



EESTI ORNITOLOOGIAÜHING



KESKONNAINVESTEERINGUTE  
KESKUS

# Soome lahe keskosa veelinnukogumite loendused

SA KIK 2018. aasta Merekeskkonna programmi projekt nr 15555

Sihtfinantseerimise leping nr 3-2\_14/8591-4/2018

## Projekti aruanne

Andrus Kuus, Andres Kalamees, Margus Ots, Veljo Volke

Eesti Ornitoloogiaühing

2020

# Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1. Metoodika.....	4
1.1. Loendusmetoodika .....	4
1.2. Andmetöötlus .....	7
2. Tulemused .....	16
2.1. Liigiline koosseis.....	16
2.2. Põhjatoidulised liigid.....	17
2.3. Pelaagilistes kihtides toituvad liigid.....	25
2.4. Pinnatoidulised liigid.....	30
Kokkuvõte .....	35
Kirjandus .....	37
Lisa .....	39

## Sissejuhatus

Avamerel peatuvad suured veelinnukogumid omavad tähtsust vähemalt kahest vaatepunktist lähtuvalt: 1) Linnud on mere ökosüsteemi lahutamatu osa. Vastavalt EL Merestrategia Raamdirektiivile (EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2008/56/EÜ) on bioloogilise mitmekesisuse säilimine üks merealade hea keskkonnaseisundi saavutamise tunnuseid. Loodusliku mitmekesisuse soodne seisund on üks HELCOM Läänemere tegevuskava eesmärkidest. 2) Veelindude rändepeatuspaigad omavad olulist rolli rändsete liikide aastases elutsükklis, nende seisund mõjutab kogu populatsiooni arvukust ja elujõulisust. EUROOPA NÕUKOGU DIREKTIIV 79/409/EMÜ, loodusliku linnustiku kaitse kohta (Linnudirektiiv) kohustab liikmesriike rakendama erimeetmeid regulaarselt esinevate rändliikide rändepeatuspaikade kaitsmiseks. Rändsete veelindude kaitse tagamine kogu rändetee ulatuses on ka rändveelindude kaitse rahvusvahelise kokkuleppe (*African-Eurasian Waterbird Agreement*, AEWA) eesmärgiks.

Mitmete Läänemerel peatuvate liikide arvukus on langenud. Eriti suure languse on läbi teinud aul, kelle Lääne-Siberi / Põhja-Euroopa populatsiooni arvukus on langenud 4,6 miljonilt isendilt (1993-1995) 1,6 miljonile isendile (2007-2009). Liigile on omistatud IUCN kategooria ohualdis ('vulnerable'). Rahvusvaheliselt ohustatud liikide hulka kuulub ka tõmmuvaeras (samuti ohualdis).

Eesti merealad omavad kõrget väärtust veelindude peatumisalana. Avamerel peatuvate veelinnukogumite ja nende peatuspaikade efektiivne kaitse on võimalik ainult linnuliikide arvukuse ja ruumilise paiknemise andmete olemasolu korral. Soome lahe keskosa oli üks kõige nõrgemini uuritud mereala Eestis. Olulise lünga kõrvaldamiseks teadmistes koostati Keskkonnainvesteeringute Keskusele käesolev projekt.

Linnustiku uuringud viis läbi Eesti Ornitoloogiaühing. Loenduste läbiviimise tagas Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi uurimislaeva Salme meeskond kapten Paul Mooki juhtimisel. Keskkonnamuutujate andmetena kasutati 2019 aastal riikliku mereplaneeringu käigus Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi teadusdirektori Jonne Kotta poolt koostatud andmebaasi. ArcMap tarkvara kasutuslitsentsi võimaldas meile BirdLife International.

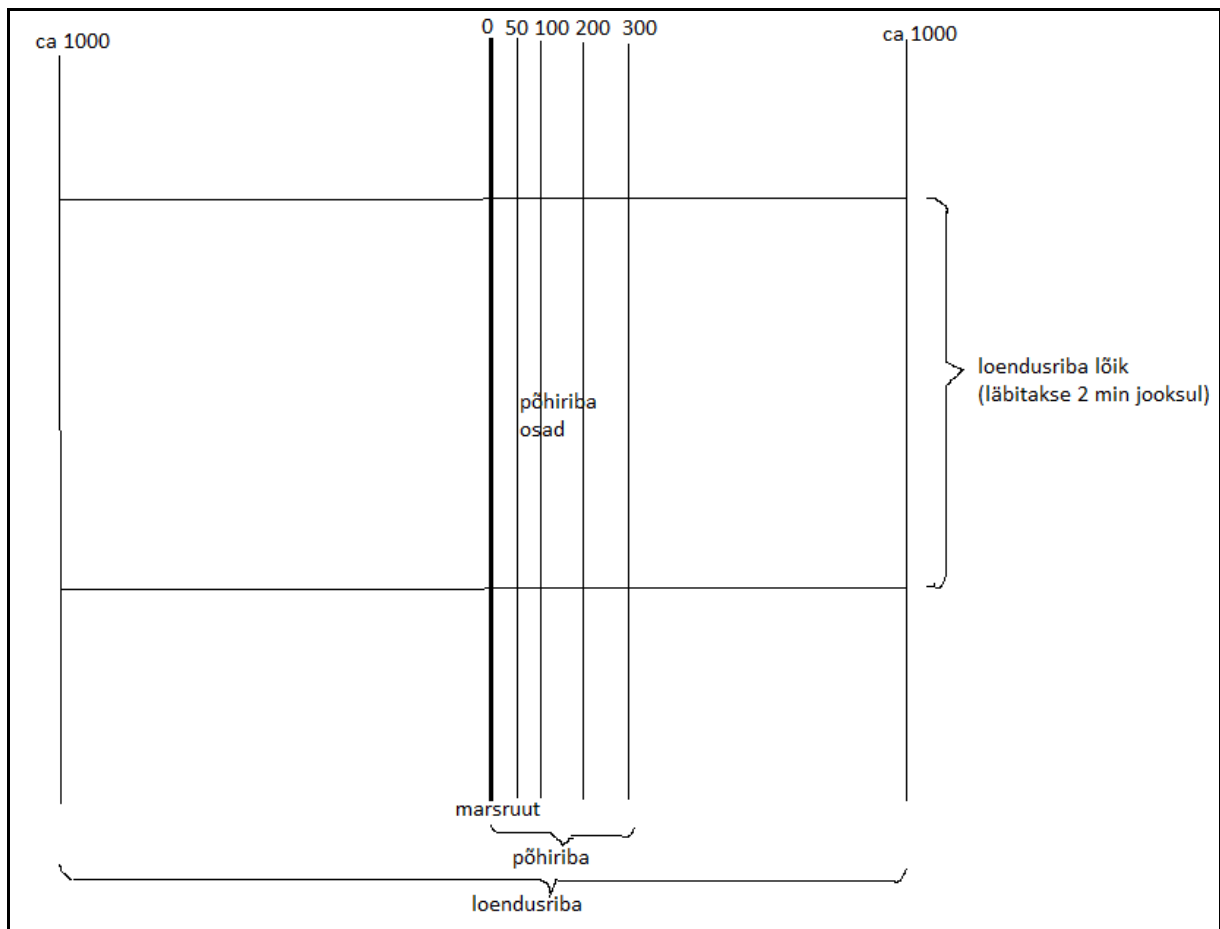
# 1. Metoodika

## 1.1. Loendusmetoodika

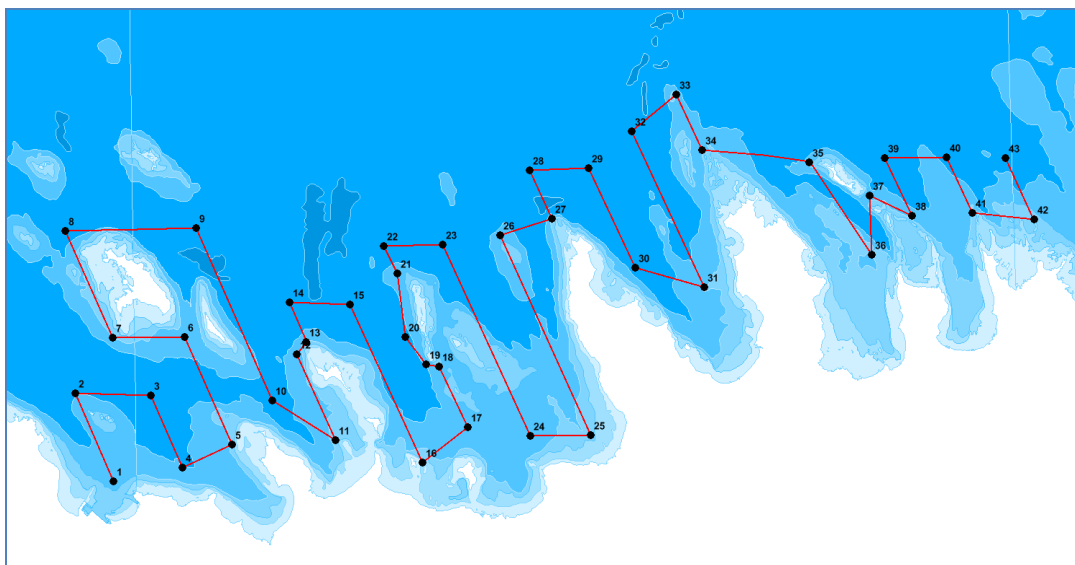
Lindude loendamiseks kasutati marsruutloendusi laevalt, lähtudes rahvusvaheliselt kasutatavast laevaloenduste metoodikast (Durinck 2005). Lindude loendamisel eristatakse ülelendavaid ja peatuvaid isendeid. Samuti eristatakse marsruudi ühel küljel asuvas 300 m laiuses põhiribas ja väljaspool seda registreeritud linnud (joonis 1). Põhiriba omakorda on jagatud 0-50, 50-100, 100-200 ja 200-300 m laiustes osadeks. Linnud registreeritakse loenduse käigus kindla ajavahemiku (2 minuti) jooksul läbitud lõikude kaupa. Põhiriba ja selle osade eristamine võimaldab leida asustustihedused ning ekstrapoleerida loendusriba andmeid kogu uuritavale alale. Lendavate lindude puhul kasutatakse samal eesmärgil nn. „hetkvõtte” (*snapshot*) meetodit: kõik 300 m laiuses loendusribas lendavad linnud loendatakse korraga ajavahemike järel, mis vastavad laeva poolt ligikaudse loendamiskauguse (hea nähtavuse korral 1000 m) läbimiseks kuluvale ajale; vahepeal vaadeldud lendavad linnud loetakse alati väljaspool põhiriba olevateks. Loenduse käigus kasutatakse binoklit lisaks avastatud lindude määramisele ka lindude aktiivseks otsimiseks laeva ees (võimaldab avastada raskelt leitavaid liike, näiteks kaurid, ning vähendab 300 m laiuses ribas peatuvate lindude arvukuse alahindamise ohtu nende varase laeva eest kõrvale ujumise või lendutõusu tõttu).

Töö ülesandeks oli seni linnuloendustega katmata Soome lahe keskosa läbiuurimine. Uurimisala kogupindala oli 923 km<sup>2</sup>, sellest 395 km<sup>2</sup> oli lindude peatumiseks sobivama alla 50 m sügavusega. Uurimisala katmiseks koostati marsruut pikkusega 120 nm (ca 222 km; joonis 2, tabel 1). Marsruudi orienteerimisel kasutati kogu Soome lahes laevaloendusteks sobivat loode-kagu suunda, mis on üldjoontes risti samasügavusjoontega ning arvestab laeva liikumiseks sobimatute liiga madalate alade ja saarte paiknemise üldist suunda Soome lahes. Marsruutide lõikude omavahelise kauguse leidmisel võeti aluseks traditsiooniline 3 km, kuid omad korrektuurid tegid siin keeruline rannajoon ning uurimisalal asuvad saared. Loendusaja kokkuhoiu huvides välditi marsruudi koostamisel lahesoppe, mis on loendatavad vaatlusoptikat kasutades rannalt; samuti pikki sügava mere lõike, kus peatuvate veelindude esinemise tõenäosus on väike. Koostatud marsruudi puhul katab loenduse 300 m laiune põhiriba umbes 7% ja kogu loendusriba 48% uurimisalast. Tegelik marsruut langes

koostatuga hästi kokku: marsruudi pikkuseks kujunes praktikas 219 – 221 km ja külgsuunaline kõrvalekalle ei ületanud enamasti 300 m.



Joonis 1. Loendusriba osade tähistamiseks kasutatud terminid.



Joonis 2. Loendusmarsruut.

Tabel 1. Teekonnepunktid.

<b>no</b>	<b>lon</b>	<b>lat</b>
1	24°58,43	59°30,83
2	24°55,95	59°33,88
3	25°01,03	59°33,76
4	25°03,11	59°31,28
5	25°06,52	59°32,03
6	25°03,4	59°35,75
7	24°58,55	59°35,75
8	24°55,38	59°39,46
9	25°04,32	59°39,48
10	25°09,31	59°33,53
11	25°13,55	59°32,12
12	25°11,01	59°35,09
13	25°11,65	59°35,51
14	25°10,58	59°36,88
15	25°14,69	59°36,76
16	25°19,42	59°31,3
17	25°22,52	59°32,47
18	25°20,68	59°34,57
19	25°19,79	59°34,67
20	25°18,41	59°35,62
21	25°17,97	59°37,79
22	25°17,06	59°38,75
23	25°21,1	59°38,77
24	25°26,78	59°32,12
25	25°30,83	59°32,11
26	25°25,01	59°39,05
27	25°28,55	59°39,58
28	25°27,09	59°41,26
29	25°31,13	59°41,27
30	25°34,13	59°37,82
31	25°38,8	59°37,1
32	25°34,13	59°42,52
33	25°37,23	59°43,73
34	25°38,87	59°41,81
35	25°46,18	59°41,3
36	25°50,24	59°38,06
37	25°50,24	59°40,1
38	25°53,07	59°39,35
39	25°51,32	59°41,37
40	25°55,53	59°41,33
41	25°57,2	59°39,4
42	26°01,36	59°39,13
43	25°59,54	59°41,25

Loendustega kaeti kolm aastaaga: kevad, suvi ja sügis. Loendused toimusid 7.05.2019, 1.08.2019 ja 28-29.10.2020. Talvist laevaloendust ei planeeritud seoses kogu Eesti mereala hõlmavate lennuloendustega. Esimene lennuloendus teostati 2015/2016 talvel (Luigujõe ja Auninš 2016), järgmine on planeeritud 2021 alguses.

Kõigil loendustel kasutati Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi uurimislava Salme. Laeva tehnilised näitajad (süvis 2,5 m, kiirus keskmiselt 9 sõlme, vaatleja silma kõrgus 5 m) olid loenduste läbiviimiseks sobivad.

Ilmastikutingimused loenduste ajal olid valdavalt soodsad: nähtavus üle 2 km ja tuule tugevus kuni 4 balli Beauforti järgi (kuni 8 m/s). Nähtavust alla 2 km esines lühiajaliselt 28.10.2020.

## **1.2. Andmetöötlus**

Andmetöötlusel kasutati tarkvara Microsoft Access 2019, R 3.6.3 ja ArcMap 10.5.

### **Andmebaas**

Välitööde väljundiks laevaloendustel on loendustulemused paberankeedil ja GPS salvestatud andmed marsruudi kohta. Andmete salvestamiseks ja esmaseks andmetöötluseks oleme loonud spetsiaalse laevaloenduste andmebaasi, kasutades Microsoft Access tarkvara. Andmebaas sisaldab kaks põhitabelit – vaatlused ja marsruut. Lisaks on andmebaasis täiendavad tabelid ja päringud GPS andmete teisendamiseks vajalikule kujule ning andmete esmaseks töötluseks (andmete valik, summeerimine ning vaatlusandmete sidumine koordinaatidega).

Marsruudi tabel sisaldab järgmisi välju:

Loendus – loenduskord. Loenduskorraks loeti ühekordne loendus ühel sesoonil. Väli on vajalik loenduskorra piiritlemiseks juhul, kui loendus vältab rohkem kui ühe päeva;

TIME1 – loendusaeg arvu kujul, sisaldab andmeid alates aastast (2 esimest kohta) kuni minutiteni (kaks viimast kohta). Kellaajana on kasutatud Greenwichi aega. Kasutatakse marsruudi andmete sidumisel loendustulemustega;

Lat, Lon – geograafilised koordinaadid kraadides;

Latm, Lonm – ristkoordinaadid Estonia 1997 koordinaatsüsteemis;

Status – loenduse käiku iseloomustav kood (1 – loenduse algus, 2 – loenduse lõpp, 0 – loendus);

Speed – laeva kiirus sõlmedes;

Visibility – nähtavus (1 – ideaalne, 2 – üle 2 km, 3 – 500 m kuni 2 km, 4 – alla 500 m);

Waves – merepinna seisund Beaufort-i skaalas;

Ship – loendusel kasutatud laeva nimi;

Observer – vaatlejate nimed.

Vaatluste tabel sisaldab järgmisi välju:

TIME1 – loendusaeg arvu kujul;

Species - liik, tähistatud Eestis laialt kasutatava kuuetähelise lühendiga (reeglina perekonnanime 3 esimest tähte + liiginime 3 esimest tähte);

Number – arvukus isendites;

Transband – loendusriba osa (1 – 0 kuni 50 meetrit laeva marsruudist, 2 – 50 kuni 100 m, 3 – 100 kuni 200 m, 4 – 200 kuni 300 m, 5 – jagamata loenduse põhiriba 0 kuni 300 m, 0 – väljaspool loenduse põhiriba);

Behaviour – lindude käitumine (1 – lendav, 2 – peatuv, 3 – laeva saatev)

Soome lahe keskosa andmebaasi marsruudi tabel sisaldab 2536 kirjet ja vaatluste tabel 2249 kirjet. Andmebaasi põhitabelid lisatakse aruandele elektrooniliselt.

Esmase andmetöötuse tulemusel saadi andmed liikide arvukusest loenduste ja 2 minuti jooksul läbitavate loenduslõikude kaupa. Andmete edasine ettevalmistamine avastatavuse, arvukuse ja leviku hindamiseks toimus ArcMap kaardiprogrammis.

### **Käsitletud vaatlused**

Laevaloenduste eesmärgiks on otseselt avamerel seotud veelinnuliikide arvukuse ja leviku väljaselgitamine. Praktilistel eesmärkidel võib veelinnuliigid jagada rühmadesse, millest kolm esinevad ka avamerel: põhjatoidulised, pelaagilistes kihtides toituvad (kalatoidulised) ning pinnatoidulised liigid. Avamerel iseloomulikeks võib meie vetes lugeda järgmisi linnuliike: - põhjatoidulised linnud: aul, must- ja tõmmuvaeras, hahk;



- pelaagilistes kihtides toituvad linnud: järve- ja punakurk-kaur, kormoran, alk, krüüsel;
- pinnatoidulised linnud: väike-, kala- ja hõbekajakas, jõgi- ja randtiir, söödikänn.

Kõik nimetatud linnuliigid esinesid ka Soome lahe keskosas ja nende hulgast valiti välja analüüsitavad liigid vastavalt nende arvukusele loendustel. Täpsemalt ei käsitletud rannalähedaste liikide (näiteks haned) ja ainult ülelennul esinenud liikide (näiteks värvulised) kohtamisjuhte – nende esinemine laevaloendustel on juhusliku iseloomuga ja laevaloendus ei ole sobiv meetod nende arvukuse hindamiseks.

Määramisraskuste tõttu käsitletakse kaure ja tiire traditsiooniliselt koos. Kõik arvukused töös on esitatud isendites.

