

Talvitavate veelindudel rahvusvaheline lennuloendus Eesti rannikumerel 2021

Leho Luigujõe & Ainārs Auniņš



Aulid Apollo madalal (29500 isendit 12.02.2021) Foto: Triin Kaasiku

Tartu - Riga
2021

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Avamerel koonduvate veelindude levik ja seisund Eesti territoriaalmeres	6
2. Uuringu vajadus ning lähteülesanne	10
3. Uuringute planeerimine ja läbiviimine.....	10
4. Loendusmetoodika.....	16
4.1. Distantsoendus (distance sampling)	20
4.2. Tiheduspindade modelleerimine (density surface modeling)	22
5. Tulemused	23
5.1. Luiged.....	25
5.2. Kirjuhakk.....	27
5.3. Vaerad	27
5.3.1. Mustvaeras	28
5.3.2. Tõmmuvaeras.....	28
5.4. Aul	30
5.5. Sõtkas.....	30
5.6. Kosklad	31
5.7. Kaurid	32
5.8. Kajakad.....	34
5.8.1. Hõbekajakas.....	34
5.8.2. Kalakajakas	34
5.8.3. Väikekajakas	34
5.8.4. Naerukajakas.....	37
6. Merelindude arvukus kaitstavatel aladel	38
7. Mudeli väljund.....	43
Long tailed Duck <i>Clangula hyemalis</i>	43
<i>Detection model</i>	43
<i>Density surface model</i>	43
Velvet Scoter <i>Melanitta fusca</i>	45
<i>Detection model</i>	45
<i>Density surface model</i>	45
Black Scoter <i>Melanitta nigra</i>	48
<i>Detection model</i>	48

<i>Density surface model</i>	48
Scoters <i>Melanitta sp.</i>	50
<i>Detection model</i>	50
<i>Density surface model</i>	50
Goldeneye <i>Bucephala clangula</i>	53
<i>Detection model</i>	53
<i>Density surface model</i>	53
Goosander <i>Mergus merganser</i>	55
<i>Detection model</i>	55
<i>Density surface model</i>	55
Swans <i>Cygnus sp.</i>	57
<i>Detection model</i>	57
<i>Density surface model</i>	58
Mute Swan <i>Cygnus olor</i>	60
<i>Detection model</i>	60
<i>Density surface model</i>	60
Red-throated Diver <i>Gavia stellata</i>	62
<i>Detection model</i>	62
<i>Density surface model</i>	62
Little Gull <i>Hydrocoloeus minutus</i>	64
<i>Detection model</i>	64
<i>Density surface model</i>	64
Black-headed Gull <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	66
<i>Detection model</i>	66
<i>Density surface model</i>	66
Common Gull <i>Larus canus</i>	69
<i>Detection model</i>	69
<i>Density surface model</i>	69
Herring Gull <i>Larus argentatus</i>	72
<i>Detection model</i>	72
<i>Density surface model</i>	72
Common Gull <i>Larus canus</i> un Herrong Gull <i>Larus argentatus</i> pooled.....	75
<i>Detection model</i>	75
<i>Density surface model</i>	75
Greater Black-backed gulls (<i>Larus marinus</i>).....	77

<i>Detection model</i>	77
<i>Density surface model</i>	77
7.Kirjandus.....	79

Sissejuhatus

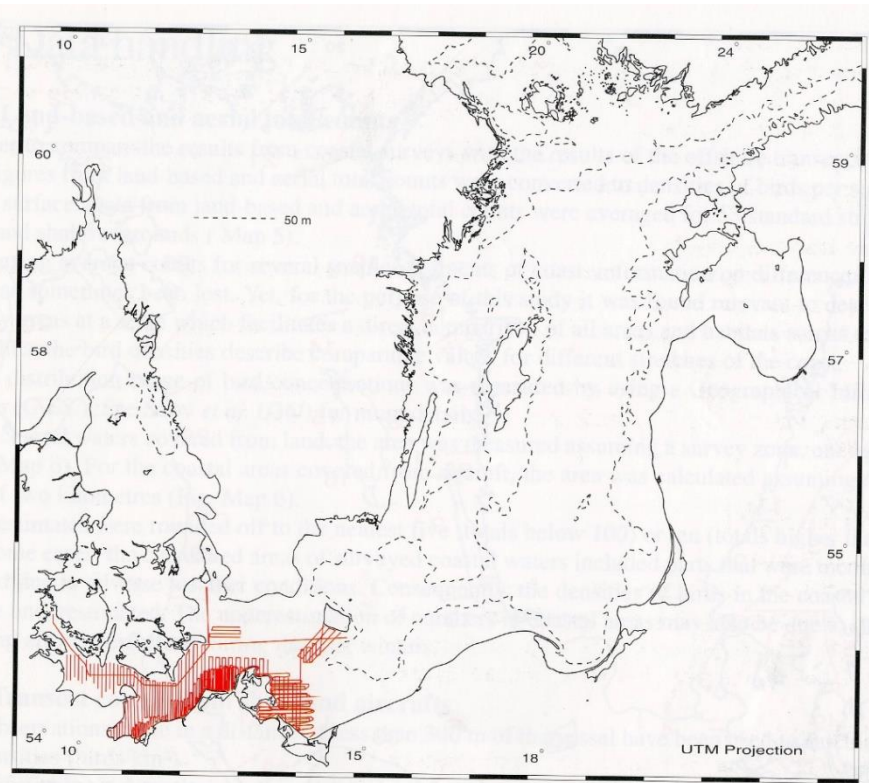
Enamus Kirde-Euroopas sh Eesti merealal esinevatest linnuliikidest on rändelised, seetõttu mõjutavad liikide levikut ja arvukust oluliselt tingimused väljaspool Eestit. Arvukuse muutuste põhjuseks võivad olla liikide pesitsemistingimused Siberi tundraaladel, mõjud rändepeatuspaikades või talvitusaaladel Lääne- Euroopas või Aafrikas. Eestis talvel koonduvate liikide arvukust mõjutab talvine kliima – alates 1990.a. on sagenenud nn pehmed talved, mistõttu üha enam linde jääb Eesti vetesse talvituma, selle asemel, et rännata Läänemere lõunaossa või Põhjamerre. Samuti kahandavad lindude talvist arvukust massiline suremus pakase või haiguste tõttu. Looduslikuks „müraks“ on ka merelindudel esinev nii mereliste kui ka maismaa elupaikade rööbiti kasutamine aastatsükli või pesitsusperioodi vältel (Eestis pesitsevatest liikidest n. merikotkas, hallhani, laululuik), mistõttu survetegurite allikat asurkonnale pole alati võimalik tuvastada. Seega on linnuasurkondade puhul tulemuslikum regionaalsete ja globaalsete seisundi ja staatuse hinnangute perioodiline korraldamine. Läänemere piirkonnas on talvituvate merelindude asurkondade seisundi hindamist läbi viidud kolmel korral. Esimesel korral, 1992-1993 viidi läbi Läänemereüleised laeva- ning lennuloendused, mis andsid esmakordselt tervikpildi talvel toimuvast (Durinck *et al.*, 1994). Miinuseks oli see et välitööd kestsid kaks talve (joonis 1). Aastal 2011 ilmus teine Läänemere kokkuvõte, kus kasutati suures osas kesktalvise veelinnuloenduse materjale (Skov *et al.*, 2000, Skov *et al.*, 2011) (joonis 1, 2.). Järgmine koordineerituim loendus Läänemerel viidi läbi 2016.a. Projektist võtsid osa kõik Läänemereäärsed maad, va. Venemaa. Valdavalt kasutati loenduseks lennukeid, laevaloendused toimusid vaid osaliselt Saksamaal ning täies mahus Poolas ja Leedus (joonis 3). Viimane Läänemereülene talvitavate veelindude loendus viidi läbi 2020.a. talvel, kus osalesid kõik Läänemeremaad, välja arvatud Läti ja Eesti. Selle põhjuseks oli lennuloendusteks sobiva ilma puudumine, mistõttu viidi loendused läbi 2021.a. jaanuaris ja veebruaris.

1. Avamerel koonduvate veelindude levik ja seisund Eesti territoriaalmeres

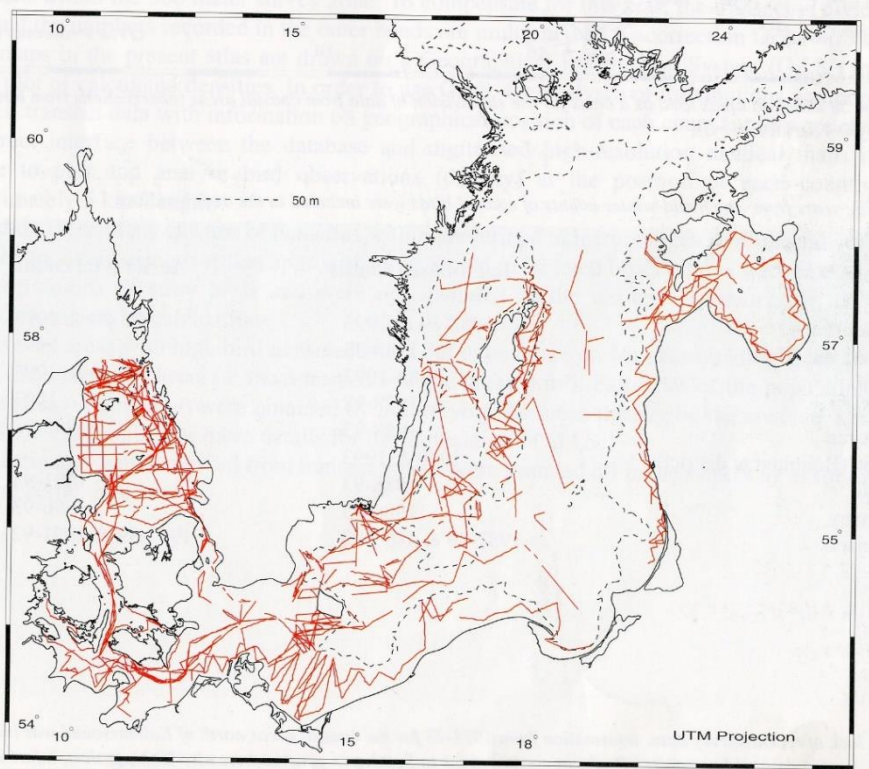
Avamere veelindude vastu on Eestis suuremat tähelepanu hakatud pöörama alles viimasel paaril kümnendil ning seda eriti seoses Eesti Vabariigi Euroopa Liiduga liitumisega ja sellest tulenevalt uute kohustuste tekkimisega avamere alade elustiku kaitsel. Täiendava tõuke merealade elustiku uurimiseks on andnud hoogne tuuleenergeetika ja eriti avamere tuuleparkide kavandamine, reostuskoormuse suurenemine, sadamate planeerimine ja ehitamine jne. Eesti rannikumere tähtsus veelindudele tuleneb eelkõige tema geograafilisest paiknemisest, kuna see jääb vahetult Ida-Atlandi rändeteele, mida kasutavad enamuse arktilisi veelinnuliike teel pesitsusaladelt talvitusaaladele. Eesti rannikumerre jäävad meremadalikud on neile sobivateks rändepeatuskohtadeks, kus täiendatakse rasvavarusi edasiseks rändeks. Samad madalikud on ka tihtipeale tähtsad sulgimis- ja talvitusaalad. Kuna veelindude sukeldumissügavus on piiratud, siis asustavad nad põhiliselt madalaid merealaid ning madalikke, mille sügavus jääb alla 30m. Kalatoidulistel veelindudel pole sügavus niivõrd limiteerivaks faktoriks kui põhjast toitujatel, kuid ka nemad ei levi merealadele, mis on sügavamad kui 50 m.

Eestis on alates 1985.a. läbi viidud mitmeid avamere linnustikuga seotud loendusi, nii lennukitelt kui laevadel. Lennuloendustega seoses võib suurematest projektidest siinkohal ära märkida, projekti „*Wings Over Wetlands*“ (2007-2008), mille käigus kaeti osaliselt Loode-Eesti rannikumeri, „GORWIND“ (2010-2013) kus loendati ja modelleeriti lindude levik ning arvukus Liivi lahes, „MARMONI“ (2010-2015), mille käigus käisid tööd mitmel pool Liivi lahel. Olulist teavet on kogutud ka rakenduslikku laadi projektidega, nagu Väinamere laevateede süvendamisega seotud lennuloendused ning tööd Põhja-Hiiumaa merealal, seoses sinna planeeritava avavamere tuulepargiga. Nende tööde käigus on kogutud väga väärtuslikku materjali, mis on suureks abiks avamerega seotud kaitsealade planeerimiseks. Kahjuks pole need andmed siiski kogutud ühtset metoodikat kasutades ning seetõttu pole need tihtipeale võrreldavad. Kui kümme aastat tagasi kasutati lennuloendusmetoodikana joonloendust, siis viimastel aastatel kasutatakse transektloendusi, mis võimaldab ka modelleerida peatuvate veelindude levikut ning arvukust. Rannikuga seotud liikide puhul, nagu lagled, luiged, ujupardid, on läbi viidud mitmeid üldloendusi lennukilt ning andmed on levikukaarditel esitatud punktandmetena.

Käesoleva sajandi alguseks kogunenud andmed võeti kokku Euroopa Liidu tähtsusega linnualade (Kuus & Kalamees, 2003) ja Natura 2000 võrgustiku linnualade loomise käigus. Selle põhjal on moodustatud Natura võrgustiku linnualad (s.h. neis sisalduv mereosa). Kahjuks olid selleaegsed teadmised avamerelinnustikust üsna napid. Edaspidi on teadmised märkimisväärselt paranenud, kuid uuringuid avamerel peatuvate lindude kohta on tehtud ala- ja projekti põhiselt. Esimene kogu Eesti rannikumerd hõlmav loendus tehti 2016.a. jaanuaris, mis oli osa Läänemereülesest loendusest. Kokkuvõttes on esitatud erinevates projekti aruannetes. Ilmunud on ka kaks väljaannet Läänemere mereliste alade inventuuride kohta. Märkimist väärivad taani ornitoloogide poolt aastatel 1992-1993 läbi viidud laevaloendused, mille tulemused on avaldatud Läänemere tähtsaid talvitumisalasid käsitlevas kokkuvõttes (Durinck et al., 1994). Oluliseks sammuks veelindude ja eelkõige merelindude uurimises Läänemeres on HELCOMi SOWBAS projekti väljundina ilmunud kogumik „*Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea*“ (Skov et al., 2011), mis võtab kokku Läänemere veelindude talviste asurkondade seisundi muutused ja muutuste põhjused perioodil 1992-2009. Kogumikus toodud trendid osundavad väga suurtele talvitavate merelindude arvukuse muutustele viimase 15-20 aasta jooksul. Eriti suur langus on tabanud avamerel talvitavaid arktilisi veelinde – kaure, auli, hahka, must- ja tõmmuvaerast, rannikumere liikidest kirjuhahka. Arvukuse languse olulisim põhjus on nähtavasti napp taastootmine arktilistel pesitsusaladel ning suur reostuskoormus talvitusosaladel ja rändepeatuspaiakades.

