

Eesti Ornitoloogiaühing

Natura 2000 linnualade linnustiku inventuurid

Osa 6 – Hallhane jt roostikuliikide lennuloendus

ARUANNE



Projekti rahastaja: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Keskkonnaprogramm

Välitööd: Aarne Tuule

Andmetöötlus, aruanne: Aarne Tuule, Triin Leetmaa

Üksnurme-Riisipere 2017

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Metoodika.....	3
1.1 Lähteülesanne	3
1.2 Drooni valiku parameetrid.....	4
1.3 Kasutatud droonikomplekti konfiguratsioon	6
1.3.1 Fotokaardistamisel kasutatud riistvara ja seaded	6
1.3.2 Fotokaardistamisel kasutatud tarkvara ja seaded	6
1.4 Välitööd	8
1.4.1 Välitööde kirjeldus	8
1.4.2 Esinenud probleemid ja nende lahendused	9
1.5 Lindude reaktsioon droonile	11
1.6 Drooni kasutamise õiguslik raamistik	11
1.7 Fotode analüüs	12
1.7.1 Vaatlusruutude valik	12
1.7.2 Vaatlusruutude kaugus foto tsentrist.....	13
1.7.3 Koordinaatsüsteemi teisendus.....	13
1.7.4 Fotofailide analüüs ja EXIF info täiendamine	14
1.7.5 Vaatluskirjete loomine	15
1.7.6 Vaatluste tõlgendamine.....	15
1.8 Geograafilise asukoha määramise täpsus	31
2. Tulemused	32

Aruande juurde kuuluvad MapInfo formaadis kaardikihid:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. ala.tab | 7. luik_pesad.tab |
| 2. fotod.tab | 8. kormoran.tab |
| 3. koond.tab | 9. kormoran_pesad.tab |
| 4. hani.tab | 10. linnud.tab |
| 5. hani_pesad.tab | 11. pesad.tab |
| 6. luik.tab | 12. markused.tab |

Aruande juurde kuuluvad MS Excel formaadis failid:

1. Väinamere_fotokaardistamine_koondtabel.xls

Sissejuhatus

Mitmete roostikus pesitsevate linnuliikide arvukust saab hinnata häälightsuste järgi loendades (hüüp) või korduvate visuaalsete vaatluste kaudu (roo-loorkull). On aga liike, mille puhul on vaatluste põhjal pesitsejate arvukuse hindamine väga ebatäpne või võimatu. Sellised liigid on peamiselt hallhani ja kühmnokk-luik, kelle arvukuse väljaselgitamiseks roostikes on seni kasutatud pesade lennuloendust helikopterilt. Et kopterilt loendades tuleb pesade omanikud määrata ja pesad loendada jooksvalt reaajas, kannatab sellise loenduse puhul kindlasti täpsus.

Aastatega muutub üha paremaks Maa-ameti ortofotode eraldusvõime, millelt on eristatavad pesal istuvad kühmnokk-luiged, kormoranikolooniad ja näiteks ka hõbehaigru koloonia. Kuigi Maa-ameti aerokaamera on võimeline pildistama vähemalt 10-sentimeetrise eraldusvõimega, kasutatakse seda vaid oluliste tiheasustusala puhul. Väinamere roostikud asuvad piirkonnas, kus 2017.a pildistas Maa-amet 20-sentimeetrise eraldusvõimega fotosid. See ei ole aga kühmnokk-luikedeta luigepesade ja väiksemate liikide, sh hallhane, pesade määramiseks ja loendamiseks kaugeltki piisav. Teine meetodiline probleem on ortofotode ajastus, mida ei saa mõjutada ja mis ei pruugi olla sobiv – näiteks 2017.a aprilli alguses tehtud Uuemõisa lahe ortofotol on paljud mai alguses fotokaardistatud kühmnokk-luiked pesad veel ehitamata.

Viimase kolme aasta jooksul on multirootor-kopterite e. droonide tehnilised omadused kiirelt arenenud. 2017.a kevadeks oli turul mitmeid mudeleid, mis on fotokaardistamiseks piisavalt hea kaamera ja pika lennuajaga ning võimaldavad pildistada 1-sentimeetrise eraldusvõimega fotosid.

Projekti „Natura 2000 linnualade linnustiku inventuurid. Osa 6 – hallhane jt roostikuliikide lennuloendused“ teostas Eesti Ornitoloogiaühingu tellimusel OÜ Linnuekspert. Välitööd viis läbi Arne Tuule, andmetöötamise ja aruande koostamisel oli lisaks hindamatuks abiks Triin Leetmaa. Suur tänu ka Renno Nellisele ja Kaarel Kaislile väärt abi eest välitöödel. Projekti tegevusi rahastas SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Keskkonnaprogrammi Looduskaitse programm.

1. Metoodika

1.1 Lähteülesanne

Töö lähteülesanne ja tehniline kirjeldus on koostatud Eesti Ornitoloogiaühingu poolt ning sisaldab järgmist:

1. Lennuloendus teostatakse helikopterilt või kasutatakse korralike tehniliste omaduste ja kvaliteetse kaameraga drooni (multikopterit), lennukõrgus peab olema vähemalt 50 meetrit, kuid mitte kõrgem kui 100 meetrit. Soovituslik lennukõrgus loenduseks on 70 meetrit.

2. Lennuloenduse käigus kaardistatakse kõik kümnokk-luige, hallhane, roo-loorkulli, hõbehaigru ja sookure pesad GPS täpsusega. Kopterilt loendamiseks kasutatakse GPS-i, millega fikseeritakse asukoht iga 3 sekundi tagant. Kõik leitud pesad loetakse diktofoni koos sekundilise täpsusega fikseeritud kellaajaga. Drooniga loendamisel filmitakse või pildistatakse roostikualad ning loendatakse pesad, sidudes fotod aluskaardi või ortofotoga, mis võimaldab täpset pesade kaardistamist. Alusandmete põhjal koostatakse MapInfo kiht, kuhu kantakse kõik leitud pesad ja lennuloenduse trajektoor.

3. Lennuloendus tuleb läbi viia kuuel alal:

- 1) Silma looduskaitsealal roostike kohal koos piirneva Kudani järve, Karjatse ja Möldri merega
- 2) Matsalu rahvuspargis – Kasari suudmeala roostike, Saumere ja Teorehe järve kohal
- 3) Lõuna-Läänemaal Kasse lahe, Mõisalahe ja Nehatu järvedel
- 4) Käina ja Vaemla lähel, Tammjärvel
- 5) Vormsis – Diby, Kersleti ja Prästviigi järvede kohal
- 6) Väikse väina roostikes

Lennuloendusi ei teostata laidude kohal, sest seal toimub pesade loendamine inventuuri või riikliku seire raames.

4. Lennuloendused peavad toimuma aprilli viimasel või mai esimesel nädalal. Soovituslik loendusperiood 29.04-03.05. Loendust viiakse läbi kõigil aladel vaid ühe korra.

