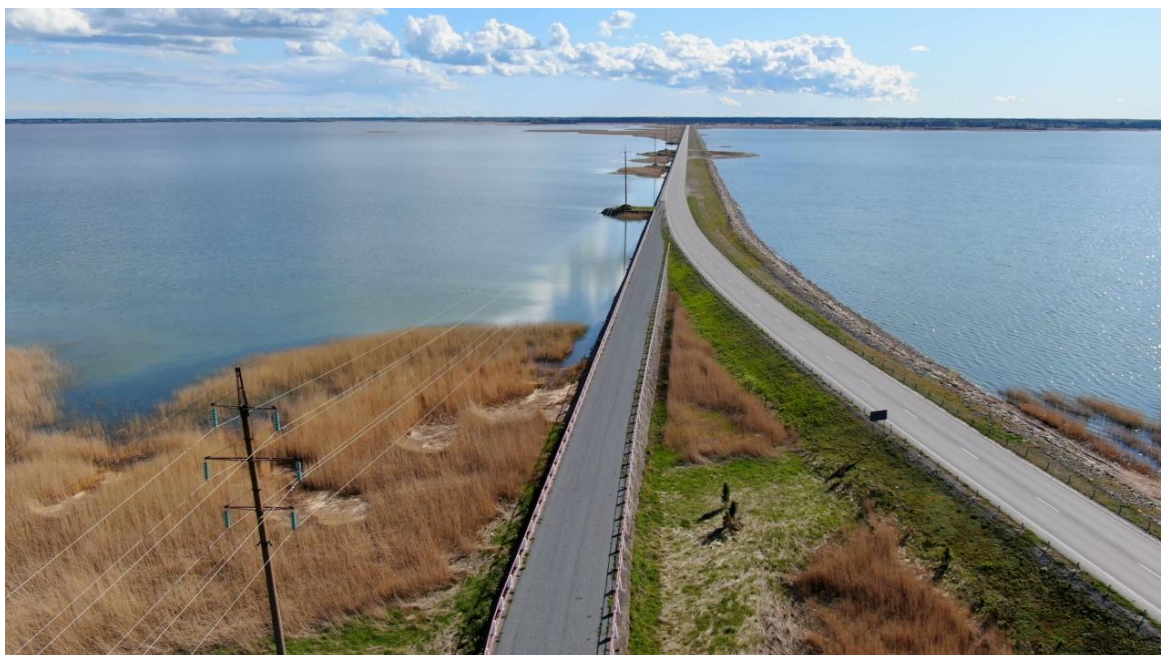


Kompleksuuring Väikese väina tammil paiknevate elektriliinide mõju kohta lindudele

Lõpparuanne

Vers 1.2.

Hankeleping nr 1.1-4/2019/505



Tellija Elering AS

Täitja Eesti Ornitoloogiaühing

Koostajad Veljo Volke (EOÜ)

Andrus Kuus (EOÜ)

Leho Luigujõe (EMÜ, EOÜ)

Tartu
Detsember 2020

Esikaane droonifoto: Rein Nellis.



EESTI ORNITOLOOGIAÜHING

MTÜ Eesti Ornitoloogiaühing
Veski 4
51005 Tartu
www.eoy.ee
eoy@eoy.ee

SISUKORD

SISSEJUHATUS	2
1. VÄIKE VÄIN KUI TÄHTIS LINNUALA JA NATURA 2000 LINNUALA	3
2. METOODIKA	5
2.1. RADARUURING.....	5
2.2. VISUAALVAATLUSED	8
2.3. ÕHULIINI ÜMBRITSEVAL MÄRGALAL PEATUVATE VEELINDUDE VISUAALSED LOENDUSED	9
2.4. LIINI SEIRE KAAMERATEGA	10
2.5. ÕINE AUDIOSEIRE.....	12
2.6. ANDMED ILMASTIKUTINGIMUSTE KOHTA.....	12
2.7. ÕHULIINIGA KOKKUPÕRKE TÕTTU HUKKUNUD LINDUDE OTSINGUD	13
2.8. RÖÖVLOOMATEST, OTSIJA TULEMUSLIKKUSE TEST JA LINNUD OTSIMISALAST VÄLJAS	14
2.9. HUKKUMISSAGEDUSE JA HUKKUNUD LINDUDE ÜLDARVU MÄÄRAMINE	17
3. TULEMUSED	18
3.1. TULEMUSTE ESITAMISE PÕHIMÕTTED.....	18
3.2. LIIGILINE KOOSSEIS	18
3.3. LINDUDE RUUMILINE PAIKNEMINE	26
3.4. LENNUKÕRGUS	28
3.5. LENNU INTENSIIVSUS TAMMI JA LIINI KOHAL NING SELLE DÜNAAMIKA.....	31
3.5.1. Sesoone dünaamika	31
3.5.2. Ööpäevane dünaamika	35
3.5.3. Ilmastikutingimuste mõju.....	35
3.6. KÄITUMUSLIK REAKTSIOON ELEKTRILIINI LÄHEDUSES, KOKKUPÕRKED LIINIGA	36
3.7. HUKKUNUD LINNUD JA HUKKUMISSAGEDUSED.....	38
3.7.1. Hukkunud linnud	38
3.7.2. Röövloomatesti tulemused, hukkunud linnu säilivus	38
3.7.3. Hukkunud lindude avastatavus – missugune osa hukkunud lindudest leitakse?.....	39
3.7.4. Hukkumissagedus ja hukkunud lindude arv	40
KOKKUVÕTE, JÄRELDUSED JA SOOVITUSED EDASISTEKS TEGEVUSTEKS	42
KIRJANDUS	44
LISAD	46
Lisa 1. Uuringu tehniline kirjeldus	47
Lisa 2. Andmed ilmastiku kohta (Maanteeameti Viira tee-ilmajaam).	50
Lisa 3. Hukkunud lindude otsimise tulemused.	52

Sissejuhatus

Elering AS kaheaheelaline 110 kV õhuliin, mis asub riigimaantee nr 10 osaks oleva Muhu ja Saaremaa ühendava Väikese väina tammi kõrval rekonstrueeriti septembris ja oktoobris 2020. Üks 110kV ahel paigutati merekaablisse ja seoses sellega toimus ka õhuliini ümberehitamine. Saamaks kvantitatiivseid andmeid Väikese Väina elektriliini mõjude kohta linnustikule ja võimaluste kohta negatiivseid mõjusid leevendada, algatati 2019. aastal uuring “Elektriliinide mõju Väikese väina pesitsevatele, peatuvatele ja läbirändavatele lindudele, eriti veelindudele - kompleksuuring ja soovitused mõjude leevendamiseks” (riigihange viitenumbriga 212251). Uuringu alusel tuleb koostada soovitused elektriliini negatiivsete mõjude võimalikuks leevendamiseks ja likvideerimiseks. Uuringu tehniline kirjeldus on lisas 1.

Elektriliini mõju mõõtmiseks linnustikule kasutatakse töös erinevaid meetodikaid ning töö jaotub järgmisteks mooduliteks:

1. Radaruuring koos visuaalvaatlustega ning öise audioseirega;
2. Õhuliinides hukkunud lindude otsingud koos õhuliini poolt põhjustatud suremuse hindamisega;
3. Õhuliini seiramine kaameratega;
4. Õhuliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalsed loendused;
5. Andmeanalüüs, koondaruande ja soovituste koostamine elektrikõrgepingeliini mõju leevendamiseks.

2019. aasta detsembris koostatud vahearuanes (Volke, Kuus, Luigujõe, 2019) anti ülevaade 2019. aastal toimunud töödest ja nende esialgsetest tulemustest. Soovitused kõrgepingeliini mõju leevendamiseks – liini rekonstrueerimisel alles jääva 110 kV ahela juhtmete sobiva paigutuse ning linnumarkeritega tähistamise kohta - koostati eraldi aruandena samuti 2019. aastal (Volke, Kuus, 2019).

Käesolev lõpparuanne algab ülevaatega Väikese väina linnukaitselisest väärtusest. Seejärel kirjeldatakse töös kasutatud meetodeid. Tulemuste osa hõlmab kogu uurimisperioodil tehtud töid ja sisaldab järeldusi Väikese väina õhuliini mõjudest linnustikule. Samuti tehakse ettepanekud edasiste tegevuste läbiviimiseks.

Aruande koostajad tänavad Eesti Maaülikooli seireradari kasutamise võimaluse, väljaõppe ja radari transpordi korraldamise eest, Beta Group OÜ-d ja Omar Neilandit kaamerajaamade oskusliku paigaldamise ja tehnilise toe eest, Maanteeametit kiirete loamenetluste ja teilmajaamade andmete kasutamise võimaluse eest, Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ametit ja Terviseametit konstruktiivsete menetluste eest, Heiki Hansot abi eest välitööde läbiviimisel, DMV Madis Leivitsat Eesti Maaülikoolist röövlinnu-ja otsija tulemuslikkuse testis kasutatud surnud lindude eest, kõiki töös osalenud vaatlejaid ja andmete sisestajaid – Andres Kalamees, Liis Keerberg, Mati Martinson, Rein Nellis, Uku Paal (lisaks audiosalvestiste analüüsi eest), Agne Peeterloo, Maris Sepp, Karl Jakob Toplaan, Ainar Unus, Martin Vesberg, Uku Volke, Ulla Volke, Kaarel Võhandu.

1. Väike väin kui Tähtis linnuala ja Natura 2000 linnuala

Väike väin on lindudele, eriti veelindudele globaalse tähtsusega elupaik.

Esimene põhjalikum ülevaade Väikese väina linnustikust koostati 1994. ja 1995. aastal läbi viidud välitööde põhjal (Kuresoo, Ader, Luigujõe, 1995). Uurimisala hõlmas umbes 250 km², ulatudes põhjas Kõinastu ja leede tagant lõunas Võilaiuni Muhu lõunarannikul ja Kübassaare laidudeni Saaremaa rannikul. Uuringu käigus registreeriti 153 linnuliiki, sealhulgas 111 liiki pesitsejaid. Seitse alal peatuvat liiki ületasid vähemalt ühel aastaajal Rahvusvahelise tähtsusega märgalaks ehk Ramsari alaks määramise kriteeriumi (alal peatub vähemalt 1% liigi biogeograafilise asurkonna isenditest). 1998. aastal uuriti täpsemalt Väikese väinaga piirnevaid lindudele olulisi rannaniite ja soovitati kaitsemeetmeid (Kuresoo & Luigujõe, 1998).

2000. aastal koostatud Tähtsate linnualade (TLA, i.k. *Important Bird Area, IBA*) ülevaadete (Kalamees, 2000; Skov, 2000) kohaselt kuulus Väike väin rahvusvahelise tähtsusega linnualade hulka eraldi alana. Väike väin täitis neli erinevat kriteeriumi rahvusvahelise tähtsusega alana tunnustamiseks (tabel 1). Peatuvate kogumite arvukuse järgi täitsid vähemalt ühe kriteeriumi kaheksa erinevat veelinnuliiki, pesitsusaegse arvukuse alusel veel neli liiki. Lisaks peatub alal regulaarselt vähemalt 20 000 veelindu – see on liikideülene eraldi lävend Tähtsa linnualana määratlemiseks. 2004. aastal ühines Eesti Euroopa Liiduga ja Euroopa Komisjonile esitati Natura 2000 võrgustikku arvamiseks linnualade andmed. Juba ettevalmistavas töös (Kuus & Kalamees, 2003) oli jõutud järeldusele, et kogu Väinamere piirkond on looduskaitsele väga oluline ja seda on mõistlik käsitleda suure tervikliku alana. Nii kuulubki Väike väin alates 2004. aastast Natura võrgustikku Väinamere linnuala ja loodusala koosseisus. Siseriikliku kaitse tagamiseks on moodustatud Väikese väina hoiuala.

Tabel 1. Tähtsa linnuala Väike väin kriteeriumi täitnud linnuliigid (Kalamees, 2000; Skov et al., 2000) ja peatuvate kogumite arvukus 2017. a loenduste alusel.

Esinemistunnus: P – peatumas; B – pesitsev. Arvukus peatujate puhul isendite arvuna, pesitsejate puhul haudepaaride arvuna. Sinisel taustal on esile tõstetud liigid, keda 2017. aastal loendati vahetult tammiga piirnevalt alalt silmapaistvalt palju. Pesitsejaid käesolevas töös ei käsitleta.

Liik	Kaitse- katego- ria	Esinemi s- tunnus	Arvukus min 2000	Arvukus max 2000	Kriteeri um	Arvukus max 2017 kevad**	Arvukus max 2017 sügis**
Kõik veelinnud		P		> 20 000	A4iv	7054	17 240
Väikeluik	II	P	500	<3000	A4i, B1i	2255	0
Laululuik	II	P	<400	<3000	A4i, B1i	204	68
Hallhani		P	400	3500	B1i	62	703
Valgepõsk-lagle*	III	P	>10 000	>20 000	A4i, B1i	140	1004
Viupart		P	>4000	<14 000	B1i	60	6040
Soopart		P	1000	>2000	B1i	8	3
Aul		P	<20 000	>50 000	B1i	0	0
Sõtkas		P	<3000	4800	A4i, B1i	583	110
Niidurüdi	I	B		>75 p	B2		
Punajalg-tilder	III	B		<230 p	B2		
Kalakajakas		B		700 p	B2		
Tutt-tiir	II	B		<200 p	B2		

* valgepõsk-lagle arvukus on kahes allikas erinev, siin on kasutatud Skov et al. (2000) andmeid;

** ainult tammiga piirnevates loendussektorites, mitte kogu alal.

Kõige põhjalikumad loendused Väinamere linnualal, sealhulgas Väikesel väinal, viidi läbi 2017. aastal, mil toimusid Natura 2000 linnualade seire projekti välitööd (Eesti Ornitoloogiaühing, 2017). Loendati nii pesitsejaid kui kevad- ja sügisrände ajal väinal peatujaid. Vahetult tammiga piirnevatest loendussektoritest saadud loendustulemused on üldistatult tabeli 1 kahes viimases veerus.

2. Metoodika

Elektriliinide mõju kompleksuuringu välitööd toimusid 2019. aasta novembris (Volke, Kuus, Luigujõe 2019) ja märtsist oktoobrini 2020 kuue ööpäeva pikkuste tsükklitena üks kord kuus. Loendusi ei teostatud talvekuudel, sest talvel on Väike väin reeglina kaetud jääkattega ega oma veelindude elupaigana tähtsust. Riigile kuuluval teemaal radariga töötamine eeldab mitmeid loamenetlusi, kuhu olid kaasatud Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet, Terviseamet ja Maanteeamet.

Elektriliini mõju mõõtmiseks linnustikule kasutatakse töös erinevaid metoodikaid:

1. radaruuring;
2. visuaalvaatlused;
3. õhuliini seire kaameratega;
4. öine audioseire;
5. õhuliinides hukkunud lindude otsingud;
6. õhuliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalsed loendused.

2.1. Radaruuring

Radaruuringu eesmärk oli lindude lennutrajektooride fikseerimine ning lennukõrguse mõõtmine. Radaruuringu metoodika puhul on lähtutud varasemast sama tüüpi radari kasutamise metoodikast (Kahlert et al., 2012; Leito, 2009).

Uuringus kasutati Eesti Maaülikoolile kuuluvat 2D laevaradarit Furuno FAR2127BB. Radari olulisemad parameetrid on järgmised:

tüüp: X-kiirte riba;
raadiosagedus: 9410 ± 30 MHz;
impulss: muudetav;
väljundvõimsus: 25 kW;
horisontaalkiire laius: 0.95 kraadi;
vertikaalkiire laius: 20 kraadi.

Radar on teisaldatav, monteeritud spetsiaalselt kohandatud haagisele. Uuringu ajal asus radar Väikese Väina tammi Muhu-poolsesse otsas riigi kõrvalmaantee Vana tammi tee servas, koordinaatidega $58^{\circ}34.200$ N $23^{\circ}10,010$ E (joonis 1).

Radaruuringu eesmärkide täitmiseks töötas radar vaheldumisi horisontaal- ja vertikaalasendis (joonis 2). Horisontaalasendis töötav radar võimaldab fikseerida lindude või linnuparvede lennutrajektooreid, vertikaalasendis töötav radar mõõta lindude lennukõrgused. Radari tööasendit vahetati keskmiselt üks kord ööpäevas.

Valdavalt kasutati radari tööraadiust 3 km. Radar töötas ööpäevaringselt, kuid töötundide arv jäi mõnel juhul väiksemaks kui 24 tundi meteoroloogilistel või tehnilistel põhjustel. Aprillis 2020 oli tehnilistel põhjustel võimalik teha vaatlusi ainult radari vertikaalasendis. Töötundide tegelikud arvud horisontaal- ja vertikaalasendis loendustsükklite kaupa on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Radari töötundide arv.

Loendustsükkel	Kuupäevad	Töötundide arv	
		Horisontaalradar	Vertikaalradar
november 2019	8.11-13.11	45,3	28,4
märts 2020	13.03-19.03	43,0	65,5
aprill 2020	18.04-24.04		121,0
mai 2020	18.05-24.05	71,2	63,9
juuni 2020	9.06-15.06	70,3	47,0
juuli 2020	9.07-15.07	66,5	62,0
august 2020	11.08-17.08	70,9	63,9
september 2020	10.09-16.09	64,8	52,4
oktoober 2020	6.10-13.10	65,5	82,6



Joonis 1. Seireseadmete asukohad

Radaruuringus kasutati radari seadistamiseks, radariandmete kuvamiseks arvutiekraanil ja nende salvestamiseks arvutitarkvara SeaSimul, MaxSea TimeZero Professional v.2 ja ScreenHunter 5.1 Pro.



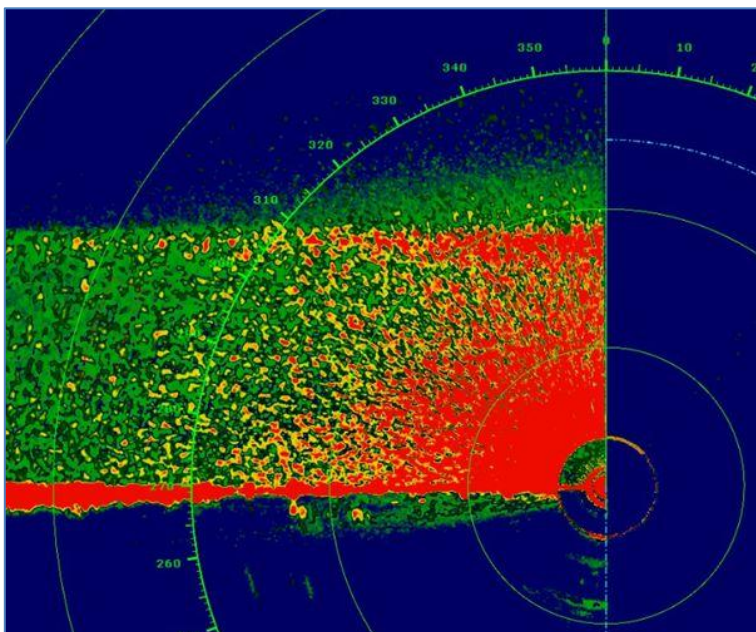
Joonis 2. Radar horisontaal- ja vertikaalasendis. Visuaalvaatlused.

Lindude lennutrajektooreid salvestamiseks katsetati novembris 2019 erinevaid variante. Algselt kavandatud peegeldunud radarisignaali jälgede (*track*) poolautomaatne salvestamine ei andnud tehnilistel põhjustel soovitud tulemusi (kursori sage hüplemine rajalt rajale või rajalt liikumatutele objektidele). Sobivamaks osutus lennutrajektooreid manuaalne fikseerimine ekraanil kujutatud jälgede põhjal radadena (*route*). Lennuradade fikseerimine käsitsi ei võimaldanud alati fikseerida absoluutselt kõiki kontakte. Lennukõrguse andmed fikseeriti koheselt Excel formaadis tabelisse.

Radar ei võimalda otseselt määrata linnuliiki. Algselt kavandati linnuliigi tuvastamist radari- ja visuaalsete vaatluste andmete ühildamise teel, kuid sellest loobuti töö käigus nimetatud tegevuse töömahukuse tõttu ja keskenduti võimalikult paljude lennutrajektooreid fikseerimisele.

Lindude avastatavust mõjutavad märkimisväärselt sademed, mis võivad katta radariekraani müraga (joonis 3) ja muuta lindude lennutrajektooreid eristamise võimatuks. Sellised ajavahemikud fikseeriti ja lahutati maha radari tegelikust tööajast.

Radariga töötasid Andrus Kuus, Veljo Volke, Uku Volke ja Ulla Volke.



Joonis 3. Vihm radariekraanil. Radar vertikaalasendis, seadistatud kõrguste mõõtmiseks ekraani vasakpoolses ülemises sektoris.

Andmetöötlus

Vastavalt tehnilistele võimalustele salvestati horisontaalradari lennurajad umbes 50 raja kaupa, igal korral kolme erineva failina: failinimi.txt (andmed raja kuupäeva ja kellaaja kohta), failinimi_rte.csv (radadesse kuuluvate punktide numbrid) ja failinimi_twp.csv (punktide koordinaadid).

Horisontaalradari andmete töötlusel ja visualiseerimisel kasutati tarkvara R 3.6.3 ja ArcMap 10.5. Algfailide suure hulga tõttu koostati spetsiaalne arvutiprogramm failide koondamiseks ja andmete viimiseks tavapärasel kaardiprogrammis kasutatavale kujule.

Horisontaalradariga fikseeritud lennuradade tihedus leiti ArcMap tööriista „Line Density“ kasutades. Saadud radade tiheduskaart kujutab lennuradade tihedust 1ha (100x100m) suuruste pikslite kaupa. Lennusuundade analüüsimisel kasutati ArcMap tööriista „Linear Directional Mean“. Saadud keskmised lennusuunad grupeeriti hiljem 45° kaupa.

Vastavalt tehnilistele võimalustele salvestati vertikaalselt töötava radari korral linnu/salga suund ja kaugus Excel tabelisse. Kõrgused leiti kasutades trigonomeetria valemit

$$\text{kõrgus} = \sin(\text{suunanurk}) \times \text{kaugus}.$$

2.2. Visuaalvaatlused

Visuaalvaatluste eesmärgiks oli elektriliini ületavate ja selle vahetus läheduses lendavate lindude liigilise koosseisu, arvukuse, lennukõrguse ja käitumusliku reaktsiooni fikseerimine valgel ajal. Võrreldes radaruuringuga on saadavad tulemused täpsemad (võimalik määrata linnu liiki ja arvu), kuid visuaalvaatluste kasutamise võimalused on nii ajaliselt kui ruumiliselt piiratumad. Visuaalvaatlused viidi läbi radari asukohast.

Lennukõrguse (ja -kauguse) mõõtmiseks kasutati visuaalvaatlustel laserbinoklit Vectronix Vector. Kõrgus mõõdetakse liini ületamise hetkel. Juhul, kui kõrguse mõõtmine laserbinokliga ei õnnestunud, hinnati see ligikaudselt.