Laevaloendustel eristatakse peatuvaid ja lendavaid ning 300 m laiuses põhiribas ja väljaspool seda esinevaid isendeid. Käesolevas ülevaates käsitletakse peamiselt peatuvate lindude vaatlusi. Lendavad linnud on enamasti kas peatuseta läbirändajad (s.t. pole otseselt seotud vaadeldava merealaga) või laeva lähenemisel lendu tõusnud isendid (kelle loendamisel on topeltlugemise risk). Lendavad linnud vääriskid tähelepanu eelkõige pinnatoiduliste liikide puhul, kes veedavad enamuse ajast mere kohal lennates. Siiski on ka nende puhul lendavate lindudega seotud mõned probleemid:

- a) kasutatud loendusmetoodika puhul fikseeritakse loenduse põhiribas lendavad ja peatuvad linnud erineva pikkusega loendusriba lõikude kaupa;
- b) põhiribas lendavate (hetkvõtte meetodil fikseeritavate) lindude arv on reeglina väga väike;
- c) arvuka esinemise korral võivad laeva saatvad kajakad muuta raskeks nende eristamise teistest lendavatest kajakatest ning takistada hetkvõtte meetodi kasutamist.

Keerukamad andmetöötlusmeetodid nõuavad loenduslõigu pindala arvestamist, võimaldades kasutada ainult loenduse põhiribas kogutud andmeid. Põhjatoidulised liigid peatuvad sageli suurte salkadena ning iga suure salga konkreetne paiknemine laeva marsruudi suhtes võib avaldada loendustulemustele märkimisväärset mõju. Mõningatel juhtudel võib kõigi peatuvate lindude loendustulemus olla suurem põhiribas peatuvate lindude põhjal leitud arvukushinnangutest (käesolevas töös mustvaera ja kormorani arvukus suvel). Seetõttu väärivad eriti põhjatoiduliste liikide puhul tähelepanu ka kõigi peatuvate lindude loendustulemused.

Praktilist tähtsust omavad peatumisalade puhul eelkõige arvukamad liigid. Samuti on andmetöötlusmeetodite rakendamiseks vajalik teatud minimaalne vaatluste arv. Kahjuks oli Soome lahe keskosas lindude esinemissagedus loenduse põhiribas madal (tabel 2). Vaatluste väike arv seadis piirid andmetöötlusmeetodite kasutamisel: arvukushinnangute leidmist võimaldas kasutatud tarkvara juba juhtudel, kus liik esines loendusel vähemalt 10 korral, kuid tiheduspindade modelleerimine oli võimalik ainult väheste liikide ja loenduste kombinatsioonide puhul (vähemalt 40 liigi esinemisjuhtu loendusel). Väikese andmemahu alusel leitud arvukushinnangutesse tuleks suhtuda teatud ettevaatusega.

Tabel 2. Vaatluste arv loenduse põhiribas.

Liik	Loendus		
	mai 2019	august 2019	okt 2020
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	49	0	40
tõmmuvaeras ( <i>Melanitta fusca</i> )	11	2	1
mustvaeras ( <i>Melanitta nigra</i> )	8	18	1
hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	2	0	0
kaurid ( <i>Gavia sp.</i> )	4	0	14
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	10	33	2
alk ( <i>Alca torda</i> )	2	11	11
krüüsel ( <i>Cepphus grylle</i> )	0	1	3
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	9	74	46
kalakajakas ( <i>Larus canus</i> )	0	6	2
väikekajakas ( <i>Hydrocoloeus minutus</i> )	1	0	6
tiirud ( <i>Sterna sp.</i> )	4	10	0

### Lindude avastatavus ja arvukushinnangud

Loendatud lindude arv on reeglina väiksem tegelikust lindude arvust loendusribas. Tavaliselt väheneb lindude avastatavus kauguse suurenemisel marsruudi joonest. Lindude avastatavust arvestava parandusteguri leidmiseks jagatakse loenduse põhiriba omakorda osadeks ning kasutatakse meetodit „Distance sampling“. Nimetatud meetodi puhul püütakse leida funktsioon, mis kirjeldab avastatavuse vähenemist kauguse suurenemisel marsruudi joonest.

Saadud funktsiooni kasutatakse avastatavuse parandusteguri, asustustiheduse ja arvukuse leidmisel (Buckland et al., 1993; Thomas et al., 2002).

Meetodi rakendamiseks kasutati tarkvara R paketti Distance (Miller 2017). Kasutati ainult põhiribas peatuvate lindude loendusandmeid – meetod vajab andmeid erineval kaugusel tuvastatud isendite kohta, kuid lendavate lindude puhul põhiriba osasid ei eristata. Iga liigi ja loenduse puhul katsetati erinevaid põhifunktsioonide ja parandustegurite kombinatsioone, parimaks loeti väikseima AIC kriteeriumi („Akaike’s Information Criterion“) väärtusega mudel. Kuigi avastatavus võib lisaks kaugusele marsruudist sõltuda veel mitmest tegurist (salkade suurus, vaatlustingimused), loobuti käesolevas töös valimi väikest mahtu arvestades täiendavate muutujate kasutamisest. Liikide arvukushinnangud leiti eraldi uurimisala madalama (sügavus < 50 m) ja sügavama (sügavus > 50 m) osa kohta. Tavalisemate liikide avastatavuse mudelid on toodud lisas.

### **Keskkonnamuutujate väärtused**

Keskkonnamuutujad võivad mõjutada nii toidurohkust kui ka otseselt lindude toitumis- ja peatumistingimusi. Peamiste mereelustiku (lindude toiduobjektide) levikut määravate keskkonnateguritena on nimetatud sügavust, soolsust, temperatuuri, setete iseloomu, avatust lainetusele, merepõhja topograafilist iseloomu (nõlvakallet), hoovusi, vee läbipaistvust, jääd ja vee toitelisust (Martin ja Kotta 2012). Mitmed nimetatud teguritest võivad mõjutada ka lindude toitumistingimusi (näiteks sügavus, vee läbipaistvus) ja üldisi peatumistingimusi (näiteks jääkate talvel, avatus lainetusele). Lisaks mõjutavad peatumistingimusi laevaliiklus, kalapüük jms inimhäiringud.

Käesolevas töös kasutati 2019 aastal riikliku mereplaneeringu käigus Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi teadusdirektori Jonne Kotta poolt koondatud mere abiootilisi ja biootilisi keskkonnatingimusi kirjeldavaid andmekihte resolutsiooniga 50 meetrit (Eesti Ornitoloogiaühing 2019). Inimtegevuse mõju kirjeldamiseks kasutati traalpüügi intensiivsuse ja HELCOM modelleeritud laevaliikluse intensiivsuse andmekihte resolutsiooniga 1 km<sup>2</sup>. Esialgsest keskkonnamuutujate nimekirjast tehti valik arvestades muutujate võimalikku mõju merel peatuvatele lindudele ja muutujatevahelist korrelatsiooni. Selleks, et parandada

modelite kirjeldusvõimet eemaldati analüüsist need keskkonnamuutujad, mille korrelatsioonikordajad teiste keskkonnamuutujatega olid 0,8 või suuremad.

Modelleerimisel kasutatud keskkonnamuutujate nimekiri sisaldab 13 muutujat (tabel 3). Neist 3 kirjeldavad merepõhja iseloomu, 7 merevee füüsilisi ja keemilisi omadusi, 1 potentsiaalselt olulisemate toiduobjektide (rannakarp) biomassi ja 2 inimõju. Lisaks lülitati mudelite koosseisu ristkoordinaadid.

Tabel 3. Kasutatud keskkonnamuutujad.

nimetus	kirjeldus	aastad	ühik	allikas
X	x-koordinaat koordinaatsüsteemis Estonia_1997_Estonia_National_Grid		m	
Y	y-koordinaat koordinaatsüsteemis Estonia_1997_Estonia_National_Grid		m	
Sygavus	vee sügavus		m	1
Kalle	merepõhja kalle		°	1
Pehmedsetted	pehmete setete osakaal modelleerimise põhjal	2018	%	4
Kd	vee hägusus (vertikaalne valguse neeldumiskoeffitsient kaugseire andmetel)	2010- 2012	m <sup>-1</sup>	2
Hoovused.orb	vee orbitaalse liikumise keskmine kiirus merepõhja lähedal hüdrodünaamilise modelleerimise andmetel	1989- 2005	m s <sup>-1</sup>	6
HoovusC	keskmine hoovuse kiirus vee pinnakihis Copernicuse mudeli põhjal	2016- 2017	m s <sup>-1</sup>	5
Lainetus. pind	avatus lainetusele veepinnal lihtsustatud lainemudeli põhjal	2008	m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	3
Lainetus.Bekkby	avatus lainetusele merepõhjas lihtsustatud lainemudeli põhjal	2008	m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	3
Soolsus	vee soolsus hüdrodünaamilise mudeli põhjal, korregeeritud lokaalsete mõõtmisandmete põhjal		PSU	2; 4

Klorofyll	Keskmine klorofüll a sisaldus merepinnal Copernicuse mudeli põhjal	2016- 2017	mg m <sup>-3</sup>	5
Mytilus	Rannakarbi biomass kuivkaalus	2019	g m <sup>-2</sup>	2, 8
Laevad	Kauba-, konteiner- ja reisilaevade ning tankerite liikumistihedus, modelleeritud AIS info põhjal		tk a <sup>-1</sup>	7
Traalpyyk	Traalpüügi keskmine saagikus		kg kuu <sup>-1</sup>	9

Allikad:

1 – Veeteede Ameti batümeetriaandmed (2017)

2 – Tartu Ülikooli Mereinstituudi andmebaasid

3 - Nikolopoulos A, Isæus M (2008) Wave Exposure Calculations for the Estonian Coast. AquaBiota Water Research AB, Stockholm, Sweden.

4 - TÜ Eesti Mereinstituut (2018) Eesti mereala elupaikade kaardandmete kaasajastamine.

5 - E.U. Copernicus Marine Service Information (2019) Baltic Sea Physics Analysis and Forecast. Product identifier: BALTICSEA\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_003\_006.

6 - Björkqvist J-V, Lukas I, Alari V, van Vledder GP, Hulst S, Pettersson H, Behrens A, Männik A (2018) Comparing a 41-year model hindcast with decades of wave measurements from the Baltic Sea. Ocean Engineering 152, 57-71, DOI: 10.1016/j.oceaneng.2018.01.048

7 – HELCOM 2016

8 – Hobikoda (2019). Merealade valitud ökosüsteemiteenuste alusmaterjalid. Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi ja SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse kaasrahastatav projekt ELME „Elurikkuse sotsiaalmajanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” (SFOS: 2014-2020.8.01.16-0112; Riigihanke viitenumber 201703).

9 – riiklik mereplaneering.

## Tiheduspindade modelleerimine

Tulenevalt loenduste kulukusest ja samade lindude mitmekordse loendamise ohust ei saa loendusribadega katta kogu uuritavat ala. Loendustulemuste ekstrapoleerimine kogu uuritavale alale on võimalik lähtudes kindla laiusega põhiribas loendatud isendite arvust. Tänapäeval kasutatakse selleks üsna laialdaselt üldistatud aditiivseid mudeleid (näiteks Skov et al. 2011, Heinänen et al. 2017, Auninš, Kuresoo ja Luigujõe 2012, Luigujõe ja Auninš 2016). Üldistatud aditiivsed mudelid (Generalized Additive Model, GAM) võimaldavad modelleerida erineva kujuga seoseid lindude arvukuse või asustustiheduse ja keskkonnamuutujate vahel silumisfunktsiooni abil.

Meetodi rakendamiseks kasutati tarkvara R paketti „dsm“ (Miller et al. 2013, Miller et al. 2019). Pakett on välja töötatud loomaloenduste andmete modelleerimiseks ja võimaldab siduda tiheduspinna mudeli varem koostatud avastatavuse mudeliga. Mudel koostati iga liigi ja loenduse kombinatsiooni jaoks, mille valim ( $n > 40$ ) seda võimaldas. Kahjuks oli selliseid kombinatsioone käesolevas töös ainult neli: aul kevadel ja sügisel ning hõbekajakas suvel ja sügisel. Kasutasime quasipoissoni jaotust logaritmi lingiga. Algselt lülitati mudelisse kõik keskkonnamuutujad, seejärel eemaldati järk-järgult statistiliselt ebaoluliseks osutunud muutujad. GAM mudeli poolt kirjeldatud varieeruvus oli auli puhul 89,6-95,2 % ja hõbekajaka puhul 72,3-76,4 %. Võrreldes teiste merelindude modelleerimist käsitlevate töödega (Skov 2011; Auninš, Kuresoo ja Luigujõe 2012; Luigujõe ja Auninš 2016, Eesti Ornitoloogiaühing 2019) on selline tulemus väga hea. Välja valituks osutunud mudelite kirjeldused on toodud lisan.

Koostatud mudeleid kasutati linnuliikide arvukuse prognoosimiseks uurimisalal. Aluseks võeti ruudustik resolutsiooniga 1 km<sup>2</sup>, mille piirid langevad kokku riikliku mereplaneeringu käigus kasutatud prognoosiruudustiku piiridega. Arvutuslikult võivad tekkida prognooside mõned väga kõrged väärtused. Praktilistel eesmärkidel on prognooside väärtused käesolevas töös piiratud ümardatud maksimaalsete loendustulemustel saadud asustustihedustega.

ArcMap tarkvara kasutades loodi prognooside kaardikihid nii vektor- („shapefile“ formaadis) kui ka rasterkujul (tiff formaadis). Mõlemad formaadid on kasutatavad ka MapInfo tarkvaraga. Prognooside kaardikihid lisatakse aruandele elektrooniliselt.

Liikide ja loenduste puhul, kus valim osutus tiheduspinna modelleerimiseks liiga väikeseks, kasutati leviku kirjeldamiseks loendustulemusi. Kasutati tarkvara R pakett „ggplot2“, mis võimaldab visualiseerida loendustulemuste ruumilise paiknemise otse ilma vahepealseid kaardikihte moodustamata.

### **Uurimisala linnukaitseline väärtus**

Ala linnukaitselise väärtuse hindamiseks võrreldi maksimaalseid loendustulemusi ja arvukushinnanguid rahvusvaheliste kriteeriumidega. Levinud rahvusvahelise kriteeriumina peatuvate veelindude puhul kasutatakse 1% rändete populatsioonist (Heath, Evans 2000). Rändete populatsioonide suurusena kasutati uusimaid avaldatud andmeid (Wetlands International 2020).

Uurimisala piires asuvate kõige olulisemate peatumisalade piiritlemisel võeti aluseks prognoosiruumistik ja mudeliprognoside väärtused, mis erinevalt loendustulemustest katavad kogu mereala. Ruutude väljavalimisel lähtuti liigi arvukusest ruudu piires ning kõrge arvukusega ruutude paiknemisest kogumikena. Kasutati ArcGIS ruumilise statistika töövahendite hulka kuuluvat tööriista „Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)“. Tööriista täpsem kirjeldus on leitav ArcGIS juhendmaterjalides (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/tools/spatial-statistics-toolbox/cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-moran-s.htm>, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-m.htm>).

## 2. Tulemused

### 2.1. Liigiline koosseis

Loenduste käigus kohati 27 liiki veelinde järgmistest sugukondadest: partlased – 13, kaurlased – 2, pütlased – 1, kormoranlased – 1, änlased – 1, kajaklased – 5, tiirlased – 1, alkased – 2 (tabel 4). Nendest 6 on linnudirektiivi I lisa liigid (valgepõsk-lagle, punakurk- ja järvekaur, väikekajakas ning tiirud); 4 liiki kuuluvad Eestis II ( järvekaur, väikekajakas, alk ja krüüsel) ning 5 liiki III kaitsekategooria loomaliikide hulka (valgepõsk-lagle, tõmmuvaeras, punakurk-kaur, jõgi- ja randtiir). Mõned linnudirektiivi I lisa ja Eesti kaitsekategooriat omavad liigid esinesid siiski väga väikesel arvul (väikekajakas, krüüsel) või pole avamerele iseloomulikud (valgepõsk-lagle).

Tabel 4. Loendustel esinenud veelinuliigid (loendatud isendite arv kokku).

Liik	Peatuv põhiribas	Peatuv kokku	Lendav põhiribas	Lendav kokku
<b>Partlased (<i>Anatidae</i>)</b>				
kümnokk-luik ( <i>Cygnus olor</i> )	18	236		4
määramata luik ( <i>Cygnus sp.</i> )				6
rabahani ( <i>Anser fabalis</i> )	2	2		
hallhani ( <i>Anser anser</i> )		2		
määramata hani ( <i>Anser sp.</i> )		7200		1
valgepõsk-lagle ( <i>Branta leucopsis</i> )	1	1		886
määramata lagle/hani		640		358
määramata part ( <i>Anas sp.</i> )	1	1		
tuttvart ( <i>Aythya fuligula</i> )		26		28
merivart ( <i>Aythya marila</i> )	1	1		
hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	4	231		34
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	1820	12727		958
mustvaeras ( <i>Melanitta nigra</i> )	101	5096		1574
tõmmuvaeras ( <i>Melanitta fusca</i> )	428	789		414
määramata vaeras ( <i>Melanitta sp.</i> )		30		1397



sõtkas ( <i>Bucephala clangula</i> )		42		24
rohukoskel ( <i>Mergus serrator</i> )		7		6
jääkoskel ( <i>Mergus merganser</i> )	3	23		37
määramata koskel ( <i>Mergus sp.</i> )		24		50
<b>Kaurlased (<i>Gaviidae</i>)</b>				
järve- ja punakurk-kaur ( <i>Gavia sp.</i> )	22	78		162
<b>Pütlased (<i>Podicipedidae</i>)</b>				
tuttpütt ( <i>Podiceps cristatus</i> )	1	121		2
<b>Kormoranlased (<i>Phalacrocoracidae</i>)</b>				
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	54	2857	1	1174
<b>Änlased (<i>Stercorariidae</i>)</b>				
määramata änn ( <i>Stercorarius sp.</i> )				1
<b>Kajaklased (<i>Laridae</i>)</b>				
väikekajakas ( <i>Hydrocoloeus minutus</i> )	14	22		11
naerukajakas ( <i>Larus ridibundus</i> )	1	1	1	13
kalakajakas ( <i>Larus canus</i> )	16	17	6	36
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	252	410	36	612
merikajakas ( <i>Larus marinus</i> )	1	3		4
määramata kajakas ( <i>Larus sp.</i> )	3	8		259
<b>Tiirlased (<i>Sternidae</i>)</b>				
jõgi- või randtiir ( <i>Sterna sp.</i> )	41	50	9	330
<b>Alklased (<i>Alcidae</i>)</b>				
alk ( <i>Alca torda</i> )	52	88		41
krüüsel ( <i>Cepphus grylle</i> )	4	11		1

---

## 2.2. Põhjatoidulised liigid

Soome lahe keskosas esinesid kõik avamerele iseloomulikud põhjatoidulised liigid: aul, tõmmu- ja mustvaeras ning hahk. Põhjatoiduliste liikide loendustulemused on toodud tabelis 5, olulisemate liikide arvukushinnangud tabelis 6 ning keskmised salga suurused ja asustustihedused loenduse põhiribas tabelis 7.

Arvukaimaks liigiks oli aul: maksimaalselt loendati peaaegu 9000 peatuvat isendit, arvukushinnang põhiribas peatuvate lindude põhjal oli üle 40000 (vahemikhinnang 17403-102753) isendi. Aul esines peatujana kevadel ja sügisel ning puudus suvel. Arvukuselt järgnesid vaerad. Mustvaeras esines kõigil loendustel, saavutades maksimumi suvel. Maksimaalselt loendati üle 4000 peatuvat mustvaera. Mustvaeras on näide liigist, kelle suurimad salgad jäid väljapoole loenduse põhiriba ning kelle puhul loendustulemus on suurem arvukushinnangust. Tõmmuvaeras esines arvukamalt ainult kevadel. Tõmmuvaera arvukushinnang ulatub peaaegu 5000 isendini (1224-19786), kuid see põhineb väikese arvu salkade andmetel. Loendati maksimaalselt 775 peatuvat tõmmuvaerast. Hahk esines väikesearvuliselt, kevadel loendati 230 peatuvat isendit.

Uurimisalal tervikuna peatub üle 1% auli rändetee populatsioonist. Nimetatud kriteeriumi (16000 is, Wetlands International 2020) ületab nii auli kevadine arvukushinnang kui ka loendustulemus. Ühe protsendi kriteeriumi (4000 is) ületab ka tõmmuvaera kevadine arvukushinnang, kuid see on leitud väikese andmehulga põhjal.