5. Tööde teostamisel tuleb vältida lindude häirimist ning kaasata eksperdina EOÜ poolt määratud ornitoloog.

6. Multikopteri loenduse puhul kooskõlastatakse multikopteri tehnilised tingimused sh ka mudel EOÜ poolt määratud eksperdiga.

1.2 Drooni valiku parameetrid

Drooni valikul peeti silmas, et suurel pindalal fotokaardistamise jaoks oleks tööks sobilikul droonil järgmised omadused:

1. suurim võimalik lennuraadius (otsepildi edastamise raadius);
2. võimekus täita etteantud missioone ka väljaspool lennuraadiust;
3. võimalikult hea kvaliteediga kaamera;
4. võimalikult pikk lennuaeg ühe akuga;
5. fotokaardistamise (*photo mapping*) võimekus, st tarkvaratugi;
6. võimalikult hea kvaliteediga ja piisavalt suur ekraan puldil;
7. lisaseadmete ja varuosade hea kättesaadavus jaemüügis;

2017.a droonimaailmas toimuv on küllalt lihtsalt kokku võetav - on maailma juhtiv turuliider, Hiina firma DJI (Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd), seejärel tükk tühja maad ja seejärel paljud teised, omavahel kohati täiesti eristamatute toodetega kümned firmad. Põhiline rebimine turuosa pärast käib pigem mänguasjade kategoorias – enamik tootjaid ja mudeleid on hinnaklassis alla 200€. Tõsiseltvõetava fotograafia viljelemiseks sobivaid droone toodavad mõned üksikud firmad, profiseadmeid veel vähemad. Käesoleva töö käigus otsitav parim droon on nõudliku tavakasutaja ja profiseadme vahepealne, pigem viimase poole kalduv seade. Seda klassi tähistab inglise keeles hästi sõna *prosumer* (*consumer* -> *prosumer* -> *professional*).

2017.a kevadise seisuga vastas loetletud tingimustele 3 tootja 8 mudelit (tabel 1), millest konkurentsitult kõige paremate omadustega oli DJI Phantom 4 Pro.

Valikusse kaasati vaid multirootor-kopterid ning teadlikult jäid kõrvale lennuki-tüüpi (*fixed-wing*) droonid. Seda tüüpi drooni katsetati spetsiaalselt käesoleva töö eesmärke silmas pidades ja tulemused olid mitterahuldavad. Roostiku kohal tehtud testlennud ja pildistamised näitasid, et lennuki-tüüpi droonid vajavad igaks lennuks siledat õhkutõusurada, nende minimaalne lennukiirus on pildistamiseks liiga suur ning tarkvaralahendused ning kaamerate kvaliteet ebapiisav.

Tabel 1. Fotokaardistamiseks sobivad droonid ja nende olulisemad parameetrid. Kollasega on tähistatud iga omaduse parim näitaja.

Tootja	Mudel	Maksimaalne lennu-raadius (tootja info)	Tegelik maksimaalne lennu-raadius (autori info)	Maksimaalne aku kestvus (tootja info)	Tegelik aku kestvus (autori info)	1 aku laadimis-aeg	Kaamerapi ksleid	Foto-sensori suurus	Puldile kinnitav suurim võimalik ekraan	Koplekti droon + pult + 3 akut + hulgilaadija + kandekott/kohver hind
GoPro	Karma + Hero6	3000 m	<2000 m	20 min	16 min	60 min	12 MP	1/2.3"	puldil oma 5" ekraan	2 300 €
DJI	Mavic Pro	4000 m	ca 1500 m	27 min	18-22 min	70 min	12 MP	1/2.3"	8"	1 499 €
DJI	Phantom 4 Pro	4000 m	< 3000 m	33 min	18-27 min	70 min	20 MP	1,0"	10"	2 175 €
DJI	Phantom 4 Pro Plus	4000 m	< 3000 m	33 min	18-27 min	70 min	20 MP	1,0"	puldil oma 5,5" ekraan	2 475 €
DJI	Inspire 2 + Zenmuse X4S kaamera	4000 m	--	13 min	10 min	50 min	20 MP	1,0"	10"	al. 4400 €
DJI	Matrice 200 + Zenmuse X4S kaamera	4000 m	--	23 min	--	70 min	20 MP	1,0"	10"	ca 15 000 €
Yuneec	Typhoon H	video 400m droon 1600 m	ca 1200 m	22 min	17 min	ca 70 min	12	1/2.3"	puldil oma 7,7" ekraan	1 500 €

Yuneec	Typhoon H520 + E90 kaamera	1600 m	--	28 min	--	ca 70 min	20	1,0"	puldil oma 7,0" ekraan	3 330 €
--------	----------------------------	--------	----	--------	----	-----------	----	------	------------------------	---------

1.3 Kasutatud droonikomplekti konfiguratsioon

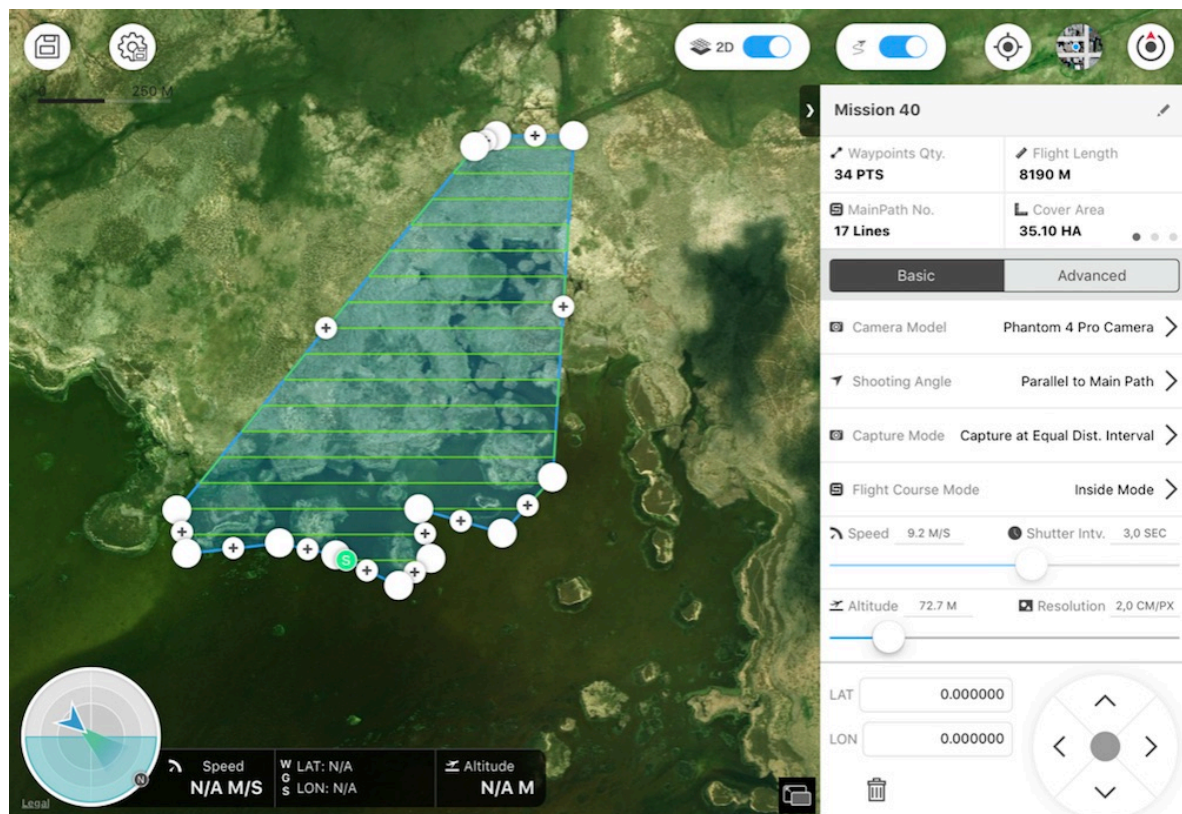
1.3.1 Fotokaardistamisel kasutatud riistvara ja seaded