Visuaalvaatluste käigus fikseeriti järgmised parameetrid: kuupäev, kellaeg, linnuliik, arvukus, käitumine liini suhtes, liini ületamise/läbimise koht, kõrgus, kaugus, kõrguse ja kauguse mõõtmise meetod (laserbinokliga või visuaalselt) ja vaatleja.

Käitumusliku reaktsiooni hindamiseks kasutatakse järgmist skaalat:

1. reaktsioon puudub, lennukõrguse ega suuna reguleerimist ei toimu;
2. lennukõrguse reguleerimine toimub aegsasti;
3. lennukõrguse järsk muutus vahetult liini juures;
4. isend/salk väldib liini suuna muutmisega - pöördub tagasi või keerab liiniga paralleelseks;
5. lend paralleelselt liiniga;
6. maandumine mastile või liinile;
7. kokkupõrge/puude liiniga, lind jätkab lendu;
8. kokkupõrge liiniga, lind kukub või maandub vette või maapinnale.

Arvestades töö põhieesmärke lisati visuaalvaatluste andmebaasi väli „liin“, kus registreeritakse liini ületamine lindude poolt juhtmete ja maandustrossi suhtes järgmiselt:

1. isend/salk ületab liini;
2. isend/salk lendab juhtmete vahelt;
21 – maandustrossi ja voolujuhtmete vahelt;
22 – voolujuhtmete vahelt;
3. isend/salk lendab voolujuhtmete alt.

Visuaalvaatlused toimusid kogu päeva jooksul. Vaatlustundide arv sõltus peamiselt päeva pikkusest, üksikjuhtudel takistasid visuaalvaatlusi halvad ilmastikutingimused (udu, tugev vihm). Vaatlustundide arv loendustsükletes on toodud tabelis 3. Töö suure mahu tõttu (pesitsevate kajakate ja tiirude sagedased lennud üle liini) registreeriti ajavahemikul 22. aprill 9:00 kuni 15. juuli mõned liigid (naerukajakas, tiirud ja vareslased) ainult 10 minuti jooksul iga loendustunni alguses.

Tabel 3. Töötundide arv visuaalvaatlustel.

Loendustsükkel	Kuupäevad	Töötundide arv
november 2019	8.11-13.11	43
märts 2020	13.03-19.03	65,5
aprill 2020	18.04-24.04	84
mai 2020	18.05-24.05	100
juuni 2020	9.06-15.06	95,5
juuli 2020	9.07-15.07	94
august 2020	11.08-17.08	84
september 2020	10.09-16.09	74,5
oktoober 2020	6.10-13.10	70

Visuaalvaatlused viisid läbi Andres Kalamees, Liis Keerberg, Mati Martinson, Rein Nellis, Uku Paal, Agne Peeterloo, Maris Sepp, Karl Jakob Toplaan, Ainar Unus, Martin Vesberg, Uku Volke, Ulla Volke, Veljo Volke ja Kaarel Võhandu.

Andmetöötlus

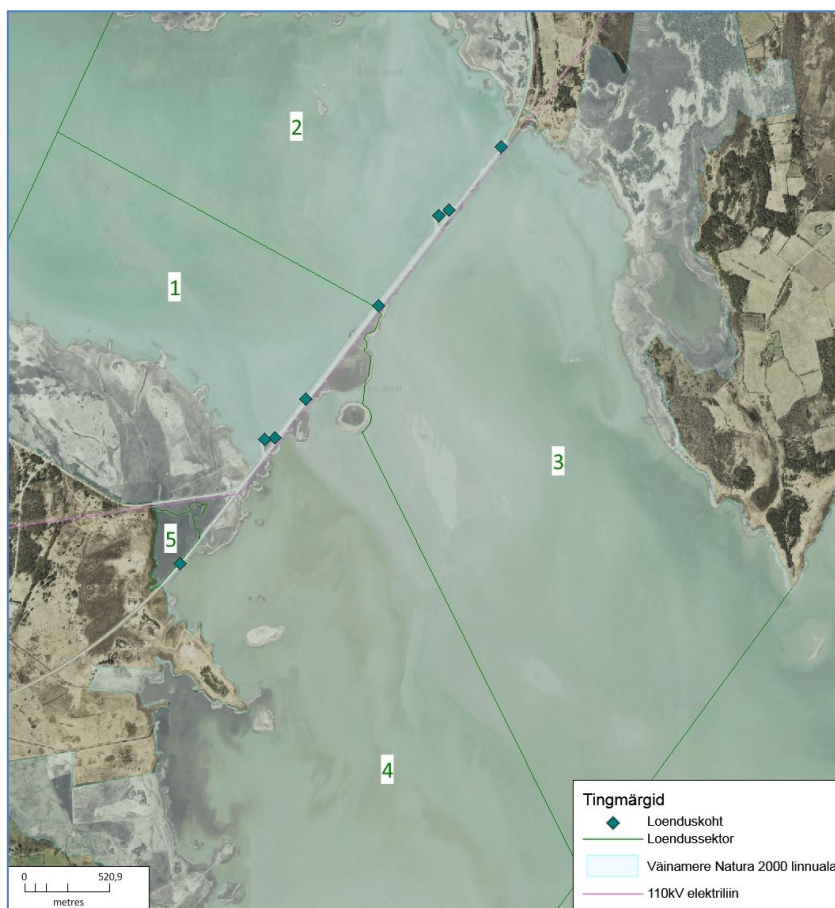
Visuaalvaatluste andmed fikseeriti algselt vastavale ankeedile, hiljem otse Excel tabelisse. Andmete töötlemisel kasutati programme Microsoft Excel 2019 ja R 3.6.3. Aditiivsete mudelite koostamisel kasutati R paketti „mgcv 1.8-31“.

2.3. Õhuliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalsed loendused

Elektriliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalne loendused viidi läbi iga loendustsükli alguses ja lõpus, enamasti loendustsükli teisel (esimene päev saabumine ja radari seadistamine) ja viimasel päeval, kokku 18 korral.

Visuaalsetel loendustel kaeti kogu tammi ümbritsev akvatoorium vaatlustoru ja vajadusel ka binoklit kasutades nähtavuse piires. Loenduspiirkond jagati viieks loendussektoriks. Loendusel fikseeriti peatuvate veelindude liik ja arvukus loendussektorite kaupa. Tavaliselt loendati kaheksast loenduskohast (joonis 4). Väikese väina laidudel pesitsevate naerukajakate ja tiirude suure liikuvuse tõttu ei loendatud neid suvistel loendustel.

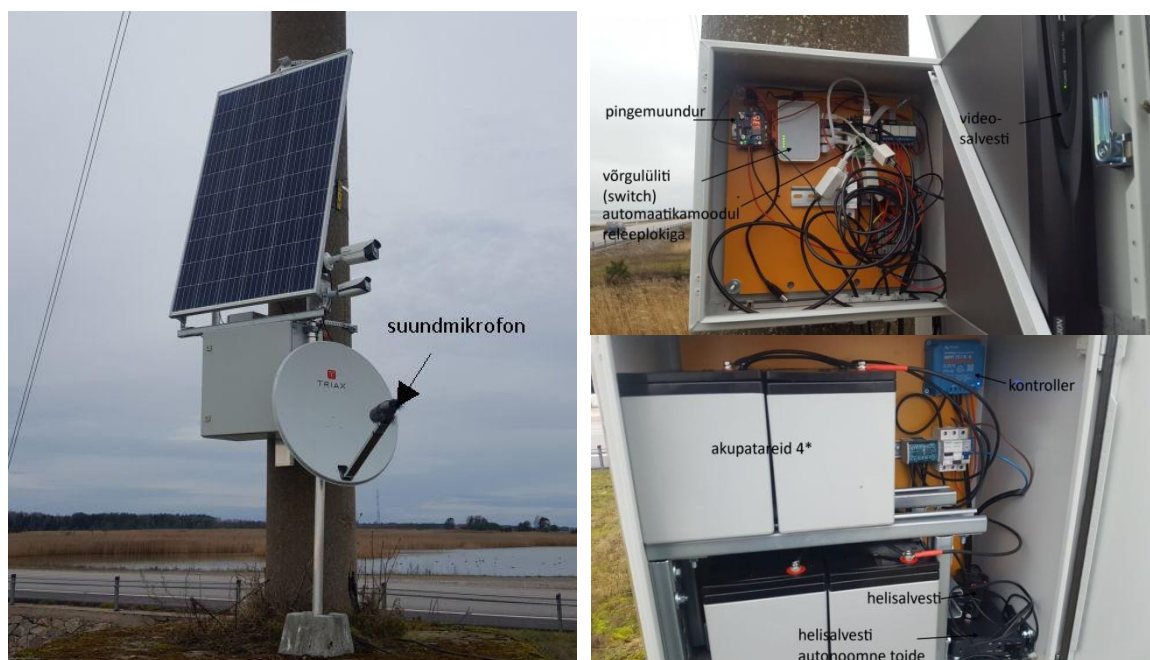
Peatuvaid veelinde loendasid Andres Kalamees, Andrus Kuus, Mati Martinson, Uku Paal, Ainar Unus, Martin Vesberg ja Kaarel Võhandu.



Joonis 4. Loendussektorid ja loenduskohad märgalal peatuvate veelindude visuaalsetel loendustel.

2.4. Liini seire kaameratega

Lisaks visuaalvaatlustele kasutati liini vahetus läheduses toimuva lindude liikumise ja liiniga kokkupõrgete fikseerimiseks nende automaatset registreerimist kaameratega ühes visangus. Kaamerad asusid tammi Saaremaa poolses osas (asukohad joonisel 1). Paigaldatud oli kaks kaamerajaama. Mõlemad said toite ühelt päikesepaneelilt (mõlemad 280 W) ja päikesevaesel ajal akupangalt (320Ah). Mõlemad kaamerajaamad olid raadiolingi abil ühendatud Orissaare sidemastiga, mis võimaldas kaamerajaamu käitada ja kontrollida üle veebi - kaameraid/salvesteid koos ja üksikult sisse-välja lülitada ja toitemooduli seisukorda jälgida. Joonisel 5 on eristatud kaamerajaama üldvaade ja peamised osad.



Joonis 5. Kaamerajaam audiosüsteemiga.

Vaatlusperioodil oli kokku kasutusel kolm kaameratüüpi:

- Mobotix MX26M (6 Mp sensoriga), valgustundlikkus 0,005 Lux
- Hikvision DS-2CD4A26FVD min valgustundlikkus 0,002 Lux
- Dahua IPC-HFW5442E /0,002 Lux.

Saadud videosalvestiste läbivaatamisel fikseeriti järgmised andmed:

- kaamera number;
- kuupäev;
- kellaaeg;
- liik/liigirühm;
- käitumine (sarnaselt visuaalvaatlustele);
- liin (sarnaselt visuaalvaatlustele);
- märkused

Kaamerasalvestiste läbivaatamisel selgus, et kogu analüüsimiseks sobiva materjali detailseks klassifitseerimiseks kulub umbes 2000 tundi (ühe inimese ühe aasta tööaeg). Seega valiti igast loendustsükli detailseks analüüsiks üks päev ja ülejäänud tsükli salvestistelt püüti leida lindude füüsilisi kontakte liiniga - visuaalvaatlustel kasutatud käitumusliku reaktsiooni klassid 7 (kokkupõrge/puude liiniga, lind jätkab lendu) ja 8 (kokkupõrge liiniga, lind kukub või maandub vette või maapinnale). Viimased loeti vigastatud või hukkunud lindudeks. Nende puhul määrati ka oluline lisatunnus: kas lind kukkus sellisesse piirkonda, kus hukkunud lindude otsijal on võimalik teda leida või mitte. Neid tulemusi kasutati hukkunud lindude arvu (hukkumissageduste) määramise mudelites.

2.5. Öine audioseire

Öösel lendavate lindude liigilise koosseisu tuvastamiseks viidi läbi öine audioseire. Selleks salvestati ülelendavate lindude hääliksused. Vastavad seadmed (suundmikrofon ja salvestusseade) olid paigutatud tammi kõige edelapoolsemale elektriliini mastile (viimane mast enne nurgamasti) (joonis 1).

Suunatudlik mikrofon ehitati erilahendusena aastaringseks kasutamiseks igasugustes ilmastikutingimustes. Mikrofonis on kasutatud väga väikese müraga (tundlikkus -28 dB (+/- 3dB at 1kHz), 0dB=1V/Pa) elemente. Salvestina kasutati Tascam DR-40 (joonis 5).

2020. aasta esimesed kaks loendustükki, kui Saare maakonnas kehtisid liikumiskiirangud, audio salvestamist ei toimunud, kuna süsteem oli talveks maha võetud ja selle installeerimine oleks tavalooendustel osalejatele olnud keeruline.

Andmetöötlus

Helifailide analüüsil kasutati Audacity helitöötluse tarkvara.

Helifailide kontrollimiseks tehti esmavalik meteoroloogilise info põhjal. Igakuisest sessioonist valiti kõige tuulevaiksem öö, kuna helifailide kvaliteeti mõjutab negatiivselt nii suur liikluse müra foon kui tuul. Kokku analüüsiti 6 öö (11-12. november 2019, 14-15. juuni 2020, 12-13. juuli 2020, 14-15. august 2020, 15-16. september 2020 ja 11-12. oktoober 2020) helisalvestisi 53,5 tunni ulatuses.

Helifailide analüüsil fikseeriti kuupäev, kellaaeg, linnuliik, arv (edaspidi kasutatud mõistet „kontaktide arv“) ja tegevus. Tegevuse puhul kasutati algselt järgmisi tähisteid:

p – paikne lind, kellelt võib hääliksusi kuulda kogu öö vältel. Tüüpiliselt pardid, hallhaned, luiged, tuttpütt, sookurg, rooruik, lauk, kiivitaja, naerukajakas, hõbekajakas, merikajakas.

ü – lennus olev lind, kuid raske hinnata, kas tegemist on rändava isendiga või lähipiirkonnas toitumispaike vahetava isendiga. Võib eeldada, et osa neist ületavad liini.

r – rändel olev lind, eeldatavasti ala pikemal rändelennul läbiv isend. Võib eeldada, et enamik neist ületavad liini.

s – laulev lind

h – hääliksus, teadmata kas paikne või lendav lind.

Lõpptulemuste esitamisel rühmitati tuvastatud linnud tegevuse alusel kaheks suureks rühmaks: paiksed (p, s) ja lendavad linnud (ü, r). Liikide ligikaudse esinemissageduse tähistamiseks kasutati kontaktide arvu. Suuruse „1 kontakt“ tähendus võib olla erinevatel juhtudel siiski üsna erinev – nii ühekordne isendi või salga ülelend kui ka paiksete lindude hääliksamine läbi öö salvestuspunkti lähistel.

Helifailid analüüsis Uku Paal.

2.6. Andmed ilmastikutingimuste kohta

Ilmastikutingimused võivad mõjutada nii lindude tegevusaktiivsust kui ka nende avastatavust loendustel.

Käesolevas töös kasutati Maanteeametilt saadud Viira teilmajaama poolt salvestatud andmed. Viira teilmajaam paikneb Muhu saarel 3,8 km kaugusel radari asukohast. Novembris 2019 saadi Maanteeametilt lisaks Muhu teilmajaama poolt salvestatud andmed. Muhu teilmajaam paiknes radari asukohast ainult umbes 200 m kaugusel, kuid 2020. aasta välitööde alguseks oli Maanteeamet selle amortiseerumise tõttu välja lülitanud. Lisaks teilmajaamade andmetele mõõdeti visuaalvaatluste ajal luksmeetriga valgustustihedust.

Teeilmajaamade andmed olid salvestatud intervalliga 10 minutit. Valgustihedust mõõdeti üks kord tunnis. Meie käsutuses olnud ilmaparameetrite nimekiri on toodud tabelis 4 ja ilmaparameetrite keskmised väärtused ööpäevas kujutatud lisas 2 (joonised L2-1 kuni L2-3).

Tabel 4. Ilmaparameetrid

Parameeter	Ühik
Õhutemperatuur	kraadi C
Õhuniiskus	%
Saju tüüp	ei saja/vihm/lörts/lumi
Saju intensiivsus	mm/h
Nähtavus	m
Tuule suund	kraadi
Tuule kiirus	m/s
Maksimaalne tuule kiirus	m/s
Valgustihedus	luks

2.7. Õhuliiniga kokkupõrke tõttu hukkunud lindude otsingud

Õhuliiniga seotud hukkunud või vigastatud lindude loendus-otsingud elektriliini all tuli metoodika kohaselt korraldada soovitatavalt radaruuringutega samadel perioodidel (kahel päeval igal radarvaatluste perioodil) kogu Saaremaa ja Muhu vahelise lõigul.

Uuringuperioodi jooksul viidi läbi 20 hukkunud lindude otsingut tabelis 5 toodud aegadel. Kõik otsingud viis läbi Veljo Volke. Kuna 2019. aasta sügisene välitööde algus viibis radari käitamiseks vajalike lubade ootamise tõttu, viidi nii septembris kui oktoobris läbi üks lisaloendus (26.09. ja 23.10.), mille eesmärk oli suurendada hukkunud lindude valimit, et saada paremat ülevaadet liiniohvrite liigilisest koosseisust ja suurendada sisendit hukkunud lindude üldarvu määramise mudelisse.. Kuna liini rekonstrueerimist alustati 2020. aasta septembris, saab ümberehitamata liini mõju hindamiseks kasutada andmeid vahemikust 2019. aasta septembrist 2020. aasta augustini (k.a.).

Tabel 5. Hukkunud lindude otsimise ajad ja otsingutevahelised perioodid.

Kuu, aasta	Kuupäev	Päevi eelmisest otsingust
September 2019	26.10.2019	
Oktoober 2019	23.10.2019	27
November 2019	8.11.2019	21
	13.11.2019	5
Märts 2020	15.03.2020	
	19.03.2020	4
Aprill 2020	19.04.2020	31
	24.04.2020	5
Mai 2020	19.05.2020	25
	24.05.2020	5
Juuni 2020	10.06.2020	17
	15.06.2020	5
Juuli 2020	10.07.2020	25
	15.07.2020	5
August 2020	12.08.2020	28
	17.08.2020	5
Keskmine pikem otsimisvahemik		24,9; SD 4,6

rekonstrueerimise eelsel ajal (n=7)		
Keskmine lühem otsimisvahemik rekonstrueerimise eelsel ajal (n=7)		4,9; SD 0,38
September 2020	11.09.2020	25
	16.09.2020	5
Oktoober 2020	7.10.2020	20
	12.10.2020	5
Keskmine pikem otsimisvahemik rekonstrueerimise ajal (n=2)		22,5; SD 3,5
Keskmine lühem otsimisvahemik rekonstrueerimise ajal (n=2)		5; SD 0,0

Otsingut alustati tammi Muhu-poolsest otsast ja vaatleja liikus mööda tammi kagukülge otsinguala lõpuni. Tagasi tuli otsija mööda tammi loodekülge. Vaatleja:

- salvestas iga leiu asukoha GPS-seadme Garmin GPSMAP66s või mobiiltelefoni GPS-põhise kaardiplikatsiooniga Locus Map;
- kategoriseeris leiu (lind tervik, osaliselt söödud röövloomade poolt, suletuust või suled ühes v mitmes kohas¹) (Erickson et al., 2000);
- määras liigi (võimalusel ka soo ja vanuse);
- kategoriseeris hinnangulise hukkimise aja ja surma arvatava põhjuse (kokkupõrge elektriliini või autoga).

Kõik leiud fotografeeriti nende esialgses kohas. Hukkunud linnu jäänused tähistati järgmisel loendusel taasregistreerimise vältimiseks keskkonnasõbraliku metsanduses kasutatava markervärviga. Kui leidu ei olnud võimalik täie kindlusega kohe määrata, see kollektioneeriti ja määrati hiljem Sørve linnujaamas Mati Martinsoni poolt, kasutades sealset linnusulgede võrdluskogu.

2.8. Röövloomatest, otsija tulemuslikkuse test ja linnud otsimisalast väljas

Elektriliinidega kokkupõrgetest põhjustatud lindude suremuse hindamiseks kasutatakse enamasti hukkunud lindude otsimist liini alt. Suur osa linde võib jääda otsimiskäikudel leidmata ja see viib suremuse alahinnanguteni.

Tegeliku suremuse allahindamisele panustavad kolm kuni neli veallikat: rööv- või raipetoidulised loomad eemaldavad osa hukkunud linde enne, kui otsija need leiab, seda nimetatakse laipade säilivuseks (i.k. *carcass persistence*) (Kostecke et al., 2001) või laipade eemaldamise veaks (i.k. *carcass removal bias*), (2) otsija ei leia kõiki hukkunud linde, mida nimetatakse laipade avastatavuseks (*carcass detection*) või otsija tulemuslikkuse veaks (*searcher efficiency bias*) (Morrison, 2002), (3) osade alade ligipääsetavus tulemuslikuks otsinguks võib olla piiratud, mis on kooslusest põhjustatud

¹ Leiu seisundikategooriad:

Terve – terve surnud lind, mis ei ole oluliselt roiskunud ja mida ei ole söönud röövloomad või raipetoidulised loomad;

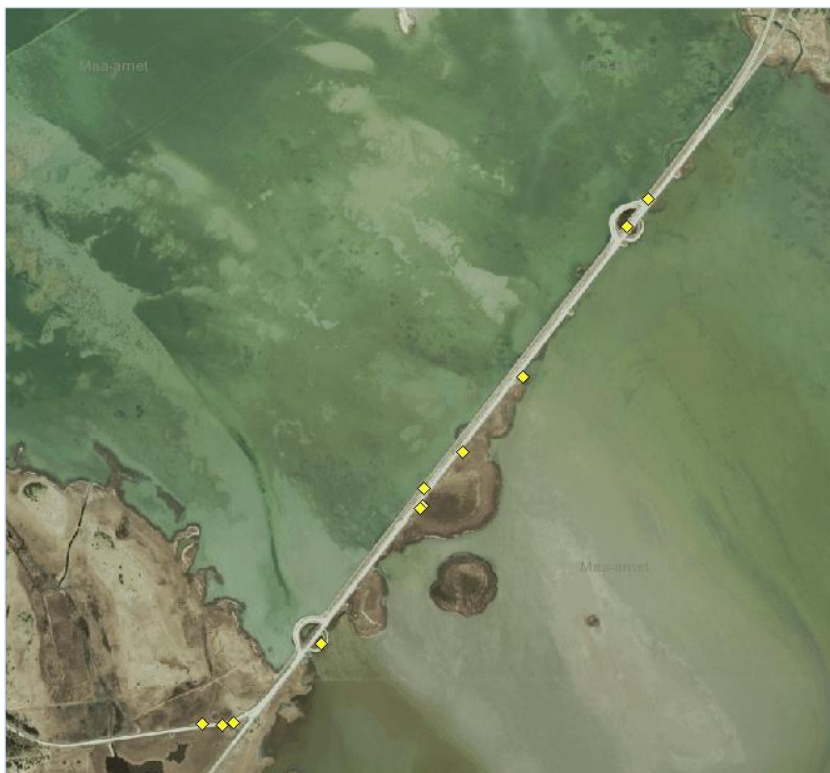
Söödud – terve lind, keda on rööv- või raipetoiduliste loomade poolt söödud või linnu kehaosad ühes kohas (tiivad, skeletiosad, jalad, nahatükid koos sulgedega vms);

Suled – kümme või rohkem sulge ühes kohas, mis näitavad, et surnud lind on ära söödud või ära viidud; kui leitakse ainult sulgi, tuleb leida 10 või rohkem ükskõik, mis tüüpi sulge või kaks või rohkem laba-hoosulge, et pidada leidu ohvriks.

viga (*habitat bias*) (Huso & Dalthorp, 2014), ja (4) osad haavatud linnud lendavad, kõnnivad või ujuvad väljapoole otsimisala, mida nimetatakse haavamisveaks (*crippling bias*) (Bech et al., 2012). Mõnikord käsitletakse kahte viimast üheskoos. Vigastatud lindude sattumist uurimisalast väljapoole on teadupärast eksperimentaalselt keeruline hinnata, kuna see vajab lindude kokkupõrgete otseseis vaatlusi või telemetria vahendite kasutamist (Borner et al., 2017).

