilintujen aktiivisuuden vaihtelussa. Yhdelle 15:n kohteen laskentakierrokselle varattiin aikaa viisi päivää. Sääolojenollessa suotuisat laskentoja pyrittiin tekemään tauotta, jotta yksikään kohde ei jäisi laskematta. Kohteiden laskennat päätettiin suorittaa kahden viikon välein ennalta määritetyillä aikaväleillä: 19.–23.6., 3.–7.7. ja 17.–21.7.2017. Suunnittelussa pyrittiin myös huomioimaan kohteiden sijainti, jotta toisiaan lähellä olevat kohteet tulisi laskettua peräkkäin tehokkuuden maksimoimiseksi.

Jokaiselle kohteelle määritettiin ennalta karkeat laskentapositionit sekä pistelaskennalle että dronen operoinnille. Laskentapositioneja määrittäessä otettiin huomioon alueen maastonmuodot, lentotoiminnan rajoitteet (sähkölinjat, mastot, lentokieltoalueet), saavutettavuus ajoneuvolla sekä ajoneuvon ja laskentaposition välinen maastosiirtymä. Laskentapaikkojen tarkka sijainti määräytyi kohteella ensimmäisellä laskentakerralla lennättäjien ja pistelaskijoiden yhteispäätöksellä.

2.3 Pistelaskenta

2.3.1 Pistelaskentapaikan valinta

Pistelaskentapaikan valinnassa noudatettiin ensisijaisesti laskentaohjetta. Alueelta hyödynnettiin korkeita maaston muotoja, avonaisia rantoja ja mahdollisia lintutorneja. Yksi kohde laskettiin tukevaoksaisesta männystä, koska rannan tiheä ja korkea pensaskerros ei mahdollistanut laskentaa maan tasalta.

Pistelaskentapaikan sijaintia määrittäessä kiinnitettiin huomiota siihen, että laskentapaikalle kulkeminen ja siellä olo eivät aiheuttaisi ylimääräistä häiriötä sekä laskettavalle että muullekaan linnustolle. Pienissä määrin painotettiin myös paikan saavutettavuutta. Pistelaskennan jälkeen oli tärkeää päästä dronen operointipaikalle nopeasti, jotta lento- toimintaa ja sen aiheuttamia reaktioita linnuissa päästiin seuraamaan.

2.3.2 Pistelaskentaa edeltävä toiminta

Vallitseva säätila arvioitiin jokaisella kohteella ennen pistelaskennan aloittamista. Sade, välitön sateen tai ukkosen uhka ja liian kova tuuli (>8 m/s) olivat perusteita siirtää laskenta-ajankohtaa tuonnemmaksi. Säätila arvioitiin yhdessä lennättäjien kanssa ja apuna hyödynnettiin myös Ilmatieteen laitoksen sekä Forecan tarjoamaa paikkakuntakohtaista ennustetta lähitunneille. Ennusteita hyödynnettiin myös päivien rakenteen suunnittelussa; esimerkiksi lounas- tai akkujenlataustauko pyrittiin ajoittamaan heikomman tai keltovottoman laskentakelin kanssa.

Kun säätila ei estänyt laskentatoimien aloittamista, tarkistettiin kohdealue ja sen välitön läheisyys häiriötekijöiden, kuten kalastajien, varalta.

Ennen laskennan aloittamista testattiin vielä radiopuhelinten toimivuus, mikäli pistelaskenta- sekä droneoperointipaikka eivät olleet lähekkäin.

2.3.3 Pistelaskenta

Pistelaskenta suoritettiin kiikari- ja kaukoputkiavusteisesti kahden laskijan voimin. Laskennassa noudatettiin pääsääntöisesti Luomuksen pistelaskentaohjeita. Tutkimuksellisista syistä joistakin ohjeisuksista saatettiin poiketa. Esimerkiksi poikuelaskennan suositellusta aikavälistä, 1.-20.7., poikettiin ensimmäisen laskentakierron osalta, joka ajoittui kesäkuun 19. ja 21. päivän välille.

Kaikki havaitut vesilinnut merkittiin muistiin ja eriteltiin tarkoin. Poikueiden ja poikasten lukumäärä kirjattiin. Myös poikasten ikäluokka määritettiin. Laskettaviin lajeihin kuuluneiden lisäksi tutkimuksen kannalta merkittäväksi koettujen lajien läsnäolo ja havainnot käyttäytymisessä kirjattiin muistiin.

2.4 Dronelaskenta

2.4.1 Laitteisto, sovellukset ja apuvälineet

DRONE	DJI Matrice -multikopteri. Täysin kustomoitava ja ohjelmoitava droneaihio.
KAMERA	Dronen alkuperäinen DJI X3 -kamera korvattiin korkeamman resoluution DJI X5 -kameralla (526 g), jonka tarkkuus on 16 megapikseliä (4608x3456). Kameran linssin koko on 15 mm ja näkökenttä 72°. Kamera on vakautettu kolmeakselisella gimbaalilla.
AKKU	Käytössä oli kahdeksan DJI TB48D -litiumpolymeeriakkua (5700 mAh / 129,96 Wh). Yhden akun paino on 676 grammaa.
SOVELLUS	Sovelluksena käytettiin Maps Made Easy -lentosovellusohjelmistoa.
NÄYTTÖ	Kuva-aineiston analysointi tehtiin HP Compaq LA2405x -näytöllä. Näytön asetuksista kirkkaus säädettiin 90 ja kontrasti 100 prosenttiin.
OPTIIKKA	Dronen vaikutusta lintujen käyttäytymiseen havainnoitiin kiikareilla (8x50) ja kaukoputkella (20-40x60). Pistelaskennassa käytettiin samaa kalustoa.

2.4.2 Dronen operointipaikan valinta

Dronen operointipaikat sijaitsivat 200–600 metrin päässä laskettavasta kohteesta. Operointipaikan valinnassa rajoittavia kriteereitä oli kolme: näkyvyys alueelle, turvallinen laskeutumistila ja etäisyys kohteesta. Muita huomioitavia asioita olivat mahdollisimman vähän häiriön aiheuttaminen linnuille.

Lentotoiminnan aikana näköyhteyden täytyi säilyä katkottomana droneen määräysten mukaisesti (TRAFI/90924/03.04.00.00/2016). Lennätyspaikka pyrittiin valitsemaan mahdollisimman avonaiselta alueelta siten, että lennettävän alueen ja operointipaikan väliin ei synny katvetta. Joillakin kohteilla lentotoiminnan aputähystäjä jouduttiin sijoittamaan erilleen operointipisteestä, jotta näköyhteys droneen saatiin ylläpidettyä.

Ohjelmistohäiriö, sääolosuhteiden nopea muutos tai muu tekninen vika laitteessa aiheuttaa poikkeuksetta dronen äkillisen maahantuonnin tarpeen. Mahdollisen häiriötilanteen vuoksi laskeutumistilaa täytyy olla riittävästi, jotta epätarkkakaan laskeutuminen ei aiheuta vaaratilannetta lennättäjille tai lennokille.

Dronen operointipaikalla tapahtuvan toiminnan häiriöt kuvattavan alueen linnustolle pyrittiin minimoimaan sijoittamalla operointipaikka riittävän kauas kohteesta. Lennättäjien sekä tutkijoiden välinen kommunikointi sekä pieni liikehdintä täytyi olla mahdollista häiriöttä. McEvoy'n ym. vuonna 2016 julkaiseman tutkimuksen mukaan linnut lähtivät usein lentoon dronen nousuvaiheessa, mutta eivät pelänneet rauhallisesti yli lentävää dronea. Tämän häiriön mahdollisuutta ei pystytty kahdella kohteella täysin poissulkemaan, koska katkottoman näköyhteyden säilyttäminen droneen pakotti sijoittamaan dronen operointipaikan lähemmäs kohdetta, kuin olisi haluttu.

Paikan valintaa painotettiin hieman myös saavutettavuuden suhteen. Pitemmille siirtymille drone täytyy pakata isoon suojalaatikkoon, jotta kuljetusaikana laite ei rikkoontuisi esimerkiksi sitä kantavan henkilön kompastuessa. Ison laatikon liikuttelu maastossa taas on hidasta ja tutkimuksen aikataulu joustamaton. Optimoinnin avulla pyrittiin maksimoimaan päivässä laskettavien kohteiden määrä.

Metrintarkka sijainti määräytyi ensimmäisellä laskentakerralla lentäjien toimesta. Valintaan vaikutti eniten kenttäkerroksen kasvillisuus ja tasaisuus. Joillakin kohteilla maanpintaa tasoitettiin kevyesti laskeutumisalustaa varten. Laskeutumista ja roottorien pyörimistä häiritsevää kenttäkerroksen kasvillisuutta poistettiin rehevämmillä paikoilla, kuitenkin siten, ettei maanomistajalle koitunut haittaa.