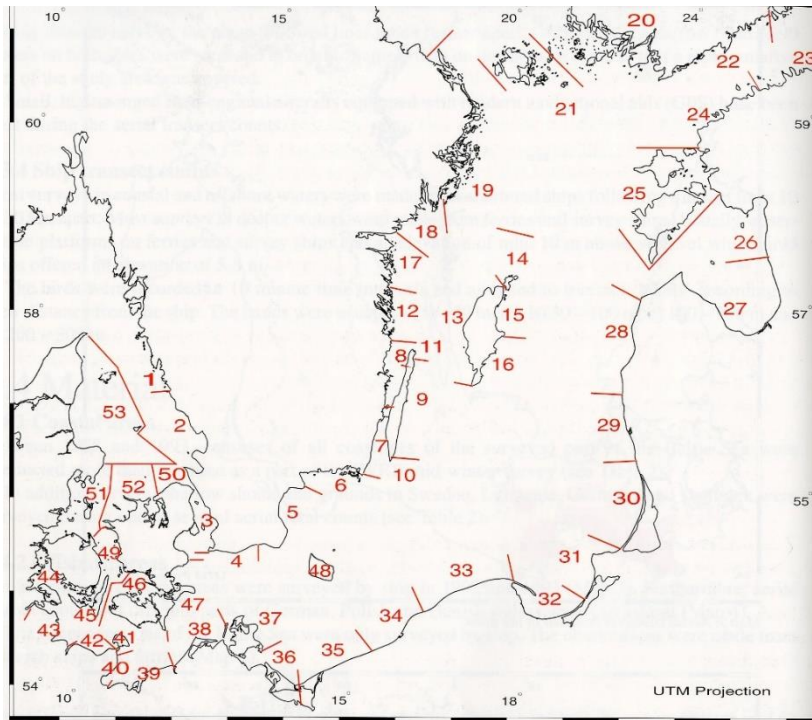


Map 3. Aerial transects included in the atlas.



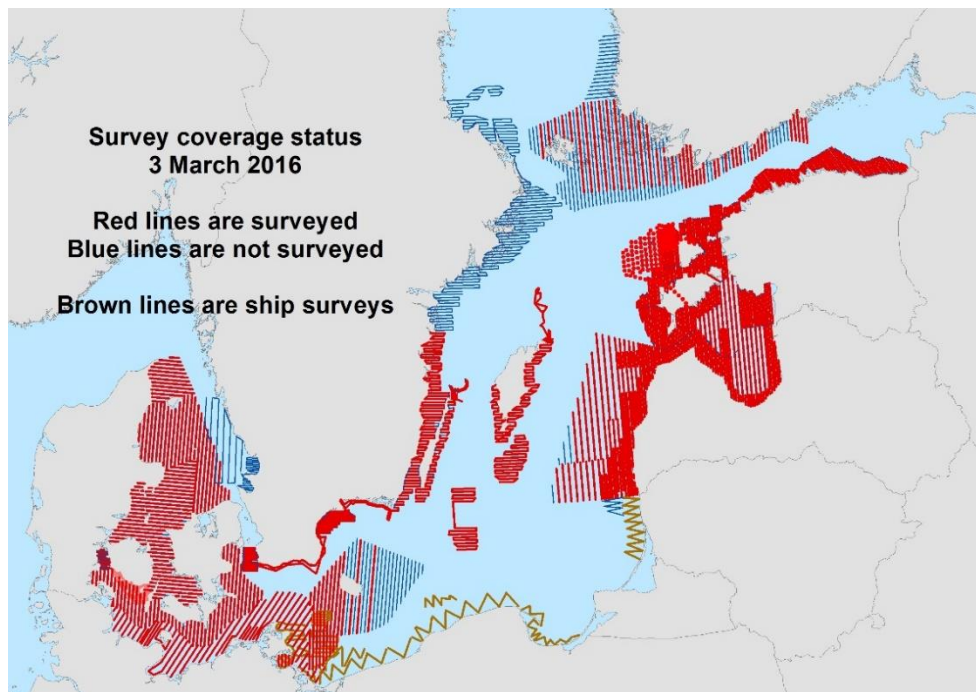
Map 4. Ship-based transects included in the atlas.

Joonis 1. Lennu- ja laevaloendused Läänemeresel 1992-1993.a (Durinck et al., 1994 järgi).



Map 5. The 53 standard areas used as a basis for the subdivision of data from coastal areas (observations from land-based as well as from aerial surveys).

Joonis 2. Rannikuloendused Läänemeresel 1992-1993.a (Durinck et al., 1994 järgi).



Joonis 3. Läänemere loendus- talv 2016. Punased ja sinised transektid loendati lennukilt, pruunid laevalt.

2. Uuringu vajadus ning lähteülesanne

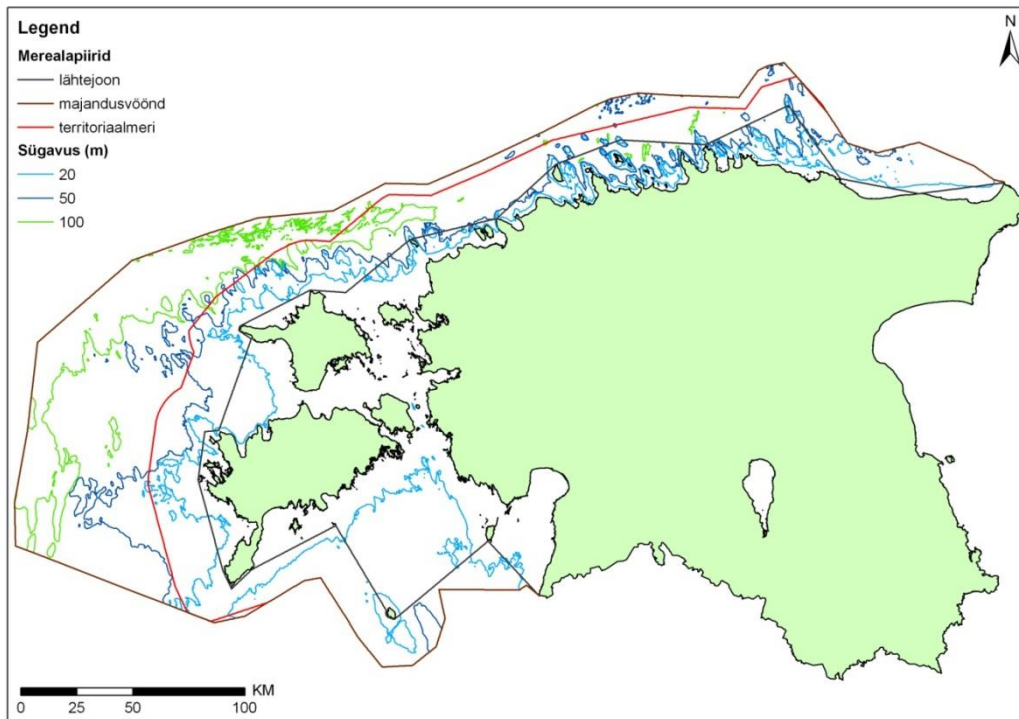
Linde peetakse väga headeks keskkonnaseisundi indikaatoriteks, keda kasutatakse ka merekeskkonna seisundi hindamiseks. Läänemeri on põhiliseks talvitusalaaks paljudele arktilistele veelinnuliikidele, kelle arvukust mõjutavad tugevalt nii kliimamuutused kui ka merekeskkonnale mõjuvad survetegurid. Eesti merealal talvituvate veelindude arvukust, paiknemist ning muutusi nende levikus on vaja meil teada nii Euroopa Liidu linnudirektiivi ja merestrategie raamdirektiivi täitmiseks kui ka HELCOMi, Bonni ning Ramsari konventsioonide aruandluseks.

Käesolev aruanne on koostatud vastavalt Keskkonnainvesteeringute Keskuse (tellija) ja Eesti Maaülikooli (töövõtja) vahelisele sihtfinantseerimise lepingule „Talvituvate veelindude rahvusvaheline lennuloendus“, 20. detsembrist 2019.a. Uuringu lähteülesandeks oli läbi viia täielik talvitavate veelindude loendus lennukilt, Eesti rannikumerel, mis oli osa Läänemereülesest loendusest. Projekti kestvus oli algselt kavandatud september 2019 - november 2020. Sobiva ilma puudumisel pikendati projekti 2021.a. septembrini .

Rahvusvahelist lennuloendust koordineeris HELCOM ehk Läänemere merekeskkonna kaitse komisjon, mis korraldab rahvusvahelist koostööd Läänemere merekeskkonna kaitseks. Eestis rahastati loendust SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt.

3. Uuringute planeerimine ja läbiviimine

Eesti mereosa pindala on 36 261 km², sellest territoriaalmere pindala 24 951 km² ja majandusvööndi pindala 11 310 km² (Joonis 4). Vähemalt 2 km kaugusele rannikust jääva mereala pindala on umbes 33 330 km² (Tabel 1). Sellest veerandi (7 610 km²) moodustavad seniste kogemuste põhjal veelindude peatumiseks kõige sobivamad kuni 20 m sügavused alad. Täielikult nimetatud sügavusvahemikku jääb Väinameri, kõige väiksem on sellise sügavusega alade pindala Soome lahes.



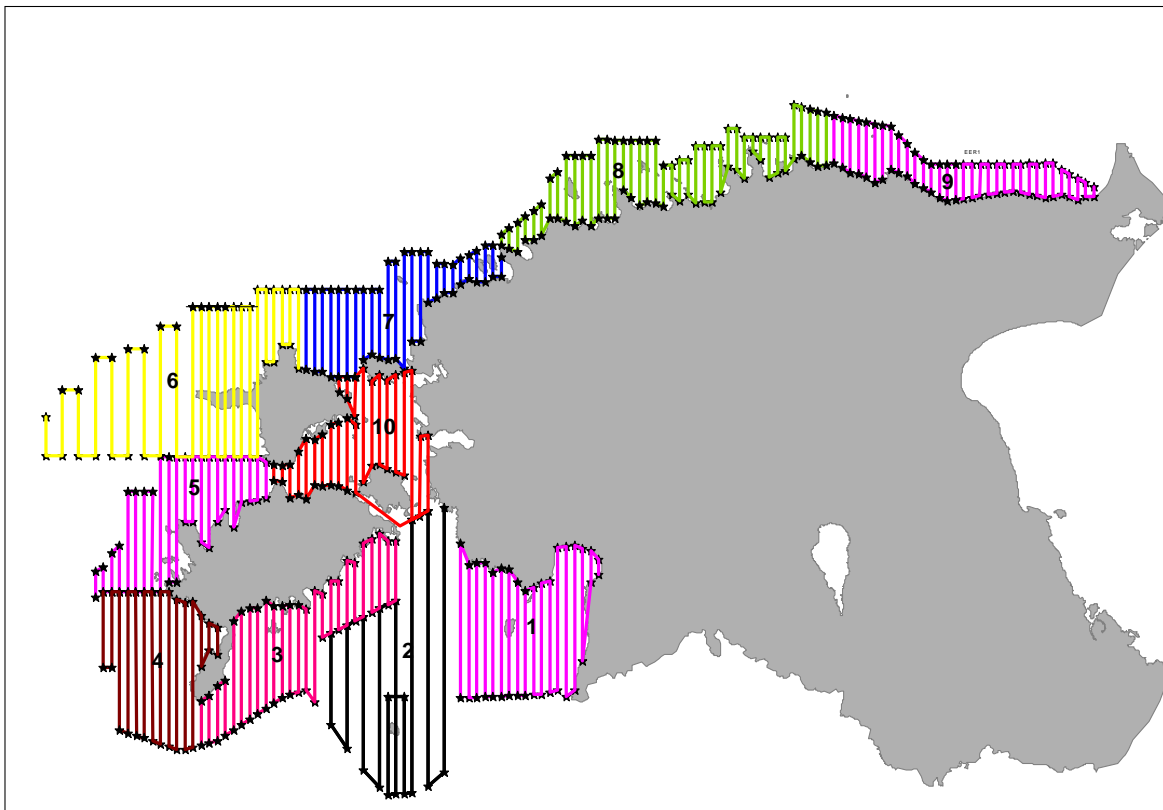
Joonis 4. Eesti merealad.

Tabel 1. Rannikust vähemalt 2 km kaugusele jääva mereala pindala, km²

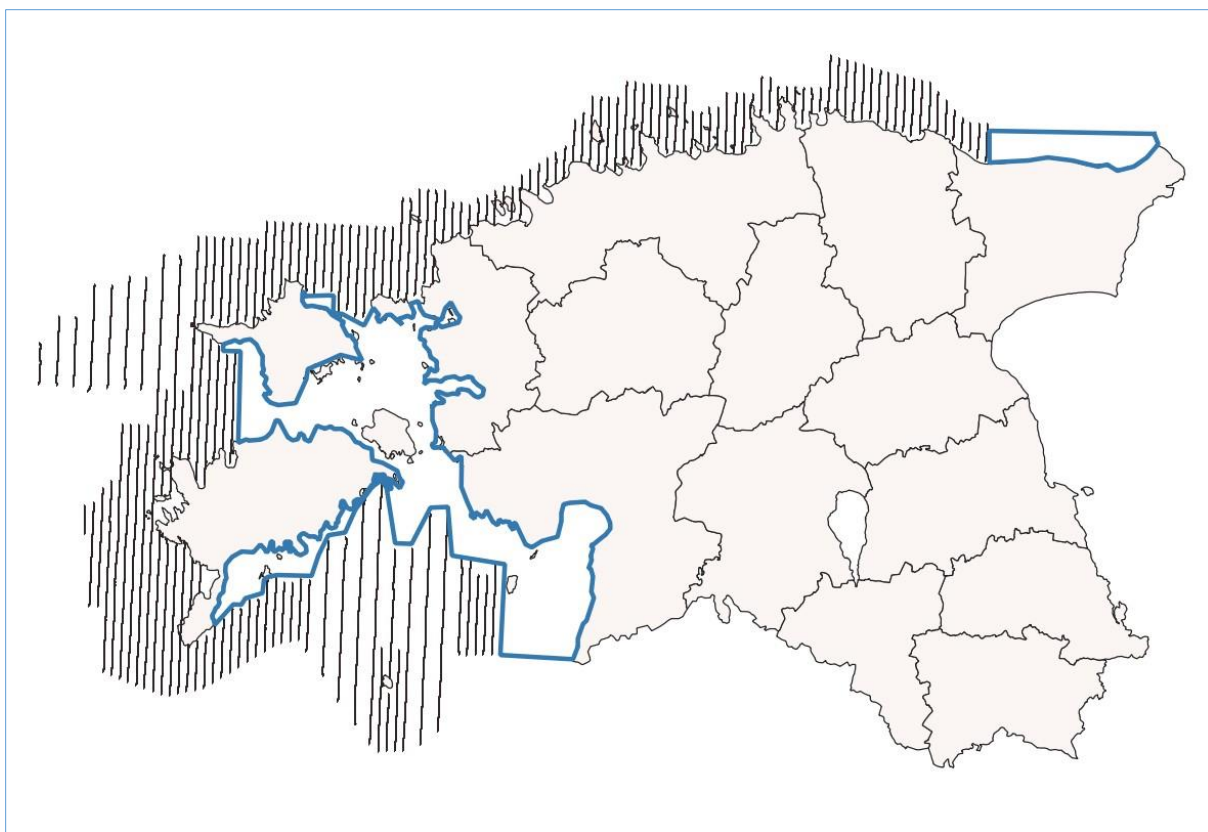
Sügavus, m	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50	Kokku
Läänemere avaosa	188	656	1 678	4 072	10 631	17 225
Liivi laht	352	922	1 856	4 149	131	7 410
Soome laht	76	117	558	1 979	4 758	7 487
Väinameri	492	678	39	1		1 210
Kokku	1 108	2 372	4 131	10 202	15 520	33 333

Lennuloenduste planeerimisel arvestati, et uuringuala kataks kõiki olulisi Eesti rannikumerel asuvaid veelindude talvitusalasid. Selleks planeeriti loendused kuni 50m sügavusjooneni, sest bentose toidulistele lindudele pole taolised sügavused enam toitumiseks sobilikud. Loendusala suuruseks kujunes 22000 km², mis moodustas ca 60% Eesti merepindalast. Nii suure pindala loendamine Eestis sai teoks esmakordselt.