Ülejäänud kohatud sukelpardid (vardid ja sõtkas) peatuvad reeglina madalamatel rannikulähedastel merealadel, neid kohati laevaloendusel väikesel arvul rannalähedastel loenduslõikudel või ülelennul (tabel 4).

Tabel 5. Põhjatooiduliste liikide loendustulemused (peatuv kokku, is).

<b>Liik</b>	<b>kevad</b>	<b>suvi</b>	<b>sügis</b>
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	8777		3950
tõmmuvaeras ( <i>Melanitta fusca</i> )	775	2	12
mustvaeras ( <i>Melanitta nigra</i> )	343	4122	631
määramata vaeras ( <i>Melanitta sp.</i> )	30		
hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	230	1	

Tabel 6. Põhjatooiduliste liikide arvukushinnangud (is).

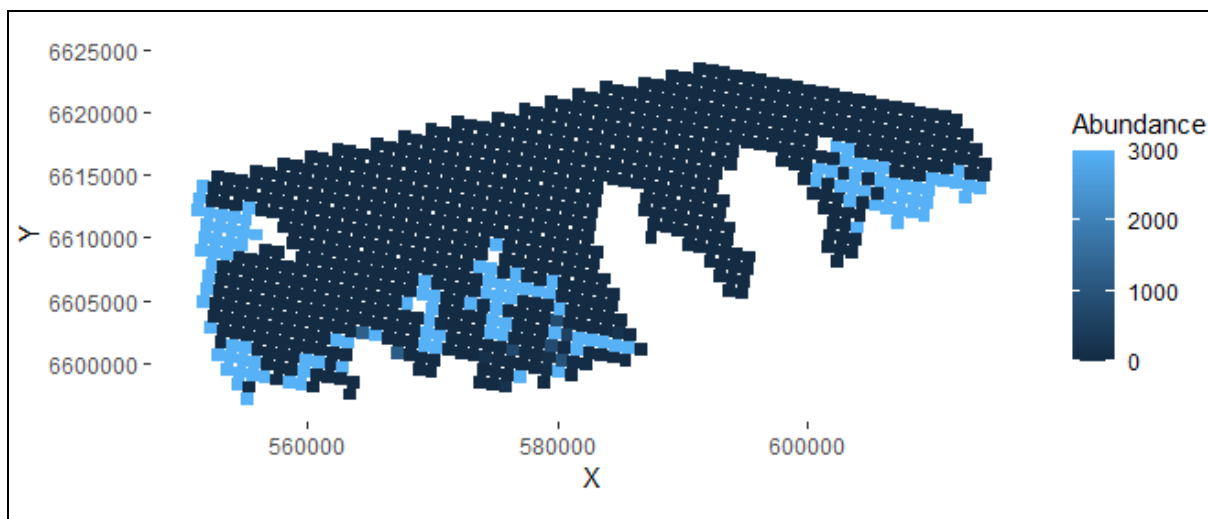
<b>Liik</b>	<b>sesoon</b>	<b>sügavus &lt; 50 m</b>	<b>sügavus &gt; 50 m</b>
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	kevad	35376 (16460-76032)	5020 (943-26721)
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	sügis	4350 (1796-10536)	18 (3-105)
tõmmuvaeras ( <i>Melanitta fusca</i> )	kevad	4922 (1224-19786)	0 (0-0)
mustvaeras ( <i>Melanitta nigra</i> )	suvi	351 (83-1484)	279 (62-1262)

Sulgudes 95% usaldusvahemik.

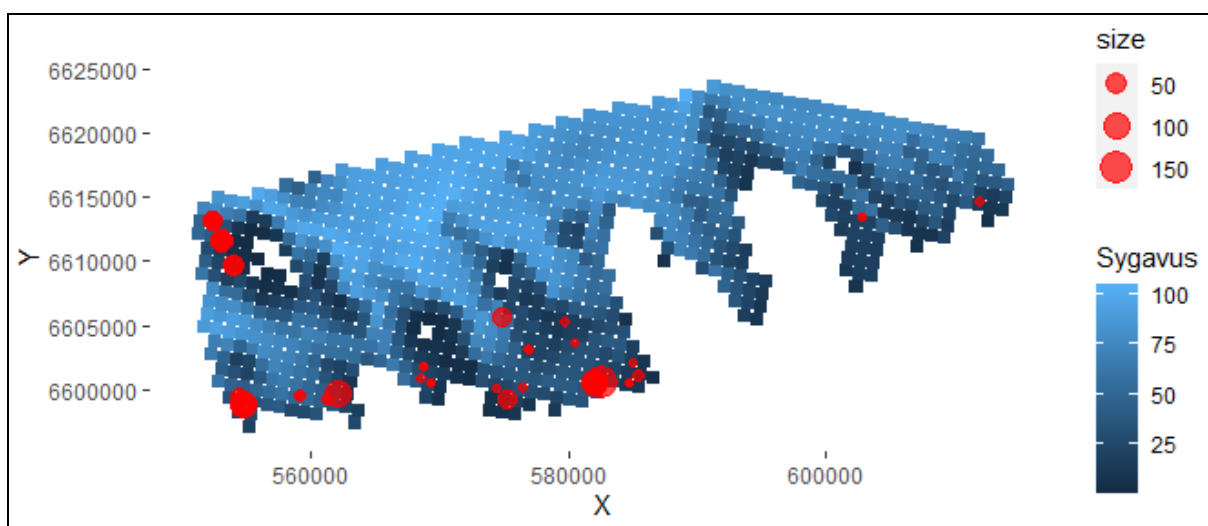
Tabel 7. Põhjatooiduliste liikide asustustihedused.

<b>Liik</b>	<b>Sesoon</b>	<b>Uurimisala osa</b>	<b>Oodatav salga suurus, is</b>	<b>Keskmine asustus- tihedus, is/km<sup>2</sup></b>
aul ( <i>Clangula hyemalis</i> )	kevad	< 50 m	33,5	89,6
		> 50 m	19,1	9,5
	sügis	< 50 m	8,8	11,0
		> 50 m	1,0	0,0
tõmmuvaeras ( <i>Melanitta fusca</i> )	kevad	< 50 m	38,4	12,5
		> 50 m	0,0	0,0
mustvaeras ( <i>Melanitta nigra</i> )	suvi	< 50 m		0,9
		> 50 m		0,5

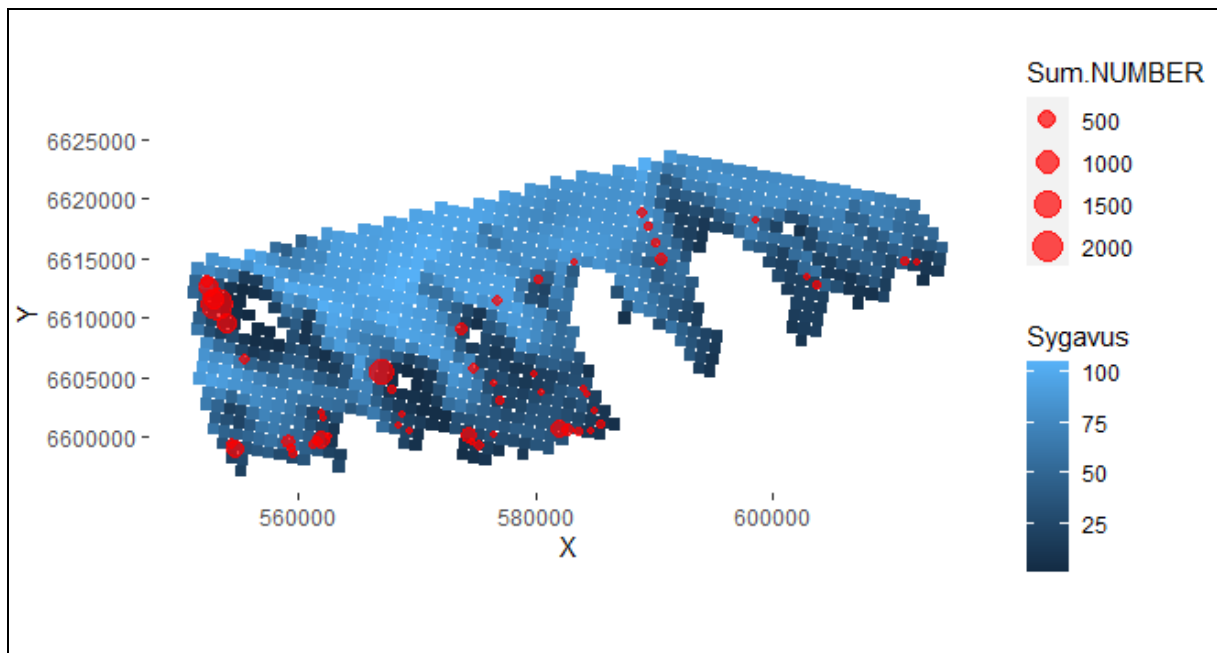
Auli levik kevadel ja sügisel on kujutatud joonistel 3–8. Kummagi sesooni kohta on toodud kolm levikukaarti: mudeli prognoos, loenduse põhiribas peatuvate lindude loendustulemused (nendel põhineb mudeli prognoos) ning kõigi peatuvate lindude loendustulemused (arvestavad ka põhiribast välja jäänud ning seetõttu mudelis arvestamata lindude vaatlusi). Aul peatus valdavalt uurimisala madalamas, alla 50 m sügavusega osas, nii mandri ranniku kui ka saarte lähedal. Kuigi aditiivne mudel näitab ka uurimisala idaosa potentsiaali auli peatumisalana, asusid konkreetsed vaatlused peamiselt ala lääneosas.



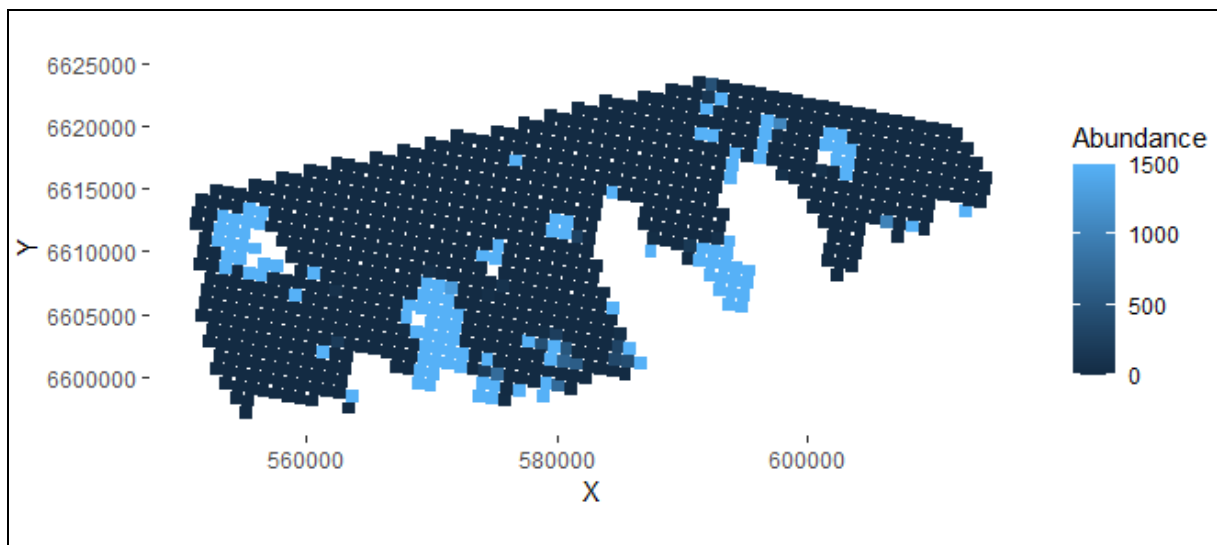
Joonis 3. Auli leviku prognoos kevadel aditiivse mudeli põhjal.



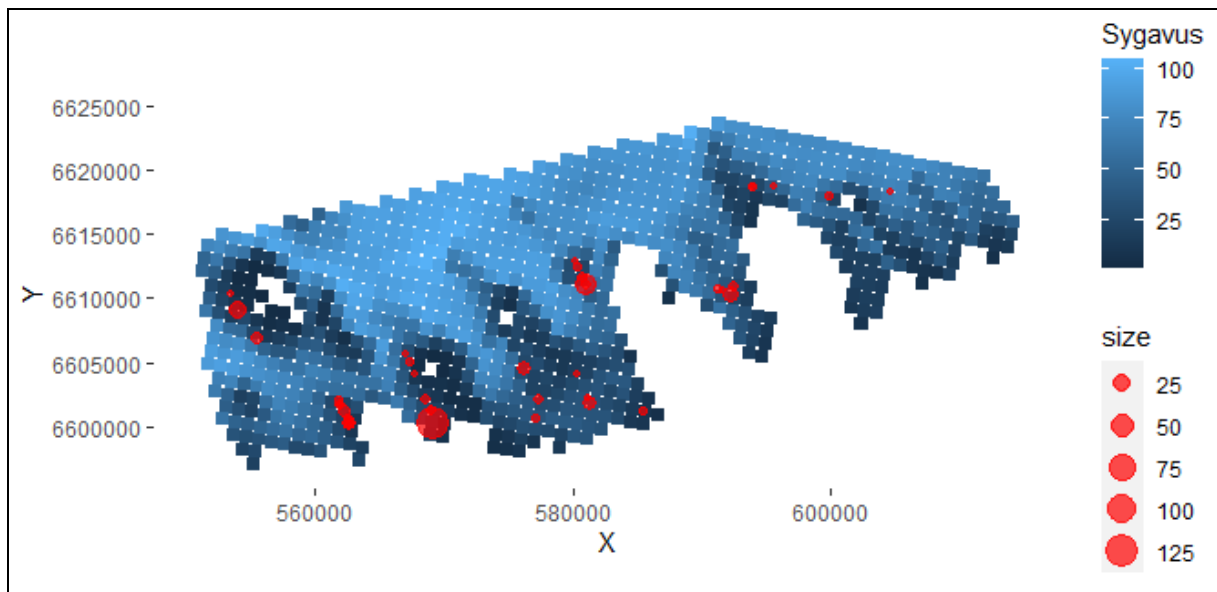
Joonis 4. Auli levik kevadel loendustulemuste põhjal (loenduse põhiribas peatuvad isendid).



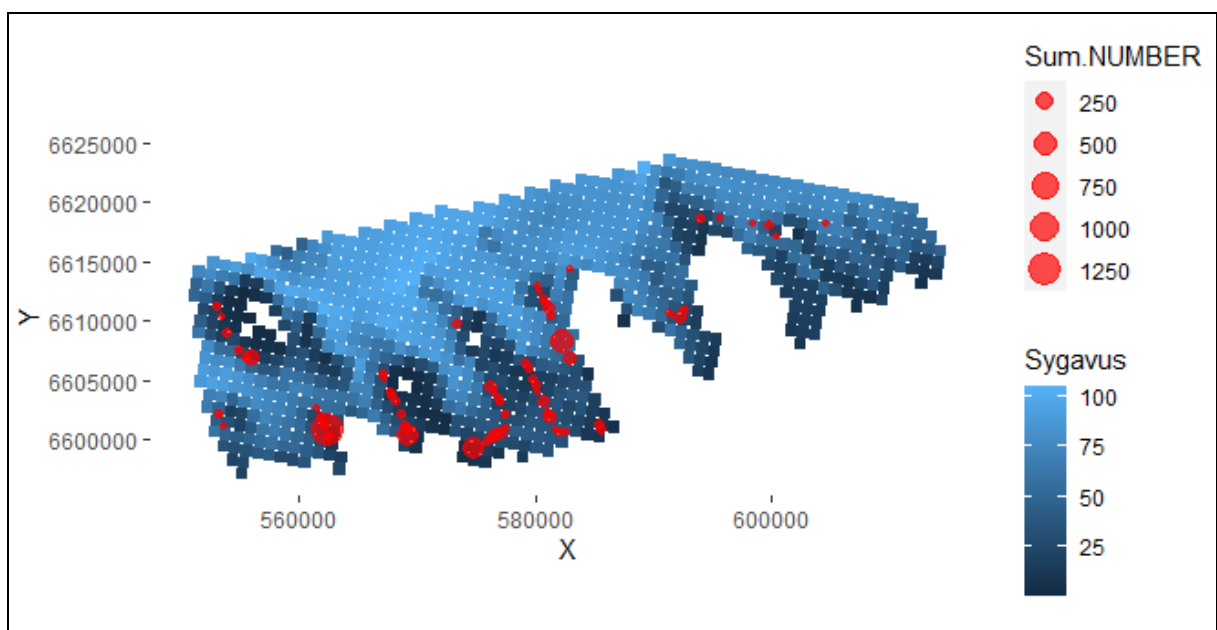
Joonis 5. Auli levik kevadel loendustelemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 6. Auli leviku prognoos sügisel aditiivse mudeli põhjal.

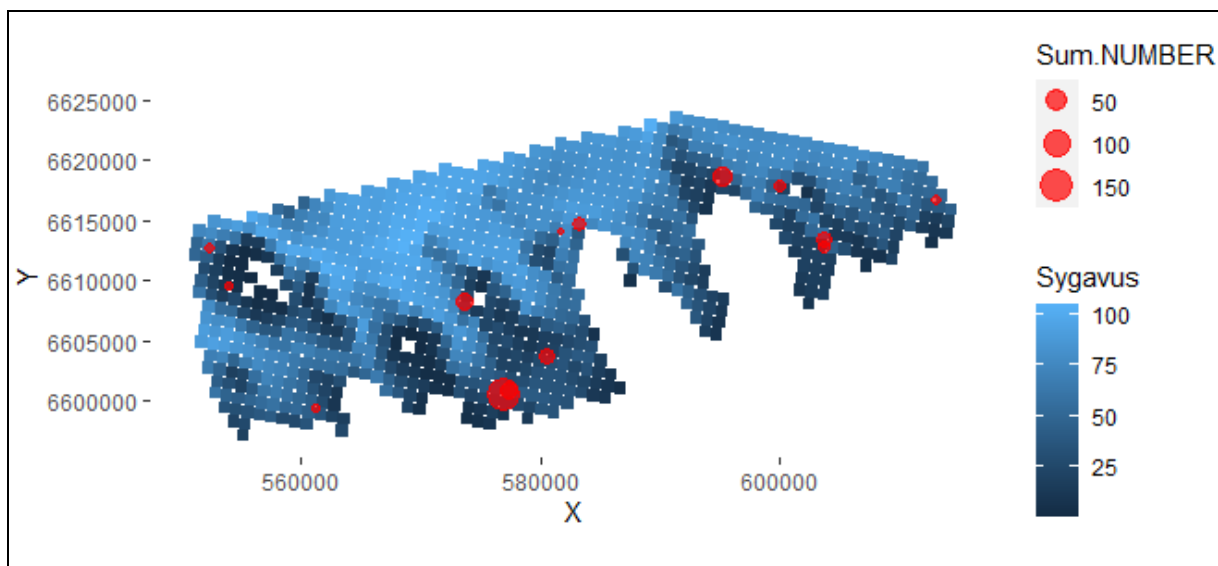


Joonis 7. Auli levik sügisel loendustulemuste põhjal (loenduse põhiribas peatuvad isendid).