Uuringu tehnilise kirjelduse kohaselt tuli andmete kogumisel läbi viia test röövloomade poolt vaatlusperioodil hukkunud isendite kao hindamiseks. Käesolevas töös nimetatakse seda röövloomatestiks (i.k. *scavenger test, corp removal test, carcass persistence trial* jm).

Hukunud lindude otsimise lõigule paigutati juhuslikesse asukohtadesse 11 vähemalt rästasuurust lindu. Randomiseerimiseks genereeriti juhuslike arvude generaatoriga otsimistekonnale (7200 m) (mis võrdub liini otsitava osa kahekordse pikkusega, kuna otsija käib edasi-tagasi mõlemal pool tammi serva), 20 arvu ja paigutati laibad 11 sobivasse kohta ilma genereeritud arve ümber reastamata (joonis 6). Ebasobivateks kohtadeks loeti piirkonnad, kus tammi kagupoolne külg piirneb vahetult avaveega.



Joonis 6. Röövloomatesti ja otsija tulemuslikkuse testi lindude paigutus.

Linnud saadi Eesti Maailikooli veterinaaria osakonda rehabiliteerimisele toodud, kuid seal surnud lindude hulgast veterinaariadoktor Madis Leivitsalt. Linnud võeti testi algusele eelnenud päeval sügavkülmikust sulama.

Lindude säilimist kontrolliti 2., 5., 25. ja 56. päeval. Testilind loeti alles olevaks seni, kuni tema jäänused olid otsimisalalt avastatavad. Sarnaselt Ponce jt (2010) seati avastatavuse „alumiseks piiriks“, et juhul, kui leiti vähem kui viis (väiksemat) sulge, loeti testilind uurimisalalt kadunuks. Testi tulemusi kasutati hukkumiste arvutamise mudelis.

Otsija tulemuslikkuse testi (i.k. *searcher efficiency test, carcass detection trial* jm) läbiviimist töö tehniline kirjeldus ei nõudnud, kuid kuna otsija võimekus hukkunud linde või nende osi leida mõjutab oluliselt arvutuslikku hukkumissagedust ja hukkunud lindude üldarvu. Tavaliselt on otsija tulemuslikkus vahemikus 30-90% (leidmise tõenäosusena väljendades 0,3-0,9), sõltudes mh ka otsija kogemustest (Ponce et al., 2010). Veel suuremal määral sõltub leidmise edukus hukkunud linnu suurusest. Näiteks Borner ja kaastöötajad (2017) selgitasid suuremahulises eksperimendis, et keskmine avastatavuse tõenäosus oli suurte lindude puhul 0,47, keskmiste lindude puhul 0,18, väikeste lindude puhul 0,07 ja väga väikeste lindude puhul 0,005. Käesolevas töös leide suurusklassidesse ei jaotatud, sest Väikese väina märgalal on looduskaitsealiselt olulisemad erinevad veelinnud, kes kehasuuruselt liigituvad keskmiste (kahlajad, tiirud) või suurte (enamus ülejäänud veelinde, näit. hanelised, röövlinnud jm) hulka. Nende liigirühmade esindajad on nimetatud ka Natura 2000 Väinamere linnuala ja Väikese väina hoiuala kaitse-eesmärkide hulgas.

Otsija tulemuslikkuse test viidi läbi röövloomatesti esimesel päeval, 7. oktoobril 2020 samade lindudega. Peale otsija tulemuslikkuse testi jäid need linnud samadesse asukohtadesse röövloomatestiks (vt eespool).

Kolmandaks tuleb arvestada hukkunud lindudega, kes jäävad otsimisalast välja (*crippling bias*). Osad linnud kukuvad peale kontakti liiniga otsimisalast väljapoole (vette, roostikku) ja surevad seal, osad võivad saada viga, kuid siiski liikuda otsimisalast välja (i.k. *crippling bias*). Bernardino jt. (2018) peavad lindude hukkamise täpse määramise meetodite (mis põhinevad jäänuste otsimisel) ja sellega seotud korrektsioonifaktorite arendamist endiselt oluliseks, erilise tähelepanuga "*cripplingust*" põhjustatud veale. Näiteks Frost (2008) selgitas Ühendkuningriigis läbi viidud uuringus, et keskmine hukkununa leitud kümnokk-luige kaugus liini teljest oli 58 m, minimaalne 10 m ja maksimaalne 351 m.

Käesolevas töös arvatati otsimisalale jäävate ja sealt välja kukkuvate (või vigastatud linnu puhul liikuvate) lindude osakaal kaamerasalvestistelt leitud kokkupõrgete ja visuaalvaatlustel registreeritud kokkupõrgete alusel. Iga sündmuse puhul hinnati, kas lind kukkus otsimisalale või mitte. Selle alusel saadi paranduskoefitsient:

a = otsimisalale kukkunud lindude arv/kõigi analüüsitud sündmuste arv;

See korrutatakse läbi otsija tulemuslikkuse koefitsiendiga (p) ja saadakse mudelites kasutamiseks linnulaiba avastatavus (*carcass detection probability*), mida tähistatakse p'

$p' = p \times a$; Huso (2011) mudelis (ja Se Jain et al. (2007) mudelis).

Kohaspetsiifiline metoodiline probleem oli nende lindude osakaalu arvestamine, keda otsimiste käigus leiti, kuid kelle surma põhjus ei olnud liiniga kokkupõrge, vaid tammil toimuv autoliiklus. See seostus eelkõige naerukajakatega, kes tavatsesid kevadel ja suvel tulla maanteele. Naerukajakas oli hukkunud lindude hulgas kõige arvukam liik (51 leidu), samas registreeriti visuaalvaatlusel ka kaks kajaka surmaga lõppenud kokkupõrget liiniga (üks neist radari seadistamise ajal, kui regulaarvaatlust veel ei toimunud) ja kahel korral oli hukkunud kajakas jäänud maandustrossi külge. Head lahendust probleemile ei leitud, sest liini ja autoga kokku põrganud linde eristada ei ole võimalik. Nii arvestati hukkumissageduste ja liini tõttu hukkunud lindude üldarvu leidmisel ainult kolme naerukajaka hukkumissündmusega. See toob kaasa alahinnangu. Hukkununa leiti ka üks ronk. Kuna ronk on raipetoiduline ja võis teele tulla seal hukkunud teist lindu sööma, arvestati tedagi liiklusohvrina ja hukkumissageduste arvutamisel tema andmeid ei kasutatud. Kuna teiste hukkunud lindude puhul peale naerukajakate ja rongade ei ole alust

arvata, et nad olid liiklusohvrid, kasutati nende andmeid hukkmisageduste modelleerimisel.

2.9. Hukkmisageduse ja hukkunud lindude üldarvu määramine

Hukkmisageduse ja hukkunud lindude üldarvu määramiseks on koostatud erinevaid mudeleid (Erickson et al., 2000; Huso, 2010; Jain et al., 2007; Kerns et al., 2005; Korner-Nievergelt et al., 2011). Kõigil neil on oma eeldused ja piirangud (Bernardino et al., 2013).

Käesolevas töös kasutatakse Huso (2010) mudelit, kuna see: (a) ei eelda võrdseid ajavahemikke kahe otsimiskäigu vahel, mida paljud teised mudelid eeldavad, aga käesolevas töös ei järgitud; 6-päevastest välitöötsüklitest ja töö lähteülesandest tulenevalt olid otsimiste vahelised perioodid tavaliselt 5 ja 25 päeva. (b) eeldab, et laipade ärasõõmise (kadumise) kiirus vastab eksponentsiaalfunktsioonile (mis leidis käesoleva töö empiiriliste andmete vastavuse kontrollis kinnitust); (c) võimaldab arvestada otsimata ala osakaalu. Meetodi puudus on eeldus, et linnud sisenevad „surnud lindude populatsiooni“ ühtlase kiirusega. See ei pruugi alati kehtida. Ometi näitas Huso (2010) oma meetodi eeliseid teiste varem kasutatud mudelite ees ja seda peetakse üldiselt töökindlaks (Korner-Nievergelt et al., 2011)

3. Tulemused

3.1. Tulemuste esitamise põhimõtted

Uuringu tulemused esitatakse teemade, mitte uurimismeetodite kaupa (tabel 6). See tagab töö parema jälgitavuse.

Tabel 6. Uurimisteemad ja meetodid, millega andmeid saadi.

TEEMAD	Ajaloolised andmed	Horisontaal-radar	Vertikaal-radar	Visuaal-vaatlused	Kaamera	Mikrofon	Peatujate loendused	Laibaotsing	Ilma-andmed
liigiline koosseis	x			x		x	x		
lindude ruumiline paiknemine (XY)		x					x		
lennu intensiivsus tammi kohal ja selle ajaline muutlikkus			(x)	x					x
lennukõrgus			x	x					
käitumuslik reaktsioon elektriliini läheduses, kokkupõrked liiniga				x	x			x	
hukkumissagedus ja hukkunud lindude arv				x	x			x	

3.2. Liigiline koosseis

Väike väin on oluline veelindude peatumis- ja pesitsusala (Kalamees, 2000; Kuresoo et al., 1995).

Käesoleva projekti raames loendati tammi ümbruses peatujatena kokku 65 689 isendit 57 liigist (tabel 7). Põhiosa peatujatest moodustasid pardid (arvukaimad liigid sinikael-, viu-, piil- ja rääkspart, tutt- ja punapea-vart ning sõtkas), luiged (kühmnokk-luik), haned (hallhani), lauk ja kajakad (naerukajakas).

Põhjalikud loendused Väinamere linnualal, sealhulgas Väikesel väinal, viidi läbi ka 2017. aastal, mil toimusid Natura 2000 linnualade seire projekti välitööd Väinamere linnualal. Vahetult tammiga piirnevatest loendussektoritest saadud loendustulemused on üldistatult tabeli 7 viimases veerus.

Kaitstavatest liikidest kohati kahe kõrgeima (I) kaitsekategooria liigi isendeid – tutkast ja merikotkast. II kaitsekategooria liike oli 10, arvukamalt neist väikeluiki ja merivarte. III kaitsekategooria liike registreeriti 16.

Elektriliini mõju hindamisel on olulised ka need liigid, kes ei ole kaitse alla võetud, kuid keda on nimetatud Väikese väina hoiuala (või ka Väinamere Natura 2000 linnuala) kaitse-eesmärkide hulgas. Kaitstavatel aladel ei tohi nende liikide seisund halveneda ja võimalusel tuleb seisundit parandada. Tabelis 7 kolmandas veerus on ära märgitud need loendustel kohatud 29 liiki, kes on loetletud Väikese väina hoiuala kaitse-eesmärkide hulgas.

Tabel 7. Tammi ümbruses 2019-2020 uuringu ajal peatunud linnuliigid ja nende kaitsestaatus, võrdlusena 2017. a. loenduste maksimaalne tulemus.

Liigid	Kaitse- kat.	Väikese väina hoiuala KE	Loend. kokku, is	Max loendus- tulemus päevas, is	Esinemis- sagedus, %	Max loendustu- lemus päevas, is
			Käesolev töö 2019-2020		2017	
Luiged						
kühmnokk-luik (<i>Cygnus olor</i>)		×	7996	806	100	1579
väikeluik (<i>Cygnus columbianus</i>)	II	×	594	505	16,7	2255
lauluiluik (<i>Cygnus cygnus</i>)	II	×	128	30	88,9	205
määramata luik			355	275	11,1	
Haned ja lagled						
rabahani (<i>Anser fabalis</i>)						1510
suur-laukhani (<i>Anser albifrons</i>)						1000
hallhani (<i>Anser anser</i>)		×	1989	1630	72,2	703
valgepõsk-lagle (<i>B. leucopsis</i>)	III	×	450	340	16,7	1004
määramata hani			5530	5500	16,7	
Pardid						
ristpart (<i>Tadorna tadorna</i>)	III		5	4	11,1	2
viupart (<i>Mareca penelope</i>)		×	5367	2814	55,6	6040
rääkspart (<i>Mareca strepera</i>)		×	1520	488	77,8	45
piilpart (<i>Anas crecca</i>)			2275	871	61,1	38
sinikael-part (<i>A. platyrhynchos</i>)			8939	2827	100	3586
soopart (<i>Anas acuta</i>)	II (h)	×	161	104	38,9	8
rägapart (<i>S. querquedula</i>)						
luitsnokk-part (<i>S. clypeata</i>)		×	962	742	44,4	14
punapea-vart (<i>Aythya ferina</i>)		×	3959	2387	72,2	4359
tuttvart (<i>Aythya fuligula</i>)		×	7988	1312	100	1438
merivart (<i>Aythya marila</i>)	II (h)		291	288	22,2	5
aul (<i>Clangula hyemalis</i>)		×	2	1	11,1	1
sõtkas (<i>Bucephala clangula</i>)		×	2777	522	72,2	583
väikekoskel (<i>M. albellus</i>)	II		196	82	38,9	29
rohukoskel (<i>Mergus serrator</i>)		×	2	1	11,1	1
jääkoskel (<i>Mergus merganser</i>)			404	82	77,8	87
määramata part			1928	740	27,8	
Pütid						
väikepütt (<i>T. ruficollis</i>)	III		1	1	5,6	
tuttpütt (<i>Podiceps cristatus</i>)			500	285	94,4	52
hallpõsk-pütt (<i>P. grisegena</i>)	III		2	2	5,6	
Kormoran						
kormoran (<i>P. carbo</i>)			76	51	38,9	1
Haigrud						
hüüp (<i>Botaurus stellaris</i>)	II	×	2	1	11,1	1
hõbehaigur (<i>Ardea alba</i>)			449	94	66,7	7
hallhaigur (<i>Ardea cinerea</i>)			45	10	55,6	5
Ruiklased						

rooruik (<i>Rallus aquaticus</i>)	III		5	3	11,1	1
tait (<i>Gallinula chloropus</i>)	III		1	1	5,6	
lauk (<i>Fulica atra</i>)			4503	1396	100	1501
Sookurg						
sookurg (<i>Grus grus</i>)	III		73	67	22,2	4
Kahlajad						
naaskelnokk (<i>R. avosetta</i>)	II		35	21	22,2	28
merisk (<i>H. ostralegus</i>)			5	2	22,2	1
kiivitaja (<i>Vanellus vanellus</i>)		×	316	165	55,6	177
liivatüll (<i>Charadrius hiaticula</i>)	III	×	39	37	16,7	
suurkoovitaja (<i>N. arquata</i>)	III	×				1
mustsaba-vigle (<i>Limosa limosa</i>)	II	×	11	5	22,2	1
suurrüdi (<i>Calidris canutus</i>)			1	1	5,6	
tutkas (<i>Calidris pugnax</i>)	I		2	2	5,6	88
soorüdi (<i>Calidris alpina</i>)		×	1	1	5,6	
vihitaja (<i>Actitis hypoleucos</i>)			3	2	11,1	11
metstilder (<i>Tringa ochropus</i>)			3	3	5,6	
tumetilder (<i>Tringa erythropus</i>)			11	7	16,7	
heletilder (<i>Tringa nebularia</i>)	III		13	11	11,1	2
mudatilder (<i>Tringa glareola</i>)	III		3	3	5,6	3
punajalg-tilder (<i>Tringa totanus</i>)	III	×	7	3	22,2	2
tikutaja (<i>Gallinago gallinago</i>)			2	1	11,1	
Tiirud						
räusktiir (<i>Hydroprogne caspia</i>)	II		26	20	11,1	3
mustviires (<i>Chlidonias niger</i>)	III		1	1	5,6	
tutt-tiir (<i>T. sandvicensis</i>)	II	×				1
jõgitiir (<i>Sterna hirundo</i>)*	III	×		45	22,2	9
randtiir (<i>Sterna paradisaea</i>)*	III	×		8	16,7	21
määramata tiir *				48	11,1	
Kajakad						
väikekajakas (<i>H. minutus</i>)	II	×	10	5	16,7	390
naerukajakas (<i>L. ridibundus</i>)*		×		1345	88,9	1750
kalakajakas (<i>Larus canus</i>)		×		6	22,2	17
hõbekajakas (<i>Larus argentatus</i>)				111	88,9	95
merikajakas (<i>Larus marinus</i>)			103	14	100	11
Röövlinnud						
merikotkas (<i>H. albicilla</i>)	I		39	11	72,2	7
roo-loorkull (<i>C. aeruginosus</i>)	III	×	15	4	38,9	2

Visuaalvaatlustel registreeriti tammi kohal ja lähiumbruses lendamas 96 482 isendit 99 liigist (tabel 8). Kõige olulisemateks linnurühmadeks olid kajakad (arvukaimad liigid naeru- ja hõbekajakas), pardid (tuttvart, sõtkas, sinikael-part), haned ja lagled (valgepõsk-lagle, hallhani) ning tiirud (jõgitiir). Kajakad moodustasid kolmandiku registreeritud lindudest (joonis 7).

Pimedal ajal tuvastati häälte analüüsimisel paiksetena 30 (tabel 8 eelviimane veerg) ja lennul 32 liiki (tabel 8 viimane veerg). Lennul esinesid kõige sagedamini sõtkas, laululuik

ja sinikael-part; paiksetena naerukajakas. Pimedal ajal paiksetena tuvastatud liikide puhul võib üks kontakt tähendada paiksete lindude hääli läbi öö salvestuspunkti lähistel.

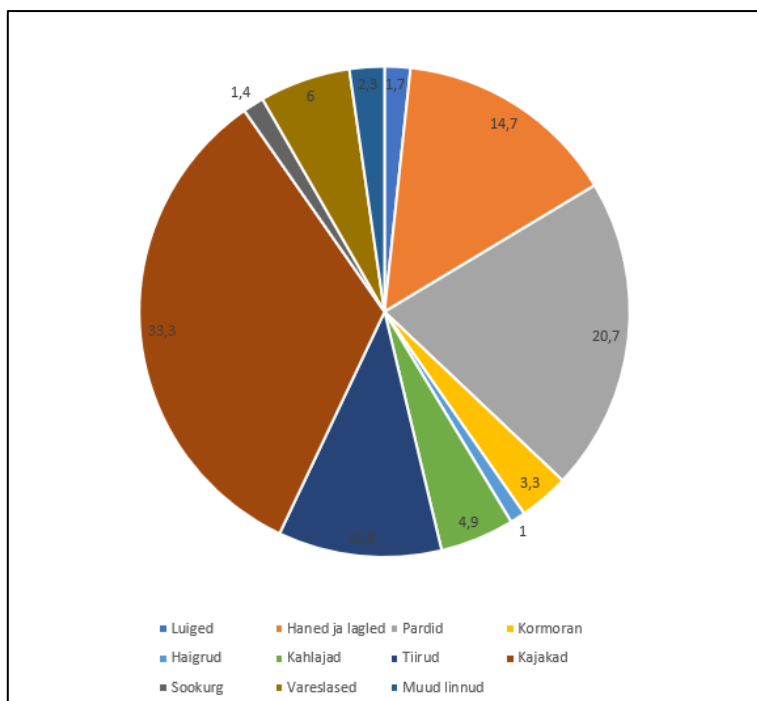
Tabel 8. Visuaalvaatlustel ja öise audioseirega registreeritud linnud ja nende kaitsestaatus. „Kokku registreeritud“ ja „Max loendustulemus päevas“ näitavad üle tammi lendude arvu, mitte ilmtingimata lindude arvu summat (sama isend võib lennata üle tammi korduvalt); * - liigid, kelle arvukus kevadsuvistel loendustel (22. aprill – 15. juuli) ekstrapoleeriti 10 minuti jooksul tunnis loendatud isendite põhjal; () – liigid, kellel kaitse all haudeasurkond.