Kuna meetodikana kasutati avamere transektloendust (*distance sampling*), siis disainiti eelnevalt kogu uurimisala ulatuses transektid. Et vältida võimalikku päikesepeegelduse mõju, olid transektid orienteeritud põhja-lõuna suunas. Võimaldamaks mudeli suuremat täpsust võeti transektide vahekauguseks 3 km, mis on minimaalne vahekaugus käesoleva meetodika puhul (Petersen & Fox, 2005). Sügavamatel mereosadel kasutati ka 6 km sammu. Kogu loendusala jaotati 10 alaks (joonis 5). Taolise alajaotuse tingis võimalik maksimaalne päevane lennuloenduse pikkus, mis on soovitatavalt mitte rohkem kui 5 tundi. Lennutransekti kogupikkuseks planeeriti 7477 km, mille läbimiseks kulub ca 51 tundi (tabel 2). Kõik planeeritud lennud said teostatud (joonis 6).



Joonis 5. Planeeritud lennuloendustansektid 2021.a. talviseks veelinnuloenduseks.



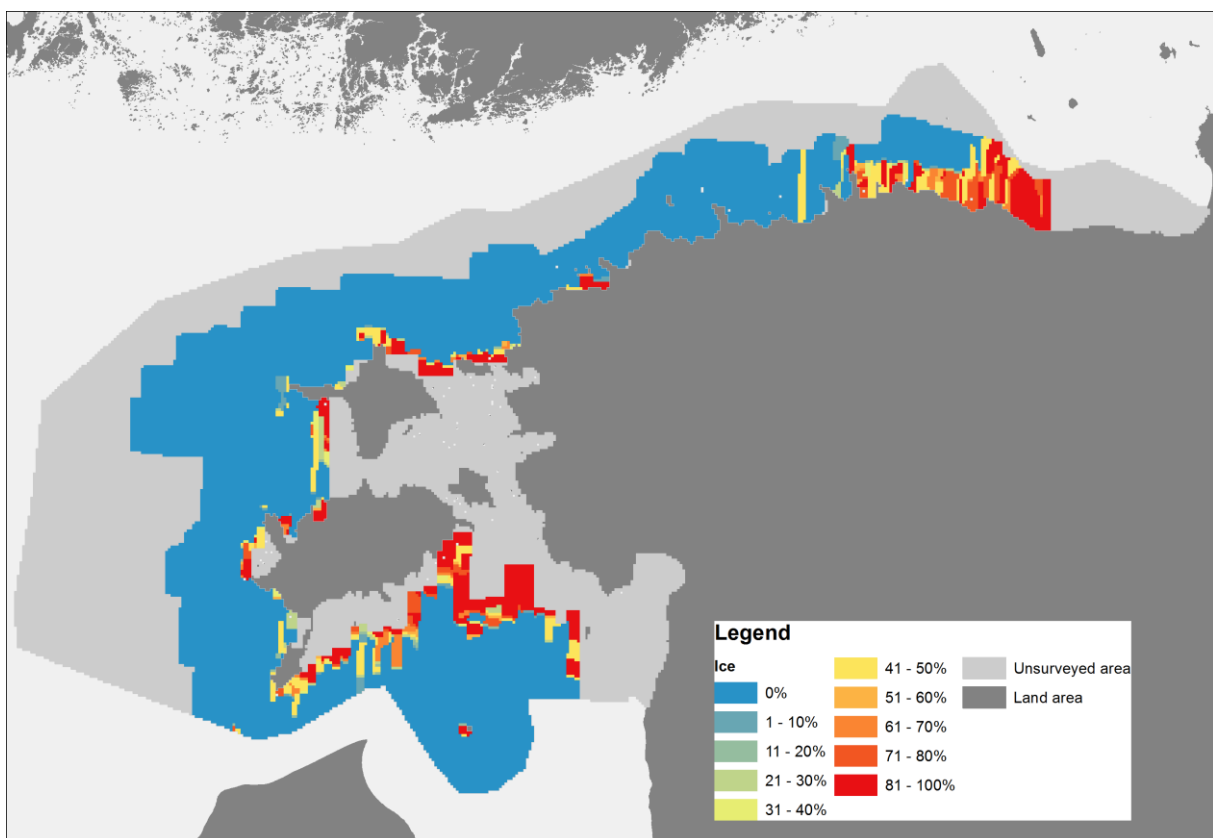
Joonis 6. Lennuloenduse transektid jäävabadel aladel 2021.a. talvel. Sinise polügonina on märgitud lausjää, mida loendustega ei kaetud.

Tabel 2. Planeeritud transekti pikkused ja aeg nende läbimiseks *

ala nr.	ala nimi	Planeeritud km	Planeeritud lennuaeg
1	Pärnu	774	5,4
2	Ruhnu	773	5,4
3	Kuressaare	779	5,4
4	Sõrve	644	4,5
5	Harilaid	668	4,7
6	Hiiumaa	744	5,2
7	Paldiski	654	4,6
8	Tallinn	829	5,8
9	Viru	660	4,6
10	Väinameri	731	5,1
	KOKKU	7477	50,7

- Planeeritud transektide pikkused ning aeg nende läbimiseks. Lennuaeg võib varieeruda sõltuvalt tuule suunas ning tugevusest. Lennuajale lisanduvad transfeerlennud lennuki asukohamaalt Eestisse ja tagasi ning lennud uurimisaladele ning tagasi.

Lennuloenduse käigus registreeriti jooksvalt ka jääolusid, mida kasutati hilisema tihedusmudeli loomisel. Loendused viidi läbi kõikidel planeeritud aladel, kus jääkatvus polnud 100 %. Alljärgnev joonis annab ülevaate jääoludest, mis on väljendatud jääkatvuse protsentidena. Helehall ala Väinamerel, Liivi lahel ning Kirde- Eesti rannikul, legendis „*unsurveyd area*“, oli tugeva jääkatte all ning seda loendustega ei kaetud. (joonis 7).



Joonis 7. Lennuloendusaegsed jääolud 2021.a. veebruaris.

Lennuloenduse läbiviimiseks kasutati selleks sobivat üla-tiibadega kahemootorilist väikelennukit TECNAM P2006T, mis kuulus Rootsi firmale – PropExpress Scandinavia Aps, kes on Läänemere regioonis üks juhtivamaid ettevõtteid lennuloenduste alal (Foto 1).



Foto 1. Lennuk TECNAM P2006T ja vaatlusmeeskond Kuressaare lennuväljal (paremalt: Leho Luigujõe ja Uku Paal).

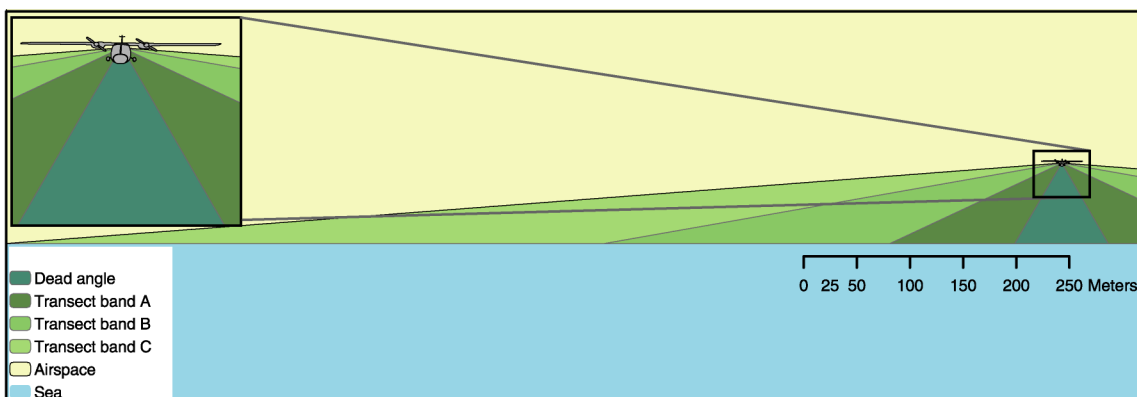
Loendustest võttis osa 4 vaatlejat: Leho Luigujõe, Tarvo Valker, Uku Paal ja Triin Kaasiku (Tabel 3).

Tabel 3. Projekti käigus läbi viidud loendused 2021.a.

Nr.	loendusala	kuupäev	Vaatleja/ parras		
			ees paremal	taga vasakul	taga paremal
1	Saaremaa (S)	03.02.2021	Leho Luigujõe	Uku Paal	x
2	Sõrve (E)	04.02.2021	Leho Luigujõe	Uku Paal	x
3	Sõrve (W)	06.02.2021	Leho Luigujõe	Uku Paal	x
4	Ruhnu	07.02.2021	Leho Luigujõe	Uku Paal	x
5	Harilaid	08.02.2021	Leho Luigujõe	Uku Paal	x
6	Hiumaa	10.02.2021	Uku Paal	Triin Kaasiku	x
7	Paldiski	12.02.2021	Triin Kaasiku	Tarvo Valker	x
8	Tallinn	11.02.2021	Triin Kaasiku	Tarvo Valker	x
9	Viru	09.02.2021	Uku Paal	Triin Kaasiku	x

4. Loendusmetoodika

Loendusmetoodika aluseks on rahvusvaheliselt soovitatud standardid (Pihl & Frikke 1992, Camphuysen *et al.* 2004) ja hilisemad modifikatsioonid (Fox *et al.* 2006). Lennuloendusel osaleb enamasti 2-3 kvalifitseeritud linnuvaatlejat. Üks vaatleja paikneb lennuki vasakul ja teine paremal pardal. Kahe vaatleja ülesandeks on lindude määramine ja loendamine ning vaatluste jooksev salvestamine diktofoni. Üks pardavaatlejatest on loendusejuht, kes on vajadusel raadiosides piloodiga: täpsustab lennutrajektoori ja muude parameetrite (lennukõrgus- ja kiirus ning pöördetrajektoori) vastavust planeeritule. Kolmanda vaatleja funktsiooniks on pigem loendusmetoodika omandamine (treening) või/ja linnukogumite fotografeerimine. Ühe loenduslennu kestvus on ligikaudu 4 tundi, olenedes tuule suunast ja tugevusest. Kasutatakse kahemootorilist (turvalisuse kaalutlustel) ülatiibadega (tagab takistusteta vaatevälja) lennukit. Populaarsemad lennukid Läänemeremaadel on selleks Partenavia Observer (Foto 2), Cessna 372 ja Tecnam P2006T. Soovituslik lennukiirus on 185 km/h, lennukõrgus 76 m. Lendamine kõrgemal raskendab nn. kriitiliste liikide (kaurid) avastamist ja määramist. Loendus toimub lennuki mõlemal pardal kolmel loendusribal (Joonis 8). Kolme loendusriba kasutamine võimaldab arvukuse algandmeid absoluutsete tiheduste (linde/km²) arvutamiseks statistiliselt korrigeerida (Buckland *et al.* 2001, Thomas *et al.* 2006). Loendusriba laiuse püsivaks testimiseks on vaatlejail kasutada nurgamõõtjad (SILVA, type 65).



Riba	Riba laiused (risti transektide suhtes)	Nurk horisondist
A	44 – 163	60 – 25
B	164 – 432	25 – 10
C	433 – 1000	10 – 4
(D)	(> 1000)	(< 4)

Joonis 8. Lennuloenduste loendusribade parameetrid (Petersen & Fox, 2005 järgi).



Foto 2. Vaatluslennuk *Partenavia 68 Observer* Kuressaare lennuväljal 2016.a. (foto L.Luigujõe).

Linde määratakse ja loendatakse reeglina visuaalselt palja silmaga, kasutades vajadusel ka binoklit. Loendustulemused kantakse sekundi täpsusega diktofonile; kuna kõigil vaatelejal on kasutada GPS seadmed, siis on kellade täpsus ja sünkroonsus püsivalt tagatud. Vaatlejate diktofonide ja fotoaparaatide kellad on sünkroniseeritud GPS kellaga. GPS- i automaatse positsioneerimise intervall on 5 sekundit (rahvusvahelise soovitusena samuti 5 sekundit).

Andmetöötuse osaks on ka loendustulemuste täpsustamine loendusega paralleelselt tehtud fotode alusel. Linnude täpseks registreerimiseks fotodel kasutati MapInfo programmi (Foto 3). Konkreetsetel fotol on kirjuhaha kevadine rändesalk Vilsandi RP akvatooriumis, kus 500 isendilist parve visuaalselt hinnatud suurust täpsustati analüüsi käigus 710 isendile (alahinnang 29,6 %). Süstemaatiline viga lindude hindamisel suureneb kui tegemist on suuremate linnuparvedega ja see võib ulatuda 20-40% juhul kui parvedes on üle 3000 isendi (Prather, 1979). Küllalt sageli on lennuloendusel olukordi, kus mitmesaja isendilise linnuparve hindamiseks on vaatlejal aega üksnes paar sekundit. Taolises situatsioonis on hinnangud allutatud vaatleja taju võimekusele ja protsesse käsitletakse pigem inimpsüholoogia seaduspärasuste kohaselt (Tuulmets, 1990) (Foto 4).