2.4.3 Laskentojen jälkeinen toiminta

Laskentapäivän päätyttyä kuvamateriaali kopioitiin muistikortilta kannettavalle tietokoneelle. Tuotetun kuvamateriaalin laatu tarkistettiin päivän päätteeksi. Yhden lentokerran laatu ei vastannut odotuksia ja kuvamateriaali hylättiin. Hylkäämiseen johti kuvien säännöllinen epätarkkuus, joka johtui ilmeisesti kameran hetkellisestä toimintahäiriöstä. Kohde kuvattiin seuraavana päivänä uudestaan ja vastaavaa kameran toimintahäiriötä ei myöhemmin tutkimuksissa enää esiintynyt.

Muita laskentojen ulkopuolisia toimenpiteitä oli akkujen lataaminen sekä laitehuolto. Drone ja kamera tarkistettiin silmämääräisesti jokaisen laskentapäivän päätteeksi ulkoisten vaurioiden varalta.

2.5 Dronetoiminta

2.5.1 Saapuminen operointipisteelle

Dronen operointipisteelle lähestyminen tehtiin varoen ja vähäeleisesti, jos häiriön mahdollisuus laskettavalle alueelle koettiin mahdolliseksi. Drone tuotiin operointipisteelle joko kuljetuslaatikossa tai käsissä. Lyhyemmillä kuljetusmatkoilla dronen kuljetuslaatikko jätettiin ajoneuville.

2.5.2 Valmisteleva toiminta operointipisteellä

Operointipisteelle saavuttua lennättäjät tekivät valmistelevia toimenpiteitä samanaikaisesti, kun pistelaskentaa suoritettiin. Laskeutumipaikan läheisyydessä esiintynyt laskeutumista haittaava kenttäkerroksen kasvillisuus poistettiin ja mahdollinen liika epätaisuus tasoitettiin laskeutumisalustaa varten.

Drone koottiin kuljetusasennosta lentoasentoon asettamalla akku ja propellit paikalleen. Dronen kompassi kalibroitiin jokaisella lentopaikalla laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Kalibroinnin jälkeen dronen lentosovellus kytkettiin päälle iPadista ja testattiin, että laite muodosti mobiilidatayhteyden sekä yhteyden droneen. Sovelluksesta varmistettiin myös, että dronen sijainti päivittyi oikein sovellukseen.

Testinously suoritettiin yleensä heti sovellustestien jälkeen, mutta joillakin kohteilla se tehtiin vasta pistelaskennan jälkeen. Näillä kohteilla operointipisteen katsottiin olevan niin lähellä laskenta-aluetta, että testinously voisi häiritä laskettavia lintuja. Testinouslysa drone nostettiin muutaman metrin korkeuteen ja testattiin, että drone tottelee ohjauslaitteen peruskomentoja. Testinouslyn aikana myös kokeiltiin, että kamera liikkuu ja ottaa kuvia.

Testaustoimenpiteiden jälkeen lentosovellukseen avattiin kohteen lentosuunnitelma ja lentokuvion rotaatio määritettiin. Rotaatio optimoitiin kuvattavan alueen muotojen mukaan, mutta kovempien tuulien vallitessa dronen vakaus priorisoitiin tärkeimmäksi.

Lopuksi apulentäjä siirtyi tähystyspaikalle, mikäli kohteen puusto ei mahdollistanut katkotonta tarkkailua lennätyspisteeltä. Tarvittaessa aggregaatti kytkettiin kiinni neljän akun lataustelakan sisältäneeseen kuljetuslaatikkoon, jotta akkuja saatiin ladattua lentotoiminnan aikana.

2.5.3 Varsinainen lentotoiminta

Lentoparametrit määritettiin koelentoihin perustuen. Kuvauslentokorkeudeksi säädettiin aluksi 50 metriä, mutta se vaihdettiin 40 metriin ensimmäisen kohteen havaintojen perusteella. Vesilinnut eivät olleet niin arkoja, kuin koelentojen aikana.

Overlap-arvoiksi asetettiin 60/60. Varsinaiseen lentotoimintaan ryhdyttiin, kun lupa lentotoiminnan aloittamiseen pistelaskentaa suorittavilta saatiin. Operoinnin aloittamisaika kirjattiin ylös ja drone nostettiin 60 metrin siirtymälentokorkeuteen, jossa drone lensi tehtävän aloituspisteelle. Saavutettuaan aloituspisteen drone pudotti korkeutta 40 metriin ja aloitti kuvaustoiminnan. Kuvaustoiminnan aikana drone lensi ja kuvasi määrättyä lentokuvia automaattisesti (Kuva 1). Akunvaihtoon drone tuli, kun akun varaus oli tippunut alle määritetyn 40 % tason, tai lentäjän päätöksellä. Akunvaihdon yhteydessä tapahtuva lento suoritettiin siirtymälentokorkeudessa. Akunvaihdon jälkeen drone palasi automaattisesti jatkamaan tehtävää sijainnista, josta viimeisin kuva oli otettu. Tehtävän päätyttyä drone suoritti siirtymälennon takaisin operointikohteelle lopettamaan tehtävän. Kaikki laskeutumiset toteutettiin manuaalisesti. Koelentojen yhteydessä kokeilussa automaattilaskeutumisessa dronen laskeutuminen vaikutti silmämääräisesti rajummalta kuin ammattitaitoisen lennättäjän toteuttamana.



Kuva 1. Keltaisella värillä korostetun kuvausalueen lentosuunnitelma optimoitiin ensisijaisesti alueen muotojen mukaan. Kova tuuli (5-8 m/s) sekä akunvaihto otettiin tarpeen mukaan huomioon. Lentosovelluksen arvio akunvaihdosta näkyy kuvassa valkoisen lentoreittiä ilmaisevan viivan vaihtuessa harmaaksi.

Kuvaustoiminnan aikana dronen lentonopeus ja kameran asetukset määräytyivät automaattisesti valon ja tuulen mukaan – kuitenkin ennalta määritettyjen raja-arvojen puitteissa. Siirtymälannoilla drone lensi normaalia matkavauhtia. Kohteen kuvien lukumäärä määräytyi overlap-arvojen, kuvattavan alan, lentokorkeuden ja lentokuvion perusteella.

2.5.4 Pistelaskentahenkilöiden rooli varsinaisen lentotoiminnan aikana

Pistelaskentaa suorittaneet henkilöt siirtyivät pistelaskennan jälkeen dronen operointipisteen läheisyyteen, josta kohteen linnustoa ja lentäjien toimintaa voitiin tarkkailla. Lentotoiminnan aloitus- ja lopetusajat kirjattiin ylös. Myös kaikki merkittävät vika- ja häiriötilanteet kirjattiin kestoineen.

Kohteen tarkkailussa kiinnitettiin erityisesti huomiota vesilintujen käyttäytymiseen lentoiminnan aikana. Alueelta poistuneet sekä sinne tulleet vesilinnut kirjattiin.

Samanaikaisesti havainnoitiin myös laskentaan kuulumattomien lintulajien käyttäytymistä sekä tutkimusmielessä että lintujen oman turvallisuuden vuoksi. Havainnot dokumentoitiin vesielinympäristössä tai sen välittömässä läheisyydessä viihtyvien päiväaktiivisten ei piilottelevien lajien osalta.

Droneen suhtautuminen jaettiin kolmeen luokkaan: *ei herkkä*, *herkkä* ja *todella herkkä*. Kaikki saman lajin edustajat kirjattiin yhtenä havaintona per laskentakerta, mikäli käyttäytyminen oli yhtenäistä. Esimerkiksi kahlaajaparven lähtiessä dronen lähestyessä häntäänäntyneinä lentoon, kirjattiin yksi havainto luokkaan *todella herkkä*. Jos saman lajin yksilöiden välillä esiintyi toisistaan poikkeavaa käyttäytymistä, niin havainto kirjattiin kaikkiin niihin herkkyysluokkiin, joita laskentakerralla oli havaittu. Käyttäytymisen tarkempi ilmenemismuoto kirjattiin ylös. Ilmenemismuotoja olivat esimerkiksi pako-, varoittelulento ja sukellus. Myös muut maininnanarvoiset huomiot otettiin ylös.