Liigid	Kaitse- kate- gooria	Väikese väina hoiuala kaitse- eesmärk	Kokku regist- reeritud, is	Max loendus- tulemus päevas, is	Esinemis - sagedus, %	Öine audio- seire, paiksed linnud, kontakti de arv	Öine audio- seire, lendava d linnud; kontakti de arv
Luiged			1629	135	84,7		
kühmnokk-luik (<i>Cygnus olor</i>)		×	1314	135	84,7	5	
väikeluik (<i>Cygnus columbianus</i>)	II	×	77	30	8,5		
laululuik (<i>Cygnus cygnus</i>)	II	×	103	20	25,4	4	12
määramata luik			135	20	27,1		
Haned ja lagled			14148	4954	79,7		
rabahani (<i>Anser fabalis</i>)			79	40	5,1		1
suur-laukhani (<i>Anser albifrons</i>)			376	139	8,5		3
hallhani (<i>Anser anser</i>)		×	1618	294	72,9	4	
valgepõsk-lagle (<i>B. leucopsis</i>)	III	×	9244	4896	25,4		
mustlagle (<i>Branta bernicla</i>)			2	2	1,7		
määramata hani			2829	865	28,8		
Pardid			19938	1273	100		
ristpart (<i>Tadorna tadorna</i>)	III		32	11	18,6		
viupart (<i>Mareca penelope</i>)		×	823	199	30,5	7	
rääkspart (<i>Mareca strepera</i>)		×	229	24	45,8	4	
piilpart (<i>Anas crecca</i>)			83	34	22	1	
sinikael-part (<i>A. platyrhynchos</i>)			2802	327	98,3		10
soopart (<i>Anas acuta</i>)	(II)	×	91	20	20,3		
rägapart (<i>Spatula querquedula</i>)			1	1	1,7		
luitsnokk-part (<i>S. clypeata</i>)		×	88	20	23,7		
punapea-vart (<i>Aythya ferina</i>)		×	124	98	8,5		
tuttvart (<i>Aythya fuligula</i>)		×	7583	667	91,5		2
merivart (<i>Aythya marila</i>)	(II)				0		
aul (<i>Clangula hyemalis</i>)		×	46	46	1,7		
mustvaeras (<i>Melanitta nigra</i>)							11
tõmmuvaeras (<i>Melanitta fusca</i>)	III		55	29	6,8		
sõtkas (<i>Bucephala clangula</i>)		×	1332	428	67,8		25
väikekoskel (<i>M. albellus</i>)	II		65	25	15,3		
rohukoskel (<i>Mergus serrator</i>)		×	275	69	23,7		
jääkoskel (<i>Mergus merganser</i>)			969	137	57,6		
määramata part			5340	756	98,3		
Kaurid			262	136	27,1		
punakurk-kaur (<i>Gavia stellata</i>)	III		29	19	11,9		

järvekaur (<i>Gavia arctica</i>)	II		99	68	10,2		
määramata kaur			134	96	15,3		
Pütid			4	4	1,7		
tuttpütt (<i>Podiceps cristatus</i>)						6	
hallpösk-pütt (<i>P. griseogen</i>)	III		4	4	1,7		
Kormoran			3218	357	83,1		
kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)			3218	357	83,1		
Haigrud			995	99	89,8		
hüüp (<i>Botaurus stellaris</i>)						1	
hõbehaigur (<i>Ardea alba</i>)			655	92	72,9		
hallhaigur (<i>Ardea cinerea</i>)			340	70	78		
Ruiklased							
rooruik (<i>Rallus aquaticus</i>)						6	
lauk (<i>Fulica atra</i>)						6	
Sookurg			1314	448	55,9		
sookurg (<i>Grus grus</i>)	III		1314	448	55,9	3	1
Kahlajad			4733	642	93,2		
naaskelnokk (<i>R. avosetta</i>)	II		7	2	6,8		
merisk (<i>H. ostralegus</i>)			25	5	20,3	1	1
kiivitaja (<i>Vanellus vanellus</i>)		×	3276	588	79,7	3	
liivatüll (<i>Charadrius hiaticula</i>)	III	×	56	16	11,9		1
väikekoovitaja (<i>N. phaeopus</i>)	III		3	3	1,7		1
suurkoovitaja (<i>N. arquata</i>)	III	×	27	10	18,6	2	
mustsaba-vigle (<i>Limosa limosa</i>)	II	×	1	1	1,7	1	
tutkas (<i>Calidris pugnax</i>)	I		23	7	10,2		
kõvernokk-rüdi (<i>C. ferruginea</i>)			1	1	1,7		
soorüdi (<i>Calidris alpina</i>)			632	263	16,9		3
vihitaja (<i>Actitis hypoleucos</i>)						5	
metstilder (<i>Tringa ochropus</i>)			5	3	5,1		1
tumetilder (<i>Tringa erythropus</i>)			8	3	8,5	3	1
heletilder (<i>Tringa nebularia</i>)	III		20	4	20,3		3
mudatilder (<i>Tringa glareola</i>)	III		59	45	10,2		3
punajalg-tilder (<i>Tringa totanus</i>)	III	×	17	2	20,3	1	
tikutaja (<i>Gallinago gallinago</i>)			21	6	10,2		2
määramata kahlaja			552	73	35,6		
Ännid			2	2	1,7		
söödikänn (<i>S. parasiticus</i>)			2	2	1,7		
Tiirud			10375	880	59,3		
räusktiir (<i>Hydroprogne caspia</i>)	II		44	7	22		1
mustviires (<i>Chlidonias niger</i>)	III		48	8	18,6		
tutt-tiir (<i>T. sandvicensis</i>)	II	×	3	2	3,4		1
jõgitiir (<i>Sterna hirundo</i>)*	III	×	2373	564	16,9		
randtiir (<i>Sterna paradisaea</i>)*	III	×	117	60	11,9		
määramata tiir *			7790	876	42,4	2	
Kajakad			32138	1671	100		
väikekajakas (<i>H. minutus</i>)	II	×	55	32	10,2		
naerukajakas (<i>L. ridibundus</i>)*		×	27825	1566	94,9	8	

kalakajakas (<i>Larus canus</i>)		×	195	24	54,2		1
tõmmukajakas (<i>Larus fuscus</i>)	II		1	1	1,7		
hõbekajakas (<i>Larus argentatus</i>)			3137	201	98,3	3	
merikajakas (<i>Larus marinus</i>)			721	53	93,2	3	1
määramata kajakas			204	59	42,4		
Määramata veelinnud			283	138	8,5		
määramata veelind			283	138	8,5		
Röövlinnud			692	45	100		
merikotkas (<i>H. albicilla</i>)	I		441	43	91,5		
roo-loorkull (<i>C. aruginosus</i>)	III		212	22	76,3		
välja-loorkull (<i>Circus cyaneus</i>)	III		1	1	1,7		
stepi-loorkull (<i>C. macrourus</i>)			1	1	1,7		
soo-loorkull (<i>Circus pygargus</i>)	III		1	1	1,7		
raudkull (<i>Accipiter nisus</i>)	III		8	3	8,5		
hiireviu (<i>Buteo buteo</i>)	III		11	3	13,6		
karvasjalg-viu (<i>Buteo lagopus</i>)	III		1	1	1,7		
määramata viu (<i>Buteo sp.</i>)			1	1	1,7		
kalakotkas (<i>Pandion haliaetus</i>)	I		3	1	5,1		
tuuletallaja (<i>Falco tinnunculus</i>)	III		4	2	5,1		
punajalg-pistrik (<i>F. vespertinus</i>)	III		3	3	1,7		
lõopistrik (<i>Falco subbuteo</i>)	III		4	1	6,8		
rabapistrik (<i>Falco peregrinus</i>)	I		1	1	1,7		
Tuvid			420	126	45,8		
kodutuvi (<i>Columba livia</i>)			19	8	5,1		
õõnetuvi (<i>Columba oenas</i>)	III		3	1	5,1		
kaelustuvi (<i>Columba palumbus</i>)			277	48	42,4		
määramata tuvi			121	88	10,2		
Siniraalised			4	3	3,4		
jäälind (<i>Alcedo atthis</i>)	II		4	3	3,4		
Vareslased			5758	492	98,3		
hakk (<i>Corvus monedula</i>)*			282	49	37,3		
künnivares (<i>Corvus frugilegus</i>)*			283	72	35,6		2
vares (<i>Corvus corone</i>)*			4149	480	96,6		
ronk (<i>Corvus corax</i>)*			1042	318	81,4		
määramata vareslane *			2	1	3,4		
Muud värvulised			395	71	33,9		
põldlõoke (<i>Alauda arvensis</i>)			12	10	5,1	1	
suitsupääsuke (<i>H. rustica</i>)	III		2	1	3,4		
sookiur (<i>Anthus pratensis</i>)			2	2	1,7		5
hänilane (<i>Motacilla flava</i>)							2
linavästriik (<i>Motacilla alba</i>)			22	7	11,9		7
punarind (<i>Erithacus rubecula</i>)							1
vainurästas (<i>Turdus iliacus</i>)							1
laulurästas (<i>Turdus philomelos</i>)							5
hallrästas (<i>Turdus pilaris</i>)			98	60	5,1		
kõrkja-rl (<i>A. schoenobaenus</i>)						2	
tiigi-roolind (<i>A. scirpaceus</i>)						2	
rästas-rl (<i>A. arundinaceus</i>)						2	

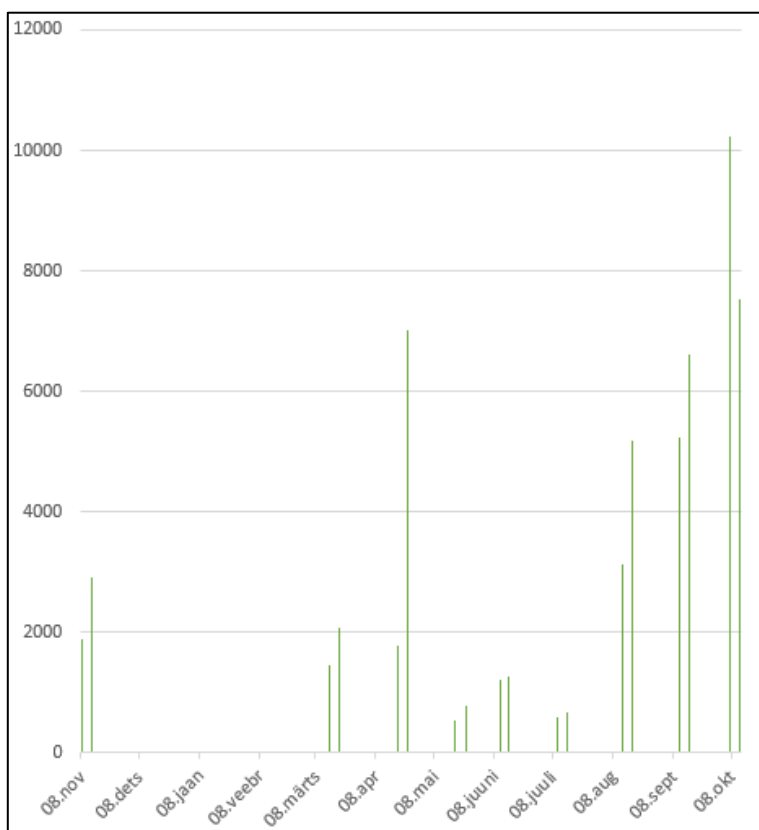
pruunselg-pöösal. (<i>S. communis</i>)	1	1	1,7		
roohabekas (<i>P. biarmicus</i>)	36	9	11,9	1	
sinitihane (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	6	2	8,5		1
rasvatihane (<i>Parus major</i>)	36	12	16,9		1
punaselg-õgija (<i>Lanius collurio</i>)	1	1	1,7		
kuldnokk (<i>Sturnus vulgaris</i>)	73	41	15,3		
metsvint (<i>Fringilla coelebs</i>)	5	2	5,1		1
ohakalind (<i>Carduelis carduelis</i>)	2	1	3,4		
siisike (<i>Spinus spinus</i>)	55	55	1,7		
urvalind (<i>Acanthis flammea</i>)	2	2	1,7		
leevike (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>)	2	1	3,4		
hangeline (<i>P. nivalis</i>)	15	10	3,4		
talvike (<i>Emberiza citrinella</i>)	5	2	5,1		2
rootsiisitaja (<i>E. schoeniclus</i>)				4	
määramata värvuline	20	5	13,6		
Määramata linnud	174	160	11,9		
määramata lind	174	160	11,9		
<hr/>					
Kokku veelinuliike	59				
Kokku veelinde (isendid)	89039				
Kokk linnuliike	99				
Kokku kõiki linde (isendid)	96482				



Joonis 7. Linnurühmade osakaal visuaalvaatlustel.

Peatuvate veelindude arvukus (ilma kajakate ja tiirudeta) erinevatel loenduskordadel on kujutatud joonisel 8. Suurem oli peatuvate veelindude arvukus sügisesel ja kevadisel rändeperioodil maksimumiga oktoobris. Pesitsevate lindude loendamiskordade tõttu kajakaid ja tiire kõigil loendustel ei registreeritud, maksimaalne loendatud arvukus oli kajakatel 1358 (24. aprill 2020) ja tiirudel 59 isendit (18. mai 2020). Pesitsevate kajakate kõrge arvukus kompenseeris suvekuudel muude veelindude madala arvukuse ja Väike väin leidis kogu vaadeldud ajavahemiku jooksul peatuvate ning pesitsevate lindude poolt intensiivset kasutust. Kevadel on piirkonnas kõige arvukamalt luiki (kõik kolm liiki), läbirändel peatuvaid hanesid (valgepõsk-lagle, väiksema regulaarsusega ka rabahani ja suur-laukhani) ja sukelparte (tuttvart, sõtkas, ka punapea-vart). Peatuvate veelindude arvukuse madalseis on mai lõpust juuli lõpuni. Siis moodustavad suurema osa mittepesitsejatest sulgivad uju- ja sukelpardid ning hallhaned. Arvukaim liik on sinikael-part. Sügisrände ajal on kõige kõrgema arvukusega ujupartidest viupart ja sinikael-part ning sukelpartidest punapea-vart ja tuttvart. Novembriks rändepeatusel olijate arv väheneb, sest valdav enamus uju- ja sukelparte jätkavad rännet. Väinale jäävad liigid, kes vabavee olemasolul meie vetes ka talvitavad nagu kühmnokk- ja laululuik, sinikael-part, sõtkas, tuttvart, jääkoskel, lauk.

Väina linnustiku liigiline koosseis ja arvukus sõltub suurel määral veetasemest. Kui suvel ja varasügisel on veetase väinas madal ja paljanduvad ulatuslikud liiva- ja mudaväljad, on kõrge ka kahlajate arvukus. 2020. aastal (nagu ka 2017. a.) pikemat madalvee perioodi ei olnud ja kahlajate arvukus jäi tagasihoidlikuks. Ka ujupartide arvukus on augustis ja septembris kõrgem, kui rändepeatusajale juhtub madalveeperiood.

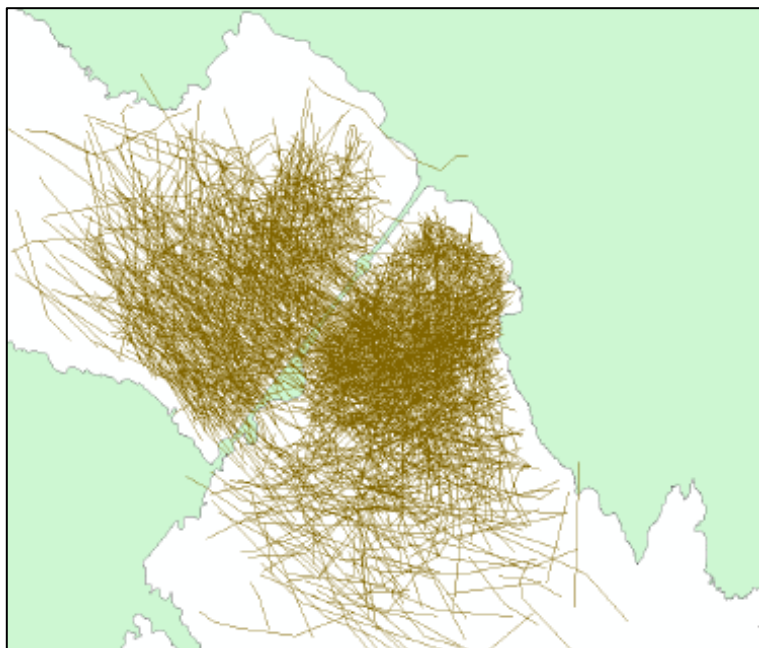


Joonis 8. Peatuvate veelindude arvukus erinevatel loenduskordadel (is, ilma kajakate ja tiirudeta)

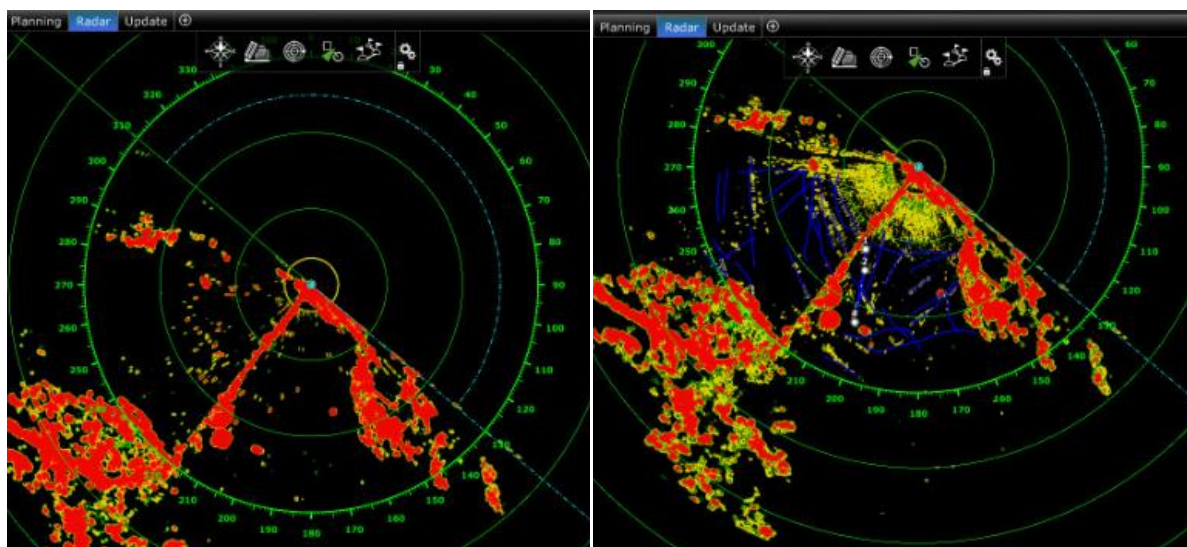
3.3. Lindude ruumiline paiknemine

Horisontaalradari poolt fikseeritud lennurajad katsid kogu tammi ümbritseva akvatooriumi (joonis 9). Lennuradade vähesus radari vahetus läheduses on tingitud seal esinenud tehnilistest häiringutest (joonis 10).

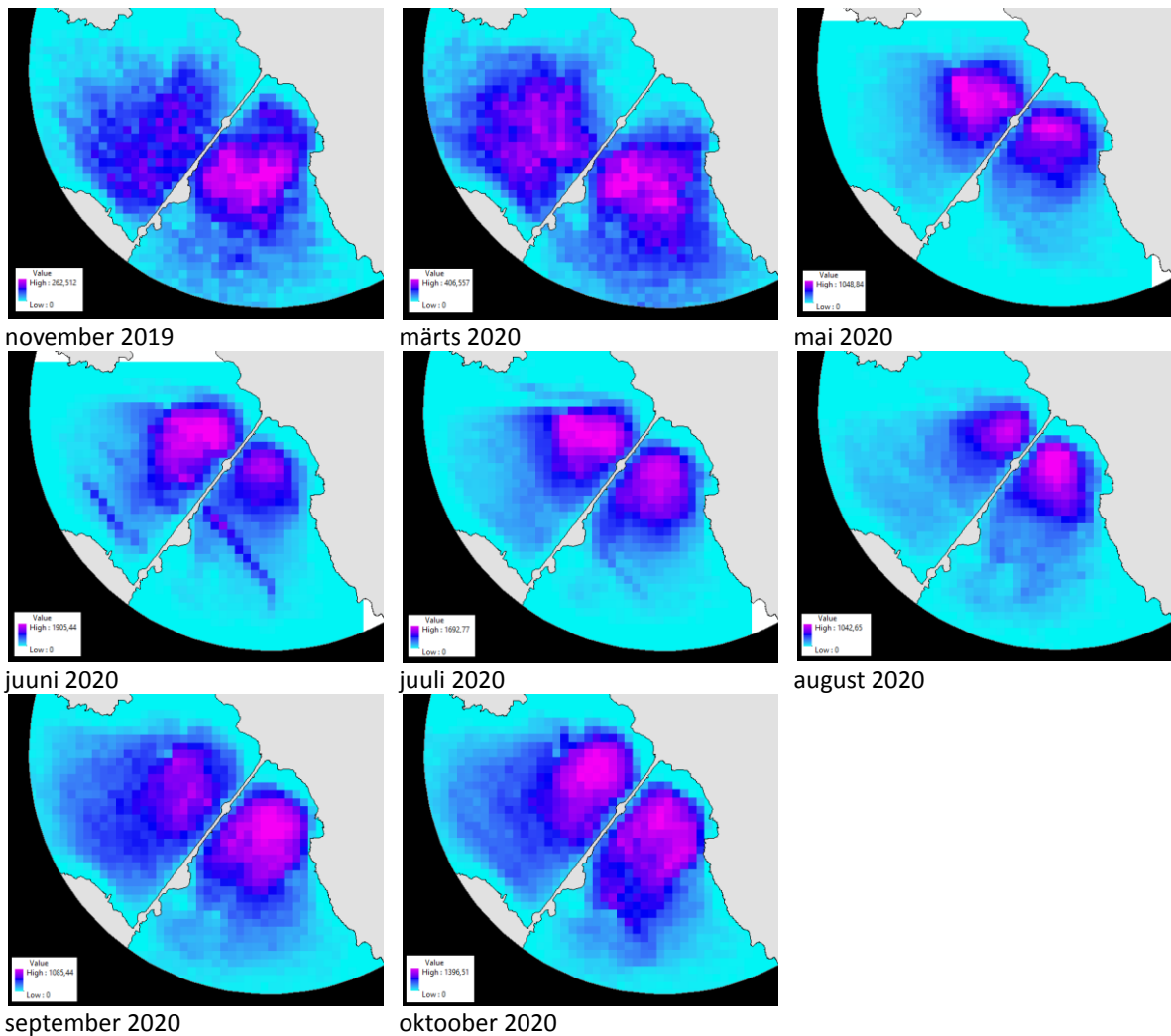
Radade tihedus kuude lõikes on kujutatud joonisel 11. Märgata võib eelkõige radade tiheduse vähenemist tammi vahetus läheduses – tamm, ja eriti elektriliin, mõjuvad barjäärina lindude liikumisele. Radade manuaalne fikseerimine ei võimaldanud salvestada kõiki lennuradasid, seetõttu ei ole joonistel kujutatud radade tiheduse absoluutväärtused täpsed; joonised kujutavad eelkõige radade tiheduse erinevusi väina erinevate osade vahel.



Joonis 9. Näide horisontaalradariga fikseeritud lennuradadest: november 2019.

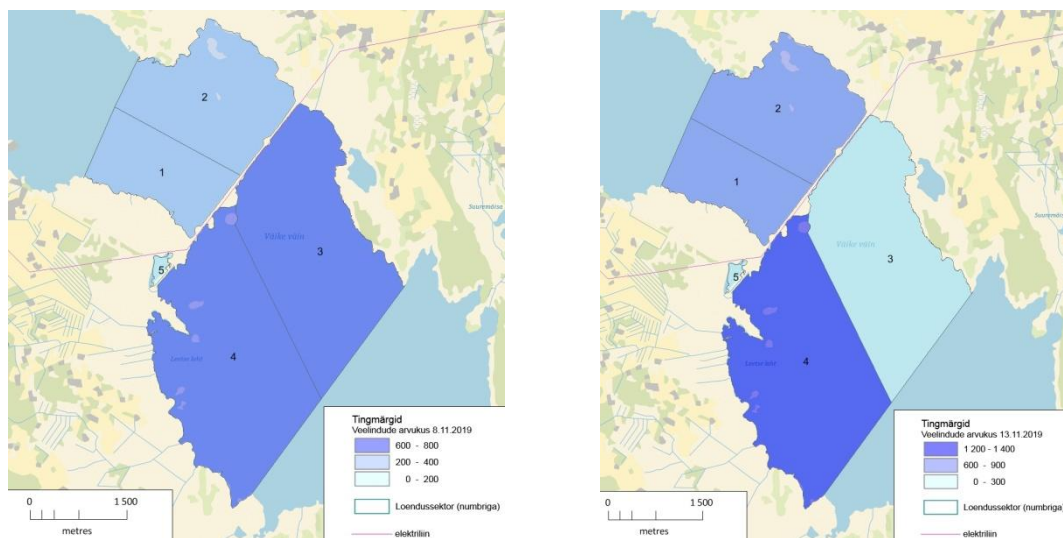


Joonis 10. Näide radariekraanil esineda võivast häiringust (radariekraani salvestised 9. juunil kell 20:30 ja 23:30). Sinine punkt ekraani keskel on radari asukoht, punane maismaa, kollane laik keskpunkti läheduses parempoolsel salvestisel tehniline häiring.