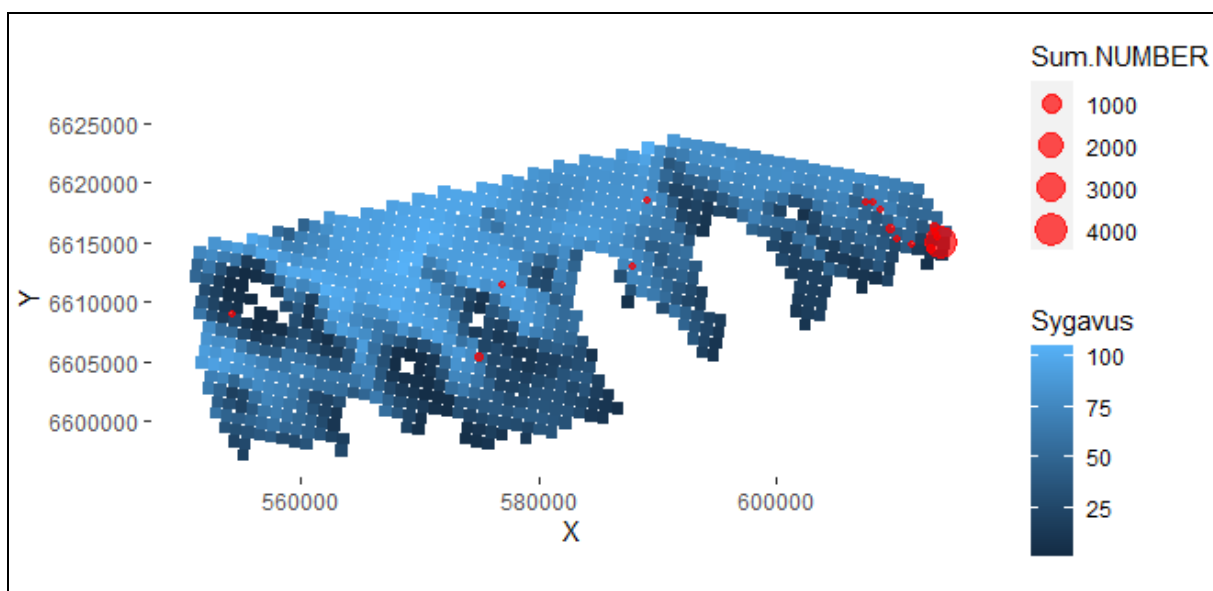


Joonis 8. Auli levik sügisel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).

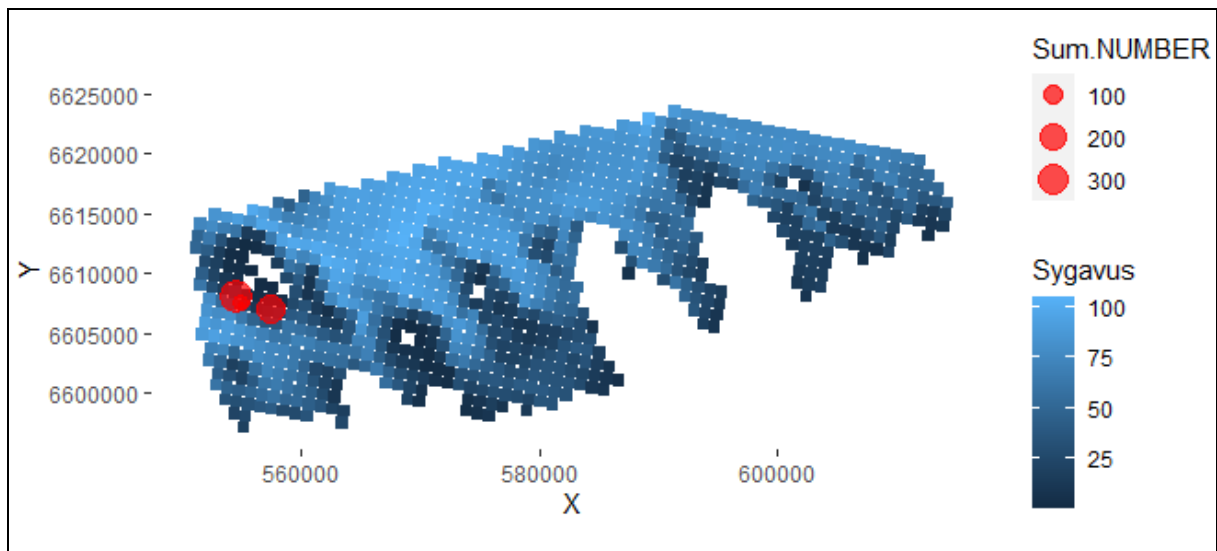
Teiste avamerega seotud põhjatoiduliste liikide levik loendustulemuste põhjal on kujutatud joonistel 9–13. Sarnaselt aulile eelistavad ka teised põhjatoidulised liigid uurimisala madalamat, alla 50 m sügavust osa (tabel 7). Salkade konkreetsed esinemiskohad võivad varieeruda sesoonselt sama liigi piires: mustvaera suurimaid salku kohati suvel uurimisala idapiiril, sügisel aga lääneosas Prangli saare lähedal.



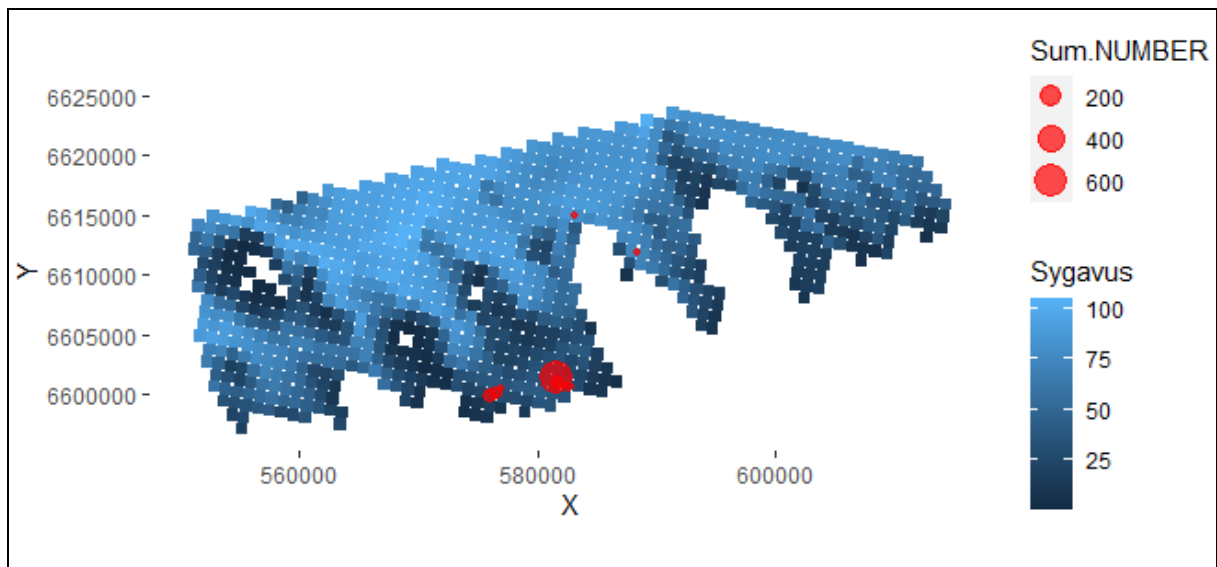
Joonis 9. Mustvaera levik kevadel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 10. Mustvaera levik suvel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).

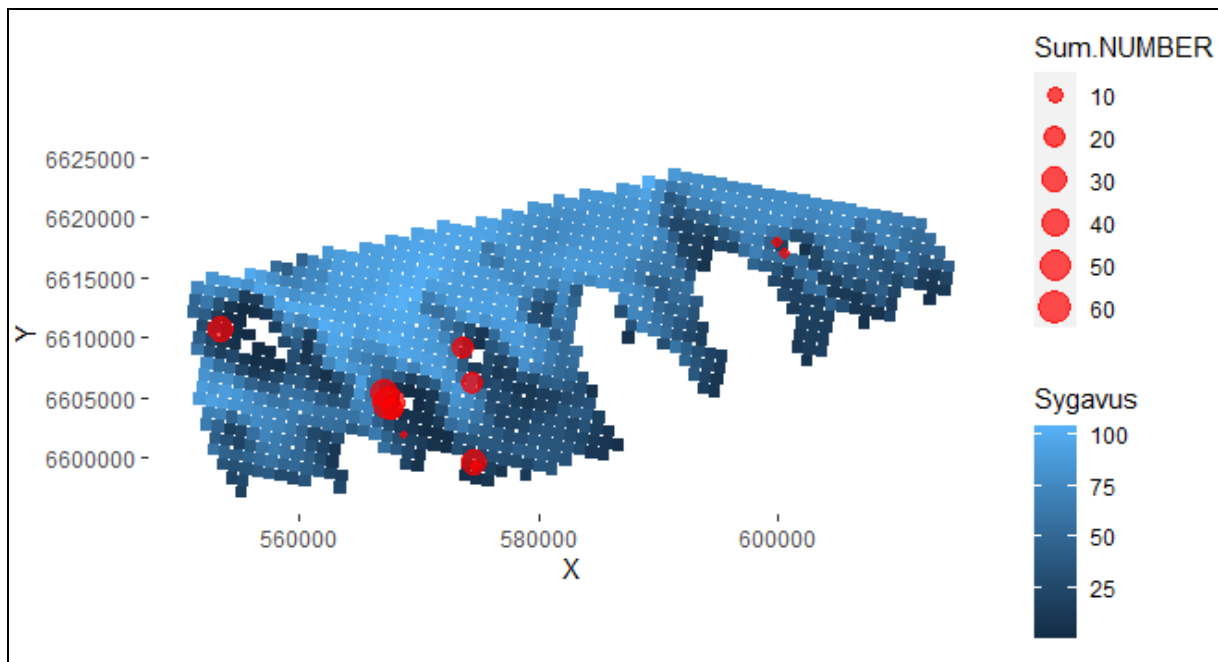


Joonis 11. Mustvaera levik sügisel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 12. Tõmmuvaera levik kevadel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).





Joonis 13. Haha levik kevadel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).

### 2.3. Pelaagilistes kihtides toituvad liigid

Pelaagilistes kihtides toituvate liikide loendustulemused on toodud tabelis 8, olulisemate liikide arvukushinnangud tabelis 9 ning keskmised salga suurused ja asustustihedused loenduse põhiribas tabelis 10. Kormorani kõrge suvine loendustulemus on seotud eelkõige Malusi saartega. Loendustulemuse põhjal teisel kohal olev tuttpütt esines lokaalselt rannalähedasel loenduslõigul; liik ei ole iseloomulik avamerele. Kaurid ja alk esinesid mõõdukalt arvul, krüüsel väga vähearvukalt. Kaurid esinesid peatujatena kevadel ja sügisel, kormoran ja alklased kõigil uuritud sesoonidel. Erinevalt põhjatoidulistest liikidest esinesid pelaagilistes kihtides toituvad linnud tavaliselt üksikult või väikestes salkades.

Ülejäänud loendustel kohatud pelaagilistes kihtides toituvad liigid (kosklad) peatuvad reeglina madalamatel rannikulähedastel merealadel, neid kohati laevaloendusel väikesel arvul rannalähedastel loenduslõikudel või ülelennul (tabel 4).

Tabel 8. Pelaagilistes kihtides toituvate liikide loendustulemused (peatuv kokku, is).

<b>Liik</b>	<b>kevad</b>	<b>suvi</b>	<b>sügis</b>
kaurid ( <i>Gavia sp.</i> )	46		32
tuttpütt ( <i>Podiceps cristatus</i> )		120	1
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	84	2765	8
alk ( <i>Alca torda</i> )	5	61	22
krüüsel ( <i>Cephus grylle</i> )	2	1	8

Tabel 9. Pelaagilistes kihtides toituvate liikide arvukushinnangud (is).

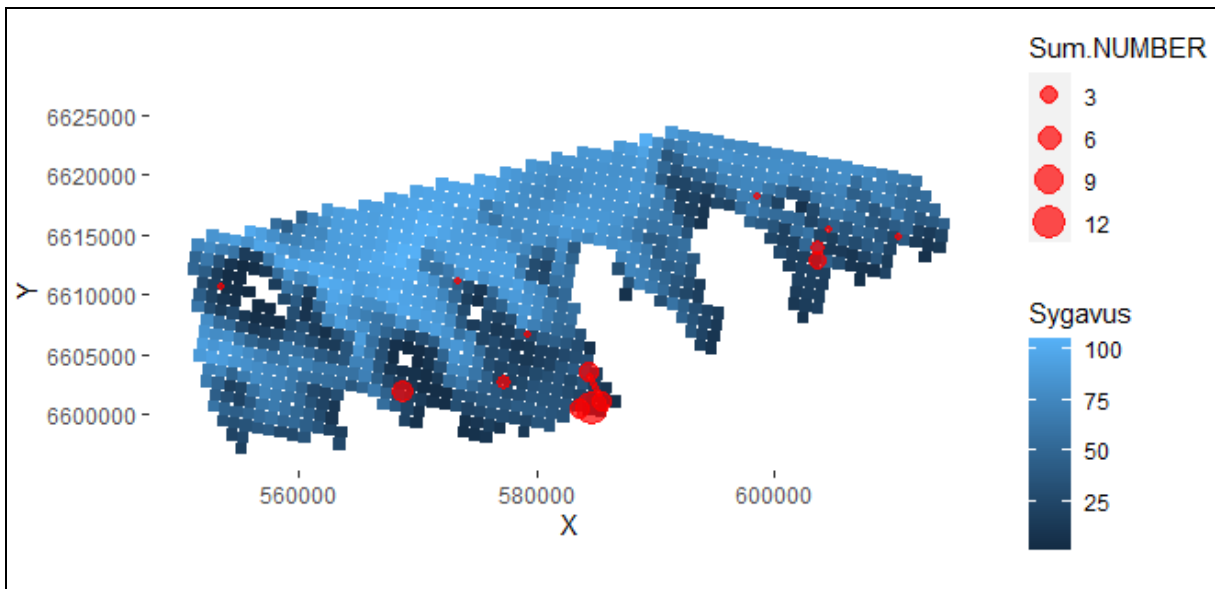
<b>Liik</b>	<b>sesoon</b>	<b>sügavus &lt; 50 m</b>	<b>sügavus &gt; 50 m</b>
kaurid ( <i>Gavia sp.</i> )	sügis	92 (42-203)	148 (66-333)
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	kevad	109 (31-386)	110 (19-630)
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	suvi	517 (225-1187)	429 (184-998)
alk ( <i>Alca torda</i> )	suvi	189 (50-714)	248 (84-730)
alk ( <i>Alca torda</i> )	sügis	162 (57-456)	66 (25-175)

Sulgudes 95% usaldusvahemik.

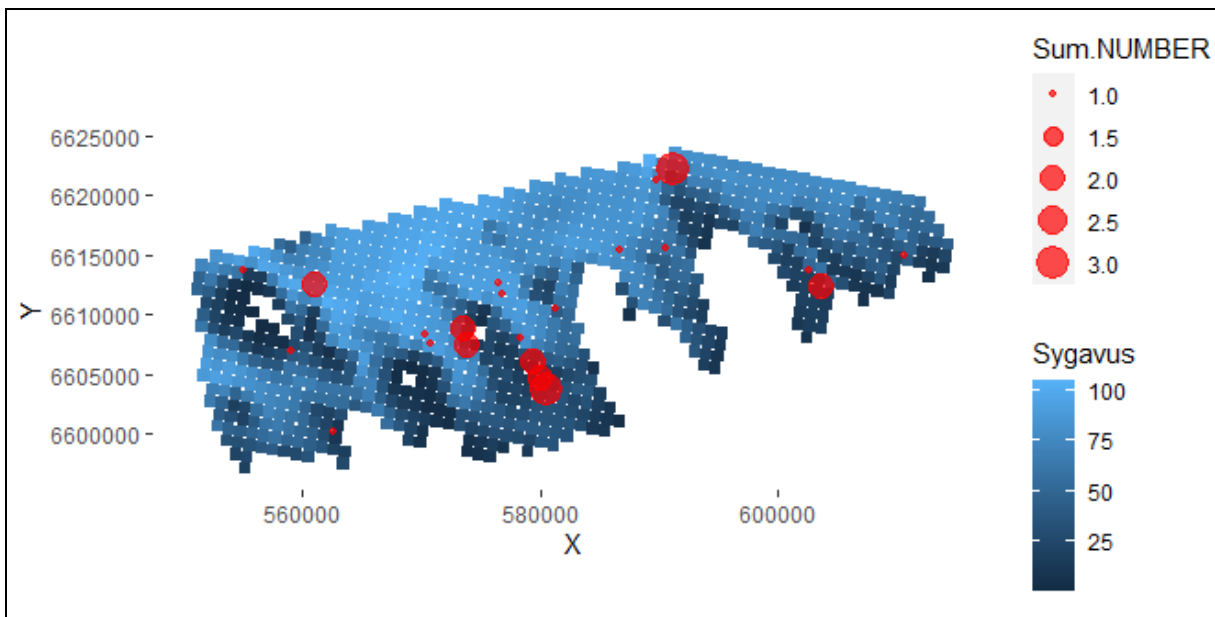
Tabel 10. Pelaagilistes kihtides toituvate liikide asustustihedused.

<b>Liik</b>	<b>Sesoon</b>	<b>Uurimisala osa</b>	<b>Oodatav salga suurus, is</b>	<b>Keskmine asustus- tihedus, is/km<sup>2</sup></b>
kaurid ( <i>Gavia sp.</i> )	sügis	< 50 m	1,3	0,2
		> 50 m	1,1	0,3
kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	kevad	< 50 m	1,2	0,3
		> 50 m	1,3	0,2
	suvi	< 50 m	1,0	1,3
		> 50 m	1,1	0,8
alk ( <i>Alca torda</i> )	suvi	< 50 m	3,0	0,5
		> 50 m	2,3	0,5
	sügis	< 50 m	1,8	0,4
		> 50 m	1,3	0,1

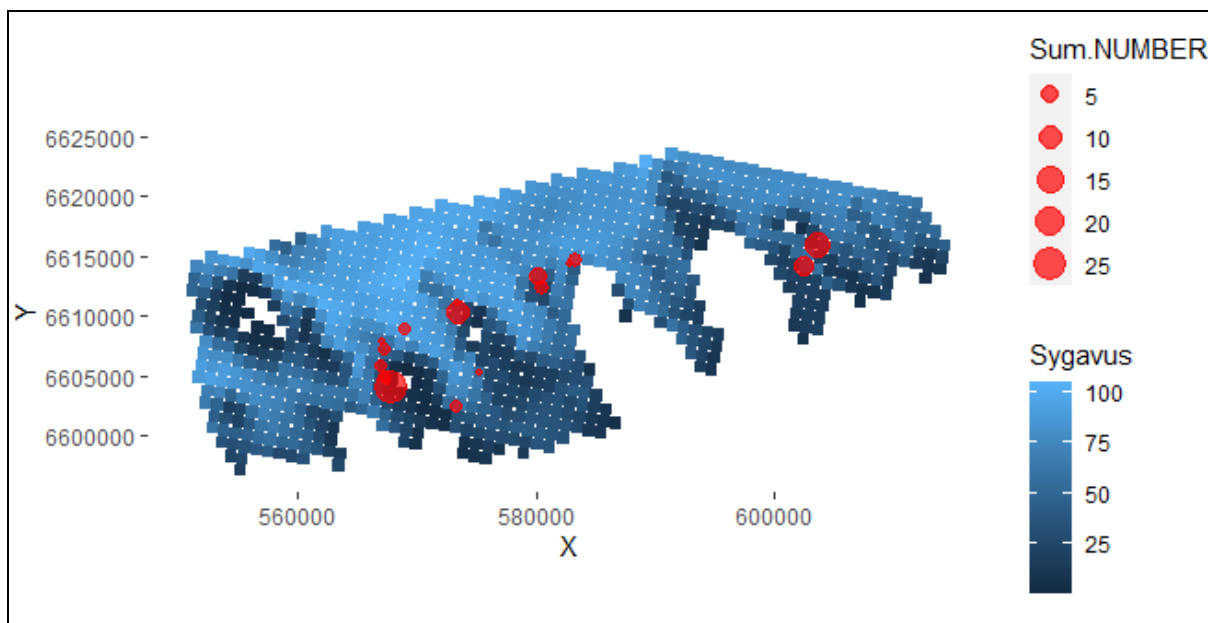
Võrreldes põhjakihtides toituvate liikidega on erinevused uurimisala madalama ja sügavama osa vahel pelaagilistes kihtides toituvate liikide puhul väiksemad või puuduvad (tabel 10). Olulisemate pelaagilistes kihtides toituvate liikide levik loendustulemuste põhjal on kujutatud joonistel 14 – 19.