Droonikomplekti täiendati välitööde jooksul vastavalt tekkinud vajadustele, peamiselt just akude pideva laadimise tagamiseks vajalike seadmetega. Lõplik pidevalt kasutatud seadmete ja nende omaduste nimekiri:

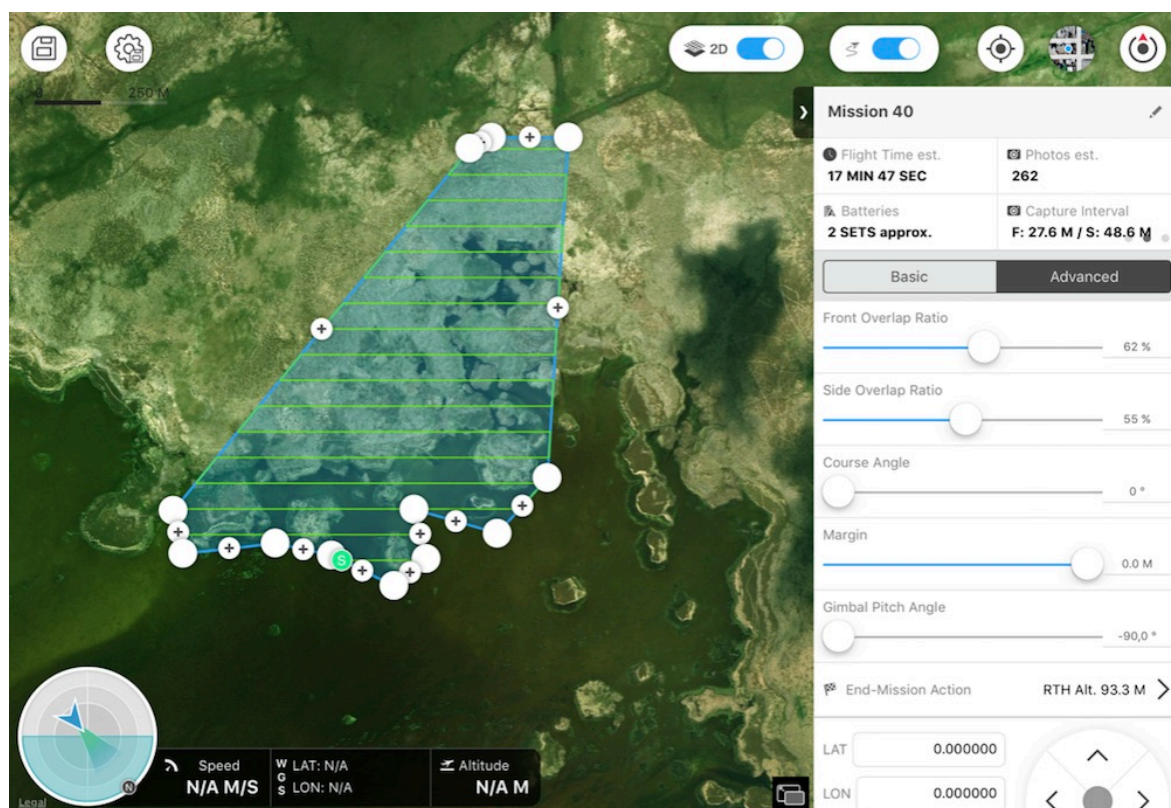
- Droon DJI Phantom 4 Pro, sh 20 MP ja 1'' sensoriga kaamera – 1 tk
- DJI Phantom 4 Pro juhtpult – 1 tk
- tahvelarvuti Apple iPad Mini 2 (7,9'') – 1 tk
- Micro SD mälukaartid Lexar 1000x UHS-II 32GB – 2 tk
- WD Elements väline kõvaketas 3 TB – 1 tk
- DJI Phantom 4 Pro akud (5870 mAh) – 4 tk
- DJI Phantom 4 Pro akude hulgilaadija (*hub*) 220V – 1 tk
- DJI Phantom 4 Pro akulaadija 220 V – 1 tk
- Inverter 12V ->220V – 2 tk
- Autoaku 12V 90 Ah – 4 tk
- Autoaku laadija 220V – 2 tk

1.3.2 Fotokaardistamisel kasutatud tarkvara ja seaded

Fotokaardistamiseks sobilikuma lahenduse leidmiseks katsetati mitmeid fotokaardistamise tarkvarasid, jäädes lõpuks DJI Ground Station Pro juurde. Valiku põhjuseks piisavalt võimalusterohke kasutajaliidese lihtsus, tarkvara kindel täielik ühildumine drooni tarkvaraga (sama tootja) ning ka see, et rakendus on tasuta. Ainsaks oluliseks miinuseks on fakt, et töötab vaid iOS keskkonnas ning seega ainus mugava suurusega seade, kus rakendust kasutada, on iPad või iPad Mini.



Joonis 1. Missiooni parameetrid DJI Ground Station Pro rakenduses.



Joonis 2. Missiooni parameetrid DJI Ground Station Pro rakenduses.

1.4 Välitööd

1.4.1 Välitööde kirjeldus

Välitööd toimusid vahemikus 23.04 – 23.05.2017, siiski 95% fotokaardistamisest toimus 13 päeva jooksul vahemikus 1.-16. mai. 23. aprilli testlendudega leiti kinnitust oletusele, et pesade märkamise, tööjõudluse ja lindudest tuleneva ohu seisukohast on optimaalseim lennukõrgus ca 70 m. Töö alustamist aprilli lõpus takistasid harvaesinevalt talvised ilmaolud – enamasti oli tuule kiirus 10 m/s või enam, tihti sadas vihma ja lörtsi, 29. aprillil sadas kogu päeva väldanud tormiga maha paks lumekiht. Ilmaolud muutusid järsult paremaks 30. aprilli õhtul ja 1. mai hommikul alustati fotokaardistamisega Sutlepa mere ääres. Järgnevatel päevadel kasutati kaardistamiseks pea kogu valget aega, piiranguid seadis hommikune udu ning õhtune väga madal valgus. Pildistamiseks sobilikku ilma oli igal päeval vähemalt 10-12 tundi. Enamasti õnnestus suur osa sellest ära kasutada, pikemaid pause tekkis vaid tehnilistel põhjustel (vt akude laadimine). Lende ei toimunud 16-päevase perioodi jooksul sobimatu ilma tõttu vaid kolmel päeval, seega saab ilmaoludega üldiselt rahul olla. Enamikel päevadel oli küll mõõdukas ja väga külm tuul, mis mõjutas kuigipalju ka akude kestvust. Vürtsi pakkus 11. mai lumesadu, mis tabas kõige haavatavamal hetkel – ainsal päeval, mil kogu varustus oli paadiga Matsalu tuttidevahelises alas ja varjuda ei olnud kuhugi.