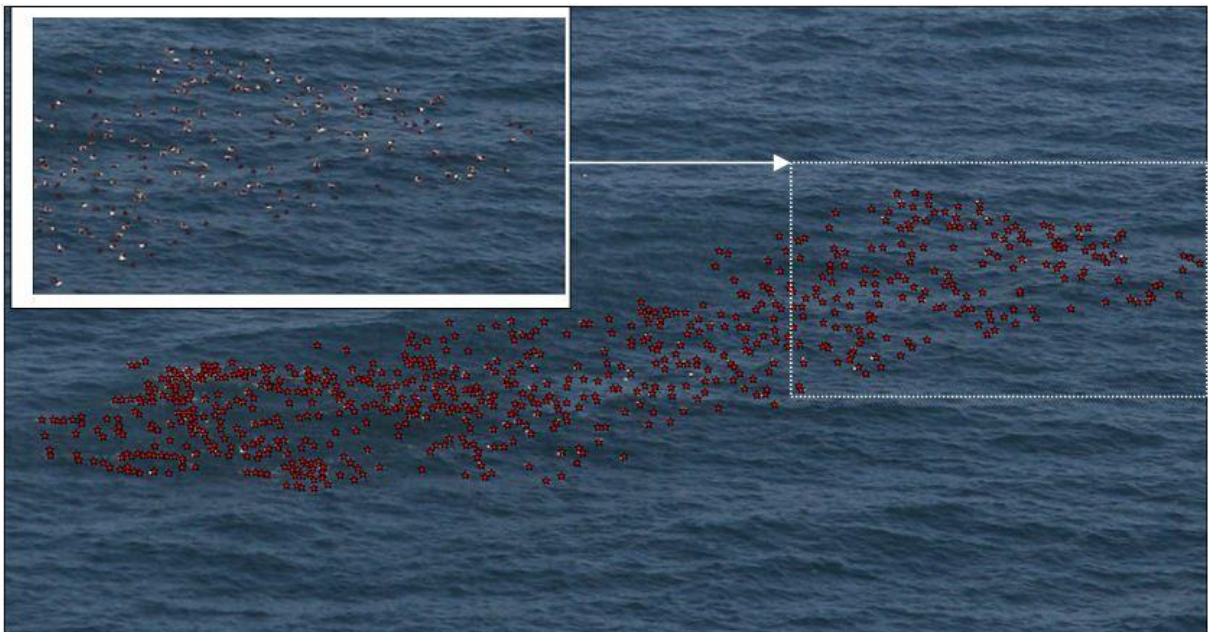


Foto 3. MapInfo programmi abil manuaalselt tähistatud linnud. Kirjuhahkade seltsing Vilsandi RP 25.04.2008 lennuloendusel (foto L. Luigujõe).

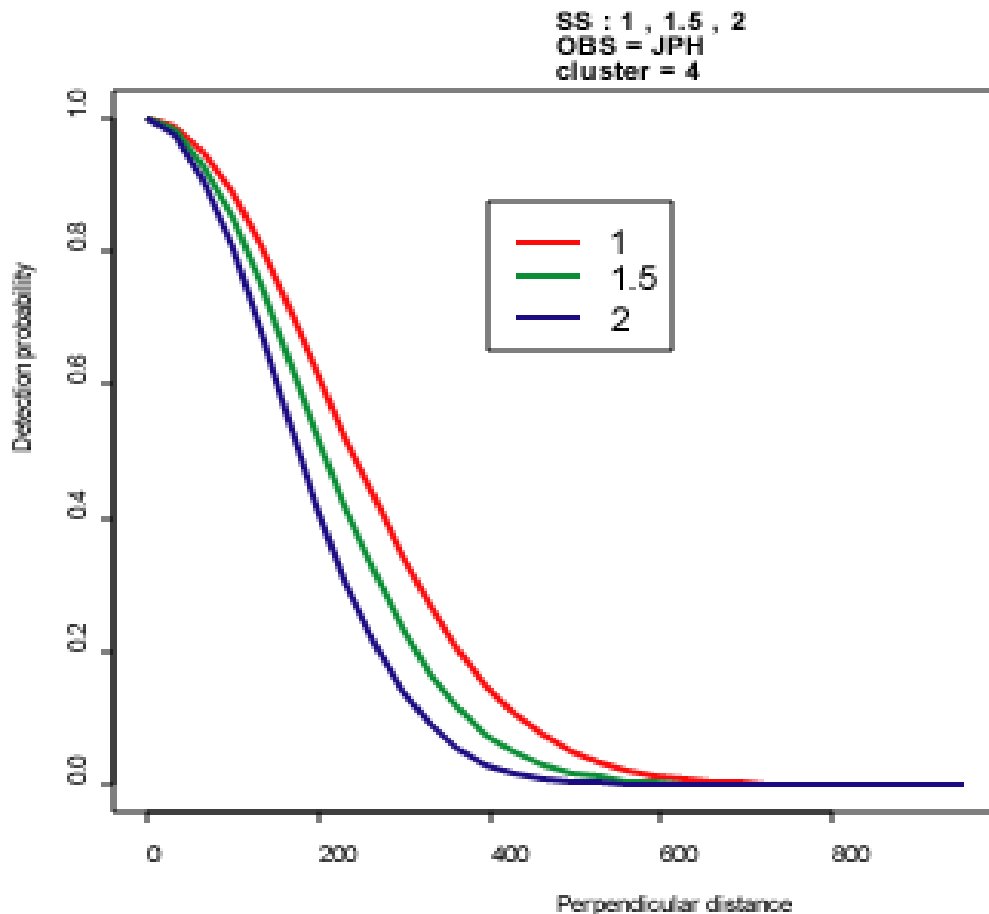


Foto 4. Aulide talvituskogum (2500 is). Osmussaarest edelas (foto A.Kuresoo).

Loendused kavandatakse selliselt, et ilmastiku poolt tingitud loenduste kvaliteedi langus oleks minimaalne. Põhitakistuseks lindude avastamisel loenduste ajal on halb nähtavus, tugev lainetus ja päikese peegeldus merelt, mis võib päiksepoolisel pardal kahandada vaatluste resultatiivsust mitmekordselt. Loenduse kvaliteedi languse vältimiseks näeb metoodika ette mere seisundi muutuste pidevat ja täpset registreerimist Beauforti skaala alusel.

Andmetöötuse aluseks on seeria andmetabeleid, mis hilisema analüüsi käigus omavahel seotakse. Põhitabeliteks on vaatlustabel ja lennuparameetrite tabel. Täiendavalt genereeritakse veel lisatabelid, mis sisaldavad informatsiooni vaatlustingimuste muutuste kohta (mere seisund, merepeegeldused). Andmetöötuse osaks on lindude avastatavuse mudeli (detection model) genereerimine lähtudes *distance sampling* meetodist (Joonis 9). Mudel arvestab iga vaatleja võimekust linde registreerida kolmel loendusribal eraldi, võttes ühtlasi arvesse vaatleja poolt registreeritud vaatlustingimuste muutused (mere seisund, päikese peegeldused jne.).

Ökoloogiliste parameetritena kasutati mudelis veesügavust, laevateede paiknemist, jääkaarte, pinnase temperatuuri, mere soolsust, põhjabiotoopide - ja põhjasubstraatide kaardikihte.



Joonis 9. Vaatlusobjektide (lindude) avastatavuse mudel, kusjuures x-teljel on objekti distants vaatlejast (m) ja y-teljel objekti avastatavuse tõenäosus (Groom *et al.* 2007 järgi).

4.1. Distantsoendus (distance sampling)

Distantsoendus (*distance sampling*) on laialt kasutatav andmekogumismeetod millega kogutakse infot liikide populatsioonide suuruse kohta. Distantsoendusel kogutud andmed võimaldavad hinnata isendite asustustihedust ning prognoosida populatsiooni arvukuse hinnangut. Distantsoendusmeetodid jagunevad 1) joonloendusteks (*line transect sampling*) ja 2) punktloendusteks (*point transect sampling*).

Idealiseeritud juhul avaldub asustustihedus tegelike isendite arvu n ja tegelikult läbitud pindala a jagatisega.

$$D = n / a$$

Praktikas on nii, et ideaalset loendust pole võimalik saavutada (st loendaja avastab temast kaugemal asuvad isendeid vähem tõenäoliselt kui tema vahetus läheduses asuvaid isendeid). Näiteks joonloenduse puhul väheneb isendite avastamise tõenäosus isendi kaugusest loendaja liikumistrajektorist e loendusrajast. Mida kaugemal on isend, seda ebatõenäolisem on kontakti aset leidmine vaatleja ja liigi isendi vahel.

Et hinnata läbitud ala ja veenduda, et leitakse kõik isendid, siis lahendusena kasutatakse fikseeritud loendusribaga loendamist (näiteks laiusega $2w$). See tähendab, et loendatakse ainult need kontaktid, mis arvatakse avastatavat alalt, kust loendaja suudab tuvastada 100% kontaktidest. Kuid ka fikseeritud loendusriba hoidmine on merel või maastikul liikudes on küllaltki tülikas.

Kokkuvõtvalt, läbiuuritud pindala a ei saa hinnata konstantse loendusriba laiuse w põhjal ning ka tegelik isendite arv n kujuneb avastatavuse tõttu alahinnanguks. Edasine D hindamine taandub praktikas kontaktide avastamiskauguse jaotuse abil.

Praktikas mõõdetakse distantsloendusel isendi(te) lendu tõusu kaugust (radiaalkaugus e. ρ) ning suunanurka (h) või ristkaugust r või kaugusvahemikku. Ristkauguste jaotus näitabki tegelikult seda, kuidas väheneb rajajoonest eemaldudes isendite avastamise tõenäosus.

Ristkauguste jaotuse normeerimisel saame sisuliselt tõenäosustiheduse, mida hindame funktsiooniga P . P avaldatakse läbi avastamisfunktsiooni $f(r)$ (*detection function*), mis kirjeldab tõenäosustiheduse ja avastamiskauguse r vahelist sõltuvust.

$$P = \int f(r) dr / w \quad (r = 0..w)$$

Avastamisfunktsiooni lähenditena on kasutusel mitmeid, kuid praktikas on levinuim pool-Gaussi funktsioon e h-norm (*half-normal*) ja nn h-rate (*hazard-rate*) funktsioon.

Distsantsloenduse puhul kehtivad mõned olulised eeldused: 1) rajal avastatakse kõik isendid, ehk $f(\mathbf{0}) = 1$; 2) isendid avastatakse nende esmases asukohas; 3) kaugused määratakse täpselt; 4) erinevate isendite avastamise sündmused on sõltumatud.

Saadud avastamisfunktsiooni hinnang võimaldab meil korrigeerida loendusosalal loetud isendite arvu kogu uurimisalal tõenäoliselt esinevate isendite arvuks. Avastamisfunktsiooni juures on võimalik arvesse võtta vaatlusega seotud erinevaid kovariaate nagu loendaja, nähtavus, jm. Praktikas on nii, et mingite lokaalpiirkondade laus-loenduste puhul ei saa eeldada, et transektid on valitud kohaliku populatsiooni ruumilise paiknemise suhtes juhuslikult. Lisaks on ilmne, et tulenevalt elupaiga suurest heterogeensusest võib ka populatsiooni ruumiline paiknemine liigi elupaiganõudlusest tingituna olla väga ebaühtlane. Seetõttu annavad avastamisfunktsioonil põhinevad arvukushinnangud väga heterogeensetes elupaikades ja suure klasterdumisega populatsioonides suuri ülehinnanguid. Selle kohandamiseks on välja töötatud meetod, mis kasutades elupaika kirjeldavaid kaardiandmeid võimaldavad additiivsete mudelite abil eelnimetatud faktoritest tingitud ülehinnanguid tasandada.

4.2. Tiheduspindade modelleerimine (density surface modeling)

Arusaama populatsiooni kohta saab tunduvalt parandada, modelleerides selle ruumis jaotumist funktsioonina elupaigatunnustest (keskkonnamuutujad). Sellised mudeleid saab kasutada seoste uurimisel leviku ja elupaigatunnustega ning samuti usaldusväärset hinnata arvukust ja luua levikukaarte. Üheks selliseks meetodiks on tiheduspinnamudel (Miller *et al* 2013). Tiheduspinnamudel koosneb arvukuse ja elupaigatunnuste vahelisest ruumilisest mudelist, kus arvukust korrigeeritakse distantsloendusandmete põhjal hinnatud avastamisfunktsiooniga.

Tiheduspinna mudeldamisel kasutatakse üldist additiivset segamudelit (Wood, 2011) ehk GAM-i (ik *Generalized Additive Model*). Mudeli andmeühikuks on lennuloendustransekti 500 m pikkune lõik ehk segment. Segmentid ühtivad tunnusrastrate pikslivõrguga so üks segment jääb ühe rastri piksli ulatusse. Mudeli prognoositavaks tunnuseks on tegeliku asustustiheduse hinnang. Tegeliku asustustiheduse hinnang \mathbf{D} leitakse tegeliku isendite arvu hinnangust segmentis \mathbf{N}_i , jagades see efektiivse pindalaga, mis avaldub kahekordse efektiivse poolriba laiuse

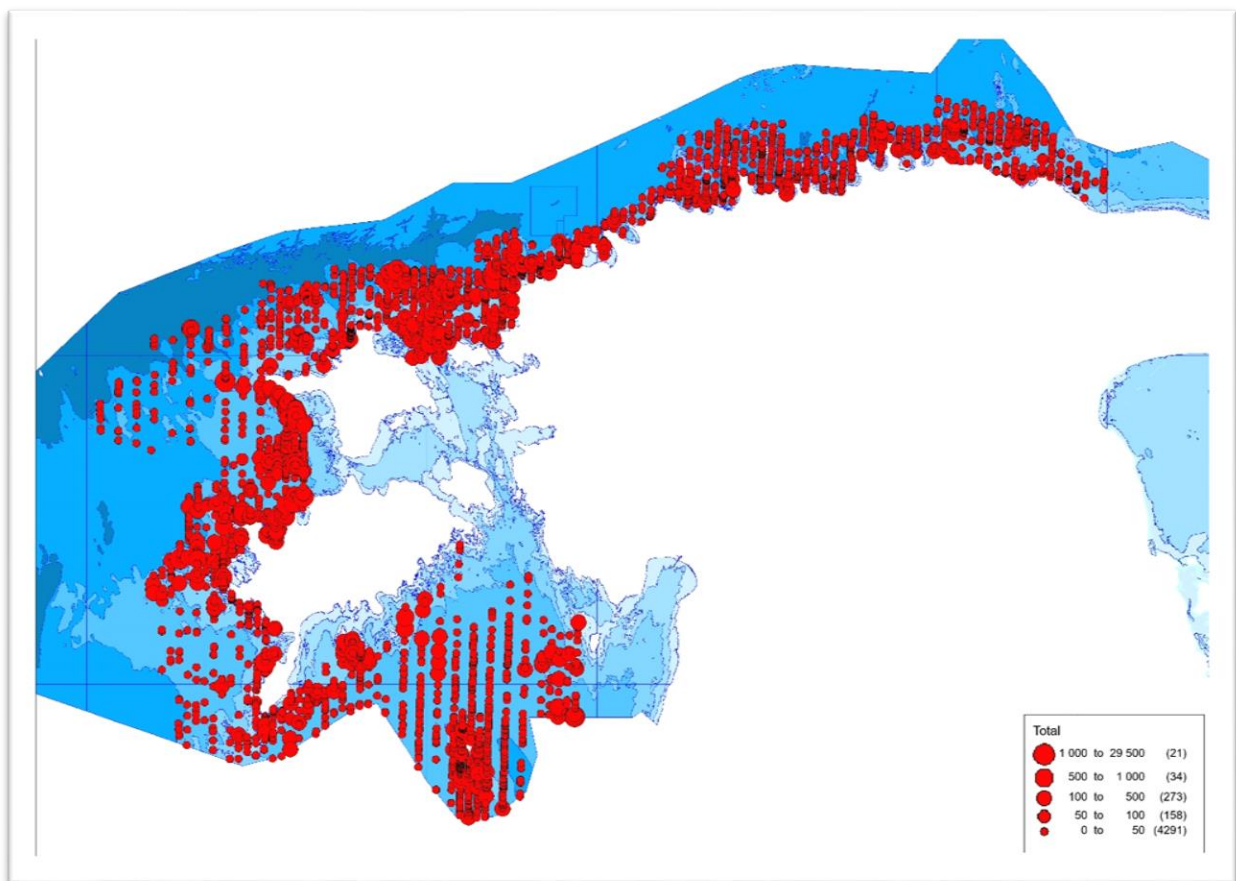
$(2 \times w)$ ja segmendi pikkuse (L) korrutisega $S_i = 2 \times L \times w$. Efektiivne poolriba laius saadakse avastamisfunktsiooni lähendist. Kui segmendis loendati c_i parve, siis tegeliku isendite arvu hinnang segmendis N_i avaldub läbi parve suuruse n_{ij} ja parve avastamistõenäosuse p_{ij} .

$$N_i = \sum_j n_{ij} / p_{ij} \quad (j=1..c_i)$$

Mudeldamise lõpp-produktiks on asustustiheduse rasterkaart. Täpsemalt kolm rasterkihti, mille piksli suurus kirjeldab: 1) tiheduse keskväärtust; 2) tiheduse alumist usalduspiiri; 3) tiheduse ülemist usalduspiiri. Viimased kaks võib arvutada asustustiheduse ruumimudeli standardvea hinnangu põhjal vastavalt prognoosi keskväärtus $\pm 1.96 \times SE$. Sel juhul tuleb silmas pidada, et see usaldusvahemik sisaldab ainult GAM-mudeli viga. Korrektnem on usaldusvahemik, mis sisaldab nii GAM-mudeli viga kui ka distantismudeli (avastamisfunktsiooni lähend) viga (Williams *et al* 2011). Täpsema ülevaate mudelist annab Lisa 1.