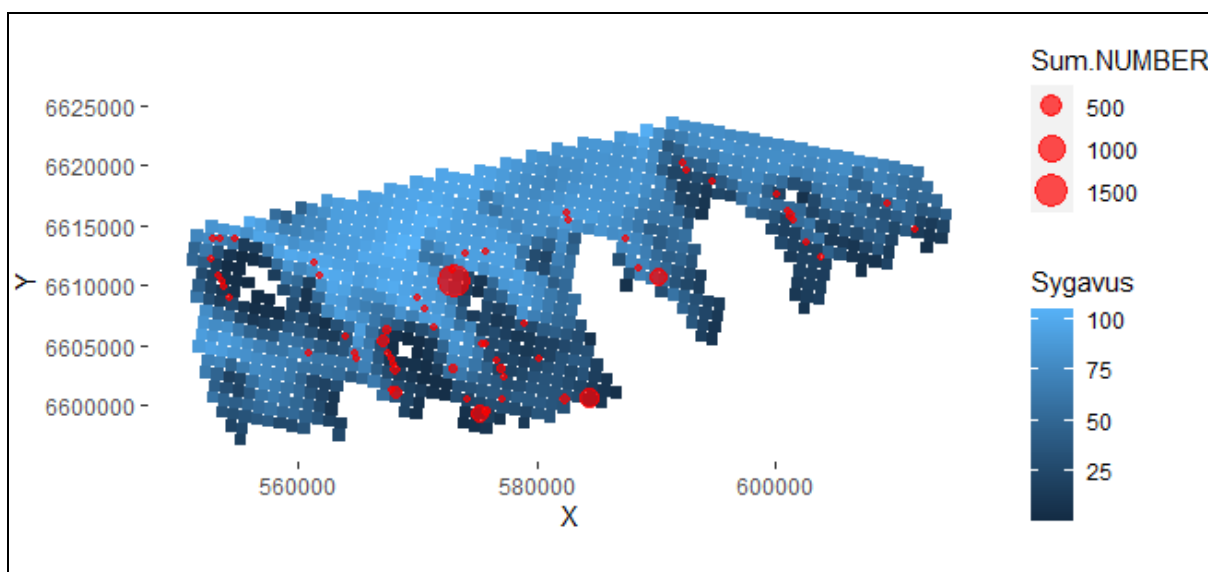
Joonis 14. Kauride levik kevadel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



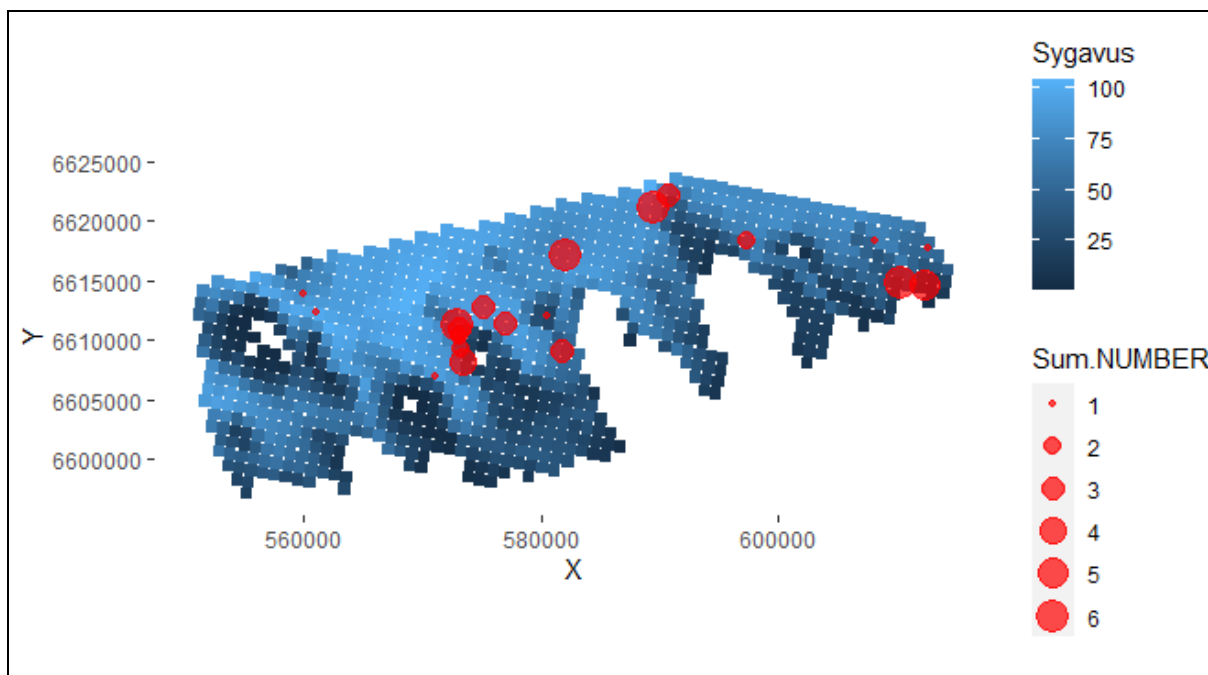
Joonis 15. Kauride levik sügisel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



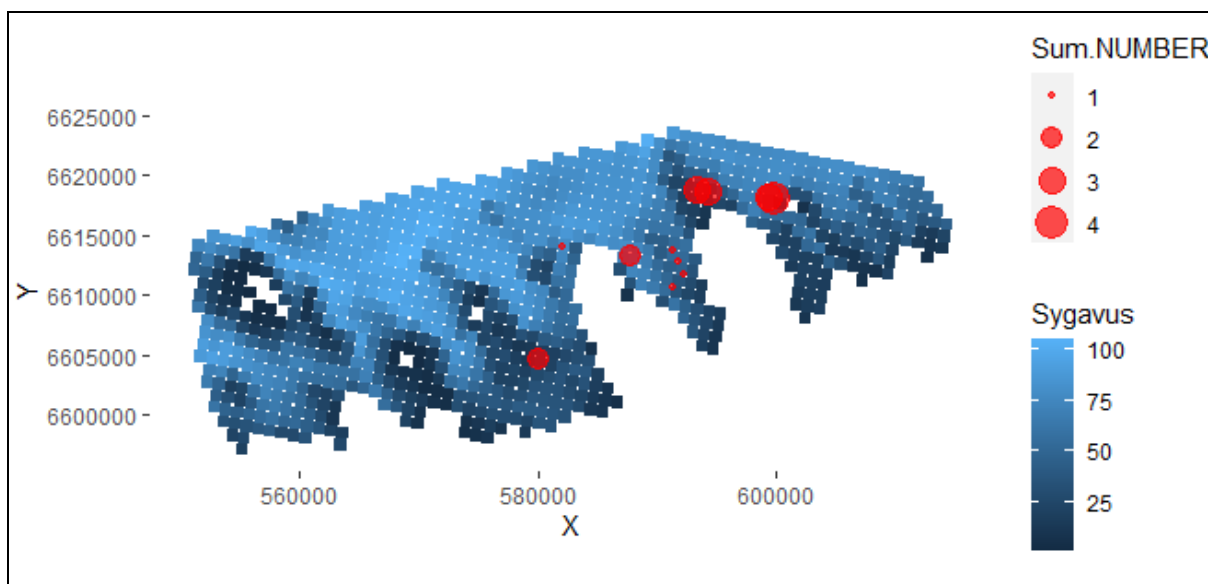
Joonis 16. Kormorani levik kevadel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 17. Kormorani levik suvel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 18. Algi levik suvel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).



Joonis 19. Algi levik sügisel loendustulemuste põhjal (kõik peatuvad isendid).

## 2.4. Pinnatoidulised liigid

Olulisemate pinnatoiduliste liikide loendustulemused on toodud tabelis 11, arvukushinnangud tabelis 12 ning keskmised salga suurused ja asustustihedused loenduse põhiribas tabelis 13. Arvukaimaks liigiks oli hõbekajakas. Maksimaalselt loendati (k.a. lendavad linnud) umbes 450 isendit. Peatuvate hõbekajakate maksimaalne loendustulemus oli peaaegu 300 isendit ning arvukushinnang umbes 2700 (vahemikhinnang 786 – 9575) isendit. Tiire loendati maksimaalselt (k.a. lendavad linnud) 224 isendit. Peatuvate tiirude maksimaalne loendustulemus oli 44 isendit ning arvukushinnang 424 (vahemikhinnang 110 – 1645) isendit. Kala- ja väikekajakas esinesid väikesel arvil. Ännidest kohati ainult ühte üle lendavat isendit. Väga väikesel arvil esinesid ka ülejäänud pinnatoidulised liigid (meri- ja naerukajaks), need liigid eelistavad madalamaid rannalähedasi merealasi. Hõbe- ja kalakajakas esinesid kõigil uuritud sesoonidel, tiirud kevadel ja suvel ning väikekajakas kevadel ja sügisel.

Tabel 11. Pelaagiliste liikide loendustulemused (loendatud kokku/peatuv kokku, is).

Liik	kevad	suvi	sügis
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	213/18	360/267	449/125
kalakajakas ( <i>Larus canus</i> )	6/0	12/7	35/10
väikekajakas ( <i>Hydrocoloeus minutus</i> )	4/2		29/20
määramata kajakas ( <i>Larus sp.</i> )	61/4	206/4	
tiirud ( <i>Sterna sp.</i> )	156/6	224/44	
ännid ( <i>Stercorarius p.</i> )	1/0		

Tabel 12. Pelaagiliste liikide arvukushinnangud (is).

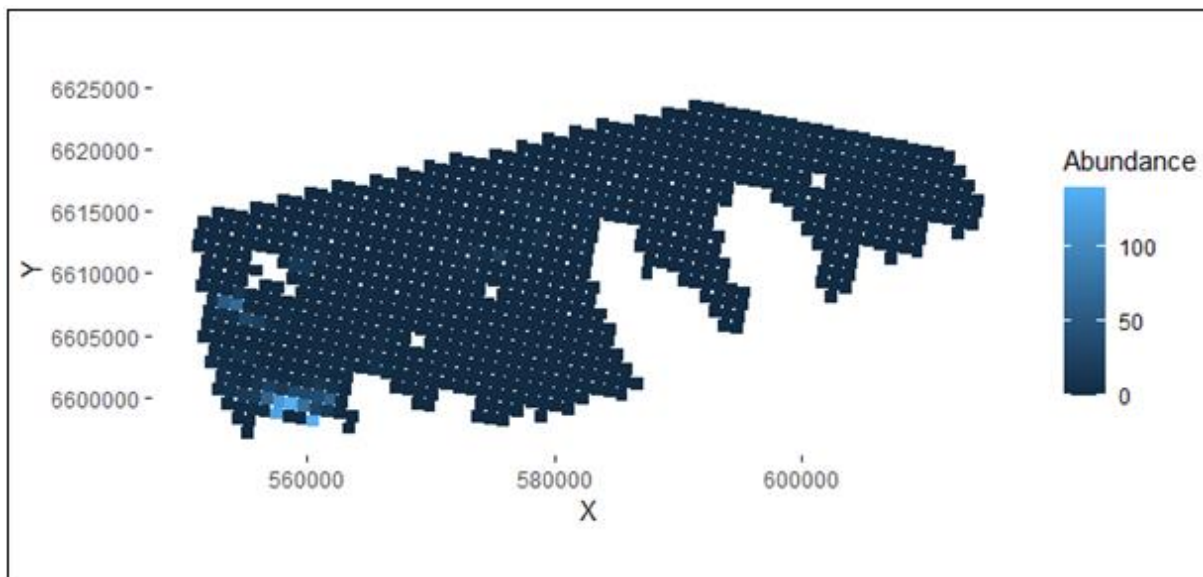
Liik	sesoon	sügavus < 50 m	sügavus > 50 m
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	suvi	949 (249-3612)	1790 (537-5963)
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	sügis	810 (348-1882)	655 (255-1681)
tiirud ( <i>Sterna sp.</i> )	suvi	375 (93-1505)	49 (17-140)

Sulgudes 95% usaldusvahemik.

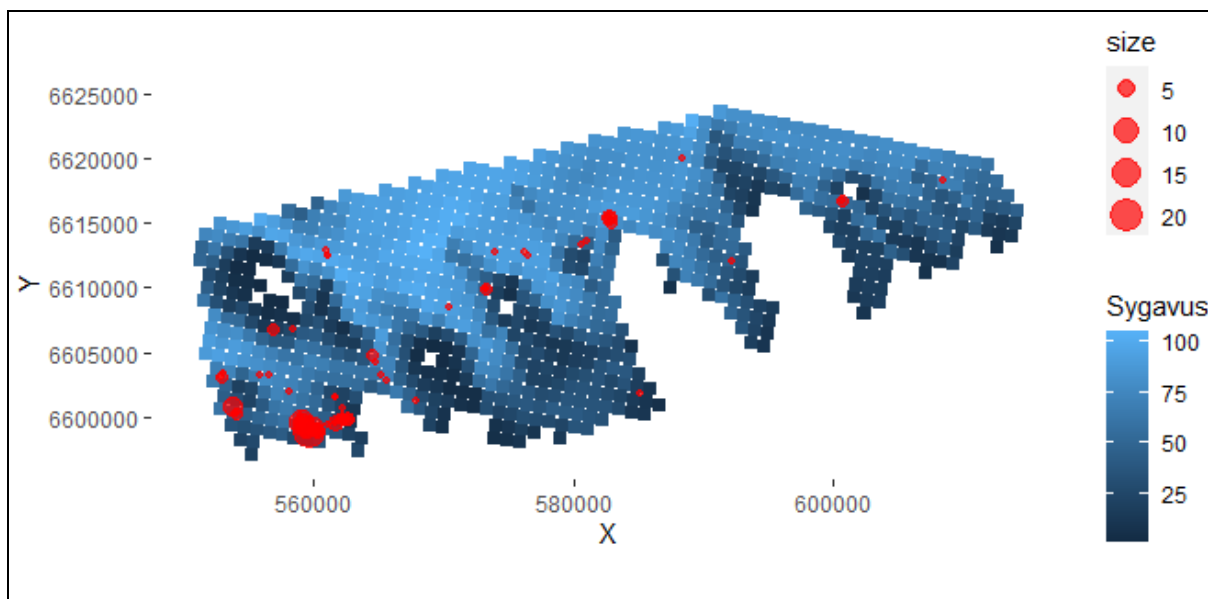
Tabel 13. Pinnakihtides toituvate liikide asustustihedused.

Liik	Sesoon	Uurimisala osa	Oodatav salga suurus, is	Keskmine asustus- tihedus, is/km <sup>2</sup>
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	suvi	< 50 m	1,8	2,4
		> 50 m	2,4	3,4
hõbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> )	sügis	< 50 m	1,8	2,0
		> 50 m	2,0	1,2
tiirud ( <i>Sterna sp.</i> )	suvi	< 50 m	5,3	0,9
		> 50 m	1,0	0,1

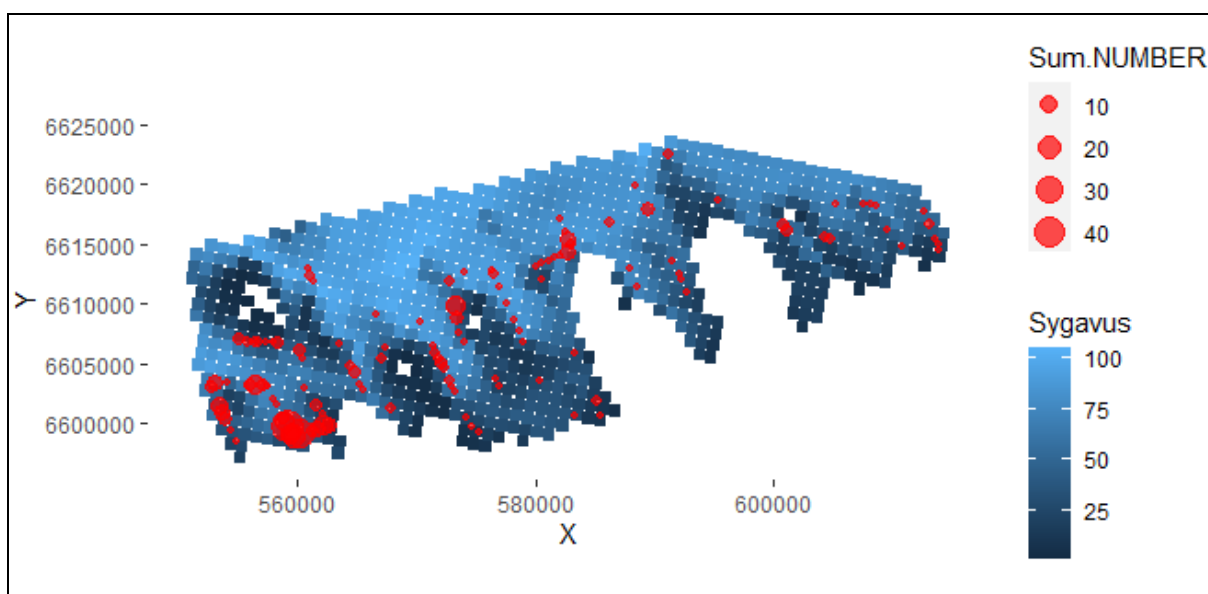
Hõbekajakas oli teiseks liigiks, kelle levikut oli võimalik modelleerida. Hõbekajaka levik suvel ja sügisel on kujutatud joonistel 20–25. Kummagi sesooni kohta on toodud kolm levikukaarti: mudeli prognoos, loenduse põhiribas peatuvate lindude loendustulemused (nendel põhineb mudeli prognoos) ning kõigi loendusel esinenud lindude loendustulemused (arvestavad nii põhiribast välja jäänud kui ka lendavate lindude vaatlusi). Tiirude levik loendustulemuste põhjal on esitatud joonisel 26.



Joonis 20. Hõbekajaka leviku prognoos suvel aditiivse mudeli põhjal.

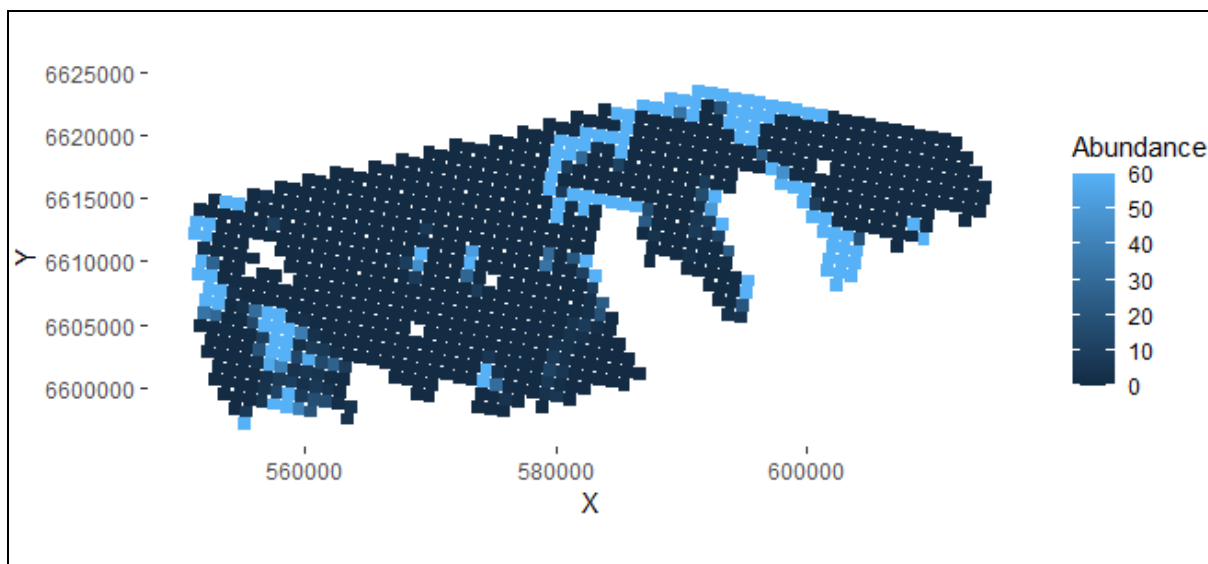


Joonis 21. Hõbekajaka levik suvel loendustulemuste põhjal (loenduse põhiribas peatuvad isendid).