2.6 Aineiston käsittely

2.6.1 Dronelaskenta-aineiston käsittely

Kuvamateriaalin havainnot kerättiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan katsomalla maanalaaisesti kuvat yksitellen läpi kronologisessa järjestyksessä. Kuvasta katsottiin ensin yleisnäkymä, jonka jälkeen vesilinnuille potentiaaliset alueet käytiin huolellisesti läpi suurennetulla näkymällä. Potentiaalisiksi alueiksi määritettiin rantaviivan läheisyys, pienet saarekkeet ja näkyvä vesikasvillisuus. Tulkintaa vaikeuttavien tekijöiden, kuten kovan aallokon tai syvien varjojen, alaiset alueet katsottiin potentiaalisten alueiden lisäksi suurennetulla näkymällä läpi, sillä yleisnäkymä ei riittänyt niiden luotettavaan tarkasteluun.

Yksittäisen kuvan tarkasteluun käytetty aika oli yleisimmin 10–90 sekuntia. Kuvan tarkasteluajan pituuteen merkittävimmin vaikuttavat tekijät olivat kasvillisuuden määrä sekä vesilintujen tai vesilintua muistuttavan objektin löytyminen. Merkittävästi aikaa lisäsi myös voimakas aallokko ja syvät varjot. Yhden laskentakerran kuvamateriaalin

tulkinta vei aikaa 15–75 minuuttia. Käytetyn ajan määrään vaikutti edellä mainittujen tekijöiden lisäksi kuvien määrä, mikä vaihteli kuvattavan alan koon sekä muodon mukaan 36–170:n kuvan välillä.

Kasvillisuudeltaan ja vesialueeltaan mosaiikkimaisen muodostuman kattaneet kuvat olivat hitaimpia havainnoitavia. Lajien tunnistus ja joissain tilanteissa lukumäärän laskeminen veivät aikaa. Epävarmojen havaintojen kohdalla varmuus saattoi löytyä limitäistä kuvaa katselemalla: esimerkiksi linnulta muistuttava objekti voi varmistua toisessa kuvassa vedestä ylös pistäväksi kannoksi. Usein sama poikue oli tallentunut useampaan limittäiseen kuvaan: näissä tilanteissa havainnon poiketessa esimerkiksi poikasten lukumäärän suhteen, päädyttiin merkitsemään suurin havaittu poikasten määrä.

Kokosukeltajien kohdalla jouduttiin arvioimaan esimerkiksi sukelluksesta pintaan jääneen selkeän pintaväreen avulla poikueen todellinen lukumäärä. Kokosukeltajien kohdalla kova aallokko hankaloitti tai teki mahdottomaksi sukelluksissa olevien yksilöiden arvioinnin. Myös tyynellä kelillä pitkään sukelluksissa ollut yksilö saattoi jäädä laskeutumatta, sillä vedenpinnalle sukelluksesta jäävä pintaväre ei ollut enää kuvasta havaittavissa.

Vesilintujen liikehinnästä muodostuneet aallot ja väreet näkyivät selkeästi tyynellä kuvauskelillä otetuissa kuvissa, helpottaen tunnistustyötä. Myös tuulen aiheuttaman lievähkön pintaväreilyn lomasta oli erotettavissa vesilintujen liikehinnästä koituneita väreitä tai aaltoja. Isommasta aallokosta liikehinnän aiheuttamat väreet eivät olleet enää merkittävässä roolissa havainnoinnin näkökulmasta.

2.6.2 Pistelaskenta-aineiston käsittely

Pistelaskenta-aineisto tuotiin muistiinpanoista Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Pistelaskenta-aineiston yhteyteen kirjatut havainnot lintujen käyttäytymisestä kirjattiin sanallisesti kohteittain.

2.7 Tilastolliset menetelmät

Tietoa analysoitiin Spearmanin järjestyskorrelaatiotestillä sekä Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä.

3. TULOKSET

Tutkimuksemme viidellätoista kohteella onnistuttiin suorittamaan sekä drone- että pistelaskenta jokaisella laskentakierroksella. Laskentakierroksia oli kolme, joista keskimäisellä laskettiin myös kaksi ylimääräistä kohdetta: Pappalan allas ja Patamäen koskeikko. Onnistuneita ja tutkimuksessa huomioituja laskentasarjoja saatiin 47 kappaletta. Laskentasarjalla tarkoitetaan yhden kohteen drone- ja pistelaskentaa.

Ylimääräisten kohteiden laskentaan päädyttiin, koska vesilintupoikueita ei ollut havaittu läheskään niitä määriä, mitä pitkän ajan keskiarvoon nähden kohteilta oli perusteltua odottaa. Historiallisen huonoksi osoittautunut kesä poikastuoton osalta (Luke, julkaisematon) oli todennäköisesti merkittävin yksittäinen syy havaintojen vähyteen.

Pistelaskentamenetelmällä havaittiin 22 ja dronelaskenta-aineistosta 18 puolisuikeltajapoikuetta. Kokosuikeltajapoikueita havaittiin lähes sama määrä; pistelaskentamenetelmällä 19 poikuetta ja dronelaskenta-aineistosta havaittiin 17 poikuetta. Vesilintuja havaittiin 37 laskentasarjalla, joista poikuehavainnon sisältäneitä oli 16. Täysin tyhjiä laskentasarjoja oli 10 kappaletta.

Puolisuikeltajista selvästi yleisimmät lajit olivat sinisorsa (*Anas platyrhynchos*) ja tavi (*Anas crecca*). Muita laskentaan kuuluvia havaittuja lajeja olivat haapana (*Mareca penelope*), jouhisorsa (*Anas acuta*) ja lapasorsa (*Spatula clypeata*). Suurista sorsalinnuista havaittiin kaksi lajia: merihanhi (*Anser anser*) ja laulujoutsen. Merihanhipoikue löytyi yhdeltä kohteelta droneaineistosta. Poikueesta saatiin myös näköhavainto kyseiseltä kohteelta, mutta havainto tuli varsinaisen laskennan ulkopuolella, joten sitä ei voitu huomioida pistelaskenta-aineistossa

Laulujoutsenta esiintyi runsaana. Dronelaskennalla havaittiin yhteensä seitsemän poikuetta. Kaiken kaikkiaan havaittiin 20 poikasta ja 11 aikuista lintua. Yllättävää oli, että suurikokoisena ja väritykseltäänkin helposti havaittavana lajina laulujoutsenpoikueita havaittiin pistelaskentamenetelmällä vain kaksi. Aikuisten lukumäärä oli kokonaisuudessaan sama 11 lintua, mutta kahdesta poikueesta poikasia laskettiin yhteensä vain viisi kappaletta. Onkin mahdollista, että laulujoutsen isona lintuna havaitaan tiheänkin vesikasvillisuuden seasta ilmakuviasta, mutta pienemmät ja paremmin kasvillisuuden sekaan naamioituvat vesilintupoikueet jäävät molemmilla menetelmillä havaitsematta.

Kokosukeltajista yleisimpiä olivat telkkä (*Bucephala clangula*) sekä silkkiuikku (*Podiceps cristatus*). Yhdellä laskentakerralla havaittiin myös tukkasotkia (*Aythya fuligula*). Puolisukeltajien poikasten yhteenlaskettu lukumäärä oli pistelaskentamenetelmällä 109 ja dronelaskennassa 141 poikasta. Kokosukeltajien osalta luvut olivat 135 pistelaskentamenetelmällä ja 180 dronelaskenta-aineistosta.

Tuloksia analysoitiin Spearmanin järjestyskorrelaatiotestillä sekä Wilcoxonin merkittyyden sijalukujen testillä. Päätymisen ei-parametrisiin testeihin perustui siihen, että tuotettu aineisto oli nollasaastunutta.

Pistelaskentojen ja dronelaskentojen välinen yhteneväisyys vesilintupoikueiden välillä oli kaikilla 15 tutkitulla kohteella korkea, lukuun ottamatta sinisorsapoikueita 1. ja 3. kierroksella (Taulukko 2).

Taulukko 2. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin pistelaskenta- ja dronelaskentatulosten välillä ottaen huomioon kolmen yleisimmän lajin poikueet kaikilla kolmella havaintokierroksella. Yksi havaintokierros käsittää 15 kohdetta. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiokertoimet on merkattu tähdellä (*).

	1. kierros	2. kierros	3. kierros
Sinisorsa	-0,071	0,681*	-0,134
Tavi	0,817*	0,76*	0,681*
Telkkä	0,732*	0,732*	0,997*

Tarkasteltaessa laskentoja, joissa poikue havaittiin sekä piste- että dronelaskennassa, eroa poikueiden lukumäärässä ei löytynyt millään lajilla (Taulukko 3). Poikueiden koon suhteen eroavaisuuksia löytyi tavin osalta: dronelaskennoissa poikuekoko osoittautui suuremmaksi kuin pistelaskennassa. Sinisorsan ja telkän osalta eroavaisuuksia ei löytynyt.