5. Tulemused

Kokku laekus andmeid 23 veelinnuliigi kohta. 15 arvukaima arvukama liigi kohta arvutati välja arvukushinnangud (Tabel 4) ning neist 12 liigil oli võimalik koostada tihedusmudel. Vähemarvukad ja õhust raskesti määratavad linnud grupeeriti enne modelleerimist. Taolisi grupe oli 3. Ülejäänud liikide kohta mudelit ei tehtud, kuna see poleks olnud representatiivsete andmete puudumise tõttu usaldusväärne, e lindude arvukus polnud modelleerimiseks piisav. Samas on olemas nende liikide kohta arvandmed, mida saab edaspidi vajadused kasutada (tabel 4). Ülevaate talvitavatest veelindude paiknemisest ning arvukusest annab joonis 10.



Joonis 10. Talvitavate veelindude paiknemine ja arvukus Eesti rannikumerel 2021.a. veebruaris.

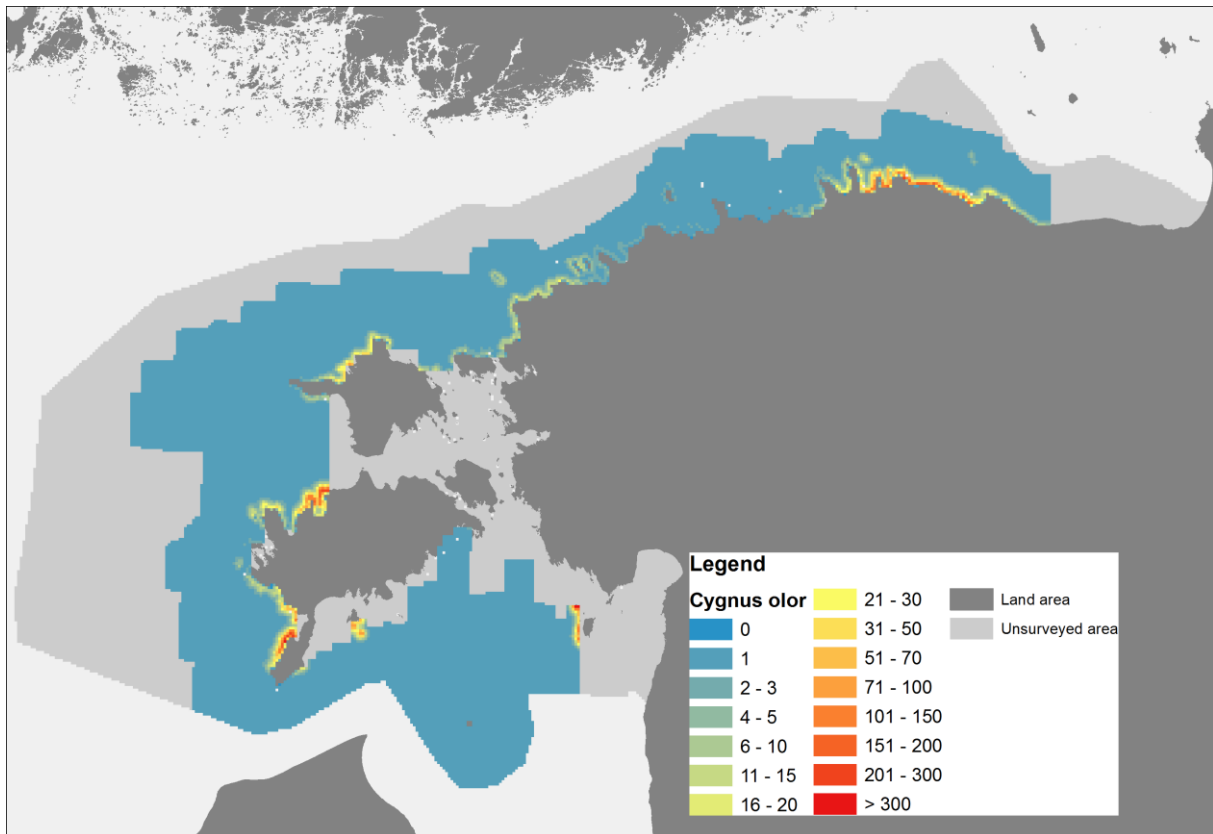
Võrreldes kahel lennuloendusel kogutud andmeid (2016 ja 2021) olid muutused mõnede liikide osas suhteliselt suured (tabel 4) . Samas ei ole mõistlik erinevate aastate talvitavate lindude arvukusi võrrelda, kuna ilmastiku ja jääolud on aastati täiesti erinevad. Seepärast on vaja läbi viia sünkroonloendusi kogu Läänemere piirkonnas ning alles taoliselt koondatud Läänemereülene andmestik annab adekvaatse pildi veelindude talvisest arvukusest ning paiknemisest Läänemeren.

Tabel 4. Eesti rannikumerel peatuvate veelindude loendatud arv ning arvukushinnangud.

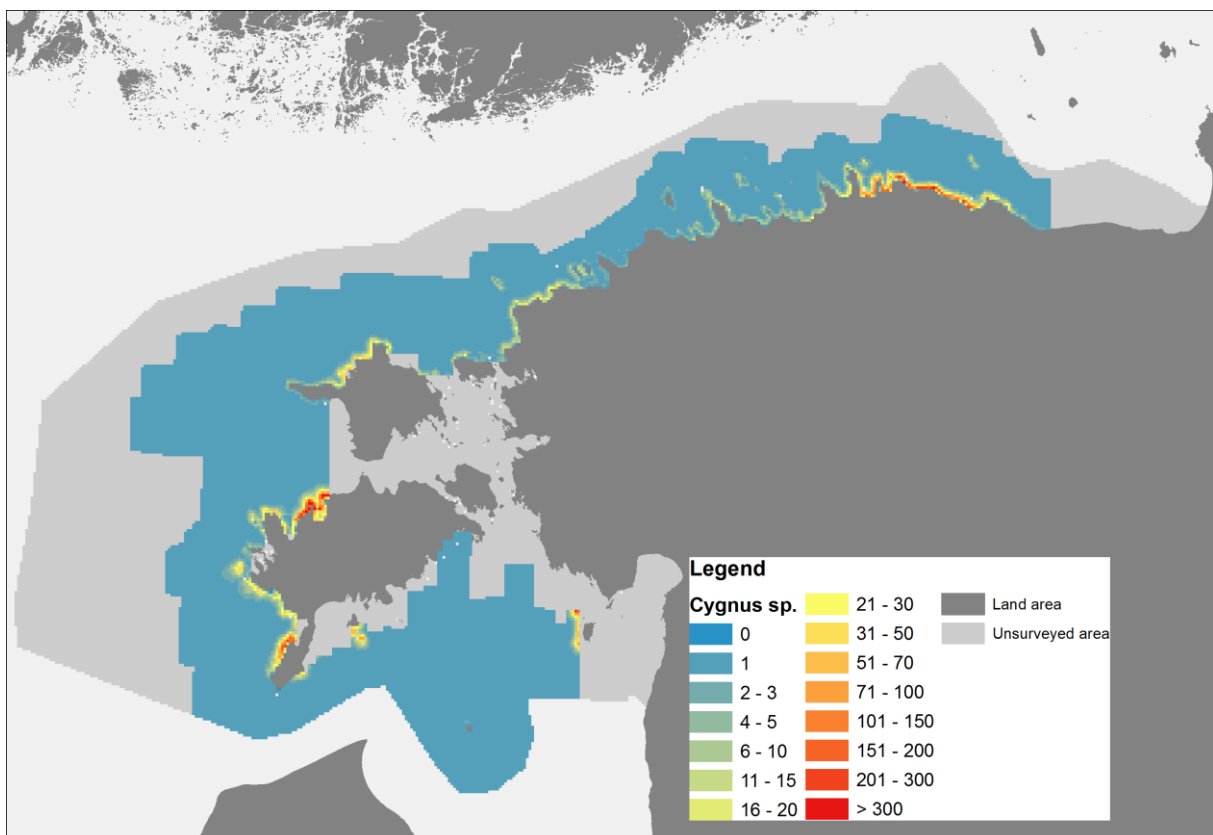
Liik	loendatud		hinnatud		95% confidence interval				trend
					miinimum		maksimum		
	2016	2021	2016	2021	2016	2016	2016	2021	
Kühmnokk-luik	1319	10100		30281		26813		34198	tõus
Laululuik	6	7							stabiilne
määramata luigid	2946	13858	10055	36221	3925	33167	25761	40773	tõus
Sinikael-part	721	381							langus
Tuttvart	88	9858							tõus
Merivart	278	1680							tõus
Hahk	21	5							stabiilne
Kirjuhahk	1218	437							langus
Mustvaeras	2646	1025	54972	3228	12154	1014	248645	10273	langus
Tõmmuvaeras	408	3504	4133	8506	1850	7278	9231	9941	tõus
määramata vaerad	813	6528	16415	14778	7643	12824	35255	17030	tõus
Aul	89853	141422	201853	290217	88618	269644	459776	312360	tõus
Sõtkas	5654	16073	19066	36774	8370	33167	43428	40773	tõus
Väikekoskel	306	56							langus
Jääkoskel	3777	3207		8512		7480		9687	stabiilne
Rohukoskel	23	67							stabiilne
Punakurk-kaur	60	42	1233	260	454	148	3350	457	stabiilne
Kormoran	197	97							langus
Tuttpütt		6							stabiilne
Naerukajakas	70	53		215		139		333	stabiilne
Väikekajakas	95	79	1641	538	558	334	4823	866	stabiilne
Kalakajakas	18375	1128	85586	10215	24413	8675	300042	12029	langus
Höbekajakas	3283	2553	23105	9955	10864	8431	49139	11754	langus
määramata kajakas	24837	5454	171417	29604	71658	25001	410058	35053	langus
Merikajakas	49	41		209		23		1909	stabiilne
Alk	5	38							tõus

5.1. Luigid

Kuna kõik luigid on lennukilt raskesti määratavad, siis on kombeks neid käsitleda koos. Olenevalt talve karmusest on luikede talvine arvukuse hinnang Eestis on 6000 – 17 000 isendit. Arvukaim talvituja Eestis on kühnokk-luik (8000 – 17 000 is.), talle järgneb lauluiluik (1000 – 3000 is) ning haruldane talvituja väikeluik (5-30 is.) (Elts *et al*, 2019). Käesoleva projekti raames loendati luiki kokku ca 14 000 isendit. Kuna tegemist oli siiski avamerelennuga, mis ei puudutanud väga rannikualasid va. transektide vahelised pöörded, siis ei ole loenduse tulemus väga representatiivne. Kokku hinnati luiki Eesti rannikumerel ca 30 000 isendit, mis ületab olemasolevat hinnangut peaaegu 2 kordselt (tabel 4). Suuremad luikede kontsentratsioonid olid saartel ning Soome lahe rannikul (joonis 11, 12).



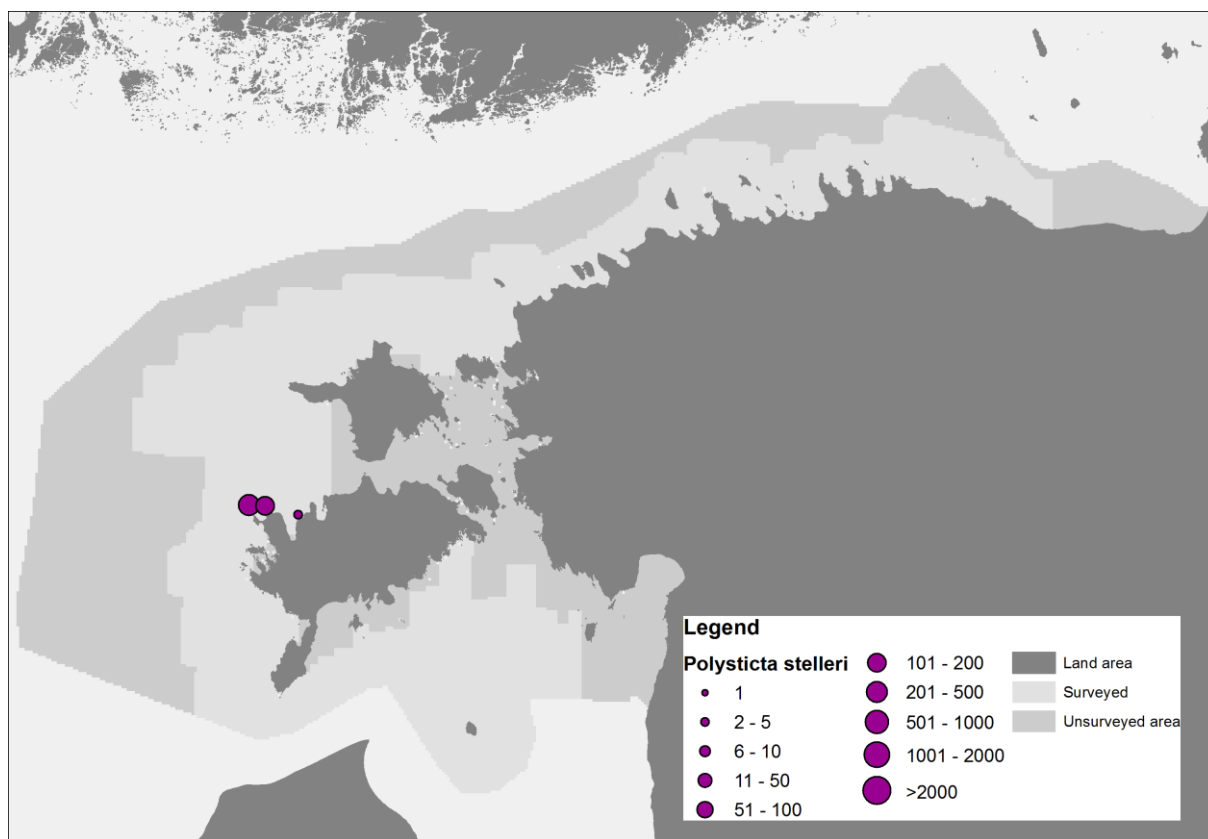
Joonis 11. Kühmnokk-luige talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.