Vajalike lennualade Mapinfo kihilt vaadati eelnevalt välja kohad, kuhu saab autoga ligi ja kust on hea nähtavus (=raadiosignaali levi) võimalikult suurele alale lennupiirkonnast. Loogiliselt võiks selleks sobida linnuvaatlustornid, kuid kõigile ei saa autoga lähedale; auto juuresolek on aga vajalik drooni akude laadimiseks. Taoliste sobilike ligipääsukohtade arv oli alade kaupa väga erinev – Silma piirkonnas oli neid ala peale 4, kogu Matsalu süsteemi peale 4 (2 põhja- ja 2 lõunakaldal) ning mujal pea iga väikese lahe või järve peale mitu. Kõige keerukamaks osutuski Matsalu suurte alade katmine, kuna lähimast stardipunktist pildistatava alani ja tagasi lendamiseks kulus kohati kuni 40% lennuajast. Matsalu lahe põhja- ja lõunakaldast kõige kaugemal asuva, nn. tuttidevahelise, piirkonna pildistamiseks kasutati 11. mail Keskkonnaagentuuri paati, mille abil sai otse pildistataval alal baseerudes ühe päevaga katta kogu vajaliku siseosa.

Igapäevane rutiin oli järgmine - rakenduses DJI Ground Station Pro oli eelnevalt valmis joonistatud plaanitava lennupäeva esimene missioon, mille laadimine drooni ja drooni start võttis maksimaalselt 5 minutit. Reaalne lennuaeg ühe akuga oli vahemikus 23-27 minutit ning drooni tagasi saabumisel läks ca 10 minutit uue missiooni joonistamiseks, akude vahetamiseks, uue missiooni laadimiseks drooni ja stardiks. Silmas ja Matsalus oli stardipaik kogu päeva jooksul sama ning täiendavat aega asukohavahetusele ei kulunud. Virtsu piirkonnas, Vormsil, Hiiumaal ja Väikese väina piirkonnas muutus stardipaik peaaegu iga lennuga ning selliste päevade pildistamisjõudlus oli selgelt väiksem. Mõnel korral kasutati ajakasutuse optimeerimiseks ka tootja poolt otseselt toetamata varianti, kus stardipaigast drooni missioonile saatmise järel muutis enda asukohta ka piloot ning droon saabub “koju” tagasi juba hoopis teise kohta teisel pool pildistatavat ala. Peagi leiti, et taoline lahendus ei ole piloodi närvide säilimise seisukohast õigustatud.

Kõik lennud, sh lend stardipaigast kaardistatava alani ja tagasi, toimusid autonoomselt, st drooni GPS süsteemi kasutades tarkvara juhtimisel. Enamik lende toimus puldi leviulatuses ja piloodil oli võimalus lendu vajadusel sekkuda ja missioon katkestada, kuid seda tehti kokku vaid ühel korral.

1.4.2 Esinenud probleemid ja nende lahendused

Kõige enam täiendati tööprotsessi käigus **akude laadimise süsteemi**. Esimesel päeval kasutati kolme drooniakut ja ühte 220V akulaadijat, mis sai voolu 12V autoakult inverteri vahendusel. Süsteemi oli küll ebamugav, kuid siiski võimalik kaasa võtta ka autost eemale, nt linnuvaatlustorni (joonis 3).



Joonis 3. Droonikomplekt esimesel tööpäeval 01.05.2017.

Peagi selgus, et 60-70 minutilise laadimisaja ning 23-minutilise lennu- ning kuni 10-minutilise ettevalmistusaja jooksul tekib hiljemalt kolmandal töötunnil olukord, kus 2 drooniakut on tühjad ning kolmas ei ole veel lõpuni täis laetud. Tekkivaid ja päeva jooksul samas tsüklis üha pikenevaid laadimise taga ootamise pause saaks vajadusel ära kasutada asukohavahetusteks, kuid Silma ja Matsalu piirkonnas seda vajadust ei olnud. 2. mail täiendati süsteemi neljanda aku, teise akulaadija, teise inverteri ning teise autoakuga, mis võimaldas pidevalt laadida kahte akut korraga. Nii jõudis süsteem 60-70 minutiga laadida kaks akut ehk pea samapalju kui selle ajaga lendamise + ettevalmistuste ajal tühjeneda jõudis. Arvestades, et tööpäeva alustati eelneval ööl täis laetud 4 akuga ja tööpäeva võis lõpetada 4 tühja akuga, viivitusi enam ei esinenud. Järgmiseks pudelikaelaks kujunesid autoakud, mis ei pidanud pikki tööpäevi pidevat nendelt laadimist vastu. Et perioodil 1.-8. mai toimus pildistamine kõikidel päevadel hommikust õhtuni järjest, ei olnud tööpäevadevaheliste öödega võimalik

autoakusid vooluvõrgust piisavalt täis laadida. Seetõttu lisati süsteemi veel 2 autoakut ja üks autoakude laadija. Raske ja komponentiderohke süsteem oli hästi toimiv, kuid sidus kõik stardipunktid edaspidi autoga.



Joonis 4. Droonikomplekt 16.05.2017.

Riskide maandamiseks kasutati vaheldumisi kahte mäluaarti, vahetades neid droonis iga missiooni järel ja kopeerides missiooni ajal eelmise lennu fotod välisele kõvaketale. Ühe missiooni fotode maht oli keskmiselt 5 GB. Süsteemi lisandus väline kõvaketas ja arvuti.

Kuigi DJI ei garanteeri drooni toimimist **tugevama kui 10 m/s tuulega**, ei ole see tegelikkuses probleem. Kaardistamise jooksul esines korduvalt tugevamat tuult ning kõige enam mõjutas see aku kestvust – tugeva vastutuulega lennates kasutavad mootorid rohkem energiat ning plaanitud ala katmiseks ei piisa loodetud akutäiest. Sel põhjusel on missiooni seadetes määratud fotode tegemise vahemik läbitud vahemaa-, mitte ajaühikute järgi. Stardipunktist kaugel asuvate missioonide puhul muutus tugeva tuulega lendamine väga ebaratsionaalseks, 23-minutilise lennuajast sai pildistada halvemal juhul 10 minutit. See probleem esines aga vaid Matsalu kõige kaugemate alade ja tuulise ilmaga. Tugeva tuule tõttu katkestati missioon vaid ühel korral – ca 15 m/s tuulega oli stardipaigast missiooni alguspunkti jõudmiseks kulunud 35% drooni akust. Tuule tugevus fotode kvaliteeti ootuspäraselt ei mõjutanud – 1’’ sensor ja kaamera gimbal tegid oma tööd hästi.