Taulukko 3. Sinisorsan, tavin ja telkän poikueet sekä poikasten lukumäärä kullakin kohteella piste- ja dronelaskennassa. Tilastollisessa testaamisessa on huomioitu vain kohteet, joissa poikueita havaittiin vähintään joko piste- tai dronelaskennassa. (Sinisorsa, n = 6, tavi = 8, telkkä, n=4). Arvot ovat laskettujen kohteiden keskiarvoja, kun kaikki kolme laskentakierrosta otetaan huomioon. Tilastollisena menetelmänä on käytetty Wilcoxonin merkittävien sijalukujen testiä.

		Piste- laskenta	Drone- laskenta	Z	p
Sinisorsa					
Poikueiden lukumäärä	Keskiarvo	0,7	0,5		
	Mediaani	1,0	0,5	0,447	0,655
	Vaihteluväli	0-1,0	0-1,0		
Poikasten lukumäärä	Keskiarvo	4,6	3,7		
	Mediaani	6,0	2,5	0,271	0,786
	Vaihteluväli	0-8,0	0-10,0		
Tavi					
Poikueiden lukumäärä	Keskiarvo	0,8	0,9		
	Mediaani	0,8	1,0	0,172	0,863
	Vaihteluväli	0-2,0	0-1,6		
Poikasten lukumäärä	Keskiarvo	3,1	7,1		
	Mediaani	2,0	5,8	2,103	0,035
	Vaihteluväli	0-7,0	0-16,3		
Telkkä					
Poikueiden lukumäärä	Keskiarvo	2,1	1,6		
	Mediaani	1,0	0,8	1,604	0,109
	Vaihteluväli	1,0-5,3	0-5,0		
Poikasten lukumäärä	Keskiarvo	12,3	16,8		
	Mediaani	3,8	6,5	1,095	0,273
	Vaihteluväli	0-41,7	0-54,0		

Dronelaskentojen aikana kiinnitettiin huomiota myös laskentaan kuulumattomien lintulajien käyttäytymiseen. Erityisesti havaintoja tehtiin vesielinympäristössä tai sen välittömässä läheisyydessä viihtyvien lajien osalta (Taulukko 4).

Taulukko 4. Lintujen käyttäytymisvaste dronen lentotoimintaan. Käyttäytymisvasteet on jaettu kolmeen kategoriaan: 1. Ei herkkä = lintujen käyttäytymisessä ei näkyviä muutoksia. 2. Herkkä = käyttäytymisessä näkyy selkeää hermostuneisuutta 3. Todella herkkä = käyttäytyminen muuttuu voimakkaasti, esimerkiksi pakolento tai hyökkäily dronea kohtaan. Merkkien selitykset: E = emolintu poikueen kanssa tai pesällä, P = lintuparvi, Y = lintuyksilö. Havaintojen määrä on ilmoitettu jokaisella sarakkeella. Reaktiotarkenne on ilmoitettu havaintojen lukumäärän indeksissä.

Laji	Ei herkkä	Herkkä	Todella herkkä
Haapana, <i>Mareca penelope</i>	P=5	E=2 ³	
Harmaahaikara, <i>Ardea cinerea</i>		Y=1 ¹	P=6 ²
Isokuovi, <i>Numenius arquata</i>			E=3 ²
Kalalokki, <i>Larus canus</i>	E=3	E/P=9 ^{4,5}	E=2 ⁴
Kurki, <i>Grus grus</i>		E=1 ³	E=1 ² , Y=1 ²
Laulujoutsen, <i>Cygnus cygnus</i>	Y=3(♂)	E=7 ³	
Meriharakka, <i>Haematopus ostralegus</i>			E/P=2 ²
Punajalkaviklo, <i>Tringa totanus</i>			E=5 ²
Ruskosuohaukka, <i>Circus aeruginosus</i>	Y=1	E=4 ^{4,5}	
Silkkiuikku, <i>Podiceps cristatus</i>		E=4 ³ , Y=6 ³	
Sinisorsa, <i>Anas platyrhynchos</i>	P=4, E=1	E=6 ³ , Y=5 ³	
Tavi, <i>Anas crecca</i>		E=13 ³	P=3 ¹ (♂)
Telkkä, <i>Bucephala clangula</i>	E=6, Y=1	E=6 ⁶	
Töyhtöhyppä, <i>Vanellus vanellus</i>			E/P=7 ²
Valkoviklo, <i>Tringa nebularia</i>			E/P=7 ²

¹ = pakolento, valokuva

² = pakolento, ei valokuvaa

³ = pyrki välttelemään dronea liikkumalla sivuun lentoreitiltä

⁴ = lensi dronen ympärillä

⁵ = varoittelulentoa tai hyökkäilyä dronea kohtaan

⁶ = sukellus

Kahlaajista tehdyt havainnot luokiteltiin käyttäytymisvasteelta todella herkiksi lukuun ottamatta yhtä harmaahaikara- ja kurkihavaintoa. Pääsääntöisesti kahlaajat lensivät pois alueelta heti dronen havaittuaan. Harmaahaikarasta oli seitsemällä laskentakerralla havainto kuten myös töyhtöhyypästä ja valkoviklosta. Punajalkavikloa tavattiin viidellä kerralla ja isokuovia sekä kurkea kolmella. Meriharakka tavattiin kahdesti samalla kohteella (Taulukko 4).

Ruskosuohaukasta oli yhteensä viisi havaintoa. Suhtautuminen droneen oli pääsääntöisesti herkkää. Yleisin käyttäytymismalli oli ajoittainen lentely etäällä dronen ympärillä. Myös suoraan dronea kohti suuntautunutta varoittelulentoa havaittiin (Taulukko 4).

Droneen herkästi suhtautuminen oli vesilintulajeilla yleisin käyttäytymismalli ja se koostui poikueilla, joissa valtaosalla reaktio oli vältellä dronea uimalla sivuun sen lentoreitiltä. Selvästi toisistaan poikkeavia havaintoja esiintyi laulujoutsenen ja tavin välillä. Pesimättömät laulujoutsenkoiraat eivät olleet herkkiä dronelle, kun taas tavikoiraat lähtivät pakolennolle dronen havaittuaan. Poikueellisina molempien lajien käyttäytyminen oli yhtenäistä; linnut pyrkivät välttelemään dronea liikkumalla sivuun lentoreitiltä. (Taulukko 4).

Kalalokki oli ainoa laji, jolle kertyi havaintoja jokaiseen herkkyyssluokkaan. Herkkä suhtautuminen droneen oli selvästi yleisintä (Taulukko 4).

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Dronelaskennan soveltuvuus poikuelaskentoihin

Tutkimuksemme viittaa, että dronelaskenta ei sellaisenaan sovellu nykyisen pistelaskentajärjestelmän korvaajaksi tai täydentäjäksi. Testimme osoittaa myös sen, että tutkimamme menetelmän pohjalta ei voida muodostaa pistelaskentatuloksen luotettavuutta parantavaa korjauskerrointa rehevyysluokittain. Havaintoaineistoa kasvattamalla ja tutkimusta toistamalla korjauskertoimen muodostaminen voisi olla mahdollista, mutta vain sillä olettamalla, että riittävä lajitunnistusvarmuus saavutetaan. Tutkimuksessa käytetyn kamerateknologian ja lentokorkeuden yhdistelmä ei tuottanut niin laadukasta kuvamateriaalia, että tunnistusvarmuus lajin saati poikasten ikäluokan osalta olisi saatu riittävän korkealle tasolle. On myös epätodennäköistä, että kuvamateriaalin laatu täyttäisi automaattisen kuvantunnistuksen vaatimukset siitä huolimatta, että lupaavia tuloksia vesilintujen automaatioavusteisesta tunnistamisesta on saatu (Hodgson ym. 2018, Niemi & Tantt 2018).

Analyysin tuloksia pohdittaessa on tarpeellista huomioida havaintojen vähyys, joka selittyy merkittävältä osin historiallisen heikon poikastuoton myötä (Luke, julkaisematon). Yksittäisesti suurin poikastuottoon negatiivisesti vaikuttanut tekijä oli loppukevään ja alkukesän vaikeat sääolot.

Tuotetussa aineistossa oli nollasaastuneisuutta. Havainnottomien kohteiden määrä oli verrattain suuri siihen nähden, mitä monikymmenvuotisen pohjatiedon perusteella kohteilta voitiin odottaa. Kuudella kohteista on tehty vesilintuseurantaa ja -tutkimuksia vuosina 1985–2017. Mikäli tutkimus olisi toteutettu poikastuotoltaan ja poikuemääriltään keskivertona kesänä, niin pistelaskentamenetelmähavaintojen määrä olisi tilastoihin perustuen pitänyt olla merkitsevästi suurempi. Ja droneaineiston havaintojen määrä olisi ollut merkitsevästi suurempi, mikäli menetelmien välinen havaintosuhte olisi ollut samansuuntainen tämän tutkimuksen kanssa.