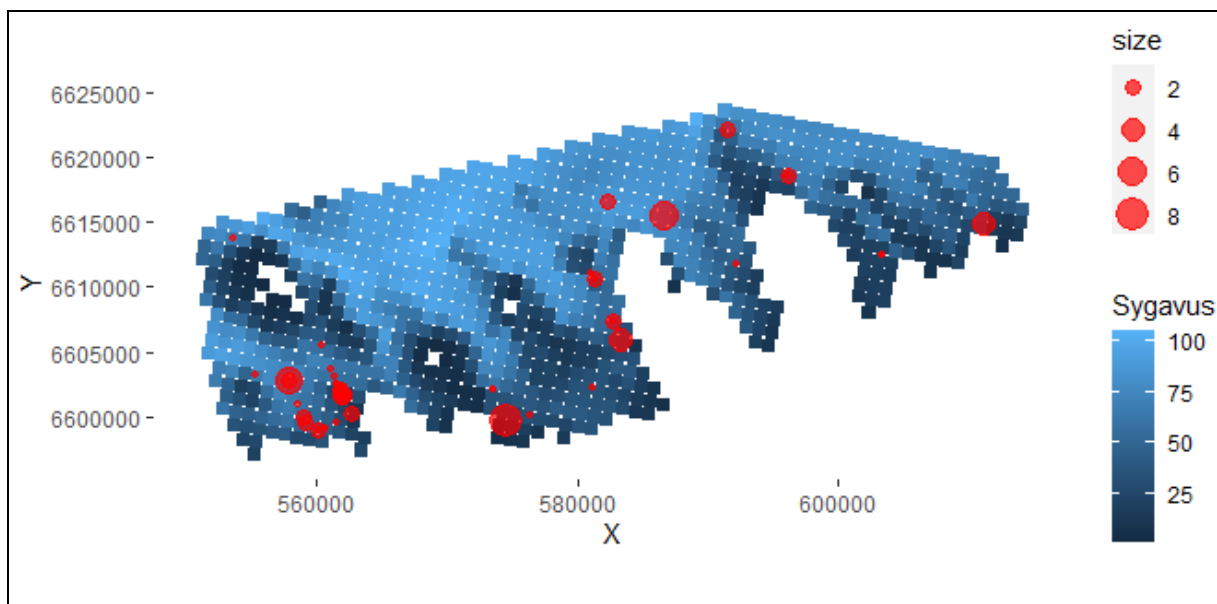


Joonis 22. Hõbekajaka levik suvel loendustulemuste põhjal (peatuvad ja lendavad isendid).

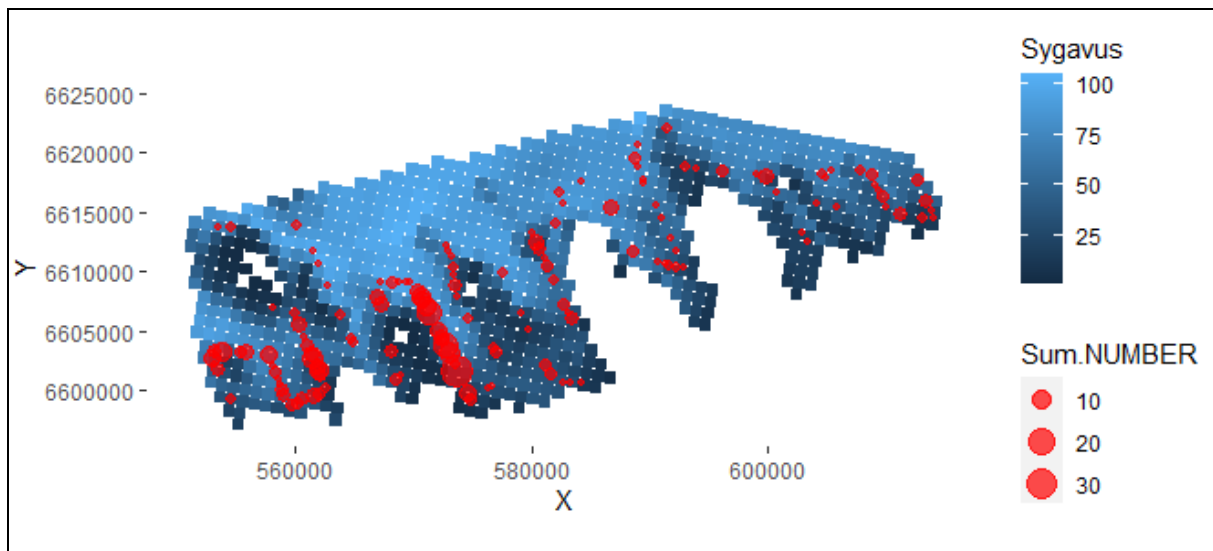




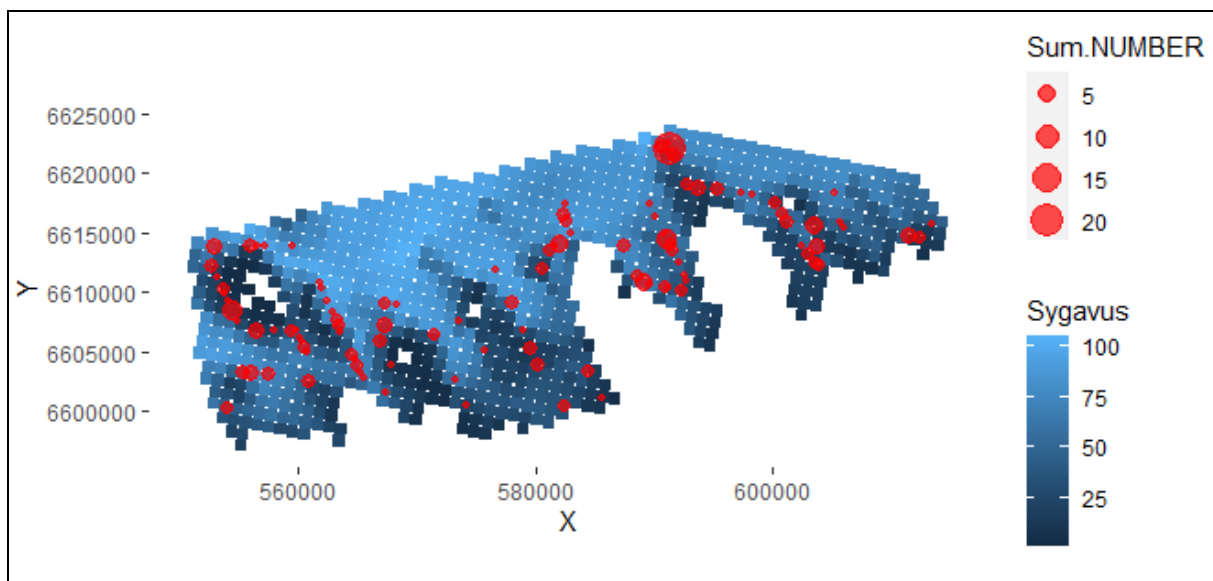
Joonis 23. Hõbekajaka leviku prognoos sügisel aditiivse mudeli põhjal.



Joonis 24. Hõbekajaka levik sügisel loendustulemuste põhjal (loenduse põhiribas peatuvad isendid).



Joonis 25. Hõbekajaka levik sügisel loendustulemuste põhjal (peatuvad ja lendavad isendid).



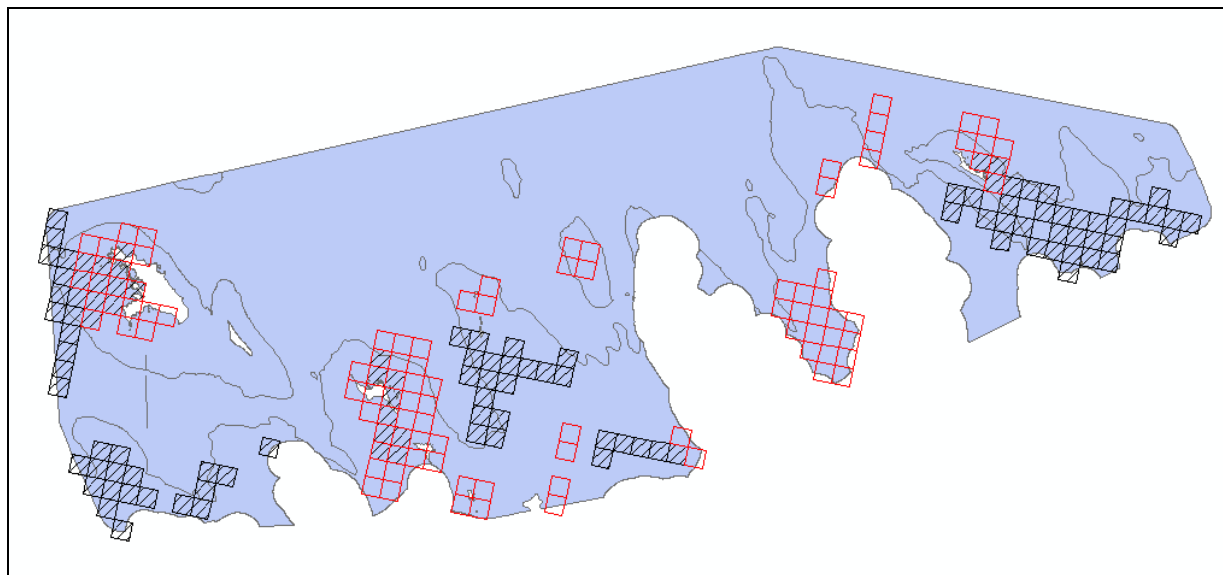
Joonis 26. Tiirude levik suvel loendustulemuste põhjal (peatuvad ja lendavad isendid).

## Kokkuvõte

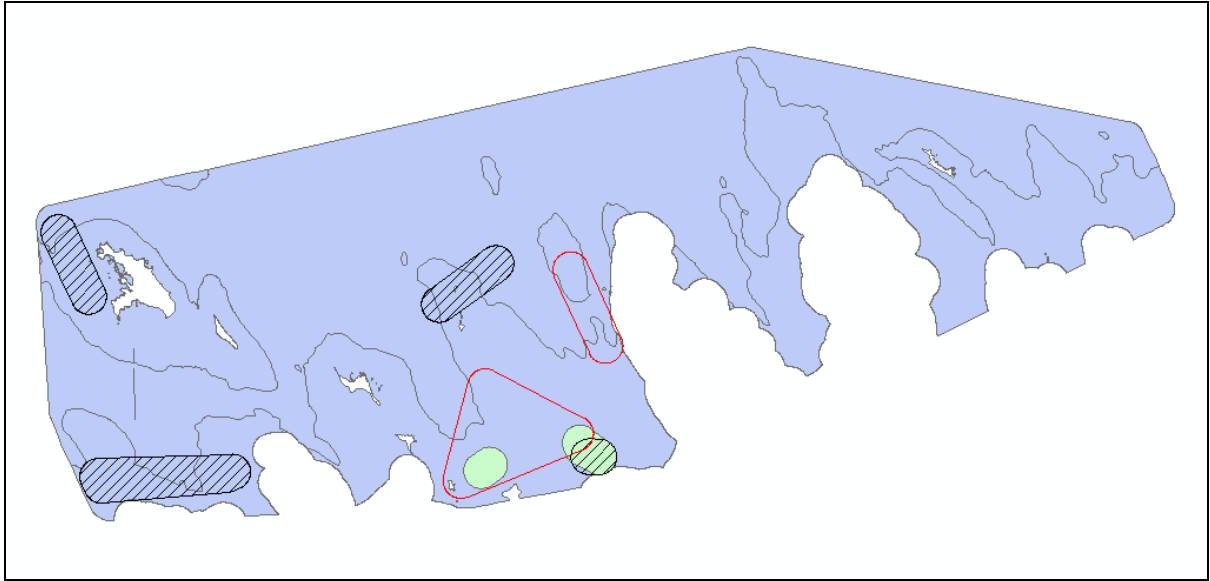
Soome lahe idaosas peatuvate lindude uurimiseks kasutati laevaloendust. Läbi viidi üks kevadine (7. mai 2019), üks suvine (1. august 2019) ja üks sügisene loendus (28 – 29. oktoober 2020). Uurimisala kogupindala oli 923 km<sup>2</sup>, marsruudi pikkus ca 220 km.

Loendustel kohati 27 liiki veelinde. Arvukaimad liigid olid põhjatoidulistest liikidest aul (*Clangula hyemalis*), must- (*Melanitta nigra*) ja tõmmuvaeras (*M. fusca*); pelaagilistes kihtides toituvatest liikidest kormoran (*Phalacrocorax carbo*) ning pinnatoidulistest liikidest hõbekajakas (*Larus argentatus*).

Rahvusvahelist tähtsust (peatub üle 1% rändetee populatsiooni arvukusest) omab uurimisala tervikuna auli jaoks. Rahvusvahelise tähtsusega peatumisalade kriteeriumi ületab ka tõmmuvaera arvukushinnang, kuid see on leitud väikese andmehulga põhjal. Auli olulisemad peatumisalad asuvad uurimisala madalamas (alla 50 m sügavusega) osas. Kuigi aditiivne mudel näitab ka uurimisala idaosa potentsiaali auli peatumisalana, asuvad konkreetsed vaatlused peamiselt ala lääneosas (joonis 27, 28).



Joonis 27. Olulisemad auli peatumisalad aditiivse mudeli põhjal. Musta viirutusega on kõige olulisemad kevadised peatumisalad, punase piirjoonega sügiseseid peatumisalad. Halli joonega on kujutatud 50 m sügavusjoon.



Joonis 28. Olulisemad auli ja tõmmuvaera peatumisalad loendustulemuste põhjal. Musta viirutusega on auli kõige olulisemad kevadised peatumisalad, punase piirjoonega auli sügisesed peatumisalad, rohelisega tõmmuvaera kevadised peatumisalad. Halli joonega on kujutatud 50 m sügavusjoon.

## Kirjandus

Auninš, A., Kuresoo, A., Luigujõe, L. 2012. Gulf of Riga as a resource for wind energy – GORWIND. Project results: Distribution and numbers of the birds in the Gulf of Riga.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall, London.

Durinck, J. 2005. Methods for designation of MPAs. Training course in Riga November 21-25 2005.

Eesti Ornitoloogiaühing 2019. Lindude peatumisalade analüüs. [Lindude peatumisalad.pdf \(hendrikson.ee\)](#)

Heath, M. F., Evans, M. I. (eds). 2000. Important Bird Areas in Europe: Priority sites for conservation.

Heinänen, S., Žydelis, R., Dorsch, M., Nehls, G., Skov, H. 2017. High-resolution sea duck distribution modeling: Relating aerial and ship survey data to food resources, anthropogenic pressures, and topographic variables. The Condor 119: 175-190. <https://academic.oup.com/condor/article/119/2/175/5152971>

Luigujõe, L., Auninš, A. 2016. Talvituvate veelindude rahvusvaheline lennuloendus. <http://infoleht.keskkonnainfo.ee/GetFile.aspx?id=1537322148>

Martin, G. ja Kotta, J. 2012. Ruumilise planeerimise jaoks bioloogiliste andmekihtide ettevalmistamine Hiiu maakonna merealal. [RUUMILISE PLANEERIMINE JAOKS BIOLOOGILISTE ANDMEKIHTIDE ETTEVALMISTAMINE HIIU MAAKONNA MEREALAL \(siseministeerium.ee\)](#)

Miller, D. L., Burt, M. L., Rexstad, E. A., Thomas, L. 2013. Spatial models for distance sampling data: recent developments and future directions. Methods in Ecology and Evolution

2013 (4): 1001–1010. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.12105>

Miller, D. L., Rexstad, E., Burt, L., Bravington, M. V., Hedley, S. 2019. Package ‘dsm’. Density Surface Modelling of Distance Sampling Data. <http://github.com/DistanceDevelopment/dsm>

Miller, D. L. 2017. Package ‘Distance’. Distance Sampling Detection Function and Abundance Estimation. R package version 0.9.7. <http://github.com/DistanceDevelopment/Distance/>

Skov et.al. 2011. Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea.

Thomas, L., Buckland, S. T., Burnham, K. P., Anderson, D. R., Laake, J. L., Borchers, D. L., Strindberg, S. 2002. Distance sampling. In: El-Shaarawi, H., Piegorsch, W. W. (Eds.): Encyclopedia of Environmetrics, Vol. 1, pp. 544 – 552.

Wetlands International (2020). Waterbird Population Estimates . Retrieved from [wpe.wetlands.org](http://wpe.wetlands.org) on Thursday 10 Dec 2020.

# Lisa. Avastatavuse ja asustustiheduse mudelid

## Aul (*Clangula hyemalis*) kevad

### Avastatavuse mudel

Summary for distance analysis

Number of observations : 48

Distance range : 0 - 300

Model : Half-normal key function with cosine adjustment term of order 2

Strict monotonicity constraints were enforced.