Joonis 12. Määramata luikede (kühmnokk-luik + laululuik) talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.2. Kirjuhahk

Tähtsaimad kirjuhahk talvitusasad Läänemerel paiknevad Loode-Saaremaa. Ametlik talvine kirjuhaha hinnang on 800 – 1500 isendit (Elts *et al*, 2019). Lennuloendus kihjuhaha aladel viidi läbi 8.veebruari. Ilm oli loenduseks ideaalne, nõrk tuul, väga hea nähtavus ning peaaegu peegelsile meri. Seetõttu võib arvata, et loendatud lindude arv on korrektne. Mitmel korral tehti kahtluse korral ka nn „kontrollhaake“ transektist väljaspool. Suurimad kirjuhaha parved Saaremaa registreeriti Tagamõisa poolsaare tipus, mis on üks kuulsamaid kirjuhaha talvitamisalasid Läänemerel (joonis 13). Kokku loendati kirjuhahka ca 450 isendit, mis on tunduvalt väiksem kehtivast arvukusehinnangust (tabel 4). Kuna kirjuhahk on väga lokaalse levikuga, siis levikumudelit tema jaoks ei tehtud.

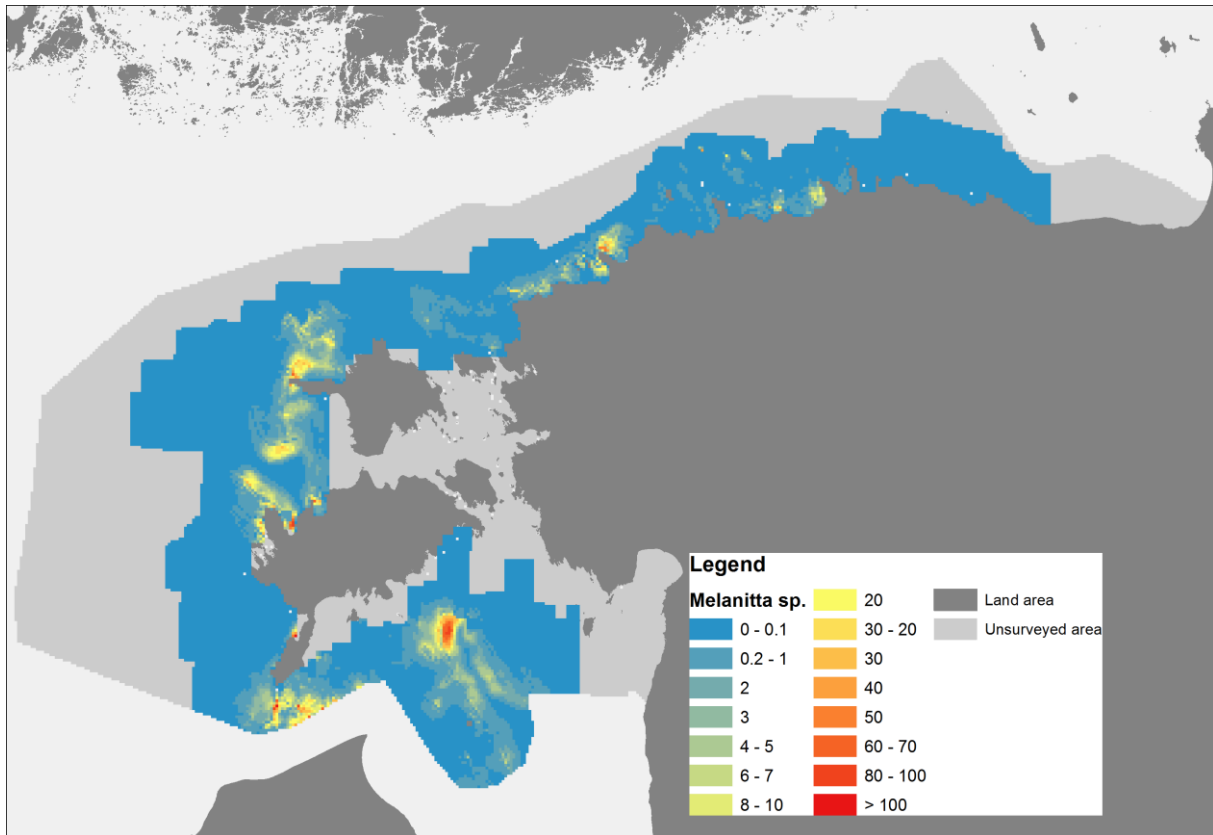


Joonis 13. Kirjuhaha talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.3. Vaerad

Vaerad on üks merelindude liigirühm keda käsitletakse tavaliselt koos. Selle põhjuseks suured raskused nende määramisel lennukilt. Ka käesoleva projekti raames jäi määramata ca 2000 vaerast. Kui neile liita ka määratud mustvaeraste ja tõmmuvaeraste arv siis saame loendatud vaeraste arvuks 6500 isendit. Keskmise määramata vaeraste hinnang oli ca 15 000 isendit (2016.a. oli see 16 400 isendit) (joonis 14). Siiski tuleb märkida, et tänu vaatlejate kogemustele määrati suur hulk vaeraid ära. Väga suurt rolli selles mängib ka ilm ning vaatlustingimused. Vaeraste

tähtsamad talvitusälad asuvad Saarmaast lõunas, Suures Katlas ja Irbe väinas, mis kattub hästi 1990-te aastate alguse (Durinck *et al.*, 1994) ja 2011.a. läbi viidud loendustulemustena (Aunins *et al.* 2012).



Joonis 14. Vaeraste talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

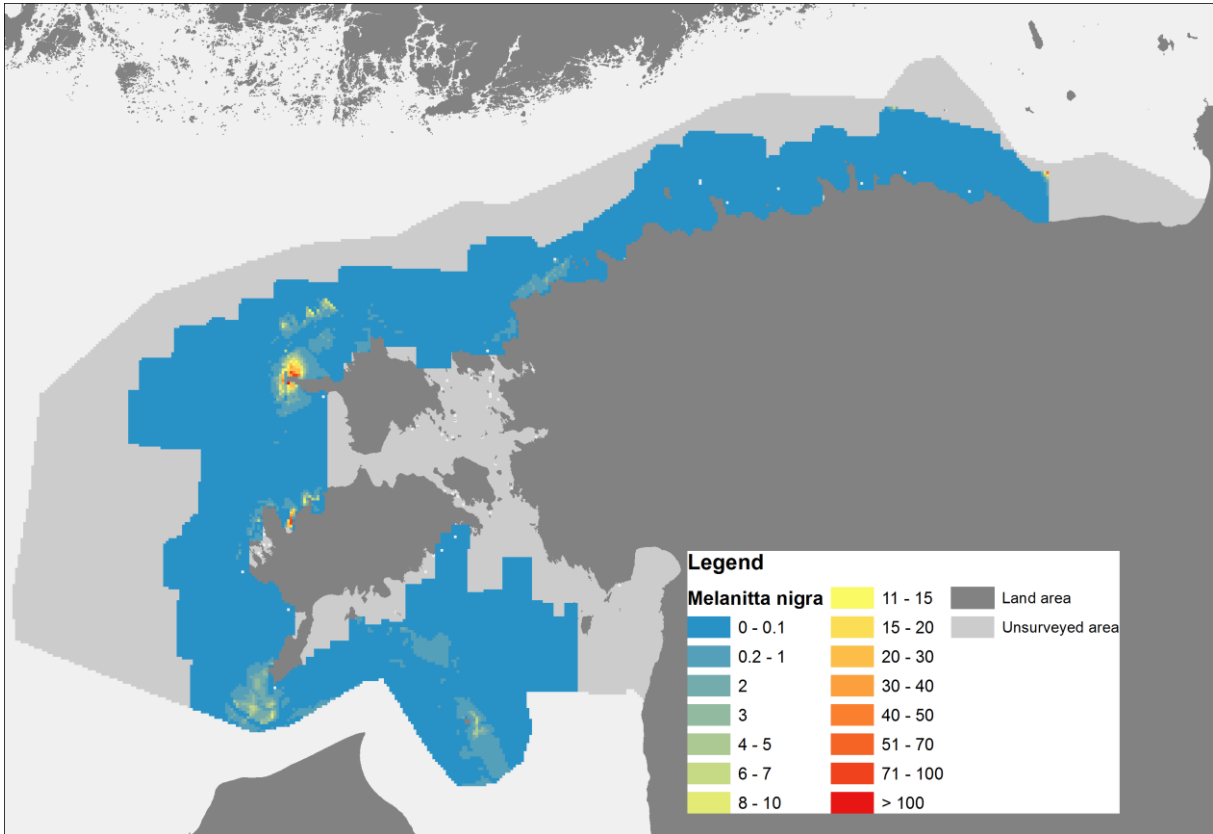
5.3.1. Mustvaeras

Mustvaera ametlik talvine hinnang Eesti rannikumerel on 12 000 – 240 000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Tulenevalt sellest, et vaeraste puhul on tegemist avamereliikidega, siis on kesktalvisel veelinnuloendustel põhinev hinnang väga tagasihoidlik, kuna tegemist on rannikult loendamise, mis katab ära vaid 2km laiuse rannikumere vööndi. Mustvaerast loendati lennukilt ca 1000 isendit. Selle põhjal saadi mustvaeraste keskmiseks hinnanguks ca 3200 is. (tabel 4). Mustvaera talvised kontsentratsioonid olid kõige suuremad Kõpu poolsaare tipus, mis võis olla seotud talvise liikumisega. Keskmiselt rohkem kohati mustvaerast ka Irbe väinas ja Gretagrundil (joonis 15).

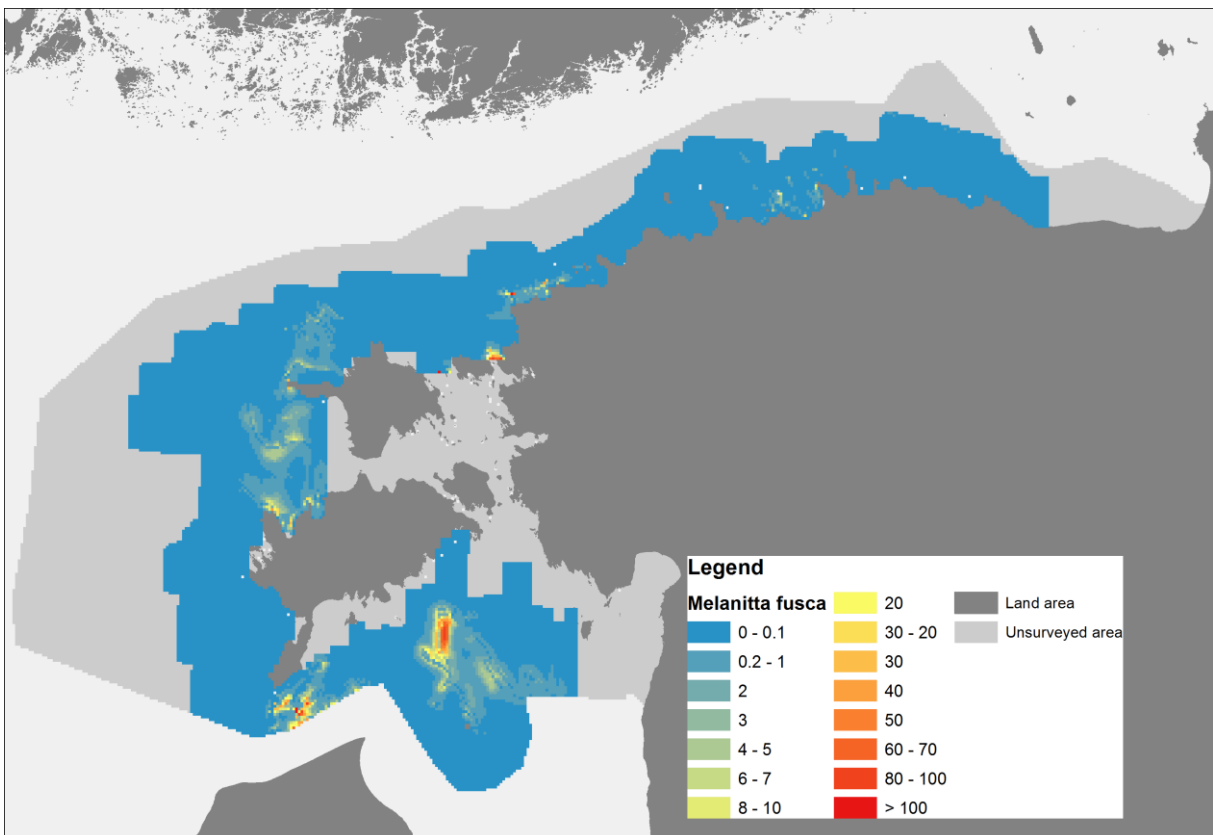
5.3.2. Tõmmuvaeras

Tõmmuvaera ametlik talvine hinnang on 2000 - 10 000 isendit, olenevalt talve karmusest (Elts *et al.*, 2019). Käesoleva projekti raames loendati ca 3500 isendit, üldhinnanguna ca 8500 lindu, mis jääb varasema hinnangu piiresse (tabel 4). Tähtsamad talvitusälad paiknesid juba teadaolevatel traditsioonilistel aladel, Liivi lahel

ja Irbe väinas. Uued talvitusälad registreeriti Mardihansu lähel Hiiumaast läänes (joonis 16).