Päike ja muutuvad valgusolud fotode kvaliteeti üldjuhul ei mõjutanud. Pildistati täisautomaatse seadistusega ning ka vahelduva pilvituse korral reageeris kaamera muutunud valgusoludele rahuldavalt kuni hästi. Ainsad märkimisväärsed pildihäiringud on näha vee ja roostiku piirialadel, kus tumeda veepinna kohalt tulnud ja selle järgi võetud automaatseaded ülesäritavad heledat roostikku ning vastupidises olukorras alasäritavad veepinda.

Olulise puudusena saab välja tuua DJI Ground Station Pro rakenduse kummalise omaduse – **uue missiooni joonistamisel ei kuvata kaardil seni läbitud missioone**. Näiteks Matsalu suure roostikumassiivi pildistamiseks oli kümnete missioonide joonistamine selle tõttu keerukas – varem lennatud missioonide alad tuli telefoniga iPadi ekraanilt üles pildistada ning uute joonistamisel alade kattuvuse või mittekaetud alade vältimiseks võrrelda fotot ja joonistatava ala piiri. Samuti tekitas kohatise ebatäpsusi rakenduse ainsa võimaliku aluskaardi – Apple Maps satelliidifoto – kehv eraldusvõime ning nimetatud fotol esinevad pilved. Sellistes olukordades joonistati lennualad pigem suuremad.

1.5 Lindude reaktsioon droonile

Välitööde jooksul ei tekkinud kordagi otsest konflikti lindude ja drooni vahel. Testlendude ja esimeste tööpäevade jooksul jälgiti lindude käitumist ja võimalikke reaktsioone pidevalt, hiljem episoodiliselt. Potentsiaalselt agressiivsete liikide roo-loorkulli ja merikotkaga toimus visuaalne kontakt korduvalt, kuid huvi ühtlase suuna ning kiirusega liikuva valge põriseva objekti vastu üles ei näidatud. Tõenäoliselt oli 70m lennukõrgus ja ühes sihis ning ühtlase kiirusega liikumine piisavalt ohutu.

Matsalus ristus drooni teekond stardipaigast missioonini ja tagasi korduvalt valgepõsk-lagled maasilise liikumisega lähelt luhale kõrgusel kuni ca 100m. Et droon oli kõikidel neil juhtudel leviraadiuses, korrigeeriti selleks ajaks lennukõrgust maksimaalse lubatud 150 meetrini. Kas lagled oleks nendega ristuunas ja samal kõrgusel lendavat drooni vältinud või mitte, õnneks ei selgunud.

Kõige märgatavamalt reageerisid droonile vees ujuvad pardid ja valgepõsk-lagled. Reaktsioon on selgelt nähtav fotodelt, kus linnud pagevad foto keskosast väljapoole, kuid rahunevad kiirelt. Pesalt just lahkuvaid luiki ja hanesid fotodel ei esinenud, seega saab teha järelduse, et neid ülelendav droon ei häirinud.

1.6 Drooni kasutamise õiguslik raamistik

Lennuamet defineerib drooni kui õhusõidukit, mille pardal ei ole pilooti ning mille juhtimine toimub tehniliste abivahendite vahendusel. Et droonid on meie õhuruumi küllalt uued kasutajad, reguleerivad õigusaktid õhuruumi kasutamist vaid õhuruumi kasutamisest lähtuvalt, reguleerides kõiki kuni 150 kg kaaluvad mehitamata õhusõidukeid ja nende lennutegevust ühtemoodi.

Drooni lennutamist saab vaadelda kui liiklemist õhuruumis ja see kohustab liiklejat ehk drooni pilooti täitma õhuruumis kehtivaid reegleid. Eestis on reeglid lühidalt järgnevad:

1. On olemas erinevad õhuruumiosad, kus peab olema Lennuameti ühekordne luba:
 - a. Kontrollitav õhuruum (Tallinn, Tartu ja Ämari) ja lennuinfotsoonid (Pärnu, Kuressaare ja Kärkla)

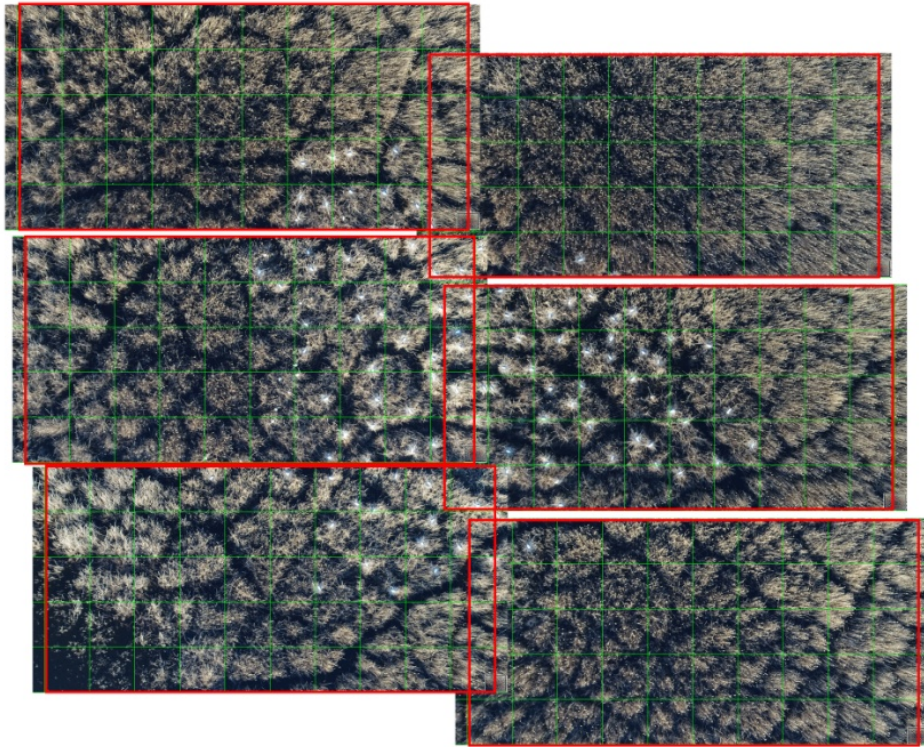
- b. Keelu-, piirangu-, ajutiselt eraldatud, ajutiselt reserveeritud, langevarjuhüpete, motoparaplaanide ja tundliku faunaga alad (nt Matsalu).
 - c. Kõikjal kõrgemal kui 500 jalga /150m maapinnast.
2. Ülejäänud mittekontrollitavas õhuruumis allpool 500 jalga/150m maapinnast ühekordset luba vaja ei ole.
 3. Lennuamet väljastab mehitamata õhusõiduki käitamiseks ühekordse loa kehtivusega kuni üks aasta. Tagamaks lennuohutust ning teavet teistele õhuruumi kasutajatele, tuleb ühekordse loa omanikel iga lend alades, kus on nõutud ühekordne luba, Lennuametiga igakordselt kooskõlastada.