AIC : 135.6363

Detection function parameters

Scale coefficient(s):

estimate se

(Intercept) 5.042455 0.150523

Adjustment term coefficient(s):

estimate se

cos, order 2 0.3806091 0.2334259

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4414378	0.08363589	0.1894624
N in covered region	108.7355861	23.70653536	0.2180200

### Summary for clusters

Summary statistics:

Region	Area Covered	Area	Effort	n	k	ER	se.ER
1 Alla50	394995155	33868500	56447.5	40	22	0.0007086231	0.0001667920
2 Yle50	528499625	31957500	53262.5	7	23	0.0001314245	0.0001045963
3 Total	923494780	65826000	109710.0	47	45	0.0004284022	0.0001311465

cv.ER

1	0.2353747
2	0.7958658
3	0.3061294

Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	1056.7841	319.3119	0.3021544	583.26272	1914.733	47.85706
2 Yle50	262.2409	214.5410	0.8181065	59.95252	1147.079	24.52654
3 Total	1319.0250	409.7363	0.3106357	720.98417	2413.128	79.77020

Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	2.675436e-06	8.083946e-07	0.3021544	1.476633e-06	4.847486e-06	47.85706
2 Yle50	4.961988e-07	4.059435e-07	0.8181065	1.134391e-07	2.170444e-06	24.52654
3 Total	1.428297e-06	4.436801e-07	0.3106357	7.807128e-07	2.613039e-06	79.77020

Summary for individuals

Summary statistics:

Region	Area Covered	Area	Effort	n	ER	se.ER	cv.ER
1 Alla50	394995155	33868500	56447.5	1339	0.023721157	0.008097879	0.3413779
2 Yle50	528499625	31957500	53262.5	134	0.002515841	0.002374177	0.9436910
3 Total	923494780	65826000	109710.0	1473	0.013426306	0.005223620	0.3890586
	mean.size	se.mean					
1	33.47500	6.212166					
2	19.14286	6.025456					
3	31.34043	5.396000					

Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	35375.85	13811.760	0.3904291	16459.630	76031.51	34.43754
2 Yle50	5020.04	4831.899	0.9625221	943.121	26720.64	23.79079
3 Total	40395.89	15061.918	0.3728577	19543.449	83497.42	46.35143

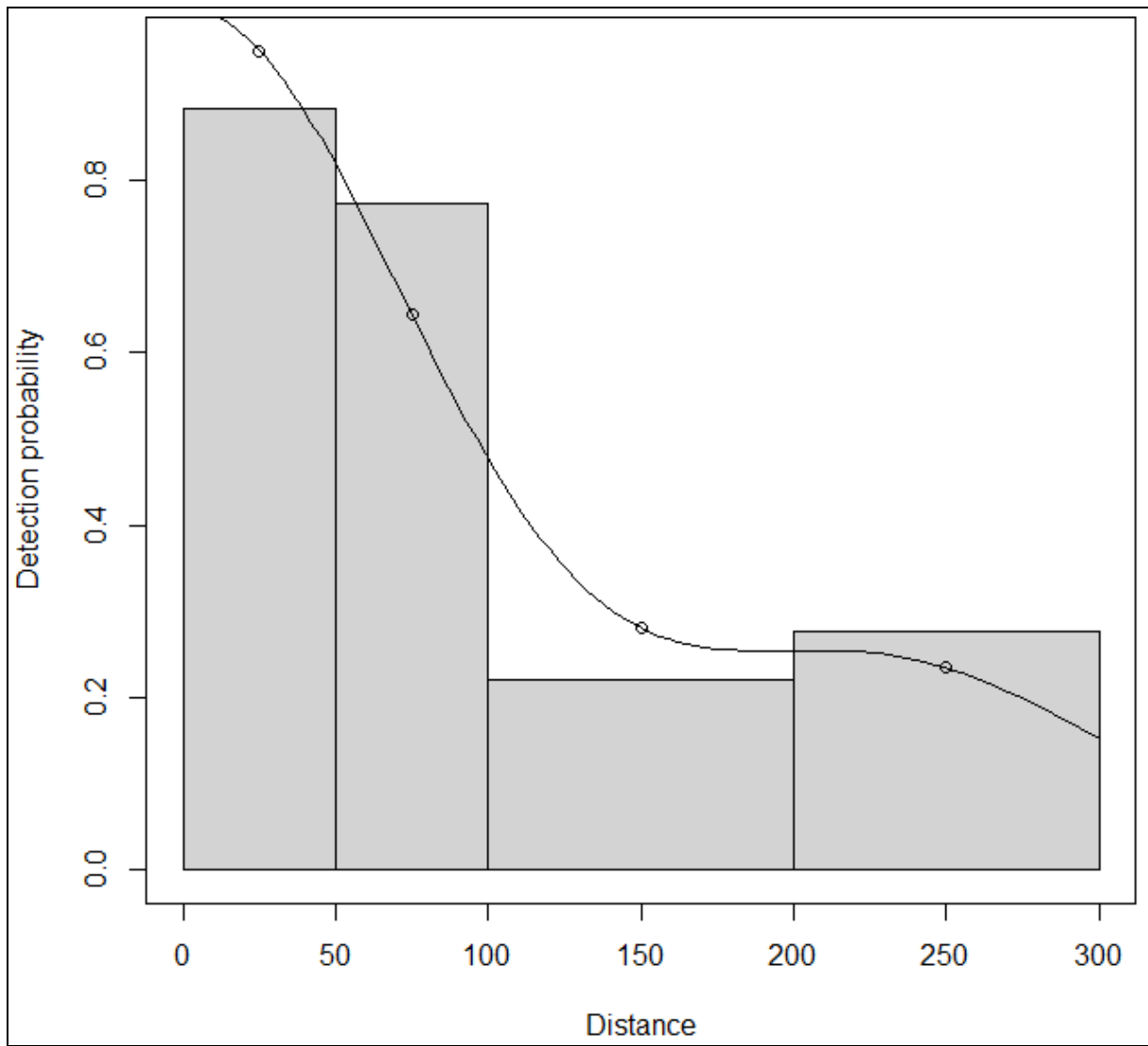
Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	8.956020e-05	3.496691e-05	0.3904291	4.167046e-05	1.924872e-04	34.43754
2 Yle50	9.498663e-06	9.142672e-06	0.9625221	1.784525e-06	5.055943e-05	23.79079
3 Total	4.374241e-05	1.630970e-05	0.3728577	2.116249e-05	9.041461e-05	46.35143

Expected cluster size

Region	Expected.S	se.Expected.S	cv.Expected.S
1 Alla50	33.47500	8.036265	0.2400677
2 Yle50	19.14286	5.223297	0.2728588
3 Total	30.62557	6.689569	0.2184309





## Asustustiheduse mudel

Family: quasipoisson

Link function: log

Formula:

$N \sim s(X, Y) + s(\text{Hoovused.orb}, k = 3) + s(\text{Sygavus}, k = 3) + s(\text{Kalle}, k = 3) + s(\text{Pehmedsetted}, k = 3) + s(\text{Lainetus.pind}, k = 3) + s(\text{Lainetus.Bekkby}, k = 3) + s(\text{Klorofyll}, k = 3) + s(\text{HoovusC}, k = 3) + s(\text{Mytilus}, k = 3) + s(\text{TRAALPYK}, k = 3) + s(\text{LAEVAD}, k = 3) + \text{offset}(\text{off.set})$

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-898.2	254.2	-3.533	0.000463	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

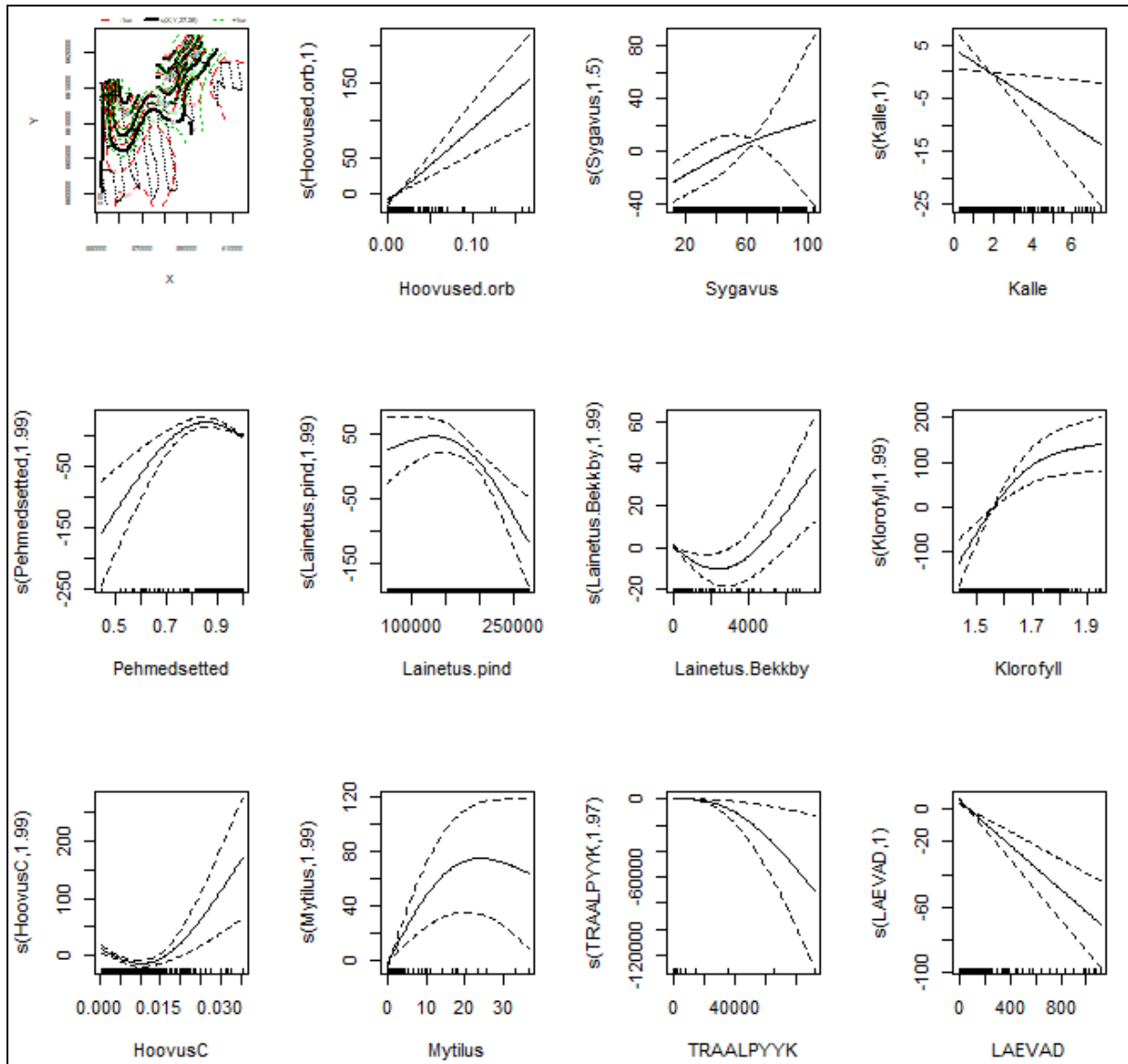
	edf	Ref.df	F	p-value	
s(X,Y)	27.281	28.024	5.063	1.09e-14	***
s(Hoovused.orb)	1.000	1.000	26.554	4.10e-07	***
s(Sygavus)	1.497	1.717	12.198	0.000857	***
s(Kalle)	1.000	1.000	5.535	0.019159	*
s(Pehmedsetted)	1.992	1.998	13.852	1.59e-06	***
s(Lainetus.pind)	1.988	1.996	7.467	0.000506	***
s(Lainetus.Bekkby)	1.992	1.999	11.135	1.71e-05	***
s(Klorofyll)	1.988	1.998	11.849	1.00e-05	***
s(HoovusC)	1.988	1.998	10.248	6.48e-05	***
s(Mytilus)	1.985	1.998	8.438	0.000289	***
s(TRAALPYK)	1.967	1.994	4.889	0.006426	**
s(LAEVAD)	1.000	1.000	28.348	1.73e-07	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.995 Deviance explained = 95.2%

-REML = 431.45 Scale est. = 7.3223 n = 417



## Aul (*Clangula hyemalis*) sügis

### Avastatavuse mudel

Summary for distance analysis

Number of observations : 40

Distance range : 0 - 300

Model : Uniform key function with cosine adjustment term of order 1

Strict monotonicity constraints were enforced.

AIC : 113.2282

Detection function parameters

Scale coefficient(s):

NULL

Adjustment term coefficient(s):

estimate se

cos, order 1 0.09937732 0.2080215

	Estimate	SE	CV
Average p	0.9096058	0.1721134	0.1892176
N in covered region	43.9750927	8.5794445	0.1950978

### Summary for clusters

#### Summary statistics:

Region	Area	CoveredArea	Effort	n	k	ER	se.ER
1 Alla50	394995155	34238400	57064.0	39	22	6.834432e-04	1.942776e-04
2 Yle50	528499625	32052300	53420.5	1	23	1.871941e-05	1.897676e-05
3 Total	923494780	66290700	110484.5	40	45	3.620417e-04	1.161577e-04

cv.ER

1	0.2842630
2	1.0137482
3	0.3208406

#### Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	494.64052	168.90997	0.3414802	252.744005	968.0516	39.55111
2 Yle50	18.12726	18.69385	1.0312559	3.123631	105.1973	23.54349
3 Total	512.76778	171.81995	0.3350834	265.436152	990.5614	41.71978

#### Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	1.252270e-06	4.276254e-07	0.3414802	6.398661e-07	2.450794e-06	39.55111
2 Yle50	3.429948e-08	3.537154e-08	1.0312559	5.910376e-09	1.990490e-07	23.54349
3 Total	5.552471e-07	1.860541e-07	0.3350834	2.874257e-07	1.072623e-06	41.71978

## Summary for individuals

### Summary statistics:

Region	Area	CoveredArea	Effort	n	ER	se.ER	cv.ER
1 Alla50	394995155	34238400	57064.0	343	6.010795e-03	2.482358e-03	0.4129833
2 Yle50	528499625	32052300	53420.5	1	1.871941e-05	1.897676e-05	1.0137482
3 Total	923494780	66290700	110484.5	344	3.113559e-03	1.387353e-03	0.4455842

	mean.size	se.mean
1	8.794872	3.432240
2	1.000000	0.000000
3	8.600000	3.351004

### Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	4350.29992	1976.19777	0.4542670	1796.249150	10535.9045	30.02958
2 Yle50	18.12726	18.69385	1.0312559	3.123631	105.1973	23.54349
3 Total	4368.42719	1977.71432	0.4527291	1808.846497	10549.9036	30.11016

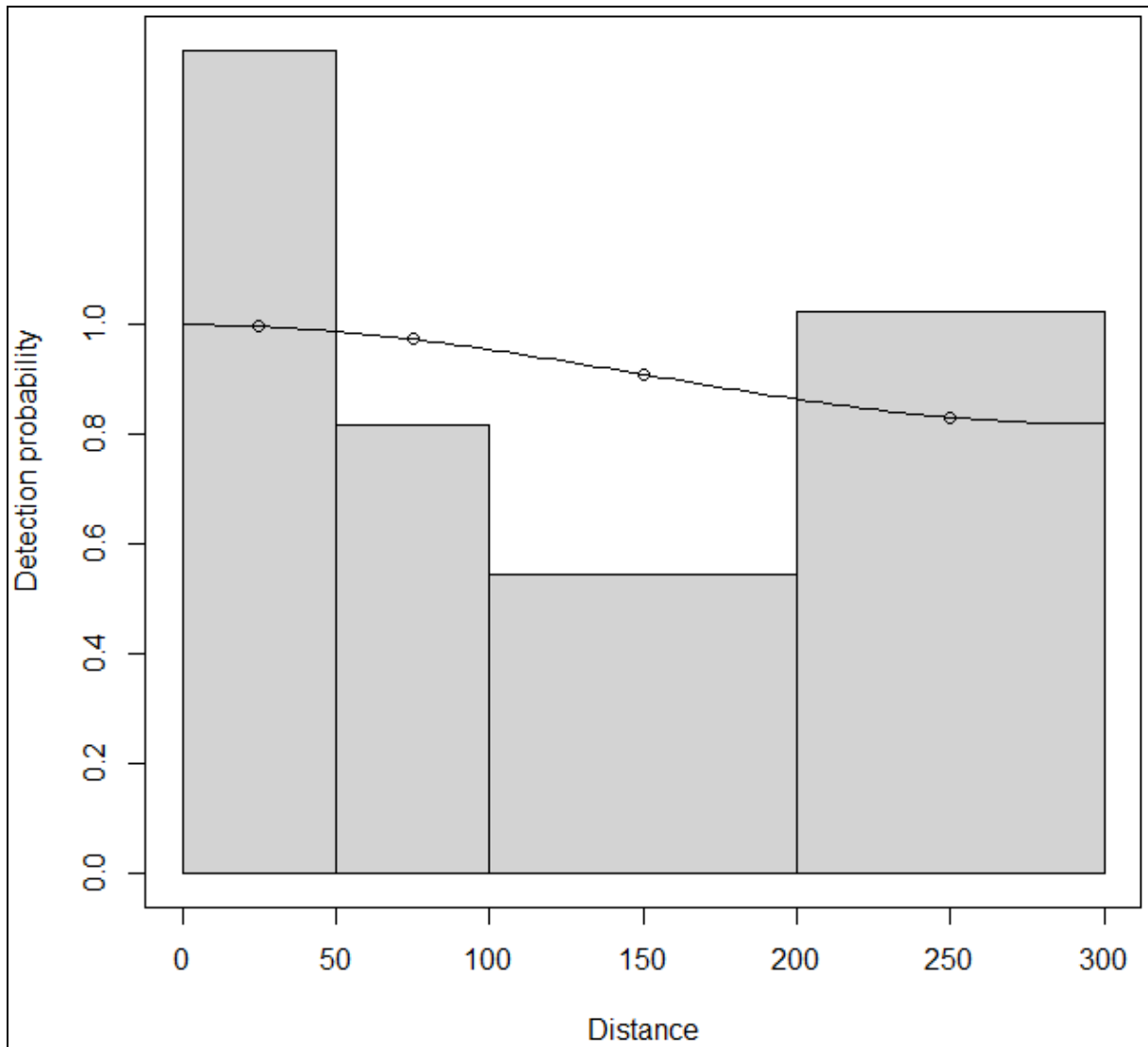
### Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	1.101355e-05	5.003094e-06	0.4542670	4.547522e-06	2.667350e-05	30.02958
2 Yle50	3.429948e-08	3.537154e-08	1.0312559	5.910376e-09	1.990490e-07	23.54349
3 Total	4.730321e-06	2.141554e-06	0.4527291	1.958697e-06	1.142389e-05	30.11016

### Expected cluster size

Region	Expected.S	se.Expected.S	cv.Expected.S
1 Alla50	8.794872	2.809712e+00	3.194716e-01
2 Yle50	1.000000	2.107342e-08	2.107342e-08
3 Total	8.519309	2.719695e+00	3.192389e-01

>



## Asustustiheduse mudel

Family: quasipoisson

Link function: log

Formula:

$N \sim s(X, Y) + s(Kd, k = 3) + s(Soolsus, k = 3) + s(Sygavus, k = 3) + s(Kalle, k = 3) + s(Pehmedsetted, k = 3) + s(Lainetus.Bekkby, k = 3) + s(Klorofyll, k = 3) + s(Mytilus, k = 3) + s(LAEVAD, k = 3) + \text{offset}(\text{off.set})$

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-133.27	18.99	-7.02	9.88e-12 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

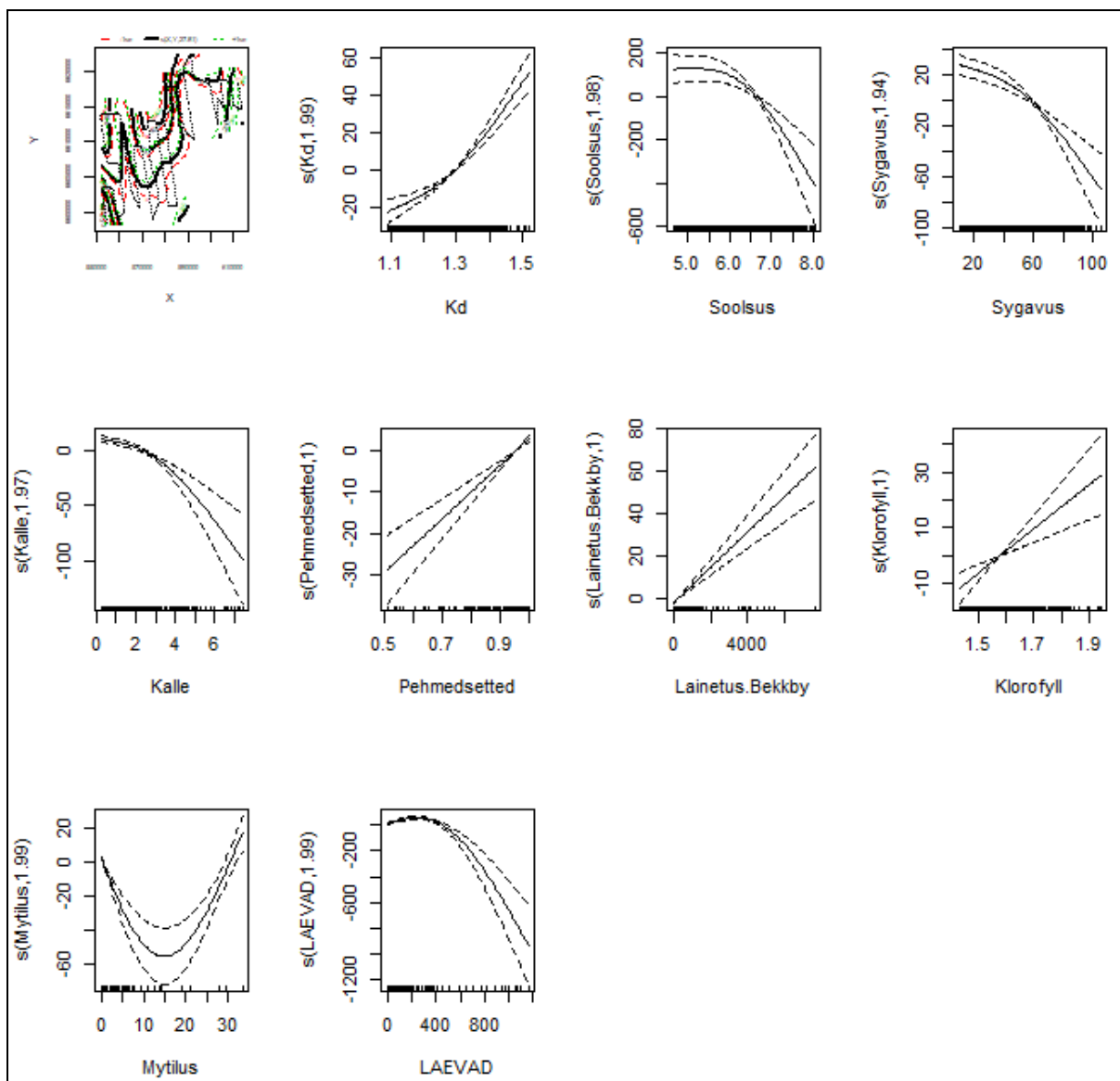
	edf	Ref.df	F	p-value
s(X,Y)	27.809	28.575	11.24	< 2e-16 ***
s(Kd)	1.992	1.999	58.23	< 2e-16 ***
s(Soolsus)	1.977	1.996	10.07	4.84e-05 ***
s(Sygavus)	1.939	1.990	34.28	3.68e-13 ***
s(Kalle)	1.973	1.998	23.96	3.64e-10 ***
s(Pehmedsetted)	1.000	1.000	47.34	2.17e-11 ***
s(Lainetus.Bekkby)	1.000	1.000	63.96	1.13e-14 ***
s(Klorofyll)	1.000	1.000	16.38	6.23e-05 ***
s(Mytilus)	1.990	1.999	22.46	5.52e-10 ***
s(LAEVAD)	1.992	1.999	36.53	1.38e-15 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.935 Deviance explained = 89.6%

-REML = 268.44 Scale est. = 1.3128 n = 435





## Hõbekajakas (*Larus argentatus*) suvi

### Avastatavuse mudel

Summary for distance analysis

Number of observations : 74

Distance range : 0 - 300

Model : Uniform key function with cosine adjustment term of order 1

Strict monotonicity constraints were enforced.