Vertailuhistorian ja aikaisemman tutkimuksen puuttuessa dronelaskennan osalta havaintojen määrä on tärkeässä osassa tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa.

Tutkimusmenetelmän ympäristötekijöistä riippumattomista heikkouksista merkittävin oli tuotetun kuvamateriaalin riittämätön tarkkuus, joka toi tunnistamiseen epävarmuutta. Tunnistusvarmuuden pitäisi lähennellä pistelaskentamenetelmän varmuutta, jotta luotettavia korjauskertoimia voitaisiin luoda.

Aineiston laajuudeksi tuli dronelaskentojen osalta hieman yli 4 600 kuvaa, joiden sijainti oli sidottu koordinaatistoon. Alkuperäinen suunnitelma oli tuottaa kuvista hyvälaatuisen ortoilmakuva, mutta määritellyt overlap-arvot (60/60) eivät olleet riittävät. Overlap-arvojen olisi arviolta pitänyt olla vähintään 80/80, mutta se olisi nostanut merkittävästi jokaisen kohteen kuvamääriä ja sitä myötä kuvausaikaa, eikä tutkimusta olisi voinut toteuttaa samassa mittakaavassa. Ongelmaksi olisi myös koitunut käytettävissä olevien akkujen määrä sekä latauskapasiteetti.

Laskettavien kohteiden määrä priorisoitiin tärkeämmäksi kuin ortoilmakuvien tuottaminen, joiden tulkinnan soveltuvuus poikuelaskentaan oli myös arvioitu epävarmemmaksi kuin kuvasarjojen. Overlap-arvon laskemistakin harkittiin, mutta tiheä kuvapeitto osoittautui hyödylliseksi tutkimuksen kannalta. Se mahdollisti esimerkiksi huonoon asentoon tallentuneen linnun tai epävarman havainnon tarkastelun usein vähintään yhdestä, mutta

joskus useammasta limittäisestä kuvasta. Overlap-arvon pitäminen alkuperäisessä osoit-tautuikin hyvin perustelluksi.

4.2 Sään vaikutus kuva-aineiston käytettävyyteen

Säällä oli merkittävä vaikutus kuva-aineiston käytettävyyteen. Valon määrä ja laatu ovat vuoden- ja vuorokaudenajan lisäksi säästä riippuvaisia muuttujia, joiden perusteella määrätty esimerkiksi käytetty valotusaika. Kun valoa on runsaasti, valotusajan pystyy pitämään lyhyenä, jolloin liike-epäterävyyden määrä on pienempi (Kuva 2). Lim ym. päätyivät vuonna 2018 julkaistussa tutkimuksessaan samaan lopputulokseen tutkiessa sään vaikutusta kuvien laatuun reuna-analyysillä.

Liike-epäterävyyteen vaikutti myös tuuli. Viitteitä tuulen vaikutuksesta liike-epäterävyyteen esiintyi Dandois ym. vuonna 2015 julkaisemassa tutkimuksessa. Hyvin vahva korrelaatio ($R = 0.99$) havaittiin tuoreemmassa, vuonna 2018 julkaistussa tutki-muksessa (Han ym. 2018).

Tämän takia dronen ominaisuuksista pelkkä kameratekniikka ei ole ratkaiseva, vaan dronen vakaus vaihtelevissa tuuliolosuhteissa vaikuttaa siihen olennaisesti. (Bristeau ym. 2009, Kim ym. 2017) Käytössämme ollut drone oli ammattilaiskäyttöön suunniteltu ja sen ohjelmoinnissa oli kiinnitetty huomiota vakauteen, jota kuvaamistoiminta vaatii. Vakautta painottava ohjelmointi ei ole itsestäänselvyys, sillä se lisää virrankulutusta ja lyhentää täten lentoaikaa. Sivuhuomiona mainittaneekin, että dronen käyttöön vahvasti nojaavan tutkimuksen hiominen huippuunsa vaatii ammattilaistason dronenkäyttäjää, sillä lento-ominaisuuksiin vaikuttavien parametrien säätö vaatii perehtyneisyyttä.



Kuva 2. Liike-epäterävyys ilmenee sumeutena. Kuvaparissa liike-epäterävyyden vaikutus näkyy lummekasvin lehtien sumeutena. Liike-epäterävyys ei vaikuta merkittävästi kuvan yleisilmeeseen, mutta esimerkiksi lajiparien tunnistamisessa pienet yksityiskohdat voivat olla avainasemassa, jolloin liike-epäterävyyttä ei voi olla liikaa.

Suora auringonpaiste tuo kuitenkin muita ongelmia, kuten varjot (Kuva 3) ja heijastukset (Kuva 4). Heijastukset osoittautuivat vaikeiksi vaaleiden merilintujen automatisoidussa kuvantunnistuksessa aiheuttaen paljon vääriä havaintoja (Boudaoud ym. 2019). Varjoiset paikat jäävät pimeiksi lyhyen valotusajan myötä huonontaan kuvamateriaalin laatua (Rau ym. 2011). Vesilintujen havaitseminen kuvan varjoisilta alueilta on haastavampaa kuin valoisilta. Varjojen määrään kuva-aineistossa vaikuttaa olennaisesti kuvattavaa vesistöä ympäröivät puusto ja pensaskasvillisuus – ja silloinkin vain rantojen läheisyydessä. Mutta sen vaikutusta ei voi jättää huomiotta, sillä havaitut vesilinnut esiintyivät suurimmilta osin rantaviivan läheisyydessä.



Kuva 3. Syvät varjot heikentävät kuvamateriaalin laatua vesilintuja havainnoitaessa.

Vastaavissa tutkimuksissa voi varjojen vaikutusta pyrkiä minimoimaan ajoituksilla mahdollisuuksien mukaan. Paras keino varjojen välttämiseen on kuvata pilvipoutaisella kelillä aamupäivän ja iltapäivän välisenä aikana, jolloin varjoja ei juuri muodostu (Kuva 5). Optimaalisen kuvauskelin odottaminen ei kuitenkaan ole kaikissa tutkimusasetelmissä mahdollista, jolloin suunnitelmallisuuden vaikutus kuvamateriaalin laatuun korostuu. Keskipäivällä varjot ovat lyhyimmillään, kun aurinko on korkeimmillaan. Ja esimerkiksi itään päin avautuvan lahden vesialue voi olla varjoton aamuauringon paistaessa idästä ja hyvinkin varjoinen ilta-auringon paistaessa lännestä.