Käesoleva töö raames oli vajalik lennata Matsalu tundliku faunaga lennupiirangualas ning Kärkla lennuinfotsoonis. Matsalu tundliku faunaga lennupiirangualas lendamiseks taotleti vastav luba Keskkonnaministeeriumilt, mille kooskõlastas Lennuamet. Kärkla lennuinfotsoonis toimuvate lendude toimumise kuupäevad ei olnud lubade taotlemise hetkel ette ennustatavad ning et luba kehtib maksimaalselt 7 päeva ja taotlusele vastamiseks kulub 2-3 päeva, taotleti Lennuametilt luba mitu korda. Iga lennu eel saadi täiendav kooskõlastus Kärkla lennuliiklusteenindusüksuselt.

1.7 Fotode analüüs

1.7.1 Vaatlusruutude valik

Fotokaardistamisel kasutatud drooni kaamera objektiiv on olemuselt lainurkobjektiiv ja kaadri servaaladel esineb seetõttu perspektiivmoonutus, mis võib raskendada huvipunktide e pesade ja lindude asukoha määramist. Et külgnevate kaadrite ülekatteks (*Front & Side Overlap*) on enamasti 55-65% (vt 1.3.2) digiteeriti ainult kaadri keskosasse jäävad huvipunktid ja moonutused jäid analüüsitavast alast välja.



Joonis 5. Järjestikuste kaadrite katvus

1.7.2 Vaatlusruutude kaugus foto tsentrist

Iga foto EXIF info sisaldab mh andmeid pildistamise geograafilise asukoha (foto keskpunkti koordinaat), kõrguse (suhteline kõrgus maapinnast) ja kaamera asendi (nurk põhjasuuna suhtes) kohta. Neid andmeid kasutades on võimalik leida iga huvipunkti geograafiline asukoht.

Testfotode põhjal leiti, et pildistades 71 m kõrguselt, on fotole vastav projektsioon maapinnal 84,6 x 63,5 m ning 81 m kõrguselt pildistades on projektsioon 91,8 x 68,9 m. Arvestades, et kõrguse kasvades 10 m võrra suureneb huvipunkti kauguse projektsioon foto keskpunktist 2,3 m võrra, eeldati edasises analüüsis, et fotole vastava projektsiooni mõõt on 84,6 x 63,5 m.

1.7.3 Koordinaatsüsteemi teisendus

Vaatlusruutude koorinaatide leidmiseks WGS84 geograafilises koordinaatsüsteemis võeti inventeeritaval alal kümme juhupunkti, mille abil arvutati koefitsiendid meetrite teisendamiseks kümnendkraadidesse. Ühele meetrile vastavad koefitsiendid saadi vastavalt põhja-lõunasuunas 0,0000091 ja ida-läänesuunas 0,0000171.

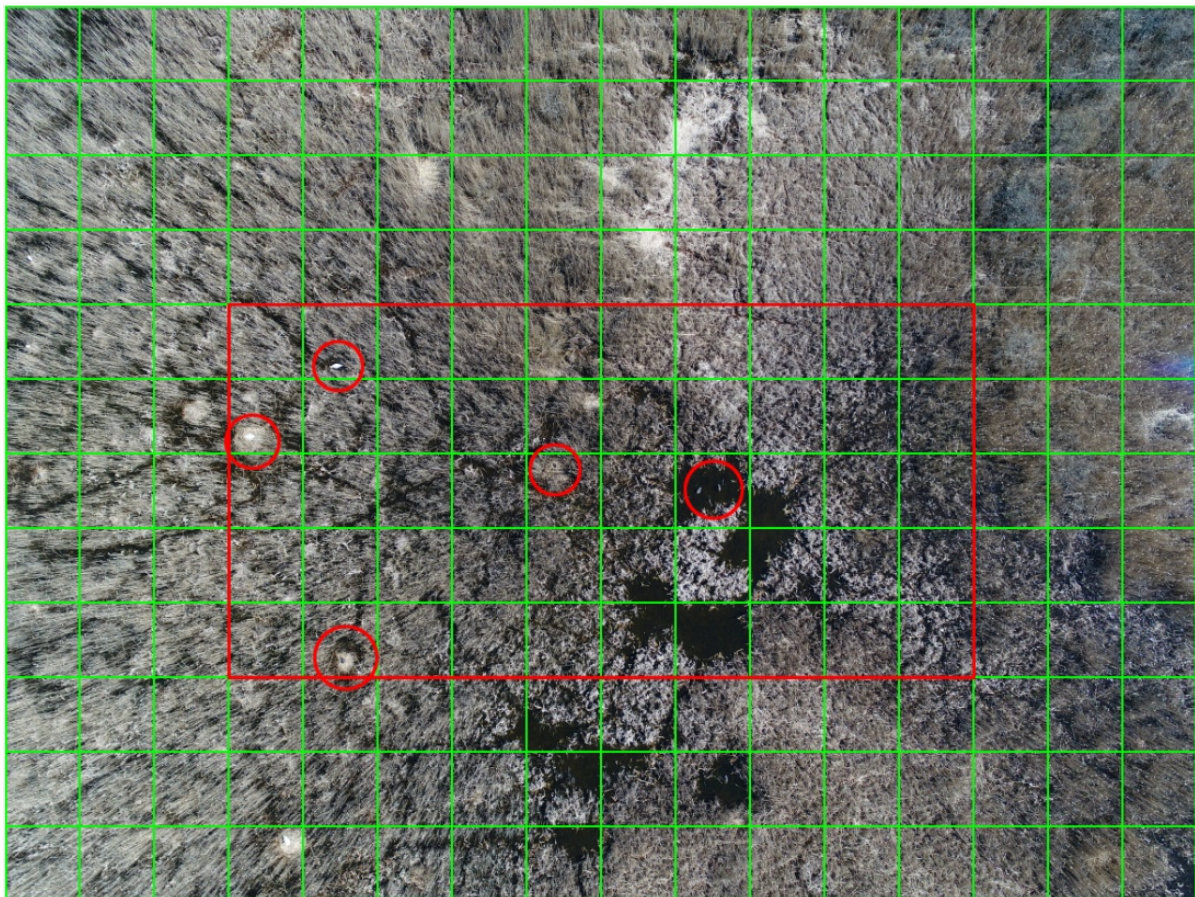
1.7.4 Fotofailide analüüs ja EXIF info täiendamine

Fotode analüüsimisel kasutati järgnevat arvutitarkvara:

- 1) XnViewMP – fotofailide vaatamine ja EXIF info täiendamine
- 2) BR's EXIFextracter 0.9.13 Beta – kõigi fotode EXIF info koondamine csv-formaadis
- 3) Microsoft Excel ja Visual Basic for Applications (VBA) – andmete töötlus ja analüüs

Fotode vaatamiseks ja huvipunktide märkimiseks kasutati XnViewMP tarkvara, mis võimaldab fotole kuvada soovitud tihedusega abijoonte võrgustiku (vt 1.7.1). Olenevalt arvutiekraani resolutsioonist vaadati fotosid 60-80% suurendusastmega. Vajadusel kasutati vaatluste täpsustamiseks suuremat suurendusastet, vaadati kogu kaadrit või võrreldi külgnevaid kaadreid omavahel.