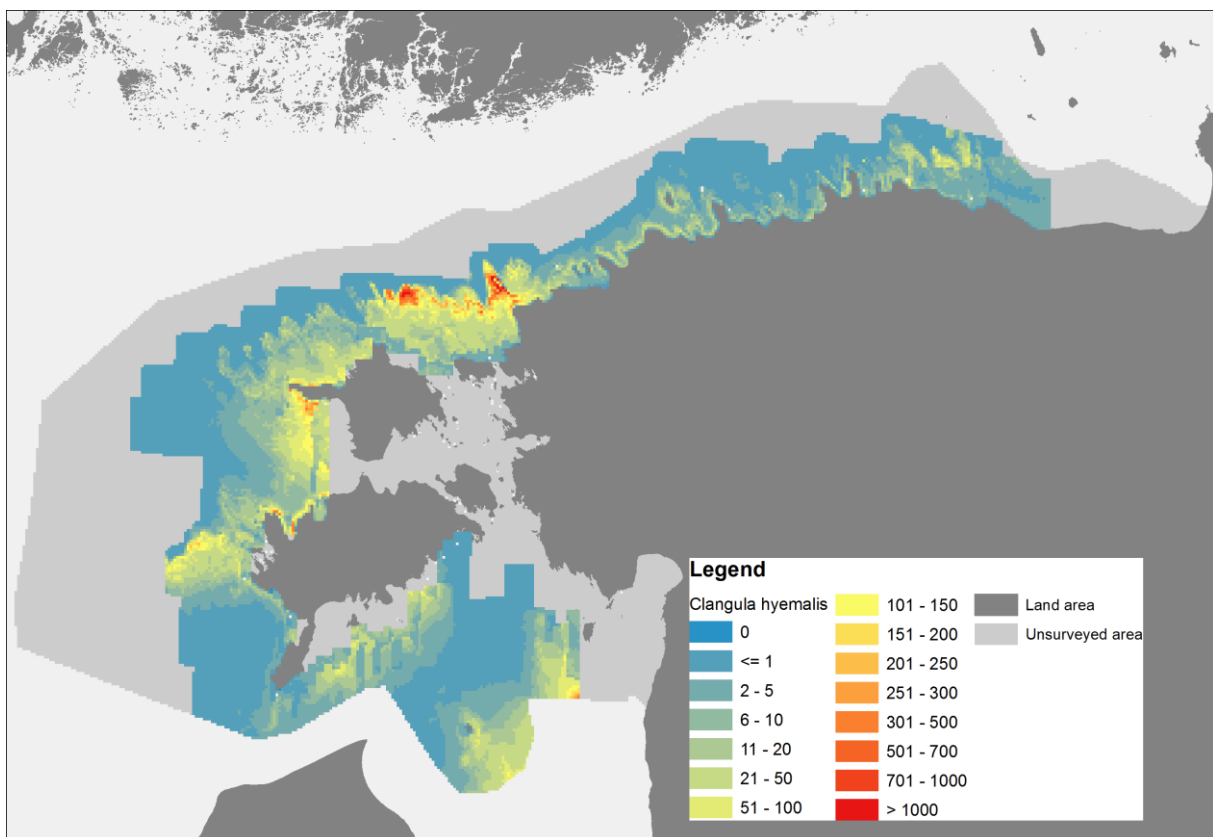
Joonis 15. Mustvaera talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.



Joonis 16. Tõmmuvaera talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.4. Aul

Arvukaim Eestis talvituv veelinnuliik on aul kelle ametlik hinnang on 100 000 – 500 000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Ka käesolev projekti raames loendati auli kõikidest liikidest kõige enam e. ca 141 400 isendit. Sellel tuginedes saadi Eestis talvitava auli populatsioonihinnanguks 270 000 – 312 000 isendit, mis mahub täpselt varasema hinnangu piiridesse (tabel 4). Aul on laialt levinud kogu Eesti territoriaalmerel. Suurimad auli kontsentratsioonid olid Apollo madalal Osmusaare ümbruses. Keskmisest rohkem oli auli ka Lääne-Hiiumaa ja Loode-Saaremaa vetes ning Liivi lähel (Joonis 17).

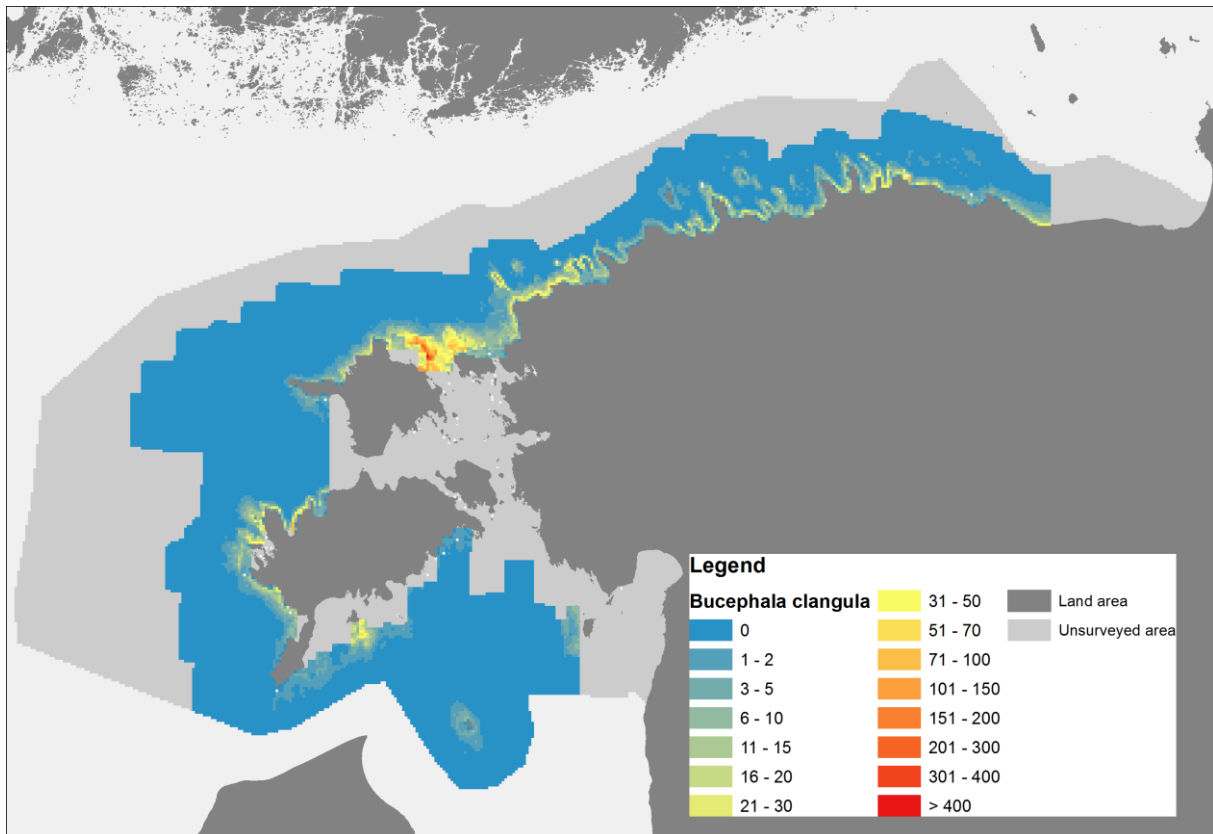


Joonis 17. Auli talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.5. Sõtkas

Sõtkas on rannikulähedase levikuga veelind ning tema ametlikuks talviseks arvukuseks Eestis on hinnatud 30 000 – 50 000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Käesoleva projekti raames loendati ca 16 000 sõtkast, mis lubas hinnata tema keskmiseks arvukuseks 19 000 isendit, piiridega 33 000 – 40 700 isendit, mis jääb ametliku hinnangu piiresse. Kindlasti on see miinimumhinnang, kuna avamereloendused ei kata

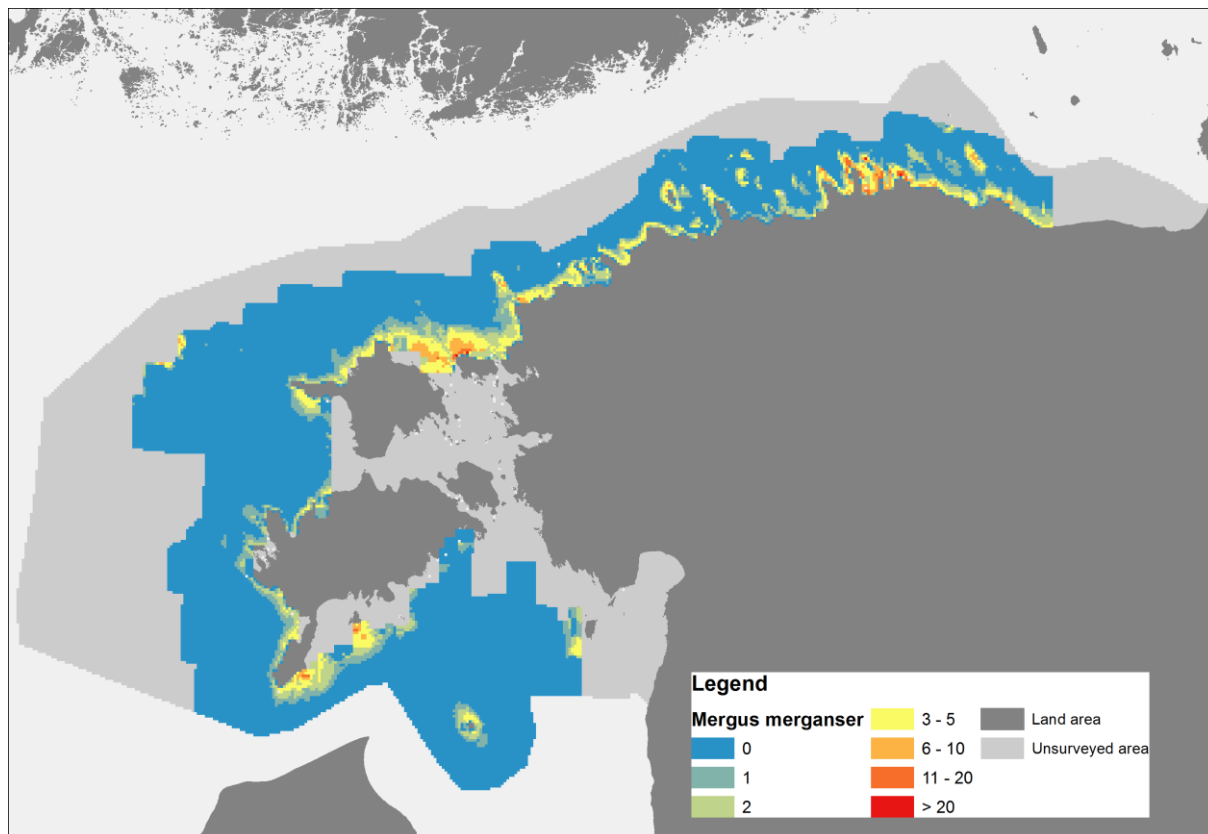
täielikult rannikulähedasi alasid, kus sõtkad levivad. Lennuloenduste põhjal oli liik levinud kõikjal Eesti rannikumerel, va Soome lahe idaosa. (joonis 18).



Joonis 18. Sõtkka talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.6. Kosklad

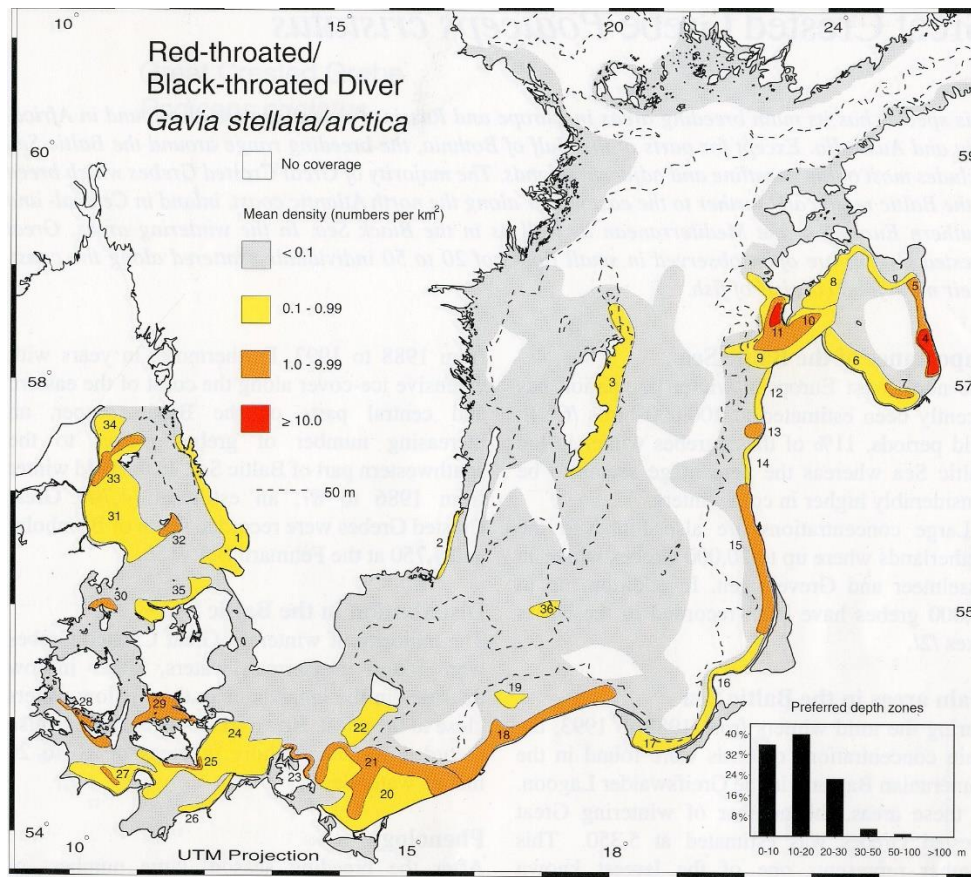
Nii nagu sõtkas on ka kõik kosklaliigid rannikulähedase levikuga veelinnud. Eestis talvituvad kõik meie kolm kosklaliiki; jääkoskel (5000 – 22 000 is.), rohkoskel (500 – 2500 is.) ja väikekoskel (1000 – 3000 is.) (Elts *et al.*, 2019). Arvukaim kosklaliik lennuloenduste käigus oli jääkoskel, keda loendati ca 3200 isendit. Teiste arvud olid väga väikesed. Nagu eelpool mainitud pole avamere transektloendused väga sobilikud rannikumere liikide loendamiseks. Usaldusväärse arvukuse ja levikumudeli sai teha vaid jääkosklale, kelle arvukuseks hinnati 7500 – 9700 isendit (tabel 4). Enim jääkosklaid talvitus Eesti põhjarannikul ning Irbe väinas (joonis 19).