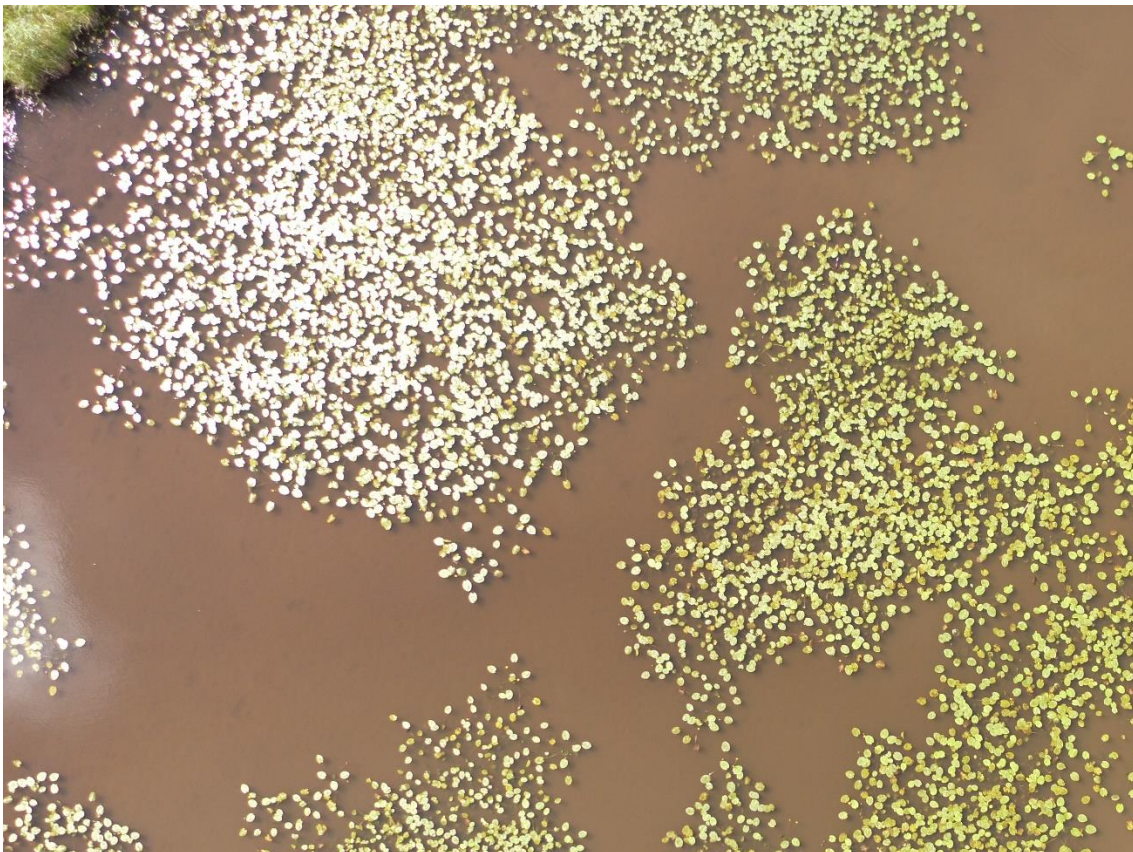


Kuva 4. Heijastukset haittaavat vesilintujen havaitsemista kuvamateriaalista. Ulpukanlehdet eivät erotu kuvan vasemman laidan heijastuksen vaivaaman alueen seasta lähellekään niin hyvin kuin kuvan oikeasta alalaidasta.



Kuva 5. Pilvipoutaisella kelillä valoa on riittävästi, jolloin liike-epäterävyys jää pieneksi. Valon pehmyden myötä kuvan laatua heikentävät varjot sekä voimakkaat heijastukset puuttuvat.

Pilvettömältä taivaalta tai ohuen pilven takaa paistava aurinko aiheuttaa heijastumisen lisäksi ylivalottumista. (Kuva 6). Ylivalottuneissa kuvissa mahdolliset varjoiset alueet ovat usein alivalottuneita, mikä vaikeuttaa niiden alueiden havainnointia. Ylivalottumista esiintyi esimerkiksi kuvissa, joissa vallitseva näkyvä kasvillisuuspeite on vaaleaa tai muuten hyvin valoa heijastavaa (Kuva 6). Ylivalottumista ja muita kuvan laatua heikentäviä ongelmia voi pyrkiä vähentämään algoritmilli, josta voi olla apua kuvantulkintaan (Lei ym. 2017).

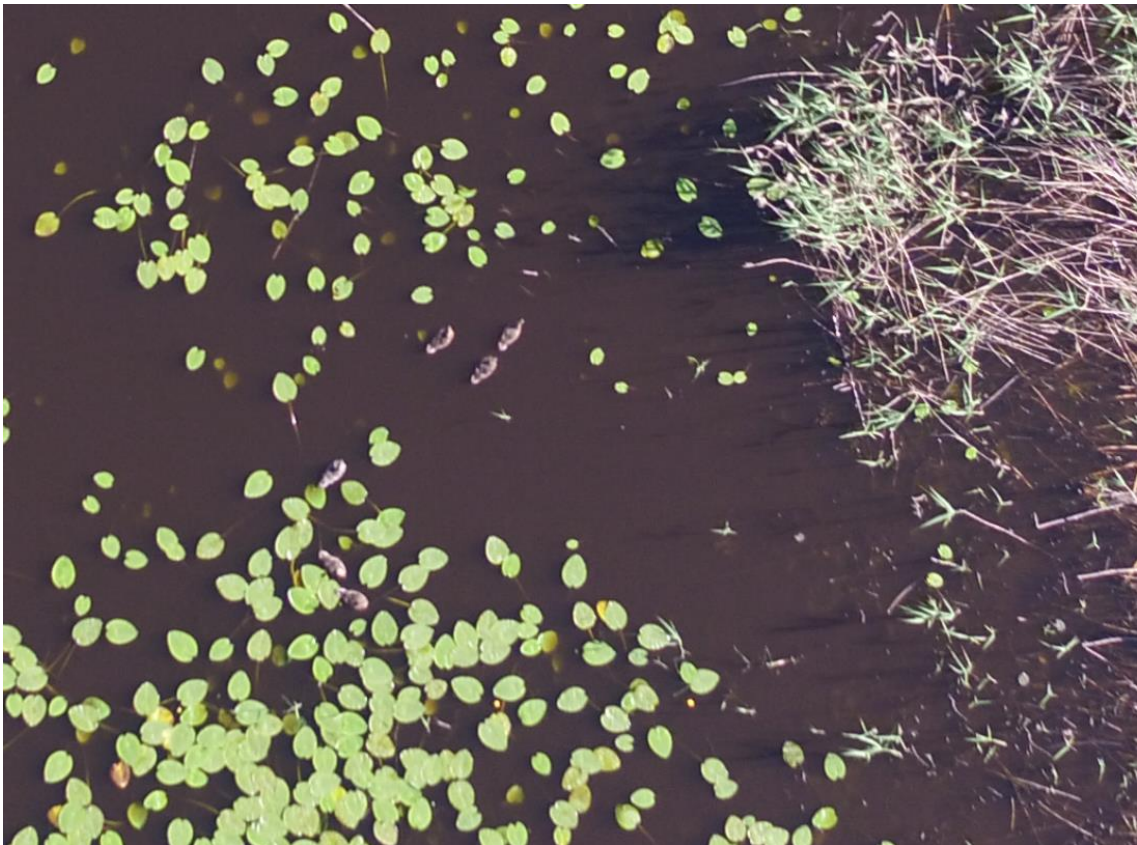


Kuva 6. Ylivalottuneisuutta esiintyi kirkkaalla kelillä otetuissa kuvissa satunnaisesti. Suurta haittaa lintujen havainnointiin siitä ei kuitenkaan tutkimuksessa ollut.

4.3 Lintujen suhtautuminen droneen

Arviolta noin 90 % kuvista havaituista linnuista oli rantaviivan välittömässä läheisyydessä. Oletettavia syitä sille ovat kasvuston tarjoama suoja sekä ravinnon runsaus (Hill ym. 1987). Kun poikueiden käyttäytymistä havainnoitiin lentotoiminnan aikana, niin droneen reagoineet emot johdattivat poikaset usein kasvillisuuden tarjoaman suojan läheisyyteen (Kuva 7). Joskin käyttäytymismalli ei ollut ehdoton; pieni osa emoista ei

näyttänyt reagoivan droneen. Dronen suurehkon koon, hitaan kuvauslennonopeuden ja kuuluvan äänen vuoksi voi hyvin suurella varmuudella olettaa, että avonaisella alueella kuvatuksi tulleelta täysikasvuiselta vesilinnulta ei jäänyt drone huomaamatta (Kuva 8). Edellä mainittua oletusta tukee havaintomme vesilintujen käyttäytymisestä. Ja sitä oletamaa on käytetty myös käyttäytymistaulukkoa ja -analyyseja tehtäessä.



Kuva 7. Poikueet löytyivät kuvista korostuneemmin rantakasvillisuuden läheisyydestä, kuin pistelaskentaa suoritettaessa.

Kahlaajat eivät tuntuneet kestävän dronea lainkaan. Valkoviklot ja töyhtöhyypät varottelivat äänekkäästi ja nousivat siiville. Kahlaajien reaktiolle yksi syy voi olla se, että vesi ei tarjoa niille samanlaista suojaa kuin vesilinnuille, jotka voivat halutessaan sukeltaa tai uida tiheän vesikasvuston sekaan.

Lokkien ja petolintujen suhtautuminen oli vaihtelevaa. Esimerkiksi Hämeenlahdella kalalokit olivat paljon herkempiä kuin Riistaveden Keskimmäisellä. Ruskosuohaukka oli herkempi oletetuilla pesäreviireillä, mutta satunnaisella ohilennolla tai saalistaessa käyttäytymisessä ei ollut nähtävissä muutosta.



Kuva 8. Joskus vesilinnut eivät reagoineet silminnähtävästi droneen. Lähennetyissä kuvissa kolme sini-sorsaurosta ja kaksi haapanaurosta sekä -naaras.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Automaatio mukaan kuva-analyysiin

Kuvamateriaalin manuaalinen läpikäynti vei kohtuuttoman paljon aikaa siihen nähden, että tutkimusmenetelmän voisi ottaa laajempaan käyttöön vuosittain tapahtuvan poikuelaskennan korvaajaksi tai edes rinnakkaismenetelmäksi. Automaattisen tai automaatioavusteisen kuvatulkinnan myötä menetelmä voisi muuttua soveltuvaksi monistettavaksi tutkimuskäyttöön, mutta vain tietyin ehdoin. Kamerateknologian on oltava parempaa, kuin meidän käyttämämme. Silloinkin lajitunnistus voi esimerkiksi joidenkin lajiparien naaraslintujen osalta olla sen verran epävarmaa, että lajitarkkaan tutkimuskäyttöön sitä ei voida sellaisenaan soveltaa.