Joonis 11. Keskmise lennuradade tihedus ööpäevas (km/km^2) november 2019-oktoober 2020.

Peatuvate veelindude loenduse tulemuste järgi on tammist kagu (Liivi lahe) poole jääv veela lindudele olulisem kui Väinamere poolne mereala (joonis 12 ja tabel 9).



Joonis 12. Näide veelindude arvukusest loendussektorites 8.11.2019 ja 13.11.2019 tulemuste põhjal.

Tabel 9. Peatuvate veelindude arvukus sektorites (is, ilma kajakate ja tiirudeta). Halli taustaga on eristatud iga loenduse suurim tulemus.

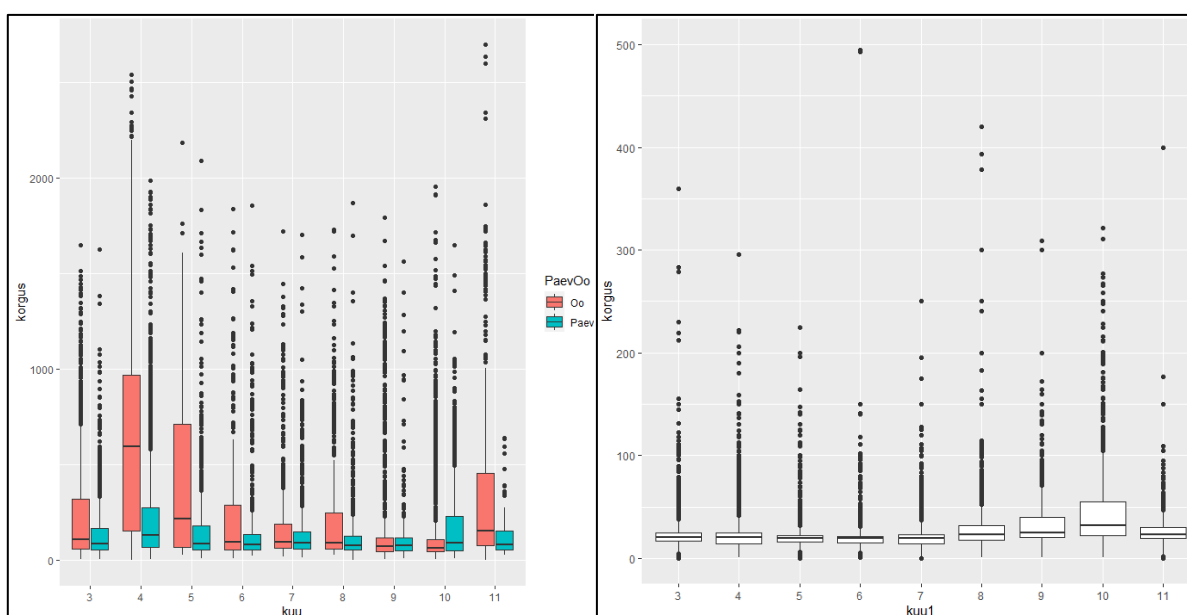
Sektor	08.nov	13.nov	14.märts	19.märts	19.apr	24.apr	18.mai	24.mai	10.juuni	15.juuni	10.juuli	15.juuli	12.aug	17.aug	11.sept	16.sept	07.okt	12.okt	Kokku	Osakaal (%)
1	242	620	28	55	70	5	19	19	36		53	84	343	61	380	859	449	785	108	6,8
2	357	716	46	445	467	200	80	223	123	185	72	48	89	118	366	321	964	259	079	8,5
3	585	137	722	671	422	365	111	130	582	502	196	238	684	22	711	346	237	730	391	25,7
4	653	352	402	393	745	289	209	364	396	527	51	21	605	682	054	321	343	188	595	51,0
5	35	75	242	502	66	153	114	39	70	49	208	270	396	296	715	762	246	570	808	8,0

Kõigi loenduse tulemusi summeerides peatus Liivi lahe poolsetes loendussektorites nr 3 ja 4 kokku 76,7% kõigist loendatud lindudest. Lisades väikese sektori 5, ulatub osakaal peaaegu 86%-ni. Arvestamata nende sektorite suuruse erinevust on erinevad ka lindude jaoks olulised keskkonnatingimused. Liivi lahe poolne veela on eutrofeerunum, roostik on enam laienenud veelale, vee keskmine sügavus on väiksem ja madala veetaseme aegadel merepõhi paljandub. Kõik see loob väinal peatuvatele veelindudele, eriti ujupartidele, soodsamad toitumistingimused kui keskmiselt on Väinamere pool tammi.

3.4. Lennukõrgus

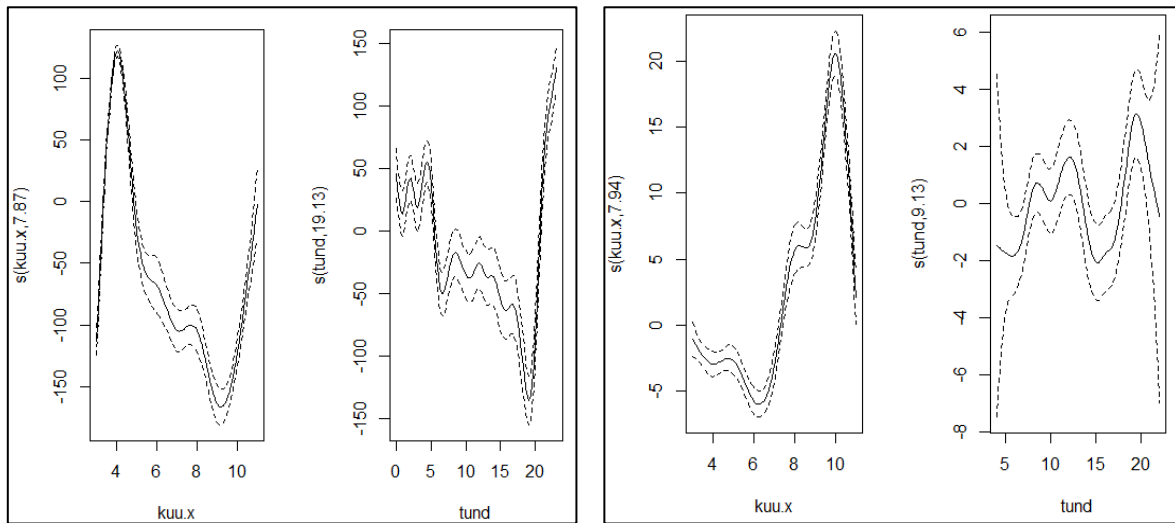
Andmed lennukõrguse kohta saadi kahte meetodit kasutades: vertikaalselt töötav radar ja visuaalvaatlused. Meetodid täiendavad teineteist - radar võimaldab mõõta kõrgusi öösel ja suurtel kõrgustel, kuid töötab halvasti kõige madalamates õhukihtides. Käesolevas peatükis on võrreldavuse huvides vaadeldud mõlema meetodi puhul lennuradade arvu, arvestamata salkade suurusi ka visuaalvaatlustel.

Kuigi linnud võivad lennata mitme kilomeetri kõrgusel, toimus enamus lendudest alumises paarisaja meetri kõrguses õhukihis (joonis 13). Erandiks on öine ränne sügisel ja eriti kevadel.



Joonis 13 Lennu kõrgus vertikaalselt töötava radari (vasakul) ja visuaalvaatluste (paremal) andmetel.

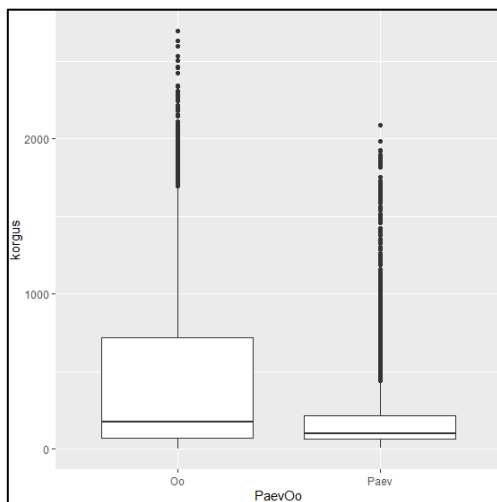
Sarnaselt lennu intensiivsusele sõltub ka lennukõrgus mitmesugustest teguritest: sesoon ja päevaeg, ilmastikutingimused, linnuliik. Aja mõju lennukõrgusele aditiivsete mudelite põhjal on kujutatud joonisel 14.



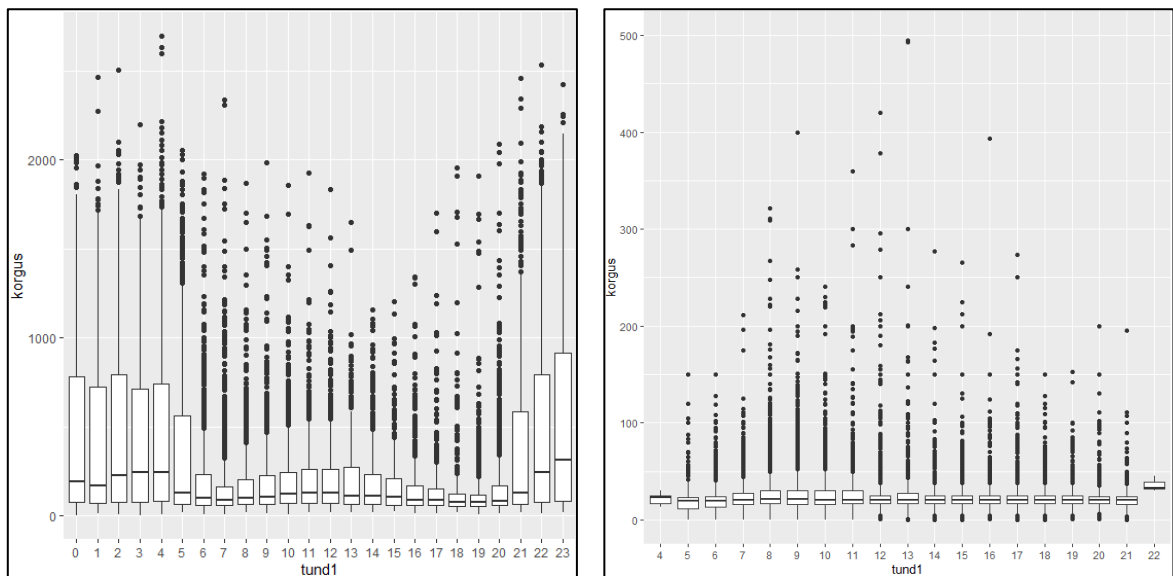
Joonis 14. Lennukõrguse sõltuvus kuust ja kellaajast vertikaalselt töötava radari andmetel (vasakul) ja visuaalvaatluste andmetel (paremal). Kõigil juhtudel on aditiivse mudeli seosejoon 95% usaldusintervalliga.

Sesoonselt esineb märgatav lennukõrguse suurenemine rändeperioodidel. Kõrgemates õhukihtides ja öösel (vertikaalselt töötava radari andmed) suurenes lennukõrgus mõlemal rändeperioodil, päeval ajal alumistes õhukihtides (visuaalvaatluste andmed) peamiselt sügisel.

Nii aditiivne mudel ($p < 0,001$) kui ka mitteparameetriline test (Wilcoxon test, $p < 0,001$) näitavad lennukõrguse statistiliselt olulist erinevust päeval ja öösel. Öösel on lennukõrgus suurem (joonis 15), eriti märgatavad on kõrguse erinevused kevadisel ja sügisel rändeperioodil (joonis 13). Lennukõrgused tundide kaupa on kujutatud joonisel 16.

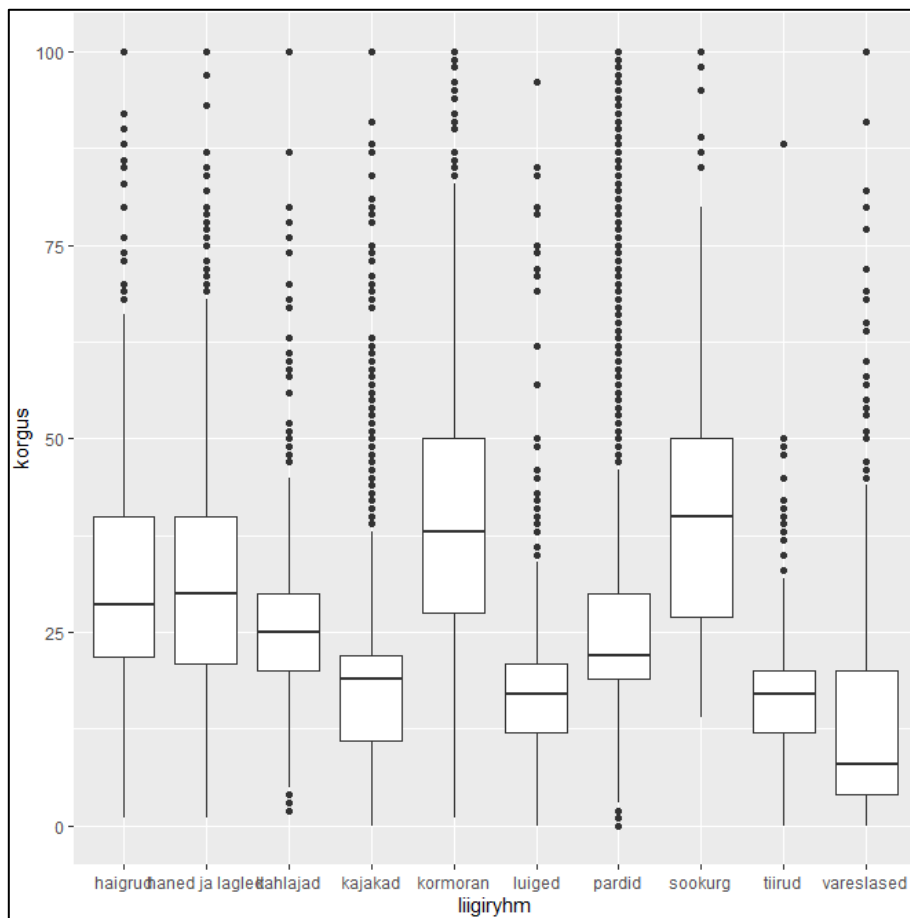


Joonis 15. Lennukõrgus öösel ja päeval vertikaalselt töötava radari andmetel.



Joonis 16. Lennukõrgused tunni kaupa vertikaalselt töötava radari (vasakul) ja visuaalvaatluste (paremal) andmetel.

Päevasel ajal alumistes õhukihtides eelistavad erinevad liigid erinevaid lennukõrgusi (joonis 17). Kõige väiksem, vahetult elektriliini mõjupiirkonnas on eelistatud lennukõrgus luikedel, tiirudel, kajakatel ja vareslastel. Partide, hanede ja laglede, haigrute ning kahlajate lennukõrgus on keskmiselt suurem. Kõige kõrgemal lendasid kormoran ja sookurg.



Joonis 17. Erinevate liigirühmade lennukõrgus visuaalvaatluste tulemusel.

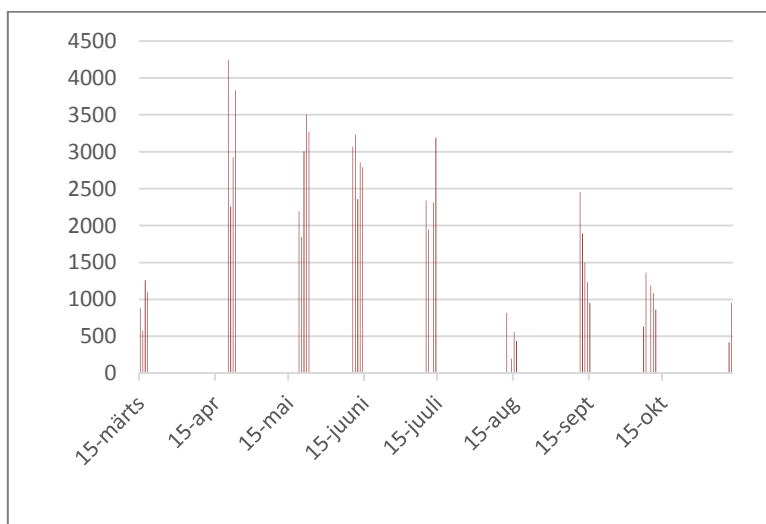
Põhjalik lennukõrguse ja ilmastikutingimuste vaheliste seoste analüüs ei mahu käesoleva töö raamesse. Aditiivsed mudelid näitavad öösel ja kõrgemates õhukihtides lennukõrguse seost õhutemperatuuri, õhuniiskuse, tuule suuna ja kiirusega ($p < 0,001$).

3.5. Lennu intensiivsus tammi ja liini kohal ning selle dünaamika

Liini kohal ja lähiümbruses lendavad nii kohalikud (väinal peatuvad ja pesitsevad) kui ka mujalt pärit (peatuseeta üle lendavad) linnud. Lindude lennu intensiivsuse ja selle dünaamika analüüsimisel kasutati visuaalvaatluste ja vertikaalselt töötava radari andmeid. Esimese meetodi andmed iseloomustavad lennu intensiivsust päeval madalamates õhukihtides, teise meetodi andmed lennu intensiivsust kõrgemal ja pimedal ajal. Visuaalvaatluste andmed on täpsemad ja võimaldavad arvestada isendite arvu, vertikaalradari puhul on meie käsutuses ainult lennuradade arv (ei saa eristada isendite arvu salkades). Mõlemal juhul näitavad andmed ülelennujuhtude arvu, mitte ilmtingimata liini ületanud isendite arvu summat (väinal peatuvad ja pesitsevad linnud võisid ületada liini korduvalt).

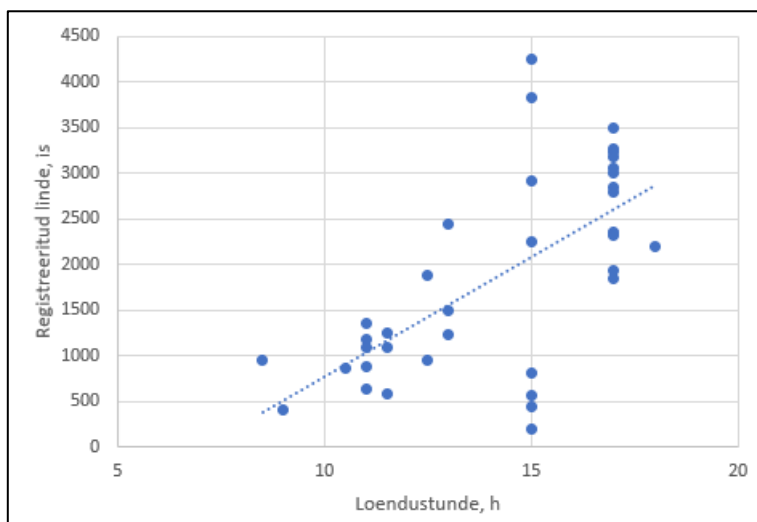
3.5.1. Sesonne dünaamika

Visuaalvaatlustel päeva jooksul registreeritud lindude arv on kujutatud joonisel 18. Arvestatud on ainult täielike loenduspäevade (loendused kestsid ligikaudselt päikese tõusust kuni loojanguni) andmeid.



Joonis 18. Visuaalvaatlustel päeva jooksul registreeritud lindude arv, is.

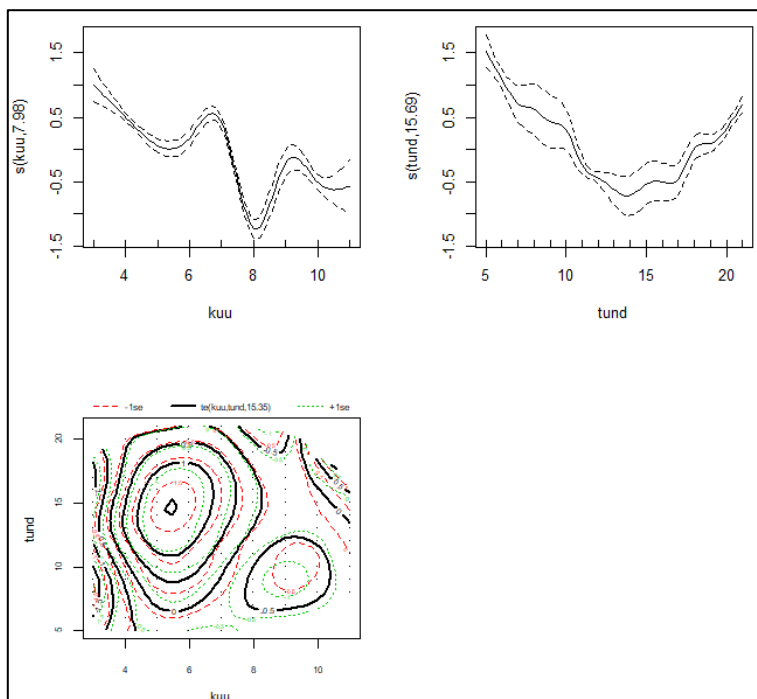
Päevas registreeritud lindude arvu mõjutab nii lennusagedus tunnis kui ka vaatlustundide arv. Ootuspäraselt oli üldiseks seaduspärasuseks loendatud lindude arvu kasv vaatlustundide arvu suurenemisel (joonis 19).



Joonis 19. Loendatud lindude arvu seos loendustundide arvuga (ainult täielikud loenduspäevad).