Fotode analüüsitavalt alalt otsiti erinevate roostikus pesitsevate liikide (nt kümnokk-luik, hallhani, lauk) isendeid ja pesi.



Joonis 6. Näidisfoto 16x12 võrgustiku (roheline) ja analüüsitavalt alalt (punane) leitud pesade ja isenditega (punased ringid).

1.7.5 Vaatluskirjete loomine

Kõigi fotofailide EXIF infot koondava csv-faili töötlemiseks kasutati Microsofti Excel tarkvara ning tööprotsesside automatiseerimiseks rakenduste arendussüsteemi VBA, mille abil loodi järgnevate andmetega Excel tööleht:

- 1) Ala – vaatlusalala nimi
- 2) Misioon – lennu number
- 3) Foto – foto failinimi
- 4) Kuupäev – pildistamise kuupäev
- 5) Faili Lat – foto keskpunkti geograafiline laiuskraad
- 6) Faili Lon – foto keskpunkti geograafiline pikkuskraad
- 7) N suund – kaamera asend geograafilise põhjasuuna suhtes
- 8) Liik – vaadeldud liik (kui oli lisatud)
- 9) Arvukus – vaadeldud isendite/pesade arv (kui oli lisatud)
- 10) Märkus – vaatlaja vabas vormis lisatud kommentaar
- 11) Lat – huvipunkti keskpunkti geograafiline laiuskraad
- 12) Lon – huvipunkti keskpunkti geograafiline pikkuskraad

1.7.6 Vaatluste tõlgendamine

Rannikuvetes pesitseb luikedest eeldatavalt ainult **kühmnokk-luik**, kes oma suuruse ja valge värvuse tõttu on fotodelt kergesti määratav. Suhteliselt lihtne on ära tunda ka luigepesi. Need on selgelt suuremad kui teiste liikide omad (joonis 11 ja joonis 12), korrapärase kujuga enamasti roost kuhjatised (joonis 13), kuid roovabadel lõikudel võivad pesad koosneda ka muust materjalist (joonis 14). Veepiirist kaugemal asuvat asustatud kühmnokk-luige pesa ühendab vaba veega üldjuhul käigurada (joonis 15, joonis 16 ja joonis 17). Kui enamasti on kühmnokk-luige vanalind pesal või pesa läheduses, siis vanalinnu puudumisel saab pesa asustatust hinnata pesamaterjali värskuse järgi (joonis 18). Lisaks on nõ vanad pesad äratuntavad madalaks tallatud ja kohati vee all servade järgi (joonis 19).



Joonis 11. Lähestikku asetsevad kühnokk-luige ja hane pesad. Luigepesa on hanepesast märgatavalt suurem



Joonis 12. Kühnokk-luige ja hane pesad kõrges roostikus



Joonis 13. Lamandunud rool asuv kühmnokk-luige pesa



Joonis 14. Adruvallil pesitsevad kühmnokk-luiged



Joonis 15. Veepiirist kaugemal asuvat kühnokk-luige asustatud pesa ühendab vaba veega enamasti käigurada



Joonis 16. Veepiirist kaugemal asuv kühnokk-luige pesa ja seda vaba veega ühendav käigurada



Joonis 17. Metssea pesakond kuivas roostikus. Näha on nii käigurada kui lagedam madalaks tallatud ala. Erinevalt luigepesast ei ole tegu aga korrapärase rookuhjatisega ning käigurada ei vii mitte vaba vee vaid kuivema ning kõrgema maapinna suunas.



Joonis 18. Kūhmnokk-luige viie munaga pesa



Joonis 19. Asustatud ja asustamata kümnokk-luige pesad

Hallhane pesad on keskmise suurusega korrapärased kuhjatised, mis üldjuhul ei asu kuivas roostikus (joonis 20). Seetõttu ei ole hanepesade juures enamasti selgelt tuvastatavat käigurada (joonis 21 ja joonis 22). Vanalinnu puudumisel on hallhane pesa asustatuse määramine keeruline. Lähtuda tuleb pesamaterjali värskusest ja pesa kujust. Üleujutatud servadega pesad on tõenäoliselt asustamata.



Joonis 20. Asustatud ja asustamata hallhane pesad



Joonis 21. Kõrges roos asuvad hallhane asustatud ja asustamata pesad.



Joonis 22. Fotol paistvad tühimikud kõrges roos ei ole pesad.

Lauk on hallhanest märgatavalt väiksem ja enamasti jätab tumedama üldmulje, kuid see oleneb päikesevalguse intensiivsusest (joonis 23). Laugu pesad on korrapäratud, tihti pikliku kujuga ja välja turritavate rookõrtega. Need võib vanalinnu puudumisel kergesti segi ajada lainete ning tuule poolt kokku kuhjatud roohunnikutega. Siiski on käesoleval aastal asustatud laugupesad üldiselt äratuntavalt heledama keskosaga (joonis 24 ja joonis 25).