5.2 Parempi kamerateknologia

Tämän tutkimuksen yhtenä perustana oli kustannustehokkuus, joten emme kokeilleet parasta saatavilla olevaa kameralaitteistoa. Kameramme resoluutio oli 16 megapikseliä, mutta käyttämällemme lentokorkeudelle se oli hieman liian karkea. Juhlapukuinen sinisorsakoiras oli vielä hyvällä varmuudella tunnistettavissa, mutta esimerkiksi ruskeasävyyisten puolisukeltajanaaraiden erottaminen lajilleen osoittautui vaikeaksi. Pientä helipotusta toi vakioitu lentokorkeus: kokoeroja pystyy vertailemaan kuvien välillä kohtuullisen suorasukaisesti. Huomioonotettavaa on se, että lintu on lähimmillään kameran linssiä ollessaan kohtisuoraan dronen alapuolella, eli keskellä kuvaa. Sivuvääristymä oli kuitenkin hyvin maltillinen käytetyllä lentokorkeudella, sillä kameramme näkökenttä (FOV) oli 72°.

5.3 Lentokorkeutta ei voi pudottaa yhteisvaikutuksen vuoksi

Tutkimus antoi käyttökelpoista pohjatietoa vesielinympäristön yleisimpien päiväaktiivisten lintujen suhtautumisesta droneen. Esimerkiksi kahlaajien onnistunut kuvaaminen ei havaintojen mukaan ole helppoa: kuviin päätyi vain muutama kahlaaja. Vesilintujen kuvaus onnistui huomattavasti paremmin, mutta saavutettu kuvamateriaalin laatu ei ollut riittävän hyvä tutkimuksen luonteelle.

Tarkempia kuvia vesilinnuista ei voi tavoitella lentokorkeuden pudottamisella, sillä se vähentää lintujen kuvatuksi tulemisen todennäköisyyttä. Matalammalla lennettäessä yksittäiseen kuvaan tuleva ala vähenee – ja kun tutkimuksessa vesilinnuilla havaittu taipumus uida sivuun dronen lentoreitiltä on tiedossa, niin yhteisvaikutus on varmuudella merkitsevä. Etenkin kun matalammalla lentävä drone vahvistaanee pakoilureaktioita entisestään.

5.4 Onko jatkotutkimukselle aihetta?

Laulujoutsenten suurikokoisten poikasten selvästi vähäisempi määrä pistelaskennassa verrattuna dronelaskentaan oli yllättävä havainto, jota olisi mielenkiintoista tutkia enemmän. Poikuehavaintoja ei ollut niin paljon, että tutkimuksen perusteella voisi tehdä

johtopäätöksiä. On kuitenkin merkillepantavaa, että laulujoutsenten sekä merihanhi-
poikaset näkyivät tiheään vesikasvillisuuden seasta hyvin.

Havainnon perusteella dronelaskentaa voisi kokeilla riistantutkimuksessa esimerkiksi
hanhien kevät- ja syysmuuton aikaiseen peltolaskentaan – olettaen, että hanhet kestävät
dronen lennätyksen. Lentokorkeutta voisi jopa hieman nostaa, sillä hanhi selvästi isom-
pana lintuna ja pellostä hyvin erottuvana, olisi havainnoitavissa kuvamateriaalista, vaika
pienet yksityiskohdat eivät kuvista erottuisikaan. Tällä tutkimuksella olisi myös hyvä
kokeilla, että kuinka automaation tuominen mukaan kuvatulkintaan toimii lentokorkeut-
ta vaihdeltaessa.

Toinen sovellettu tutkimusaihe voisi olla rantaviivan välittömässä läheisyydessä maassa
pesivien lintujen pesien kartoitus. Tähän tutkimukseen käyttämämme laitteisto voisi
soveltua hyvin, sillä rantaviivan läheisyyttä kuvattaessa kuvauspinta-ala pysyy pienenä,
vaikka rantaviivaa olisi pitkästi. Tällöin myös kuvauskorkeutta voisi laskea matalam-
malle, jolloin esimerkiksi pesissä olevat munat tai poikaset, olisi kuvasta laskettavissa.
Joissain tapauksissa emolintu, jos se ei karkkoa dronea. Tämä voisi olla myös hyvä
apukeino esimerkiksi rengastajille ja muuhun pesiin liittyvään tutkimukseen, sillä tutki-
jan tai tutkijoiden ei tarvitse fyysisesti haeskella rantaviivaa ja häiritä lintujen pesintää
läsnäolollaan. Kuvamateriaalin perusteella pesien sijainti voidaan tarkasti määrittää ja
pesillä käynti olisi mahdollista toteuttaa tehokkaasti täsmäiskuna.

Dronetutkimusta suunniteltaessa on kuitenkin muistettava ottaa eettiset kysymykset
huomioon ja punnittava tarkkaan kuinka paljon häiriötä linnustolle voidaan aiheuttaa
niin, että se on tieteentekemisellä vielä perusteltua.

6. LÄHTEET

- Anderson, M., Alisauskas, R., Batt, B., Blohm, R., Higgins, K., Perry, M., Ringelman, J., Sedinger, J., Serie, J., Sharp, D., Trauger, D. & Williams, C. 2018. The migratory bird treaty and a century of waterfowl conservation. *The Journal of Wildlife Management* 82(2): 247–259. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21326>
- Boon, M., Drijfhout, A., & Tesfamichael, S. 2017. Comparison of a fixed-wing and multi-rotor uav for environmental mapping applications: A case study. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42(2): 47–54. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-47-2017>
- Boudaoud, L., Maussang, F., Garelo, R. & Chevallier, A. 2019. Marine bird detection based on deep learning using high-resolution aerial images. *OCEANS 2019 Marseille*. s. 1–7. <https://doi.org/10.1109/OCEANSE.2019.8867242>
- Bristeau, P., Martin, P., Salaün, E. & Petit, N. 2009. The role of propeller aerodynamics in the model of a quadrotor UAV. *European Control Conference (ECC)*, 2009. s. 683–688. <https://doi.org/10.23919/ECC.2009.7074482>
- Dalamagkidis, K. 2015. *Aviation History and Unmanned Flight*. Julkaisussa: Valavanis, K., Vachtsevanos, G. (toim.) *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1_93
- Dandois, J., Olano, M. & Ellis, E. 2015. Optimal altitude, overlap, and weather conditions for computer vision uav estimates of forest structure. *Remote Sensing* 7(10): 13895–13920. <https://doi.org/10.3390/rs71013895>
- Dick, D. 1979. Helicopters' role in wildlife management. *Outdoor Calif* 40: 8–10.
- Fleskes, J., Casazza, M., Overton, C., Matchett, E., & Yee, J. 2018. Changes in the abundance and distribution of waterfowl wintering in the Central Valley of California, 1973–2000. Julkaisussa: Shuford W. D., Gill, R. E., & Handel, C. M.

(toim.). Trends and traditions: Avifaunal change in western North America. Studies of Western Birds 3. Western Field Ornithologists, Camarillo, Carolina. s. 50–74. <https://doi.org/10.21199/SWB3.2>.

Han, X., Thomasson, J., Bagnall, G., Pugh, N., Horne, D., Rooney, W., Jung, J., Chang A., Malambo, L., Popescu, S., Gates, I. & Cope, D. 2018. Measurement and calibration of plant-height from fixed-wing uav images. Sensors 18(12): 4092. <https://doi.org/10.3390/s18124092>

Hill, D., Wright, R., & Street, M. 1987. Survival of mallard ducklings *Anas platyrhynchos* and competition with fish for invertebrates on a flooded gravel quarry in England. Ibis 129: 159–167. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1987.tb03197.x>

Hodgson, J., Mott, R., Baylis, S., Pham, T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A., Raja Segaran, R., Reid, I., Terauds, A. & Koh, L. 2018. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. Methods in Ecology and Evolution 9: 1160–1167. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12974>

Kauppinen, J. Koskimies, P. & Väisänen, R. 1988. Vesilintujen kiertolaskentaohjeet. Julkaisussa: Koskimies, P. & Väisänen, R. (toim.) Linnustonseurannan havainnointiohjeet. Monitoring bird populations in Finland: a manual. 2. painos. Helsingin yliopiston eläinmuseo, Helsinki. 143 s. ISBN 951-45-4586-9.