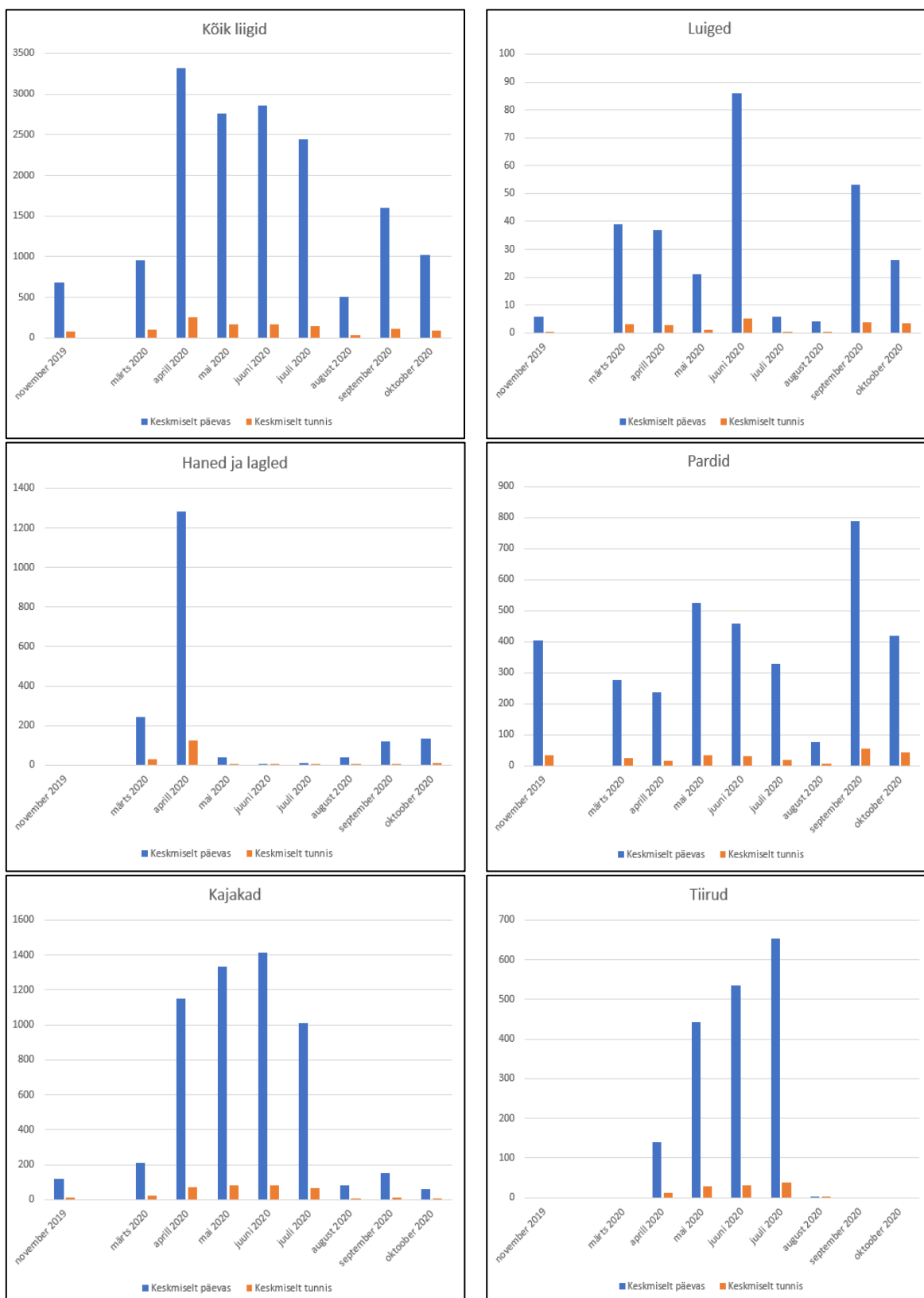
Lennu intensiivsuse kirjeldamine tunni kaupa võimaldab lisaks loenduspäeva pikkuse võimaliku mõju arvestamisele kasutada ka kogu olemasolevat andmestikku (loenduspäevade puhul on võrreldavad ainult täielikud loenduspäevad).

Lennu intensiivsus tunnis sõltub nii sesoonist, kellaajast kui ka ilmastikutingimustest. Aditiivse mudeli põhjal olid kuu, kellaeg ja nende koosmõju visuaalvaatlustel statistiliselt olulised (kõigil $p < 0,001$) ja selgitavad ligikaudu kolm neljandikku lennu intensiivsuse varieeruvusest (joonis 20).



Joonis 20. Lindude lennu intensiivsuse sõltuvus kuust ja kellaajast visuaalvaatluste tulemusel (ülemistel joonistel on pidev joon aditiivse mudeli seosejoon 95% usaldusintervalliga, alumine joonis illustreerib kuu ja kellaaja koosmõju).

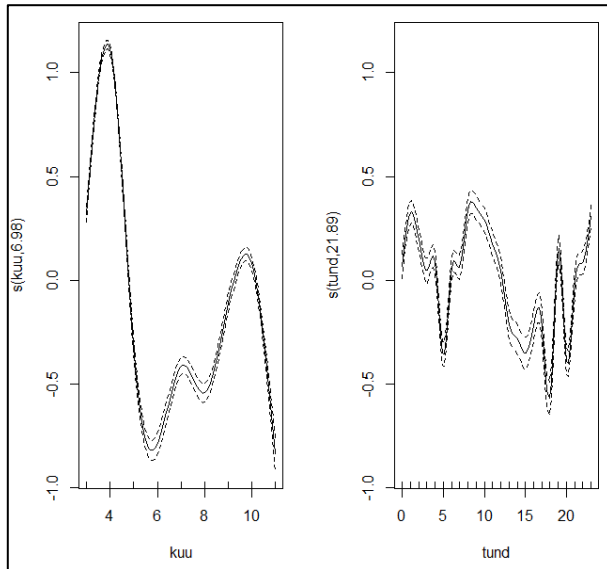
Lindude lennu keskmine intensiivsus päevas ja tunnis visuaalvaatlustel erinevatel loendustsüklitel on kujutatud joonisel 21. Nii aditiivse mudeli kui ka keskmiste loendustulemuste põhjal oli lennu intensiivsus kõrge kevadel ja suve esimesel poolel, langes miinimumini augustis (pesitsevad kajakad olid valdavalt lahkunud, sügisränne polnud veel suures osas alanud) ning suurenes uuesti sügisel.



Joonis 21. Kõigi lindude ja erinevate linnurühmade lennu keskmine intensiivsus visuaalvaatlustel.

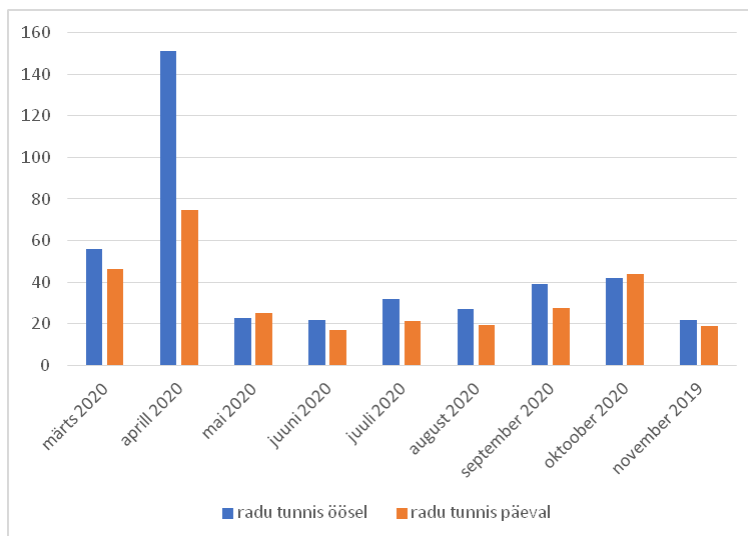
Lennu intensiivsuse sesoonsed erinevused valgel ajal (visuaalvaatlustel) on erinevatel liigirühmadel erinevad (joonis 21). Luikede lennu intensiivsus oli suurim juunis, hanede ja laglede lennu intensiivsus aprillis. Kajakate lend oli intensiivsem aprillist juulini ja tiirude lend maist juulini. Mõlemal rühmal langeb see kokku pesitsusajaga. Partide lennu intensiivsus erinevate kuude lõikes oli kõige ühtlasem, maksimum saavutati septembris ja miinimum augustis.

Kõrgemates õhukihtides ja pimedal ajal olid kuu ja kellaeg samuti statistiliselt olulised, lennu intensiivsus päeval erines öisest (kõigil $p < 0,001$; joonis 22)



Joonis 22. Lindude lennu intensiivsuse sõltuvus kuust ja kellaajast vertikaalselt töötava radari andmetel (pidev joon on aditiivse mudeli seosejoon 95% usaldusintervalliga).

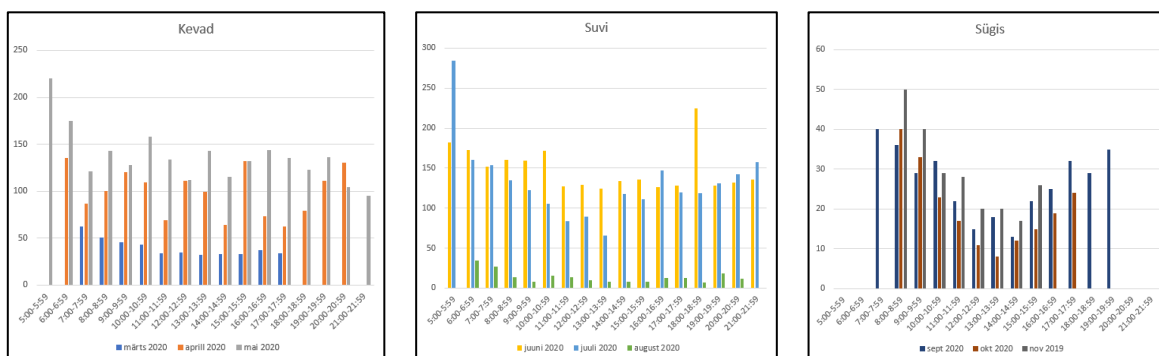
Lindude lennu keskmine intensiivsus tunnis vertikaalselt töötava radari andmetel on kujutatud joonisel 23. Nii aditiivse mudeli kui ka keskmiste loendustulemuste põhjal oli lennu intensiivsus maksimaalne aprillis, langes suve alguses ja hakkas seejärel uuesti tõusma.



Joonis 23. Keskmine lennuradade arv tunnis vertikaalradari andmetel.

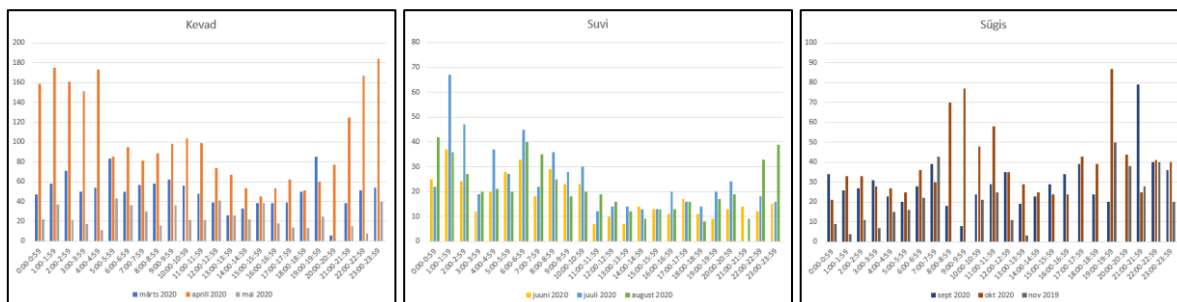
3.5.2. Ööpäevane dünaamika

Päeva jooksul oli üldiseks seaduspärasuseks lennu kõrge intensiivsus hommikul, intensiivsuse langus miinimumini pärastlõunal ja uus tõus õhtul (joonis 20). Konkreetsed keskmised lennu intensiivsused tunnis visuaalvaatlustel on toodud joonisel 24.



Joonis 24. Keskmise loendatud isendite arv tunnis visuaalvaatlustel kevadel, suvel ja sügisel.

Vertikaalselt töötava radari andmetel võib samuti üldjoontes täheldada ööpäeva jooksul hommikust ja õhtust maksimumi ning kesköist ja keskpäevast miinimumi (joonis 22). Keskmised radade arvud tunnis vertikaalselt töötava radari andmetel on toodud joonisel 25 (ööd ja päeva ei ole eristatud, kuna see jagaks hommikused ja õhtused tunnid pooleks ning tekitaks mulje näilikest radade arvu vähenemisest). Kõige rohkem erines öine ja päevane registreeritud lennuradade arv aprillis intensiivse öise rände tõttu (joonis 12). Maksimaalselt registreeriti vertikaalselt töötava radari abil tunnis öösel 263 lennurada (22. aprill 23.00-23.59) ja päeval 209 lennurada (20. aprillil kell 10:00 – 10:59).



Joonis 25. Keskmise lennuradade arv tunnis vertikaalselt töötava radari andmetel kevadel, suvel ja sügisel.

3.5.3. Ilmastikutingimuste mõju

Põhjalik lennu intensiivsuse ja ilmastikutingimuste vaheliste seoste analüüs ei mahu käesoleva töö raamesse. Aditiivsed mudelid näitavad lennu intensiivsuse seost õhutemperatuuri, õhuniiskuse, tuule kiiruse ja päeval alumistes õhukihtides ka tuule suunaga (kõigil juhtudel $p < 0,001$).

3.6. Käitumuslik reaktsioon elektriliini läheduses, kokkupõrked liiniga

Elektriliin on tehisstruktuur, mis erineb looduslikest objektidest. Kui liinimaste võib (lind) ette kujutada puude analoogina, siis juhtmetel looduslik analoog puudub. Eriti suur vastuolu tavaliste looduslike tingimustega on juhul, kui liin asub avamaastikus, kus linnud looduslike takistustega tavaliselt arvestama ei pea ja õhuruum peaks olema vaba. Sellisel juhul peavad lindu aitama kokkupõrget vältida tema sensoorsed võimed, eelkõige nägemine.

Liinile lähenedes sõltub sellele reageerimise vajadus linnu esialgsest lennukõrgusest ja lennusihi suhtes. Kõrgelt liini ületavatel lindudel ei ole vaja lennukõrgust suurendada. Piirkonnas pidevalt tegutsevad linnud (näiteks vareslased) võivad liini edukalt vältida altpoolt voolujuhtmeid lennates.

Visuaalvaatlustega registreeritud lindude erinevate käitumuslike reaktsioonide sagedusjaotus on esitatud tabelis 10. Valimisse ei ole arvatud 2020. aasta septembrit ja oktoobrit, kuna sel ajal toimusid juba liini rekonstrueerimistööd - septembris oli osa juhtmeid eemaldatud ja oktoobris toimus liinimarkerite paigaldamine.

Tabel 10. Lindude käitumuslikud reaktsioonid liini suhtes liigirühmade kaupa visuaalvaatluste alusel ajavahemikus november 2019 kuni august 2020 (isendite arv).

Käitumine	haigrud	haned	kahajad	kajakad	kormoran	luiged	muud linnud	pardid	sookurg	tiirud	vareslased	Kokku	Osakaal, %
reaktsioon puudub	161	328	224	4694	667	117	514	1708	47	662	785	9907	51,3
kõrguse reguleerimine aegsasti	105	125	137	2106	156	198	164	2546	10	684	146	6377	33,0
lennukõrguse järsk muutus liini juures	13	45	34	1021	32	80	51	552	2	336	42	2208	11,4
väldib liini suuna muutmisega	4	11	8	132	8	59	18	110	3	34	16	403	2,1
lend paralleelselt liiniga	7	12	1	62		10	22	35	6	6	60	221	1,1
maandumine mastile v liinile				4			6				171	181	0,94
kokkupõrge liiniga, lind jätkab lendu				5		2	1	5		1	1	15	0,08
kokkupõrge liiniga, lind kukub			1	1		11		2				15	0,08
kokkupõrgete osakaal	0	0	0,25	0,07	0	2,7	0,13	0,14	0	0,06	0,08	0,16	

Pooltel juhtudel (51,3%) linnud liini olemasolule ei reageerinud. Valdavalt olid need liini turvalises kõrguses ületavad isendid. Kolmandik linde, kes lendasid algselt liini tasapinnal või sellest madalamal või alustasid lendu veepinnalt, reguleerisid oma lennukõrgust aegsasti. See näitab, et nad nägid liini varakult ja valmistusid selle ületamiseks hoolikalt. Lennukõrguse järk muutmine liini lähedal toimus veidi enam kui kümnendikul juhtudest (11,4%). See on riskantne manööver, kuid osutus enamasti edukaks, sest füüsilisse kontakti liiniga sattus vaid 0,16% lindudest. Valdav osa riskantselt käituvaid linde olid kajakad ja tiirud, kes on väga osavad lendajad ja liini ei pelga. Tavapärane oli kajakate) lähenemine liinile kokkupõrkeohtlikul kõrgusel ja sellele järgnev kiire lennukõrguse muutmine, „hüpe“ üle liini või manööverdamine juhtmete vahelt.

Kui lind soovib ületada tammi, peab ta lendama kas üle liini, juhtmete vahelt või liini alt. Erinevate valikute sagedusjaotust uurimisperioodi vältel näitab tabel 11.

Tabel 11. Liini ületamise erinevad valikud kuude kaupa visuaalvaatluste alusel november 2019 kuni oktoober 2020 (isendite arv). Riskantsemad valikud on tabelis varjutatud taustal.

	november 2019	märts 2020	aprill 2020	mai 2020	juuni 2020	juuli 2020	august 2020	september 2020	oktoober 2020	kokku	osakaal, %
Lend liini suhtes											
ületab liini	1019	2030	3100	2453	2399	2045	1012	1626	1370	17054	77,6
maandustrossi ja voolujuhtmete vahelt	11	40	185	209	358	210	53	46	15	1127	5,13
voolujuhtmete vahelt lendab juhtmete vahelt (täpsemalt teadmata)	26	57	95	100	219	109	29	5	6	646	2,94
lendab juhtmete vahelt (täpsemalt teadmata)	14	6	2	28	15	38	5	2	1	111	0,51
lendab voolujuhtmete alt	85	348	638	571	612	517	94	102	50	3017	13,7
riskantsete lendude osakaal	4,4	4,2	7,0	10,0	16,4	12,2	7,3	3,0	1,5		8,58

Ootuspäraselt lendavad üle kolmveerandi (78%) lindudest liinist üle, vältides ka teistest juhtmetest väiksema läbimõõduga maandustrossi. 8,6% lindudest lendas juhtmete vahelt, mis on teistest võimalustest riskantsem viis pääseda teisele poole liini. Selgelt on näha aastaajaline dünaamika. Riskantsete lendude osakaal on suurim vahemikus maist juulini. See langeb väga hästi kokku tiirude ja kajakate pesitsusajaga. Lennuandmed liigirühmade kaupa on toodud tabelis 12.

Tabel 12. Liini ületamise erinevad valikud liigirühmade kaupa visuaalvaatluste alusel november 2019 kuni august 2020 (isendite arv). Riskantsemad valikud on tabelis varjutatud taustal.

	haigrud	haned	kahajad	kajakad	kormoran	luigid	muud linnud	pardid	sookurg	tiirud	vareslased	Kokku
Lend liini suhtes												
ületab liini	269	487	373	5278	854	270	581	4504	61	1007	374	14058
maandustrossi ja voolujuhtmete vahelt	5	4	9	488	1	64	27	166	1	277	24	1066
voolujuhtmete vahelt lendab juhtmete vahelt (täpsemalt teadmata)	2	3	2	305	2	50	44	48		115	64	635
lendab juhtmete vahelt (täpsemalt teadmata)	2	2	4	36	1	5	4	22		23	9	108
lendab voolujuhtmete alt	3	5	11	1777		41	85	113		267	563	2865
riskantsete lendude osakaal; %	3,20	1,80	3,76	10,5	0,47	27,7	10,1	4,86	1,61	24,6	9,38	9,66

Keskmiselt lendas juhtmete vahelt läbi iga kümnes lind (9,7%), kes teisele poole liini suundus. Kõige rohkem ohtlikke lende juhtmete vahelt esines luikedel, koguni 28%. Sellega on seletatav ka luikede kõrge hukkamissagedus. Ka tiirude lendudest umbes

veerand viis läbi juhtmetevahelise õhuruumi, kuid nende hukkamissagedus jäi suhteliselt madalaks (pt 3.7.).

3.7. Hukkunud linnud ja hukkamissagedused

Hukkunud lindude koondtabel esitatakse lisas 3, rühmitatuna ökoloogiliste või süstemaatiliste rühmade kaupa aga tabelis 13.

Lindude hukkamissageduse ja hukkunud lindude üldarvu ning sellega seotud korrektsioonifaktorite arvutamiseks kasutati veebipõhist kalkulaatorit (Bioinsight, 2018), mis järgib teaduskirjanduses avaldatud teada olevate omadustega mudeleid (Bernardino et al., 2012). Iga mudeli juures sellele ka viidatakse.

3.7.1. Hukkunud linnud

Uuringuperioodil 2019. a. septembrist 2020. a. oktoobrini leiti 20 otsingukorraga kokku 145 hukkunud lindu 19 liigist (tabel 13). Tabelis on eristatud periood enne liini rekonstrueerimistöde algust.

Tabel 13. Hukkunud lindude otsingutega leitud linnud.

Linnurühm\ periood (otsingute arv)	Sügis 2019 (4)	Kevad 2020 (6)	Suvi 2020 (6)	Kokku enne rek. (16)	Sügis 2020 (4)	Kõik kokku (20)
Luiged kokku	5	18	5	28	3	31
Uju- ja sukelpardid	18	21	4	43	4	47
Toonekurelised kokku	0	0	0	0	1	1
Kurelised kokku	1	0	0	1	2	3
Kahlajad kokku	1	0	1	2	0	2
Kajakad, tiirud kokku*	17 (3)	10 (3)	31 (4)	58 (10)	2 (1)	60 (21)
Vareslased kokku*	1 (0)	0	0	1 (0)	0	1 (0)
Kokku	43 (28)	49 (42)	41 (14)	133 (84)	13 (12)	145(105)

* Kajakate ja vareslaste puhul on sulgused esitatud mudelarvutustes kasutatud arv, kuna ülejäänud linnud loeti liiklusohvriteks.

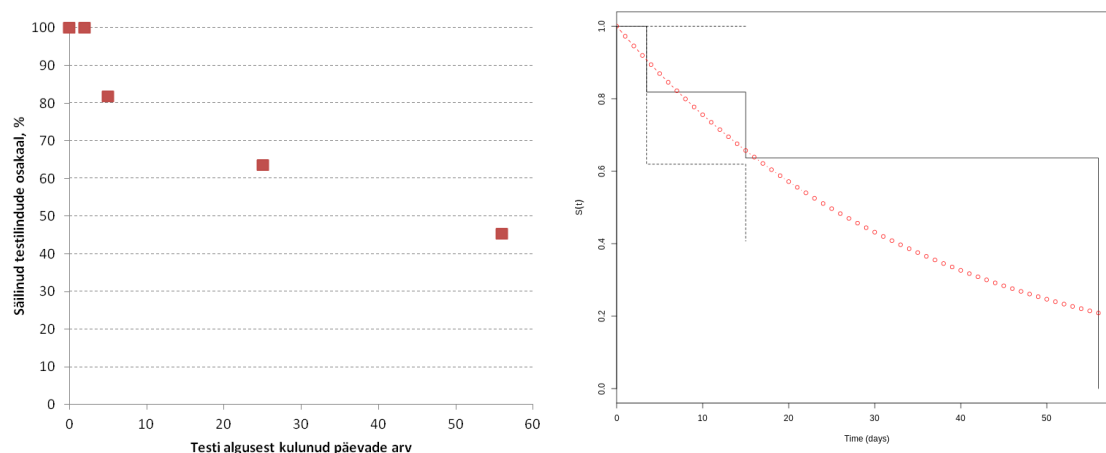
Kaitstavate liikide kuuluvaid isendeid leiti kümme, kokku viiest liigist:

- ristpart (III kaitsekategooria) – 1 isend;
- merivart (haudeasurkond II kaitsekat) – 2 isendit;
- väikekoskel (II kaitsekategooria) – 2 isendit;
- soorüdi (*schinzii* alamliik I kat) – 1 isend;
- jõgitiir ja randtiir (mõlemad III kaitsekat) – 4 isendit.