Joonis 23. Laugu pesad



Joonis 24. Laugu pesa ja kaks hallhane kühnokk-luige pesas

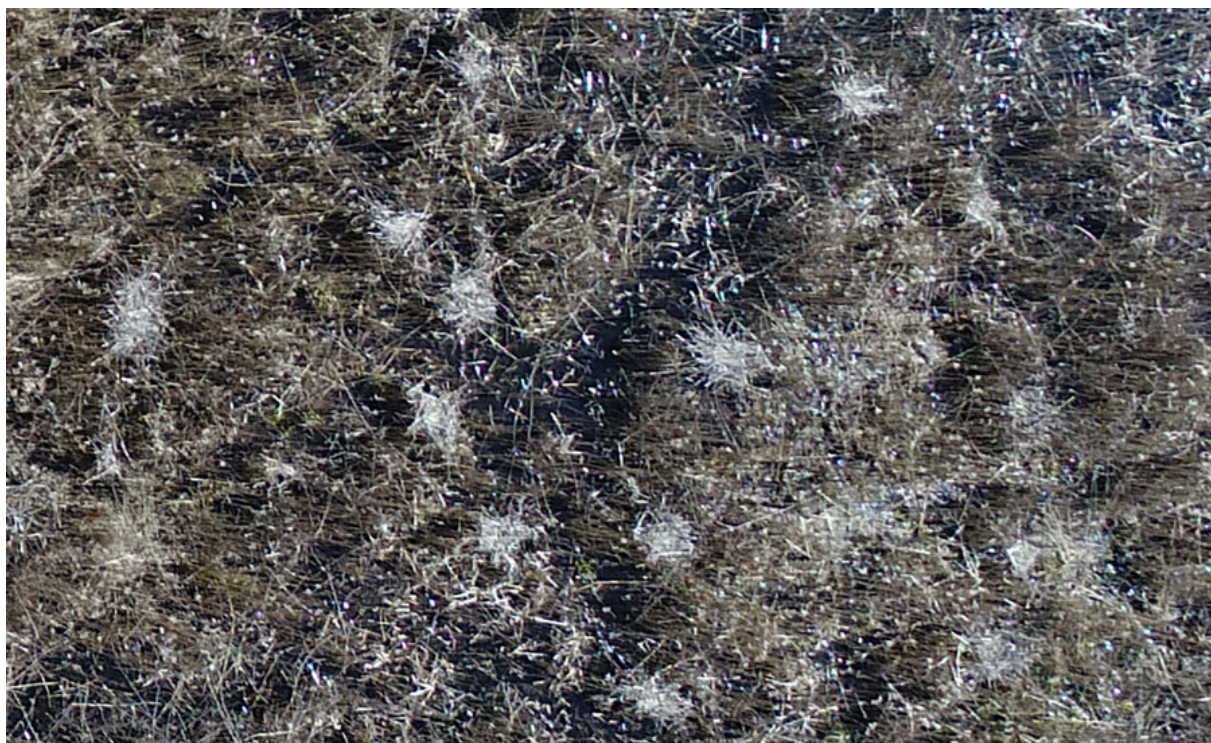


Joonis 25. Laugu pesad

Hõbehaigur on hallhane suurune ja pesitseb roostikus kolooniana. Hõbehaigru pesad meenutavad suuruse poolest hallhane pesi, kuid on korrapäratu kujuga (joonis 26). Asustatud pesad on enamasti äratuntavad värskes pesamaterjali järgi (joonis 27).



Joonis 26. Hõbehaigrute pesad ja vanalinnud ning hallhani pesal



Joonis 27. Hõbehaigrukoloonia asustamata pesad, kus pesitseti 2016. aastal.

Kormorani pesitsuskoloonia asub puudel ning on eksimatult äratuntav maad ja pesapuid katva rohke valge väljaheite järgi (joonis 28). Asustamata pesade alune on tuhmim hallikas-valge (joonis 29). Kormoranipesade loendamisel võib osutuda keeruliseks puuvõra või teiste pesade varju jäävate asustatud pesade tuvastamine.



Joonis 28. Kormorani pesad



Joonis 29. Kormorani asustatud ja asustamata pesad

Sookure pesa meenutab nii suuruse kui välimuse poolest kümnokk-luige pesa, kuid asub roostikus veepiirist kaugemal (joonis 30 ja joonis 31) või roostiku eraldatud kuivemas sopis (joonis 32). Mitmel juhul on sookure määrangut kinnitanud linnu vari.



Joonis 30. Sookure pesa ja selleni viiv käigurada



Joonis 31. Sookure pesa sarnaneb kümnokk-luige pesaga, kuid asub kuivas roostikus veepiirist kaugel



Joonis 32. Asustatud ja asustamata sookure pesa

Lennupildi järgi on **roo-loorkull** suhteliselt lihtsalt määratav liik (joonis 33). Pesade korral tuleb aga arvestada, et loorkullid liiguvad ringi väga suurel territooriumil (ka mitu kilomeetrit pesast eemal). Seetõttu ei pruugi vaadeldud lind asuda pesa läheduses. Roo-loorkulli pesa on hallhane pesa suurune ja korrapärane. Enamasti asub kõrgemas taimestikuses ning kuna lind läheneb pesale lennates, ei vii pesani käiguradu (joonis 34). Ei ole välistatud, et mõni pesal istuv roo-loorkull on määratud hallhaneks.



Joonis 33. Emane soo-loorkull (vasakul) ja isane roo-loorkull (paremal)



Joonis 34. Roo-loorkulli pesa. Pesas olevad munad viitavad vanalinnu puudumisel pesa asustatusele

Lisaks eelpool kirjeldatud liikidele on roostik rändepeatuskohaks või pesitsus- ja toitumisalaks veel **mitmetele linnu- ning loomaliikidele**. Joonistel 35-39 on näidatud neist mõned.



Joonis 35. Merikotkas



Joonis 36. Sinikael-pardid



Joonis 37. Valgepõsk-lagled



Joonis 38. Kajakad



Joonis 39. Põdrad

Fotode läbivaatamise käigus selgus, et piirkonniti oli märkimisväärne osa roostikust niidetud. Et niitmised olid läbi viidud peale 2017.a varakevadel kättesaadava Maaameti seni viimase ortofoto tegemist, ei olnud nende asukoht ja ulatus enne teada. Seetõttu loodi ka niidetud aladele lennumissioonid, sealt saadud fotodel ei ole kohati aga ühtegi pesa.

1.8 Geograafilise asukoha määramise täpsus

Fotode analüüsi käigus tehtud tähelepanekute kohaselt mõjutavad huviobjektide geograafilise asukoha määramise täpsust mitmed asjaolud.

Arvestades võimalike põhjuste samaaegsel esinemisel tekkivat maksimaalset võimalikku kumuleeruvat nihet, võib eelkirjeldatud metoodika puhul olla geograafilise asukoha ebatäpsus kuni 15 meetrit.

2. Tulemused

Fotokaardistamise käigus tehti kokku 38 114 fotot, millega kaeti ala pindalaga 5557 ha. Katta õnnestus kõik plaanitud olulisemad alad. Suurimad kaardistatud tervikalad olid Matsalu roostik (2158 ha) ja Silma LKA roostik (1385 ha), lisaks 6670 ha roostikke hiiumaal (Käina lahe lääneserv, Salinõmme ja Vohilaiu piirkond), 4944 ha roostikke Virtsu piirkonnas (Kasselaht, Möisalaht, Nehatu soo), 4949 ha roostikke Väikese väina ääres ja 3572 ha jagu roostikke Vormsi saarel (joonis 40).



Joonis 40. Töö käigus fotokaardistatud alad Väinamere ümbruses.

Fotodelt tuvastati kokku 6197 lindu ja 3474 pesa (tabel 2).

Tabel 2. Fotokaardistamise käigus tuvastatud linnud ja pesad.

Liik	Tuvastatud	Arvukus
Hallhani	isendeid	480
	pesa	264
	võimalik pesa	50
	vana pesa	46
Roo-loorkull	isendeid	5
	pesa	1
Kühmnokk-luik	isendeid	1648
	pesa	826
	vana pesa	157
Hõbehaigur	isendeid	259
	pesa	141
Lauk	isendeid	111
	pesa	68
Sookurg	isendeid	5
	pesa	5
	vana pesa	2
Kormoran	isendeid	1870
	pesa	1778
Määramata liik		
	pesa	16
	vana pesa	4
Sinikael-part		1099
Part		551
Hallhaigur		173
Soo-loorkull		1