AIC : 204.5266

Detection function parameters

Scale coefficient(s):

NULL

Adjustment term coefficient(s):

	estimate	se
cos, order 1	0.209648	0.1613784

	Estimate	SE	CV
Average p	0.8266868	0.1102878	0.1334094
N in covered region	89.5139504	12.7034572	0.1419159

Summary for clusters

Summary statistics:

Region	Area Covered	Area	Effort	n	k	ER	se.ER
1 Alla50	394995155	33746700	56244.5	37	20	0.0006578421	0.0004393339
2 Yle50	528499625	32151000	53585.0	37	21	0.0006904917	0.0002076384
3 Total	923494780	65897700	109829.5	74	41	0.0006737716	0.0002437684

cv.ER

1	0.6678409
2	0.3007109
3	0.3617968

Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	523.8672	356.7722	0.6810356	144.8590	1894.510	20.53813
2 Yle50	735.7172	242.0332	0.3289759	381.6740	1418.173	28.34682
3 Total	1259.5844	446.7504	0.3546808	629.2263	2521.434	43.33377

Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	1.326262e-06	9.032319e-07	0.6810356	3.667362e-07	4.796286e-06	20.53813
2 Yle50	1.392087e-06	4.579629e-07	0.3289759	7.221841e-07	2.683395e-06	28.34682
3 Total	1.363932e-06	4.837606e-07	0.3546808	6.813534e-07	2.730318e-06	43.33377

## Summary for individuals

### Summary statistics:

Region	Area	CoveredArea	Effort	n	ER	se.ER	cv.ER
1 Alla50	394995155	33746700	56244.5	67	0.001191228	0.0008354727	0.7013544
2 Yle50	528499625	32151000	53585.0	90	0.001679575	0.0010386433	0.6183967
3 Total	923494780	65897700	109829.5	157	0.001429488	0.0006587060	0.4607984

	mean.size	se.mean
1	1.810811	0.1969659
2	2.432432	0.5832246
3	2.121622	0.3078347

### Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	948.6243	677.2514	0.7139300	249.1092	3612.425	20.39286
2 Yle50	1789.5824	1132.1319	0.6326235	537.0797	5962.999	21.89198
3 Total	2738.2068	1341.9470	0.4900824	1070.3569	7004.931	37.90543

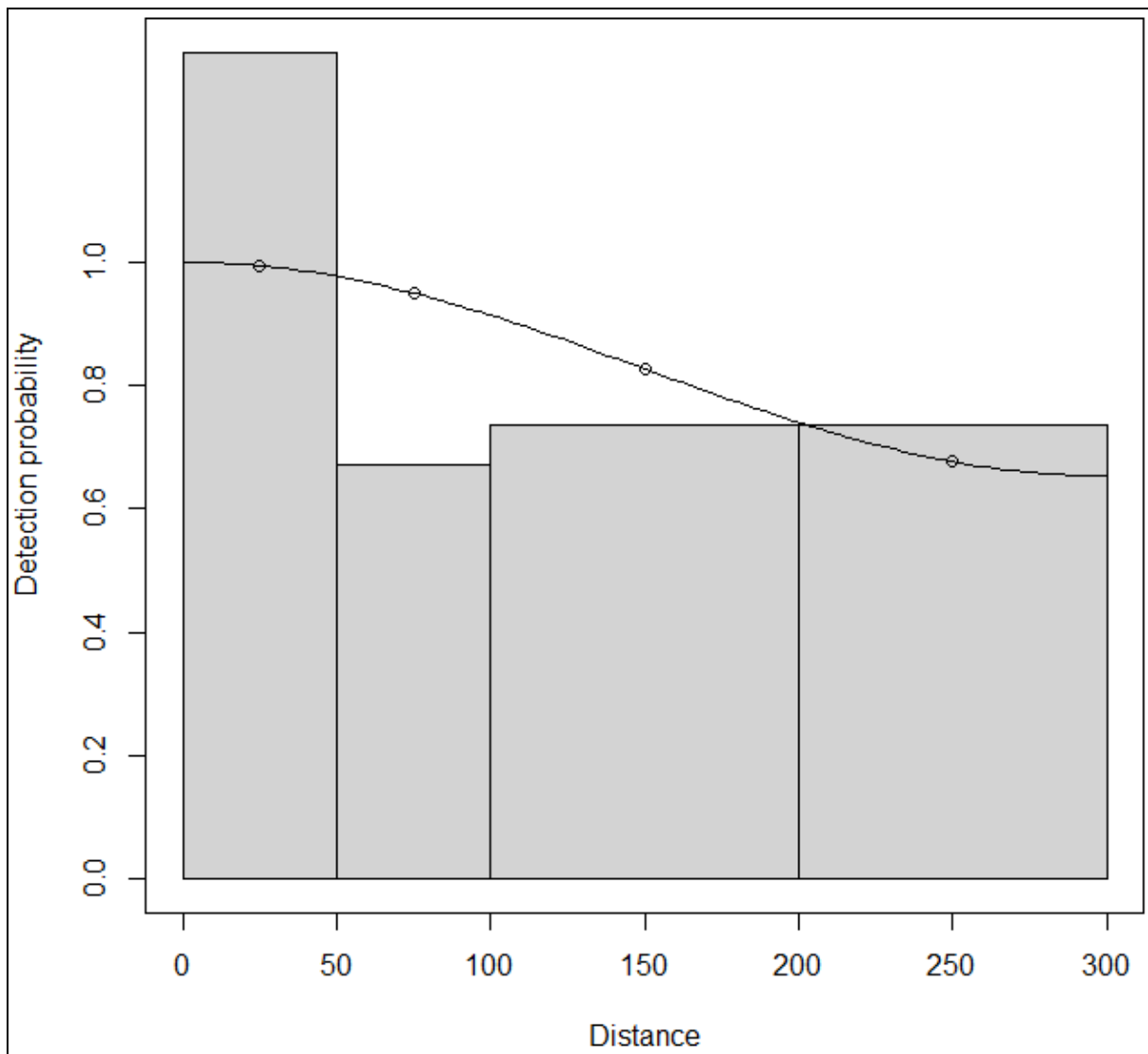
### Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	2.401610e-06	1.714582e-06	0.7139300	6.306638e-07	9.145492e-06	20.39286
2 Yle50	3.386157e-06	2.142162e-06	0.6326235	1.016235e-06	1.128288e-05	21.89198
3 Total	2.965048e-06	1.453118e-06	0.4900824	1.159029e-06	7.585242e-06	37.90543

### Expected cluster size

Region	Expected.S	se.Expected.S	cv.Expected.S
1 Alla50	1.810811	0.08761677	0.04838538
2 Yle50	2.432432	0.88583706	0.36417746
3 Total	2.173897	0.55723953	0.25633207

>



## Asustustiheduse mudel

Family: quasipoisson

Link function: log

Formula:

$N \sim s(X, Y) + s(Kd, k = 3) + s(Kalle, k = 3) + s(Lainetus.Bekkby, k = 3) + s(HoovusC, k = 3)$   
+ offset(off.set)

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-21.969	2.789	-7.878	3.5e-14 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

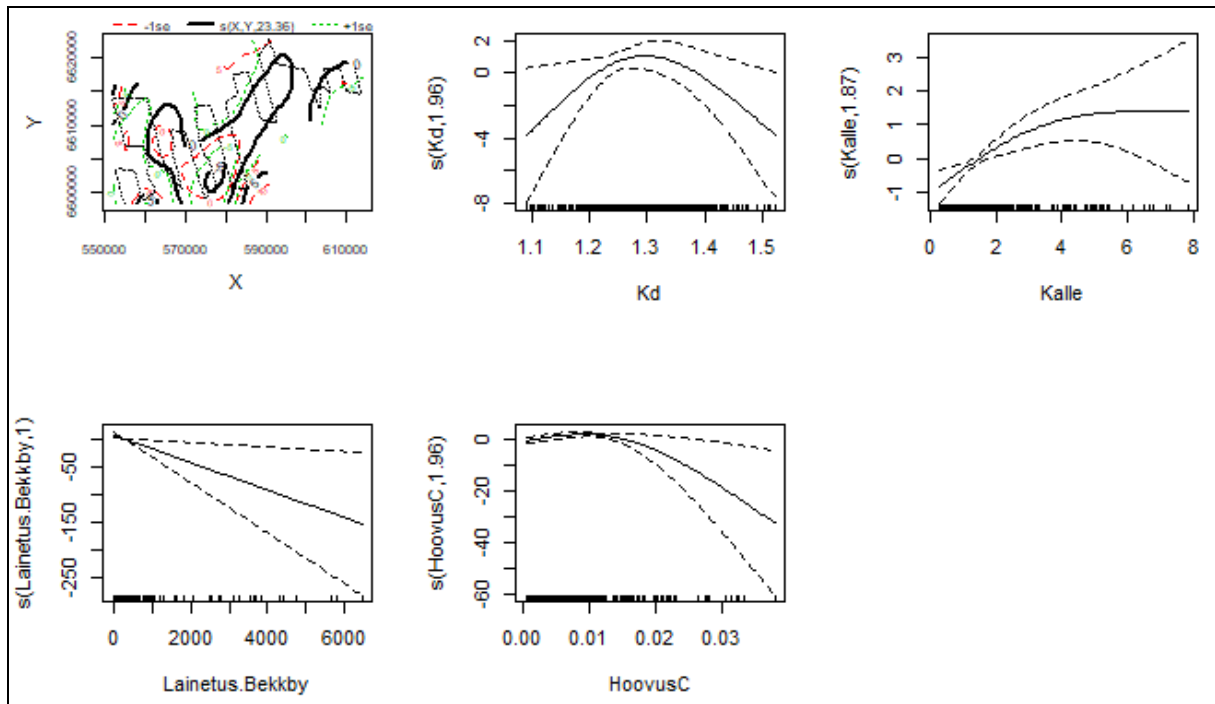
	edf	Ref.df	F	p-value
s(X,Y)	23.359	26.448	6.088	< 2e-16 ***
s(Kd)	1.956	1.994	4.360	0.0171 *
s(Kalle)	1.872	1.982	6.234	0.0022 **
s(Lainetus.Bekkby)	1.000	1.000	5.715	0.0173 *
s(HoovusC)	1.959	1.994	10.623	2.68e-05 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.766 Deviance explained = 76.4%

-REML = 134.24 Scale est. = 1.4337 n = 413



## Hõbekajakas (*Larus argentatus*) sügis

### Avastatavuse mudel

Summary for distance analysis

Number of observations : 45

Distance range : 0 - 300

Model : Uniform key function with cosine adjustment term of order 1

Strict monotonicity constraints were enforced.

AIC : 127.59

Detection function parameters

Scale coefficient(s):

NULL

Adjustment term coefficient(s):

estimate se

cos, order 1 0.3242572 0.2032273

	Estimate	SE	CV
Average p	0.7551403	0.1158877	0.1534651
N in covered region	59.5915737	10.1468316	0.1702729

Summary for clusters

Summary statistics:

Region	Area	CoveredArea	Effort	n	k	ER	se.ER
1 Alla50	394995155	34238400	57064.0	30	22	0.0005257255	0.0002411209
2 Yle50	528499625	32052300	53420.5	15	23	0.0002807911	0.0001191525
3 Total	923494780	66290700	110484.5	45	45	0.0004072970	0.0001385134

cv.ER

1	0.4586441
2	0.4243456
3	0.3400795

Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	458.3233	221.6627	0.4836383	178.5490	1176.4850	25.81119
2 Yle50	327.5285	147.7951	0.4512435	135.5815	791.2207	27.89260
3 Total	785.8518	279.3717	0.3555018	393.4111	1569.7648	53.08795

Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	1.160326e-06	5.611782e-07	0.4836383	4.520283e-07	2.978480e-06	25.81119
2 Yle50	6.197327e-07	2.796504e-07	0.4512435	2.565404e-07	1.497107e-06	27.89260

3 Total 8.509542e-07 3.025158e-07 0.3555018 4.260026e-07 1.699809e-06 53.08795

### Summary for individuals

#### Summary statistics:

Region	Area Covered	Area	Effort	n	ER	se.ER	cv.ER
1 Alla50	394995155	34238400	57064.0	53	0.0009287817	0.0003723258	0.4008754
2 Yle50	528499625	32052300	53420.5	30	0.0005615822	0.0002580960	0.4595873
3 Total	923494780	66290700	110484.5	83	0.0007512366	0.0002304735	0.3067922

	mean.size	se.mean
1	1.766667	0.2655869
2	2.000000	0.3903600
3	1.844444	0.2177840

#### Abundance:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	809.7044	347.5629	0.4292466	348.4036	1881.787	27.32623
2 Yle50	655.0570	317.3966	0.4845328	255.3135	1680.678	27.01170
3 Total	1464.7614	496.5120	0.3389712	757.8330	2831.133	63.30512

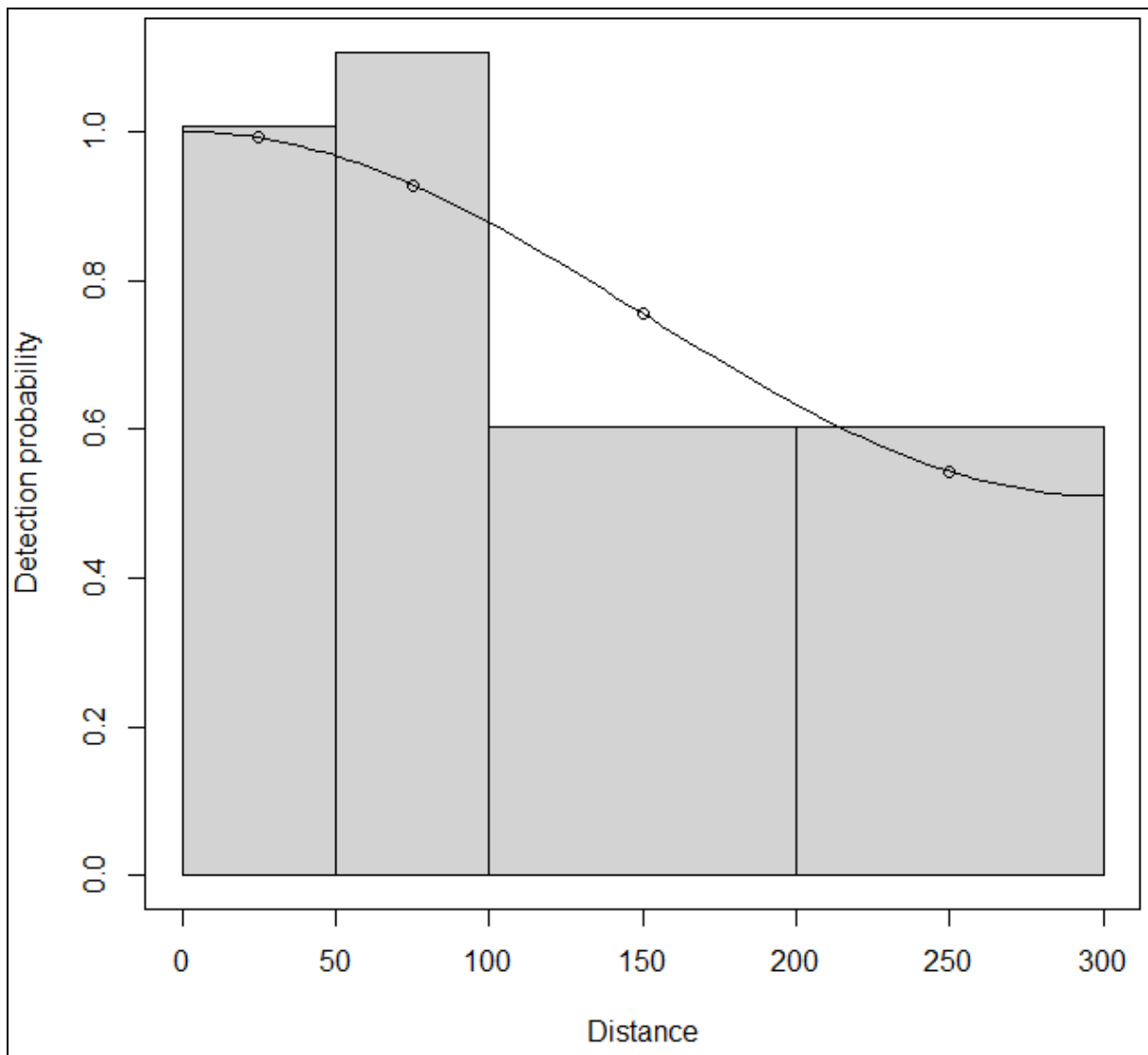
#### Density:

Label	Estimate	se	cv	lcl	ucl	df
1 Alla50	2.049910e-06	8.799168e-07	0.4292466	8.820453e-07	4.764075e-06	27.32623
2 Yle50	1.239465e-06	6.005617e-07	0.4845328	4.830911e-07	3.180092e-06	27.01170
3 Total	1.586107e-06	5.376446e-07	0.3389712	8.206143e-07	3.065673e-06	63.30512

#### Expected cluster size

Region	Expected.S	se.Expected.S	cv.Expected.S
1 Alla50	1.766667	0.2124513	0.1202555
2 Yle50	2.000000	0.3606952	0.1803476
3 Total	1.863916	0.2070985	0.1111094

>





## Asustustiheduse mudel

Family: quasipoisson

Link function: log

Formula:

$N \sim s(X, Y) + s(\text{Soolsus}, k = 3) + s(\text{Kalle}, k = 3) + s(\text{Pehmedsetted}, k = 3) + s(\text{Lainetus.pind}, k = 3) + s(\text{Lainetus.Bekkby}, k = 3) + s(\text{HoovusC}, k = 3) + s(\text{TRAALPYYK}, k = 3) + \text{offset}(\text{off.set})$

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-37.19	9.02	-4.123	4.56e-05 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(X,Y)	28.452	28.889	2.136	0.000722 ***
s(Soolsus)	1.989	1.997	11.957	1.53e-05 ***
s(Kalle)	1.881	1.985	3.741	0.028023 *
s(Pehmedsetted)	1.000	1.000	10.949	0.001021 **
s(Lainetus.pind)	1.969	1.997	6.933	0.001383 **
s(Lainetus.Bekkby)	1.000	1.000	11.927	0.000613 ***
s(HoovusC)	1.976	1.998	4.747	0.009433 **
s(TRAALPYYK)	1.871	1.981	3.772	0.033222 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.602 Deviance explained = 72.3%

-REML = 90.45 Scale est. = 1.2356 n = 435