3.7.2. Röövloomatesti tulemused, hukkunud linnu säilivus

Lindude ärasöömise kiiruse testi (röövloomatesti) empiirilised tulemused on esitatud joonisel 26 vasakpoolsel graafikul. Esimese kahe päevaga ei eemaldanud röövloomad uuritavalt alalt ühtegi testilindu, viie päeva möödudes oli alles veel 82% ja 25 päeva möödudes 64%. Teistes uuringutes on leitud, et testilindude asetamise järgselt vähendavad röövloomad nende arvu logaritmiliselt – testi esimestel päevadel kiiremini ja testi edenedes kahanevas tempos (Costantini et al., 2016; Ponce et al., 2010).

Bispo jt. (2013) mudeli järgi vastas Väikese väina uuringus asetatud linnulaipade säilimistõenäosuse $S(t)^2$ kõige paremini eksponentsiaalfunktsioonile (*AIC Exponential* 72.65859, *AIC Weibull* 73.15702, *AIC Log Logistic* 77.28310, *AIC Log Normal* 76.90557)³ (joonis 26).



Joonis 26. Testilindude (n=11) säilimistõenäosus röövloomatestis - vasakul välikatse tulemused ja paremal Bispo jt. (2013) eksponentsiaaljaotust aluseks võttev mudel.

Keskmine linnulaiba säilimise tõenäosus oli 5-päevase otsimisvahemiku puhul 0.92 ja 25-päevase otsimisvahemiku puhul 0.71.

Keskmine linnulaiba säilimise aeg oli 56 (SE ±15; alumine 95% usalduspiir 26.6, ülemine 95% usalduspiir 85,4) päeva.

Hukkunud lindude pikemaajaline püsimine (avastatavus) Väikese väina uurimisalal on tõenäoliselt tingitud kahest tegurist: (1) röövloomatestis kasutati valdavalt suuri ja keskmise kehasuurusega linde, kelle osad säilivadki kauem avastatavana; (2) kahelt poolt merega piiratud maanteetammil on kiskjaid vähem kui looduslikemates elupaikades. Tartu-Viljandi-Sindi 330/110 kV õhuliini uuring toimus põllumajandusmaastikus ja seal oli kisklussurve suurem ning testilindude keskmine avastatavuse aeg sügisel 23 päeva (Volke, 2017).

3.7.3. Hukkunud lindude avastatavus – missugune osa hukkunud lindudest leitakse?

Otsija tulemuslikkuse testis leidis otsija 11 paigutatud linnust kolm. Tulemus arvatati binomiaalsete segamudelite abil ja 95% usalduspiirid leiti beetajaotuse alusel (Korner-Nievergelt et al., 2014).

Otsija tulemuslikkus (laiba leidmise tõenäosus) $p = 0,27$ (LCI95=0,09; UCI95=0,57).

Kuna otsiti ainult osa alast (merre ja roostikku kukkunud linde ei saa otsida ega leida), tuleb tõenäosus, et hukkunud lind kukub otsitavale alale (a), arvutada. Sel juhul on looma otsija poolt leidmise tõenäosus $p' = p \times a$;

² $S(t) = P(T > t)$ funktsioon näitab tõenäosust, et subjekt elab (või säilib) algusajast mõnevõrra kauem kui aeg t .

³ Mudelite suhtelist sobivust hinnati Akaike kriteeriumi abil (*Akaike's Information Criterion (AIC)*) Parimaks tunnustati ja mudelisse valiti madalaima AIC väärtusega parameetiline funktsioon.

Visuaalvaatluste ja kaamerasalvestiste abil selgus 16 kokkupõrkesündmuse alusel, et 7 lindu kukkus piirkonda, kus otsija võib neid leida, 9 juhul kukkusid linnud roostikusse või vette. Seega:

$a = \text{otsimisalale kukkunud lindude arv/kõigi analüüsitud sündmuste arv} = 7 / 16 = 0,4375$
 a korrutatakse läbi otsija tulemuslikkuse koefitsiendiga ja saadakse mudelites kasutamiseks linnulaiba avastatavus (*carcass detection probability*), mida tähistatakse p'

$$p' = p \times a; = 0,27 \times 0,4375 = 0,118$$

3.7.4. Hukkumissagedus ja hukkunud lindude arv

Hukkunud lindude arvu hindamiseks kasutati Huso (2010) mudelit. Arvutuslikud hinnangud on esitatud tabelis 14 ja mudeli genereeritud päevased hukkumissagedused joonisel 27.

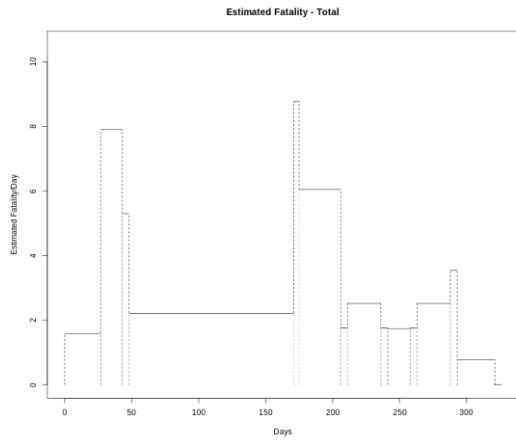
Tabel 14. Hukkunud lindude arvu hinnang Huso (2010) mudeli järgi enne õhuliini rekonstrueerimist.

	Otsimiste arv sept 2019-aug 2020	Leitud hukkunud lindude arv	Uurimisperiodil hukkunud lindude arvu hinnang Huso (2010) mudel
Kõik linnud	16	83	996
Luiged	16	28	384
Pardid	16	43	472
Muud liigid (v.a. luiged, pardid, naerukajakas ja ronk) kokku	16	11	119
Kaitstavad liigid*	16	10	103
Väikese väina hoiuala kaitse- eesmärgiks olevad liigid**	16	43	548

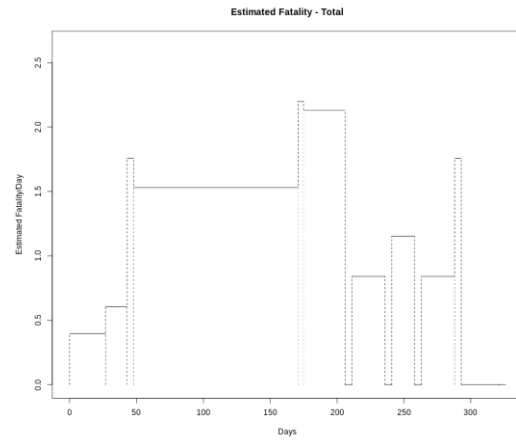
* kaitstavad liigid, kelle isendeid leiti: ristpart (III kaitsekategooria), merivart (haudeasurkond II kaitsekat), väikekoskel (II kaitsekategooria), soorüdi (alamliik *schinzii* I kat), rand- ja jõgitiir (mõlemad III kaitsekat);

** Väikese väina hoiuala kaitse-eesmärgina nimetatud liigid: kühmnokk-luik, viupart, tuttvart, aul, sõtkas, kiivitaja, soorüdi, rand- ja jõgitiir, naerukajakas.

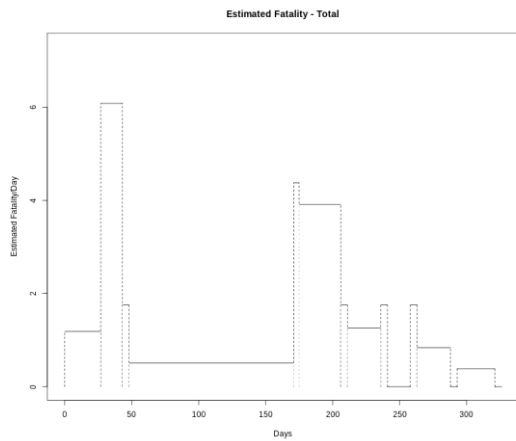
Kasutatud mudeli alusel hukkus rekonstrueerimise eelsel perioodil Väikese väina 3,6 km pikkusel 2* 110 kV õhuliini lõigul umbes tuhat veelindu aastas. Kõige suurema osa hukkunud lindudest moodustasid uju- ja sukelpardid ning luiged. Kaitstavate liikide isendeid hukkus aasta jooksul umbes 100 ja nende liikide isendeid, kelle elutingimuste säilitamiseks ja parandamiseks ala kaitstakse (hoiuala kaitse-eesmärgiks olevad liigid), üle 500.



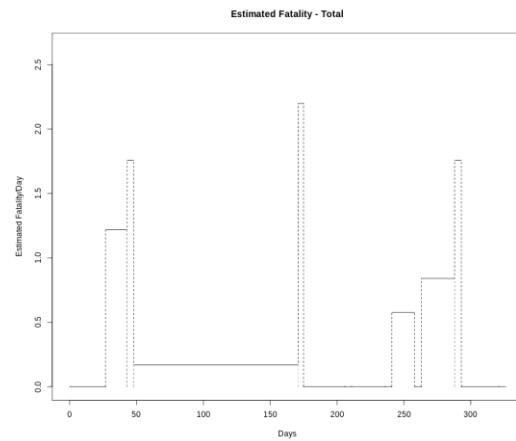
Kõik liigid



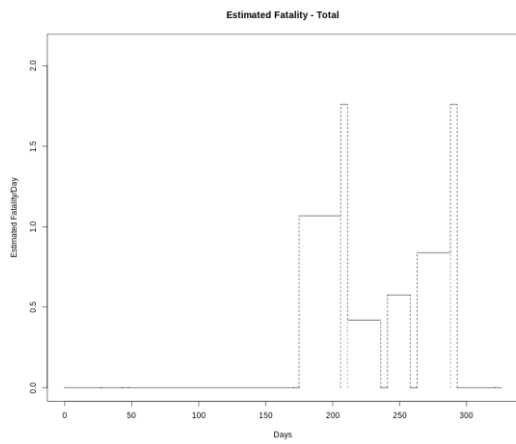
Luigid



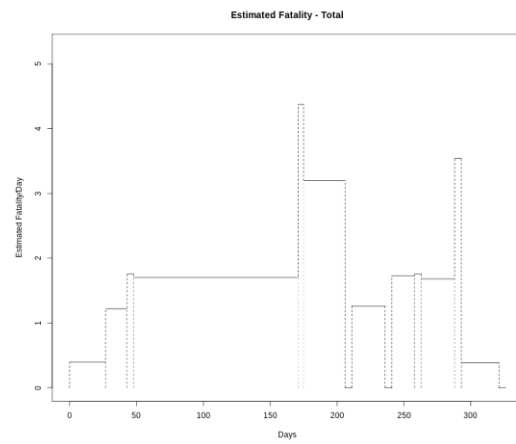
Pardid



Muud liigid



Kaitstavad liigid



Hoiuala kaitse-eesmärgiks olevad liigid

Joonis 27. Hukumissageduse hinnangud Huso (2010) järgi (isendite arv/ööpäev).

Kokkuvõte, järeldused ja soovitud edasisteks tegevusteks

2019. aasta septembrist 2020. aasta detsembrini viis Eesti Ornitoloogiaühing AS Eleringiga sõlmitud hankelepingu alusel läbi uuringu „Kompleksuuring Väikese väina tammil paiknevate elektriliinide mõju kohta lindudele II“. Uuringu ülesanne oli selgitada Väikest väina ületava kõrgepingeline õhuliini mõju sealsele linnustikule ja teadmispõhiselt kavandada leevendusmeetmeid, mida saab liini rekonstrueerimise käigus arvesse võtta.

Uuringu peamised tulemused ja järeldused on järgmised:

1. 2019. aastal koostati uuringu raames teaduskirjanduse andmeid ja esimese välitööetapi tulemusi arvesse võttes aruanne „Soovitud liini rekonstrueerimiseks eesmärgiga vähendada lindude hukkumissagedust“ (Volke, Kuus, 2019).
2. Väike väin on oluline veelindude peatumis- ja pesitsusala, mille rahvusvaheline tähtsus on säilinud. Käesoleva projekti raames loendati tammi ümbruses peatujatena kokku 65 689 isendit 57 liigist, sh 28 kaitstavat liiki. Peatuvate veelindude arvukus oli kõrgem sügisel ja kevadisel rändeperioodil maksimumiga oktoobris. Veelindudele olulisem oli tammist kagu (Liivi lahe) poole jääv veela.
3. 2*110 kV õhuliin paikneb paiksete lindude regulaarsete lendude teel. Visuaalvaatlustel registreeriti tammi kohal ja lähiumbruses lendamas 96 482 isendit 99 liigist. Nii radaruuring kui visuaalvaatlused kinnitasid, et maanteetamm, ja eriti elektriliin, mõjuvad lindude liikumisele barjäärina. Öösel oli lindude lennukõrgus suurem kui päeval, eriti märgatavad olid kõrguse erinevused kevadisel ja sügisel rändeperioodil. Kõige väiksem, vahetult elektriliini mõjupiirkonnas oli eelistatud lennukõrgus luikedel, tiirudel, kajakatel ja vareslastel. Lindude lennuintensiivsus tammi kohal oli kõrge kevadel ja suve esimesel poolel, langes miinimumini augustis ning suurenes uuesti sügisel.
4. Lindude käitumuslikud reaktsioonid liinile lähenedes olid erinevad. Riskantset käitumist, milleks lugesime lennukõrguse järsku muutmist liini lähedal, esines umbes kümnendkikul juhtudest (11,4%). Füüsilisse kontakti liiniga sattus 0,16% lindudest, neist pooled hukkusid. Kogu uuringuperioodi arvestades kasutas 8,6% lindudest liini ületamiseks kõige riskantsemat teed ja lendas juhtmete vahelt. Ainult rekonstrueerimiseelset perioodi arvestades oli kõrgeima riskiga sündmusi 9,7%.
5. Õhuliini otsest mõju Väikese väina linnustikule hinnati hukkunud lindude perioodilise otsimisega. Uuringuperioodil (sept 2019. kuni okt 2020) leiti 20 otsingukorraga kokku 146 hukkunud lindu 19 liigist.
6. Korrektsioonifaktorite kasutamisel ja andmete analüüsimisel Huso (2010) mudeliga selgus, et Väikese väina 3,6 km pikkusel 2× 110 kV õhuliini lõigul hukkus rekonstrueerimiseelisel perioodil umbes tuhat veelindu aastas, sealhulgas umbes 100 kaitstavate liikide isendit ja üle 500 Väikese väina hoiuala kaitse-eesmärkide hulgas nimetatud liigi isendi.
7. Õhuliini põhjustatud veelindude kõrge hukkumissagedus on oluline negatiivne mõju Väikese väina hoiuala ja Väinamere Natura 2000 linnuala terviklikkusele ja kaitse-eesmärkideks olevatele liikidele. Töös ei käsitletud elektriliini barjääriefektist tulenevat negatiivset mõju, mis seisneb lindude lennuteekondade pikenemises ja liini korduva ületamisega kaasnevas täiendavas energiakulus.
8. 2020. aasta sügisel liin rekonstrueeriti (eemaldati üks 110 kV ahel) ja alles jäänud osa ülemine (kombineeritud maandus-fiiberoptiline) ja alumise tasandi voolujuhe varustati lindude kokkupõrkeid vähendavate liinimärgistega (FireFly Bird Flight Diverter ja RIBE)

vastavalt 2019. aastal koostatud juhendile (Volke, Kuus, 2019). Kuna liini rekonstrueerimistööd lõppesid alles oktoobris, uuringu viimase välitööetapi lõpus, käesoleva töö raames liini ümberehitamise (ega liinimarkerite) mõju hinnata ei saa.

Soovitused edasisteks tegevusteks

1. Selgitamaks liini juhtmete arvu vähendamise ja allesjäänud osa linnumarkeritega tähistamise mõju lindude lennukäitumisele ja hukkumissagedusele on otstarbekohane 2021. või 2022. aastal läbi viia kuus kuud (märts kuni august) kestev jätku-uuring. Metoodikat olulises osas muuta ei tohi.
2. Jätku-uuringuga saab olulist teavet Väikese väina õhuliinil kasutatud linnumarkerite ja määrgistamisskeemi tulemuslikkuse kohta. Teadmist saab kasutada teiste määrgistamist vajavate liinilõikude tähistamisel tulevikus.
3. Arvestades Väikese väina kõrget looduskaitselist väärtust ja sealset elupaika kasutavate veelindude kõrget lennusedust üle tammi ja liini, on õhuliini olemasolu piirkonnas ka (võimalike) madalate hukkumissageduste puhul linnustikule ebasoodne (barjääriefekt). Seega on põhjendatud ka jätku-uuringust loobumine ja liini demonteerimine (alles jäänud ahela paigutamine merekaablisse) ilma rekonstrueerimise ja liinimarkerite paigutamise mõju selgitamata.

Kirjandus

- Bech, N., Beltran, S., Boissier, J., Allienne, J. F., Resseguier, J., & Novoa, C. (2012). Bird mortality related to collisions with ski-lift cables: Do we estimate just the tip of the iceberg? *Animal Biodiversity and Conservation*, 35(1), 95–98.
- Bernardino, J., Bevanger, K., Barrientos, R., Dwyer, J. F., Marques, A. T., Martins, R. C., ... Moreira, F. (2018). Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.029>
- Bernardino, J., Bispo, R., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2013). Estimating bird and bat fatality at wind farms: A practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology*, 40(1), 63–74. <https://doi.org/10.1080/03014223.2012.758155>
- Bernardino, Joana, Bispo, R., Mascarenhas, M., & Costa, H. (2012). Are we properly assessing bird and bat mortality at onshore wind farms? "IAIA12 Conference Proceedings," (June), 1–4.
- Bioinsight. (2018). Wildlife Fatality Estimator - - A web-based platform to estimate wind farm fatality. Second edition. Available at www.wildlifefatalityestimator.com.
- Bispo, R., Bernardino, J., Marques, T. A., & Pestana, D. (2013). Modeling carcass removal time for avian mortality assessment in wind farms using survival analysis. *Environmental and Ecological Statistics*, 20(1), 147–165. <https://doi.org/10.1007/s10651-012-0212-5>
- Borner, L., Duriez, O., Besnard, A., Robert, A., Carrere, V., & Jiguet, A. F. (2017). Bird collision with power lines: Estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. *Ecosphere*, 8(11). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1966>
- Costantini, D., Gustin, M., Ferrarini, A., & Dell’Omo, G. (2016). Estimates of avian collision with power lines and carcass disappearance across differing environments. *Animal Conservation*, 1–9. <https://doi.org/10.1111/acv.12303>
- Eesti Ornitoloogiaühing. (2017). *Natura 2000 võrgustiku linnualade linnustiku inventuurid. Väinamere linnuala (EE0040001) Saaremaa ja Muhu ranniku haudelinnustiku ja rändel peatuvate veelindude inventuur.*
- Erickson, W. P., Johnson, G. D., Strickland, D. M., & Kronner, K. (2000). Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 Study Year. *A Report Prepared for Umatilla County Dept. of Resource Services and Development*, 26 pp.
- Frost, D. (2008). The use of “flight diverters” reduces mute swan *Cygnus olor* collision with power lines at Abberton Reservoir, Essex, England. *Conservation Evidence*, 5, 83–91. Retrieved from www.ConservationEvidence.com
- Huso, M. M. P. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318–329. <https://doi.org/10.1002/env.1052>
- Huso, M. M. P., & Dalthorp, D. (2014). Accounting for unsearched areas in estimating wind turbine-caused fatality. *Journal of Wildlife Management*, 78(2), 347–358. <https://doi.org/10.1002/jwmg.663>
- Jain, A., Kerlinger, P., Curry, R., & Slobodnik, L. (2007). Annual Report for the Maple Ridge Wind Power Project Postconstruction Bird and Bat Fatality Study - 2006. Final Report. *A Report Prepared for PPM Energy and Horizon Energy and Technical Advisory Committee for the Maple Ridge Project Study*, (May), 1–76.
- Kahlert, J., Leito, A., Laubek, B., Luigujõe, L., Kuresoo, A., Aaen, K., & Luud, A. (2012). Factors affecting the flight altitude of migrating waterbirds in Western Estonia. *Ornis Fennica*, 89(4), 241–253.
- Kalamees, A. (2000). *Tähtsad linnualad Eestis*. Tartu: Eesti Loodusfoto.

- Kerns, J., Erickson, W. P., & Arnett, E. B. (2005). Bat and Bird Fatality at Wind Energy Facilities in Pennsylvania and West Virginia. In E. B. Arnett (ed.), *Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: An Assessment of Bat Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality. Final Report Submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative, Bat Conservation International, Austin, Texas., (June), 24–95.*
- Korner-Nievergelt, F., Niermann, I., Behr, O., Etterson, A., M., Brinkmann, R., ... Dalthorp, D. H. (2014). *Carcass: Estimation of the number of fatalities from carcass searches. R package. Version 1.2.*
- Korner-Nievergelt, Fränzi, Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology, 17*(4), 350–363. <https://doi.org/10.2981/10-121>
- Kostecke, R. M., Linz, G. M., Bleier, W. J., Kostecke, R. M., & Bleier, W. J. (2001). Survival of Avian Carcasses and Photographic Evidence of Predators and Scavengers. *Journal of Field Ornithology, 72*(3), 439–447.
- Kuresoo, A., Ader, A., & Luigujõe, L. (1995). *Study and conservation of biological values of the Väike Väin Strait.* Tartu.
- Kuresoo, A., & Luigujõe, L. (1998). *Väikese Väina rannaniitude looduskaitse väärtuse hindamine.* Tartu.
- Kuus, A., & Kalamees, A. (2003). *Euroopa Liidu tähtsusega linnualad Eestis.* Tartu: Eesti Ornitoloogiaühing.
- Leito, A. (2009). *Perspective Development Plan for the Transportation of Passengers and Cargo across the Suur Strait and Strategic Environmental Impact Assessment. BIRD STUDY.*
- Morrison, M. (2002). Searcher Bias and Scavenging Rates in Bird/Wind Energy Studies. *Subcontractor Report NREL/SR-500-30876, (June), 9 pp.*
- Ponce, C., Alonso, J. C., Argandoña, G., García Fernández, A., & Carrasco, M. (2010). Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal Conservation, 13*(6), 603–612. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00387.x>
- Skov, H. (2000). Inventory of coastal and marine Important Bird Areas in the Baltic Sea. *Coastal and Marine IBAs in the Baltic Sea.* Copenhagen, Denmark: BirdLife International. Retrieved from <file://catalog.hathitrust.org/Record/008330373%0Ahttp://hdl.handle.net/2027/uc1.31822029559010>
- Volke, V. (2017). *Harku-Lihula-Sindi 330/110 kV kõrgepinge õhuliini linnustiku seirekava ja märgistamisvajaduse hindamine. Välitööde II etapi tulemused.*
- Volke, V., & Kuus, A. (2019). *Kompleksuuring Väikese väina tammil paiknevate elektriliinide mõju kohta lindudele. Soovitused liini rekonstrueerimiseks eesmärgiga vähendada lindude hukkumissagedust.* Tartu.
- Volke, V., Kuus, A., & Luigujõe, L. (2019). *Kompleksuuring Väikese väina tammil paiknevate elektriliinide mõju kohta lindudele. Vahearuanne.* Tartu.