Kim, M., Han, K., & Kim, J. 2017. Investigating the aerodynamics of flight for multiple rotor drones. Journal of Analysis of Applied Mathematics 8: 93–101.

Koskimies, P. & Pöysä, H., 1989. Waterfowl censusing in environmental monitoring: a comparison between point and round counts. Annales Zoologici Fennici 26(3): 201–206.

Koskimies, P. 1988. Trends in bird populations as environmental indicators. Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe 5(3): 231–238.

- Koskimies, P., Pöysä, H. & Väisänen, R. 1988. Vesilintujen pistelaskentaohjeet. Julkaisussa: Koskimies, P. & Väisänen, R. (toim.) Linnustonseurannan havainnointiohjeet. Monitoring bird populations in Finland: a manual. 2. painos. Helsingin yliopiston eläinmuseo, Helsinki. 143 s. ISBN 951-45-4586-9.
- Krull, J. 1970. Aquatic plant-macroinvertebrate associations and waterfowl. *The Journal of Wildlife Management* 34(4): 707–718.
- Lei, J., Zhang, S., Luo, L., Xiao, J. & Wang, H. 2018. Super-resolution enhancement of uav images based on fractional calculus and pocs. *Geo-spatial Information Science* 21(1): 56–66. <https://doi.org/10.1080/10095020.2018.1424409>
- Lim, P., Kim, T., Na, S., Lee, K., Ahn, H., and Hong, J. 2018. Analysis of uav image quality using edge analysis. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42(4): 359–364. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-359-2018>
- Luonnontieteellinen museo. 2018. Vesilintujen laskentaohjeet. [Verkkójulkaisu]. Saatavissa: <https://www.luomus.fi/fi/vesilintujen-laskentaohjeet>. [Viitattu 19.8.2018].
- Luonnonvarakeskus. 2019. Riistasorsien poikastuotto jäi heikoksi. [Verkkójulkaisu]. Saatavissa: <https://www.luomus.fi/fi/uutinen/riistasorsien-poikastuotto-jai-heikoksi>. [Viitattu 9.11.2019].
- Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S., Genesio, L., Vaccari, F., Primicerio, J., Belli, C., Zaldei, A., Bianconi, R. & Gioli, B. 2015. Intercomparison of uav, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. *Remote sensing* 7(3): 2971–2990. <https://doi.org/10.3390/rs70302971>
- McEvoy, J., Hall, G. & McDonald, P. 2016. Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: disturbance effects and species recognition. *PeerJ* 4:e1831. <https://doi.org/10.7717/peerj.1831>

- Morrison, M. 1986. Bird populations as indicators of environmental change. Julkaisussa: Johnston R.F. (toim.) Current Ornithology vol 3. Springer, Boston, Massachusetts. s. 429–451.
- Niemi, J. & Tantu, J. 2018. Deep learning case study for automatic bird identification. Applied Sciences 8(11): 2089. <https://doi.org/10.3390/app8112089>
- Nummi, P. & Pöysä, H. 1993. Habitat associations of ducks during different phases of the breeding season. Ecography 16(4): 319–328. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1993.tb00221.x>
- Pirkola, M. & Högmander, J. 1974. Sorsapoikueiden iänmäärittäminen. Suomen Riista 25: 50–55.

LIITE 1 — KOHDETIETOKORTIT

Hämeenlahti I

P 63° 9,332' ja I 27° 22,386'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Onkiveden vesistöön kuuluvan rehevän, suojaisen ja kaksijakoisen sisälahden perukka.

Ala (ha): 4,16

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
20. kesä	18.07
5. heinä	11.23
18. heinä	18.53

Hämeenlahti II

P 63° 9,652' ja I 27° 22,345'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Onkiveden vesistöön kuuluvan rehevän, suojaisten ja kaksijakoisen sisälahden järvenpuoleinen osa.

Ala (ha): 3,7

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
21. kesä	19.44
5. heinä	8.44
18. heinä	18.24

Keskimmäinen I

P 63° 7,949' ja I 27° 28,751'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Rehevä ja matala, keskeltä lähes umpeen kasvanut, pieni järvi.

Ala (ha): 5,00

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
21. kesä	6.08
4. heinä	9.08
18. heinä	17.00

Keskimmäinen II

P 63° 7,698' ja I 27° 28,414'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Rehevä ja matala, keskeltä lähes umpeen kasvanut pieni järvi.

Ala (ha): 4,61

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
21. kesä	6.30
4. heinä	9.45
18. heinä	17.14

Mattilanlahti

P 63° 4,876' ja I 27° 12,484'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Suuren Ruokoveden länsiosissa sijaitsevan Kurolanlahden eteläosaan laskevan Liesjoen edusta.

Ala (ha): 4,85

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo
20. kesä	10.12
3. heinä	18.05
18. heinä	12.54

Mustavirta, ranta

P 63° 7,972' ja I 27° 18,582'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Mustavirran kupeessa oleva lahdeke, joka rajoittuu etelässä kapeaan Maaninkajärven ja Pienen Ruokoveden erottavaan maakannakseen.

Ala (ha): 2,90

Ravinteisuusluokitus: 2

Laskettu:

Pvm.	klo.
20. kesä	11.37
3. heinä	15.19
18. heinä	9.35

Mustavirta, saari

P 63° 7,801' ja I 27° 18,182'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Mustavirran eteläpuolella olevien saarien ja mantereen väliin jäävä alue Pienellä Ruokovedellä.

Ala (ha): 4,08

Ravinteisuusluokitus: 2

Laskettu:

Pvm.	klo.
20. kesä	12.08
3. heinä	15.01
18. heinä	9.50

Pappalan allas

P 63° 7,369' ja I 27° 26,984'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Viljelysmaiden välillä kulkevan ojan yhteyteen keinotekoisesti tehty kosteikkoallas.

Ala (ha): 3,15

Ravinteisuusluokitus: 2

Laskettu:

Pvm.

4. heinä

klo

17.17

Paskalampi I, pitkä

P 63° 6,638' ja I 27° 19,495'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Sikalan jälkimmäinen ja pitempi lieteallas.

Ala (ha): 1,83

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
19. kesä	18.53
3. heinä	19.50
18. heinä	11.56

Paskalampi II, poikki

P 63° 6,681' ja I 27° 19,302'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Sikalan ensimmäinen ja lyhyempi lieteallas.

Ala (ha): 1,14

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
19. kesä	19.08
3. heinä	19.55
18. heinä	11.52

Patamäen kosteikko

P 63° 17,032' ja I 27° 6,234'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Ei luonnontilainen kosteikkoallaskokonaisuus.

Ala (ha): 2,81

Ravinteisuusluokitus: 1

Laskettu:

Pvm.
4. heinä

klo.
klo 15.30

Pieni Lapinjärvi

P 63° 7,406' ja I 27° 23,894'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Lapinjärven länsiosassa sijaitseva rehevä, matala ja reunoilta umpeen kasvanut pieni järvi.

Ala (ha): 4,84

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
20. kesä	17.10
3. heinä	10.23
18. heinä	20.21

Riistavesi I

P 62° 53,184' ja I 28° 14,460'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Riistavedellä sijaitsevan Keskimmäisen itäosa, jonka pohjoisosaa on koneellisesti kunnostettu.

Ala (ha): 6,78

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
21. kesä	13.37
5. heinä	7.35
19. heinä	14.07

Riistavesi II

P 62° 53,257' ja I 28° 13,898'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Riistavedellä sijaitsevan Keskimmäisen rehevä länsiosa.

Ala (ha): 5,10

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo.
21. kesä	14.18
5. heinä	8.06
19. heinä	14.17

Tavinsalmi

P 63° 7,898' ja I 27° 17,492'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Maaninkajärven ja Pienen Ruokoveden välinen salmi.

Ala (ha): 8,79

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.

20. kesä 9.09

3. heinä 16.16

18. heinä 10.35

Tervaranta

P 63° 6,652' ja I 27° 23,154'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Pienen Ruokoveden itäosissa sijaitseva ranta, jossa peltolaidun ylittää paikoitellen rantaveteen asti.

Ala (ha): 4,30

Ravinteisuusluokitus: 2

Laskettu:

Pvm.

20. kesä	19.43
4. heinä	10.40
19. heinä	12.16

Vasemmaislampi

P 63° 7,973' ja I 27° 22,573'



pohjakartta: Ortokuva ©Maanmittauslaitos 9/2019

Peltojen ympäröimä pieni ja rehevä lampi.

Ala (ha): 3,15

Ravinteisuusluokitus: 3

Laskettu:

Pvm.	klo
19. kesä	11.22
4. heinä	18.05
18. heinä	19.31