Lisad

Lisa 1. Uuringu tehniline kirjeldus

Elering AS lihtsange „Kompleksuuring Väikese Väina tammil paiknevate elektriliinide mõju kohta lindudele II“ (viitenumber 212251)

Elektriliinide mõju Väikese väina pesitsevatele, peatuvatele ja läbirändavatele lindudele eriti veelindudele - kompleksuuring ja soovitused mõjude leevendamiseks.

Tehniline kirjeldus

1. Eesmärk

Kompleksuuringu eesmärgiks on kvantitatiivselt hinnata Elering AS-ile kuuluvate 110 kV elektrihüliinide mõju Väikese Väina linnustikule nii peatuvate kui läbi rändavate lindude osas, hinnata elektriliinide poolt põhjustatud lindude suremust Väikese Väina tammipiirkonnas kasutades erinevaid meetodikaid (radaruuringud, laserkaugusmõõtmine, visuaalvaatlused, hukkunud lindude otsingud ja kaamerauuringud). Uuringu alusel tuleb koostada soovitused elektriliini negatiivsete mõjude leevendamiseks linnustikule.

2. Töö kirjeldus

Uuring tuleb läbi viia Elering AS-i omandis olevale kaheaheelalisele 110 kV õhuliinile, mis asub riigimaantee nr 10 osaks oleva Muhu ja Saaremaa ühendava Väikese Väina tammikõrval (vt. Lisa 1. Asukohakaart). Uurimisalaks on eelnimetatud veekoguga ristuv 3 km pikkune elektriliini lõik ja seda ümbritsev veeala. Õhuliini puhul on tegemist kaheaheelise 110kV õhuliiniga, mille tammipoolisel küljel paiknev ahel on L172A Tusti – Orissaare ning tammist väljapool paiknev ahel on L173 Võiküla – Orissaare.

Töös tuleb elektriliini mõju mõõtmiseks linnustikule kasutada erinevaid meetodikaid ning töö jaotub järgmisteks mooduliteks:

1. Radaruuring koos visuaalvaatlustega ning öise audioseirega;
2. Õhuliinides hukkunud lindude otsingud koos õhuliini poolt põhjustatud suremuse hindamisega;
3. Õhuliini seiramine kaameratega;
4. Õhuliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalsed loendused;
5. Andmeanalüüs, koondaruande ja soovituste koostamine elektrikõrgepingeliini mõju leevendamiseks.

2.1 Radaruuring koos visuaalvaatlustega ning öise audioseirega

Kasutatava radarsüsteemi abil peab olema võimalik tuvastada ja klassifitseerida lendavad linnud õhuruumis. Kasutada tuleb rahvusvaheliselt aktsepteeritud meetodikat¹, kasutades radarit nii horisontaalses kui vertikaalses positsioonis eri sessioonide kaupa². Lennukõrguste registreerimiseks kasutatakse laserbinoklit (näiteks *Rangefinder Vector* või analoogsed seadmed). Horisontaalses positsioonis olev radar peab suutma salvestada lindude teekondade trajektorid ning vertikaalasendis üle lendavate lindude lennukõrgused. Lindude lennukauguse ja -kõrguse määramine radariga võib toimuda samaaegselt kui radari tehniline lahendus võimaldab üheaegset tööd nii vertikaal- kui ka horisontaalteljel.

Kasutatav radarsüsteem peab tuvastama lindude lennuaktiivsuse reaajas, suutma ühendada tuvastatud lindude asukohapunktid automaatselt nende ajalises järgnevuses üheks

¹ Kahlert, J., Leito, A., Laubek, B., Luigujõe, L., Kuresoo, A., Aen, K., 2012. Factors affecting the flight altitude of migrating waterbirds in Western Estonia. *Ornis Fennica*, 89 (4), 241–253.

² Leito, A., 2010. Sõitjate ja veoste üle Suure Väina veo perspektiivse korraldamise kava koostamine ja keskkonnamõjude strateegiline hindamine. Linnustiku uuring. Eesti Maaülikool, 119 lk.

lennuteekondadeks ja salvestama need andmebaasi vektorobjektina (lennuteekond ja selle teekonnapunktid) ja andmetabelina, milles on salvestatud mõõdetud parameetrite väärtused. Iga üksiku tuvastatud linnu või linnuparve kohta tuleb salvestada järgmised parameetrid: lennukiirus (m/s), tuvastatud lennuteekonna pikkus (m) ja lennusuund (kraadides). Andmeside abil peab olema võimalus kõik vastaval ajahetkel tuvastatud lindude lennuteekondade kuvamine välioludes kasutatavale arvutikekraanile võimaldamaks teekondade kasutamist visuaalvaatlusi tegevate ornitoloogide poolt. Võimalikult paljude lennuteekondade puhul püüda binoklit ja vaateoru kasutades tuvastada radarjälgitava linnu liik, isendite arvukus ja käitumuslik reaktsioon elektriliinide suhtes. Öisel perioodil toimub liikide tuvastamine audioseire abil kasutades suundmikrofoni ja salvestusseadet. Radarvaatluste ajal tuleb kasutades automaatjaama koguda andmed õhurõhu [hPa], õhutemperatuuri [°C], tuule kiiruse [m/s] ja -suuna kohta [asimuudi kaarekraad]. Linnuradari abil tuleb salvestada ka andmed sademete kohta, mis väljendakse radari tööraadiusest sademetega kaetud ala osakaaluna üldpinnast. Vastav näitaja tuleb arvutada iga radari töötunni kohta. Kogu radarvaatluste perioodi jooksul tuleb mõõta keskkonna valgustaset [lux] kasutades luksmeetrit.

Radaruuringu periood peab katma perioodi alates märtsist (kaasa arvatud) kuni novembrini (kaasa arvatud). Ühes kuus tuleb radarvaatlused koos visuaalvaatluste ja öise audioseirega läbi viia vähemalt kuuel (6) ööpäeval. Rändeperioodil on soovitatav võimaluse korral valida radarvaatluste periood eeldatavalt rändeks sobiva ilmastikuga päevadele. Kahe radaruuringu perioodi vaheline intervall peab olema vähemalt 6 ööpäeva.

2.2 Õhuliinides hukkunud lindude otsingud

Õhuliiniga seotud hukkunud või vigastatud lindude loendus-otsingud elektriliini all tuleb korraldada soovitatavalt radaruuringutega samadel perioodidel (kahel päeval igal radarvaatluste perioodil) kogu Saaremaa ja Muhu vahelise lõigul. Otsingu käigus peab vaatleja märkima leiu asukoha koordinaadid, liigi, surma põhjuse (kokkupõrge elektriliini või autoga jne) ja muud selles kontekstis olulised tähelepanekud. Hukkunud linnu laip tähistatakse värviga ning fotografeeritakse.

Andmete kogumisel tuleb läbi viia test röövloomade poolt vaatlusperioodil hukkunud isendite kao hindamiseks. Analüüsil tuleb kasutada analoogsetes uuringutes kasutatavaid modelleerimise meetodeid.

2.3 Õhuliini seiramine kaameratega

Kaameraseire eesmärgiks on välja selgitada tegelik lindude kokkupõrke ala elektriliinidega. Detailne automaatne avastamine tuleb läbi viia 2 kaamerajaamaga ühes visangus kogu radarvaatluse perioodi vältel 24h ööpäevas. Kaameraseire peab sisaldama süsteemi paigaldust ja seadistust, kaamerate töös hoiu ja hooldamise kulusid, IT rakenduse kulusid ja andmete järeltöötlust ning statistilise analüüsi ning lõpparuande koostamist. Kaameraseire andmed tuleb integreerida radar-, visuaal- ja audiovaatluste tulemustega.

2.4 Õhuliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalne loendus

Elektriliini ümbritseval märgalal peatuvate veelindude visuaalne loendus viiakse läbi soovitatavalt igal radarvaatluse perioodil kahel päeval. Loendusel tuleb kasutada töös „Natura 2000 kaitsealade võrgustikku kuuluvate linnualade linnustiku seire ettepanek ja seirekava aastateks 2013-24“ (Eesti Ornitoloogiaühing, 2013) peatuvate veelindude rannikuloenduste meetodikat.

2.5 Andmeanalüüs, koondaruande ja soovitude koostamine elektriliini mõju leevendamiseks.

Andmeanalüüsi käigus tuleb kvantitatiivselt hinnata elektriliinide mõju Väikese Väina linnustikule nii peatuvate kui läbi rändavate lindude osas, hinnata elektriliinide poolt põhjustatud lindude suremust Väikese Väina tammi piirkonnas kasutades erinevaid meetodikaid (radaruuringud, laserkaugusmõõtmine, visuaalvaatlused, hukkunud lindude otsingud ja kaamerauuritud). Elektriliinide poolt põhjustatud suremust tuleb hinnata erinevatele liikidele, sarnase ökoloogia ja morfoloogiaga liigirühmadele erinevatel eluperioodidel (kevadränne, pesitsemine, suvised rändeliikumised ning sulgimisperiood, sügisränne). Eraldi tuleb hinnata elektriliini rekonstrueerimisega kaasnevat efekti ning alles jääva elektriliini poolt põhjustatud lindude suremust.

Uuringu alusel tuleb koostada soovitusel elektriliini negatiivsete mõjude võimalikuks leevendamiseks ja likvideerimiseks.

3. Töö tegemise eeldus, üleandmine ja teostamise aeg

Töö teosaja peab olema varasemalt läbi viinud lindude rändealase uuringu või seire. Töö teostaja peab pakumuses kinnitama vajalike tehniliste vahendite (radar, kaamerajaamad) olemasolu.

Töö tulemusena kogutud algandmed, koostatava analüüsi ja kaardikihtidega seotud kõik õigused antakse üle Tellijale. Aruanded, algandmed ja kaardikihid võib Tellijaga eelnevalt kooskõlastades (Tellija kirjalik nõusolek) teha kõigile kättesaadavaks avaandmetena KESE riikliku seire andmebaasis või Eesti Looduse Infosüsteemi (EELIS) keskkonnas. Ilma Tellija kooskõlastuseta on eeltoodud informatsioon konfidentsiaalne.

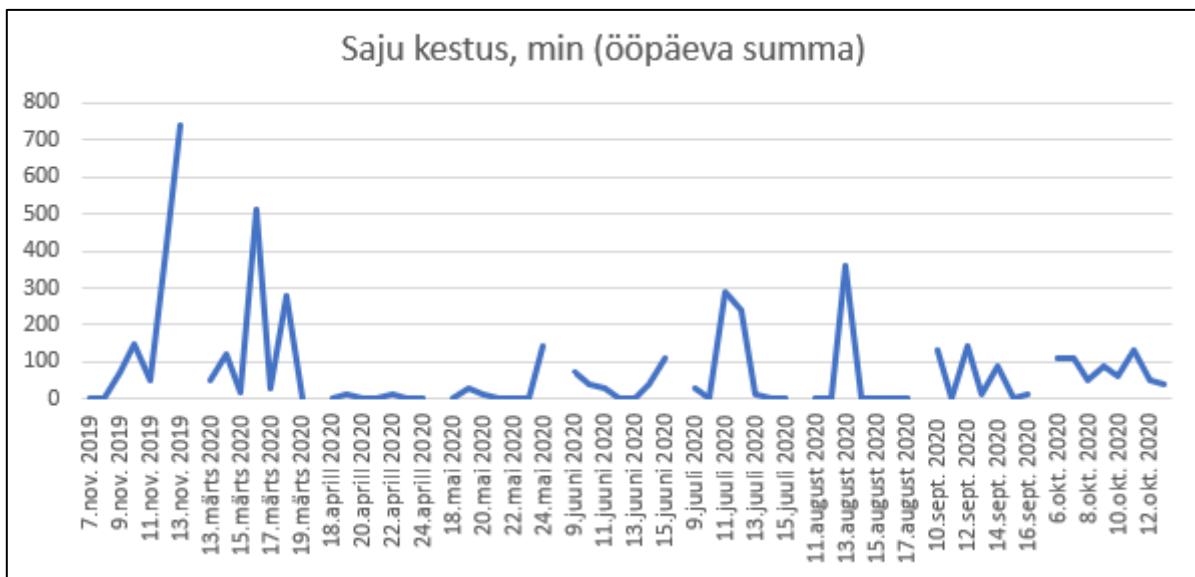
Koondaruanne tuleb tellijale esitada nii eesti kui ka inglise keeles.

Töö on jaotatud kaheks etapiks. Esimese etapi järgselt tuleb koostada ja Tellijale üle anda lihtsustatud vahearuanne (vaid eesti keeles), mis kirjeldaks etapi jooksul läbi viidud uuringuid, kogutud andmeid ning esmaseid järeldusi. Esimese etapi seiret (september-oktoober 2019) on lubatud korrata vastavalt vajadusele kuude kaupa ka 2020. aastal. Kordusseire teostamine 2020. aasta sügisel on lubatud vaid Tellija kirjalikku taasesitamist võimaldavas vormis nõusoleku olemasolul juhul, kui seire alguses esimestel kuudel kogutud andmete kvaliteet ei vasta loodetule ning andmekogumise meetodikat on tarvis kohendada või täiendada.

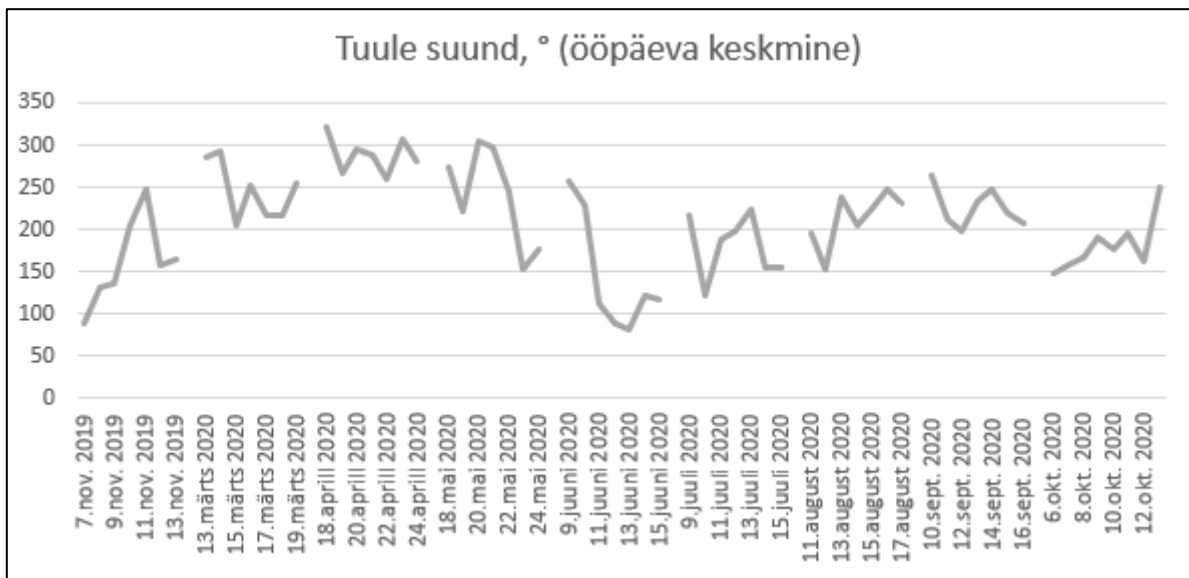
Töö eest tasumine toimub kahes osas vastavalt Lepingule.

Töö tuleb üle anda lõplikul kujul hiljemalt 15 kalendrikuu jooksul pärast hankelepingu sõlmimist.

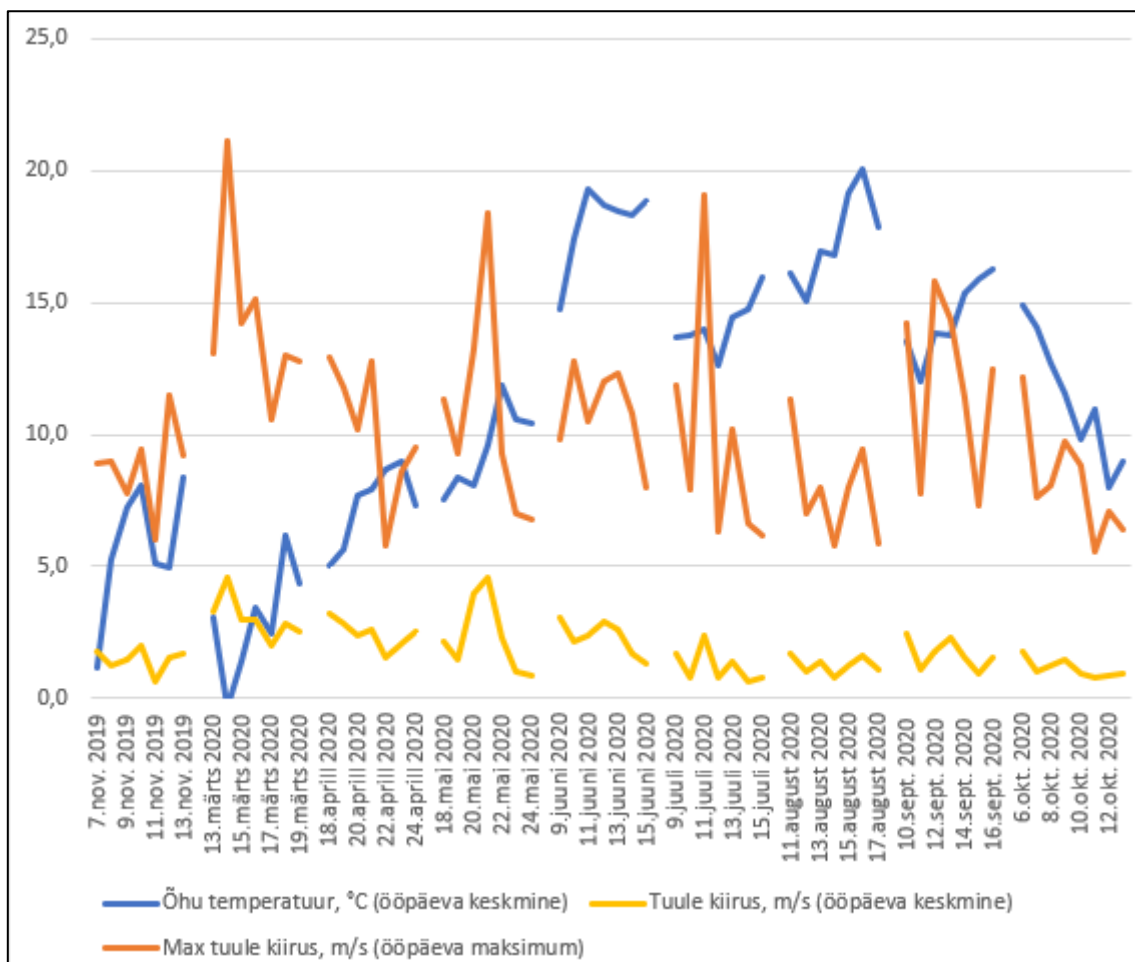
Lisa 2. Andmed ilmastiku kohta (Maanteeameti Viira tee-ilmajaam).



Joonis L2-1. Saju kestus välitööde ajal (Viira teelmaajaam).



Joonis L2-2. Keskmise tuule suund välitööde ajal (Viira teelmaajaam).



Joonis L2-3. Ilmaparameetrite väärtusi välitööde ajal (Viira teilmajaam).

Lisa 3. Hukkunud lindude otsimise tulemused.

Liik/rühm	26.09. 2019	23.10. 2019	8.11. 2019	13.11. 2019	15.03. 2020	19.03. 2020	19.04. 2020	24.04. 2020	19.05. 2020	24.05. 2020	10.06. 2020	15.06. 2020	10.07. 2020	15.07. 2020	12.08. 2020	17.08. 2020	Kokku enne rek.**	11.09. 2020	16.09. 2020	7.10. 2020	12.10. 2020	Kõik Kokku	
Kühmnokk-luik	1				1		1				2		1	1			7	3					10
Määramata luik	1	1	1	1	8	1	5		2				1				21						21
Luiged kokku	2	1	1	1	9	1	6	0	2	0	2	0	2	1	0	0	28	3	0	0	0	0	31
Ristpart									1								1						1
Viupart						1	1										3		1	1			5
Piilpart									1						1		2		1				5
Sinikael-part	2	2	9	1	1		2		1								18	1					19
Ujupardid kokku	2	2	9	1	1	1	3	0	3	0	0	0	0	0	1	0	24	1	2	1	0	0	28
Tuttvart	1		1				2		1		1		1				7						7
Merivart							1	1									2						2
Aul							2										2						2
Sõtkas					1								1				2						2
Väikekoskel							2										2						2
Sukelpardid kokku	1	0	1	0	1	0	7	1	0	1	0	1	2	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
Määramata part		1			1	1	1										4						4
Kõik pardid kokku	4	3	10	1	3	2	11	1	3	1	0	1	2	0	1	0	43	1	2	1	0	0	47
Hallhaigur																	0			1			1
Toonekurelised kokku	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lauk			1														1	1		1			3
Kurelised kokku	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
Kiivitaja	1													1			1						1
Soorüdi																	1						1
Kahlajad kokku	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Jõgitiir											1						1						1
Määramata tiir	1												2				3						3
Naerukajakas*	14						2		4	2	4	2	4	3	11	4	50	1					51
Höbekajakas					1	1											2			1			3
Merikajakas			1														1						1
Höbekajakas/merikajakas				1													1						1
Kajakad, tiirud kokku	15	0	1	1	1	1	2	0	4	2	5	2	6	3	11	4	58	1	0	1	0	0	60
Ronk*		1															1						1
Vareslased kokku	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
KÕIK KOKKU	22	5	13	3	13	4	19	1	9	3	7	3	10	5	12	4	133	6	2	4	0	0	145

* hukkumiste arvutustes on naerukajaka ja ronga puhul erisus; ** rekonstrueerimise eelne ja –aegne periood on eraldi välja toodud, kuna liini mõju võib olla erinev.