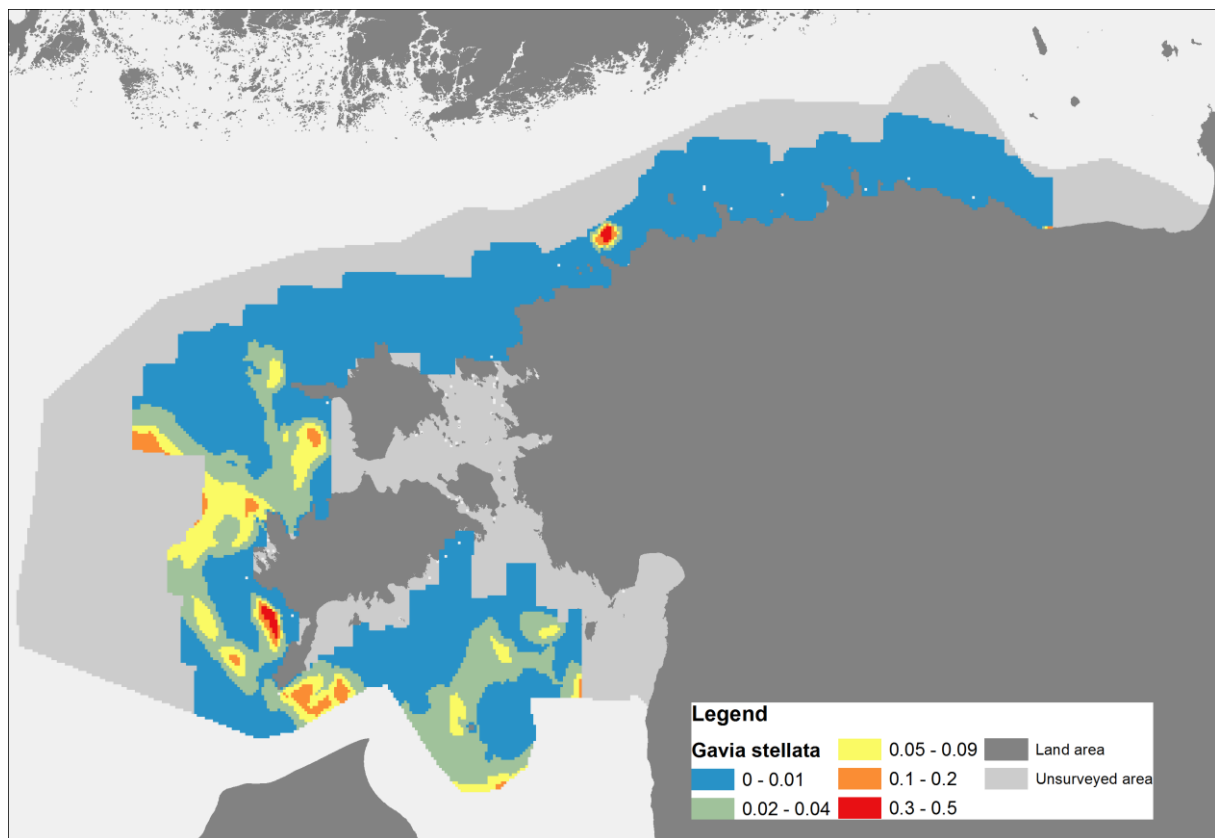
Joonis 19. Jääkoskla talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.7. Kaurid

Avamere transektloendustel käsitletakse kaure ühiselt, kuna punakurk-kauri ja järvekauri eristamine õhust on väga keeruline. Nende ametlikud talvised hinnangud on vastavalt 500 – 3000 ja 50 – 350 isendit (Eltis *et al.*, 2019). Nagu näha on kordades arvukam talvituv liik punakael-kaur. Kauride üldhinnang jäi käesoleva projekti andmetele toetudes 150 ja 460 vahele (tabel 4). Kauride juba ajalooliselt teadaolevad talvitusalaad asuvad Sõrve säärest läänes ning Liivi lahel (Dürinck *et al.*, 1994) mida tõestas ka 2021.a. loendus (Joonis 20, 21).



Joonis 20. Kauride levik Läänemeresel 1992-1993 (Durinck *et al.*, 1994).



Joonis 21. Punakurk-kauri talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.8. Kajakad

Arvukamad talvised kajakaliigid on hõbe- ja kalakajakas, kes mõningatel juhtudel on õhust raskesti eristatavad. Selleks tehti hinnang ja modelleeriti need kaks liiki koos. Sellest tulenevalt saadi nn valgete kajakate talviseks arvukuseks 25 000 – 35 000 isendit (tabel 4). Kajakad olid levinud kõikjal Eesti territoriaalmeres ja Liivi lahe põhjaosa (joonis 22).

5.8.1. Hõbekajakas

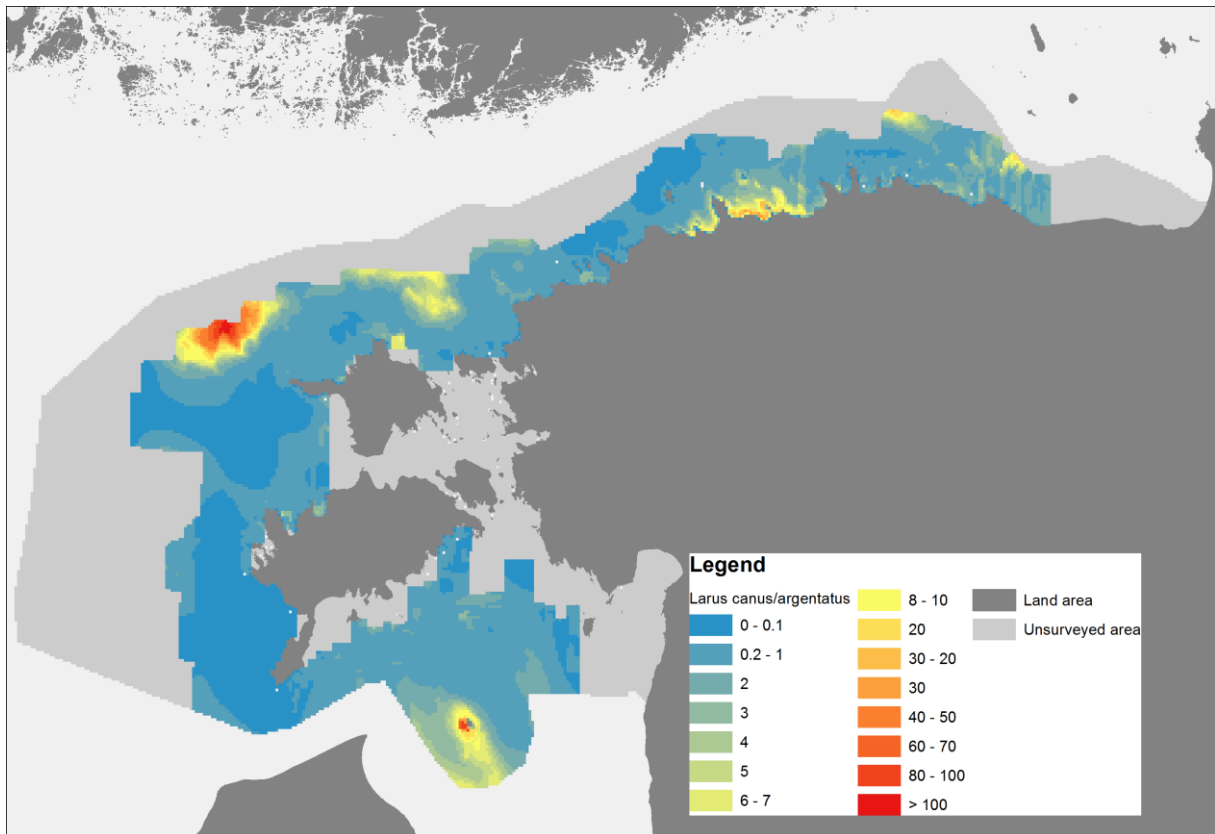
Hõbekajakas on meil varasema hinnangu põhjal enimlevinud kajakaliik talvel, kelle ametlikuks arvukushinnanguks on 30 000 – 50 000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Käesoleva projekti raames loendati hõbekajakaid ca 2500, mis teeb arvukushinnanguks keskmiselt ca 10 000 isendit. Hõbekajakad olid arvukamad kuues piirkonnas – Pärnu laht, Ruhnu ümbris, Lääne-Saaremaa, Loode-Hiiumaa, Tallinna ümbrus ja Soome lahe idaosa (joonis 23). Võib arvata, et Pärnu ja Tallinna ümbruse kajakatele on magnetis ka naabruses asuvad prügimäed.

5.8.2. Kalakajakas

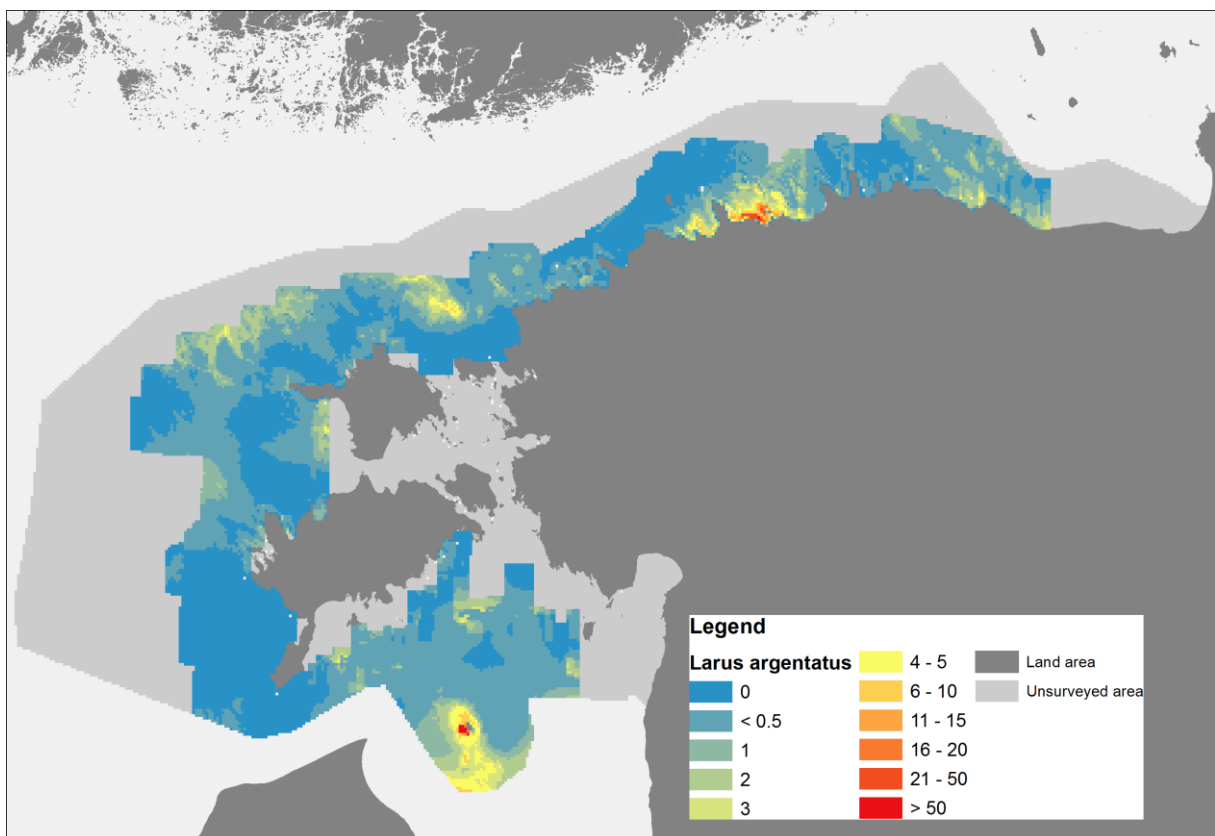
2016.a. lennuloenduse põhjal tundus, et ametlik kalakajaka hinnang (50 000 – 100 000) on tugev alahinnang (Elts *et al.*, 2019). See võib tuleneda teadmised, et kalakajakad on rohkem seotud rannikuga kui avamerel. Lennuloenduste käigus tuli välja, et suured kalakajakakogumid võivad asuda ka väga kaugel rannikust. Nii loendati 2016.a. kalakajakaid rekordiliselt 18 400 isendit ning arvukushinnanguks pakuti keskmiselt 85 600 lindu, maksimumarvukusega aga 300 000 lindu (Luigujõe, Aunins, 2016). 2021.a. loenduse tulemused olid tunduvalt kesisemad. Kokku loendati 1100 lindu, mille põhjal saadi arvukusehinnanguks 8700 – 12 000 isendit. Nii nagu 2016.a. asus tähtsaim kalakajaka talvitamisalal kaugel avamerel, Hiiumaast loodes (joonis 24).

5.8.3. Väikekajakas

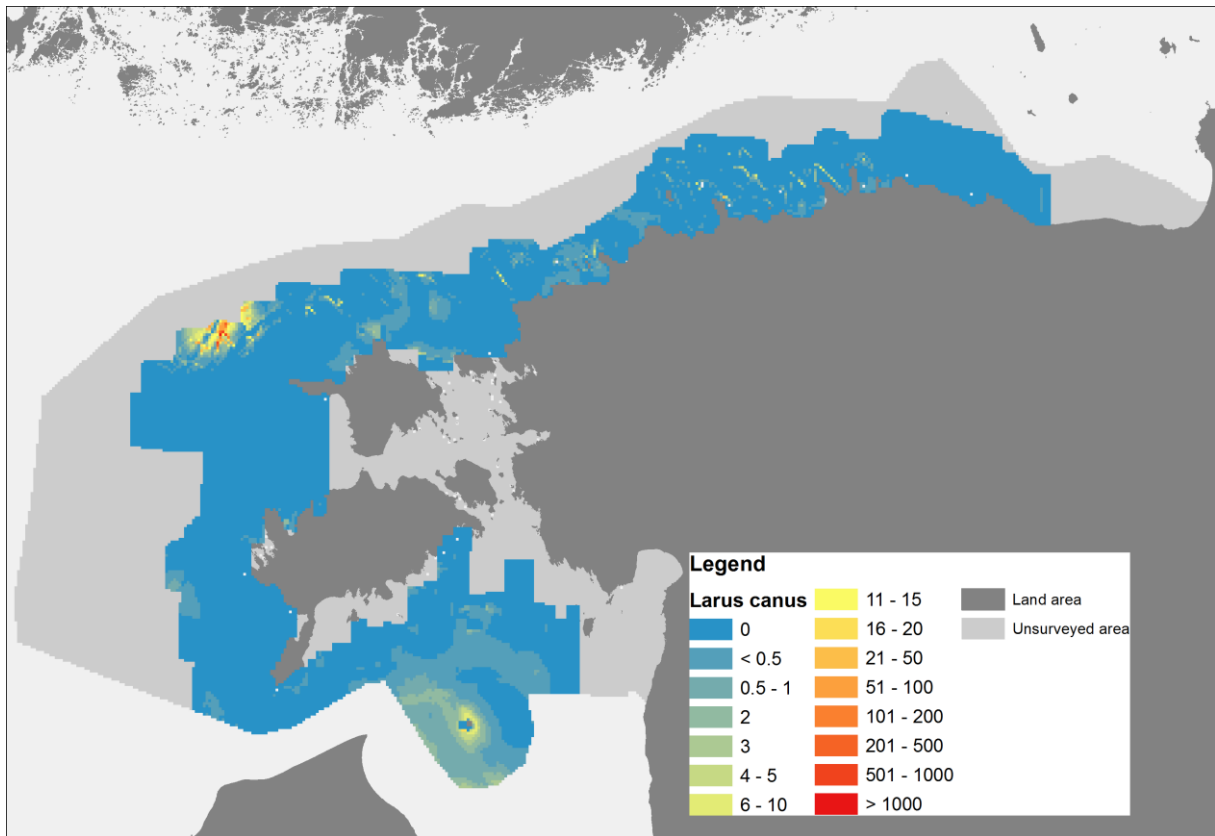
Väikekajakas on väljaspool pesitsusperioodi pelaagilise levikuga liik. Varasem, ametlik väikekajaka arvukusehinnang oli 500 - 5000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Väikekajaka 2021.a. talviseks hinnanguks on 330 – 870 isendit (tabel 4.). Kõik väikekajaka talvitusalaad asuvad rannikust eemal avamerel (joonis 25).



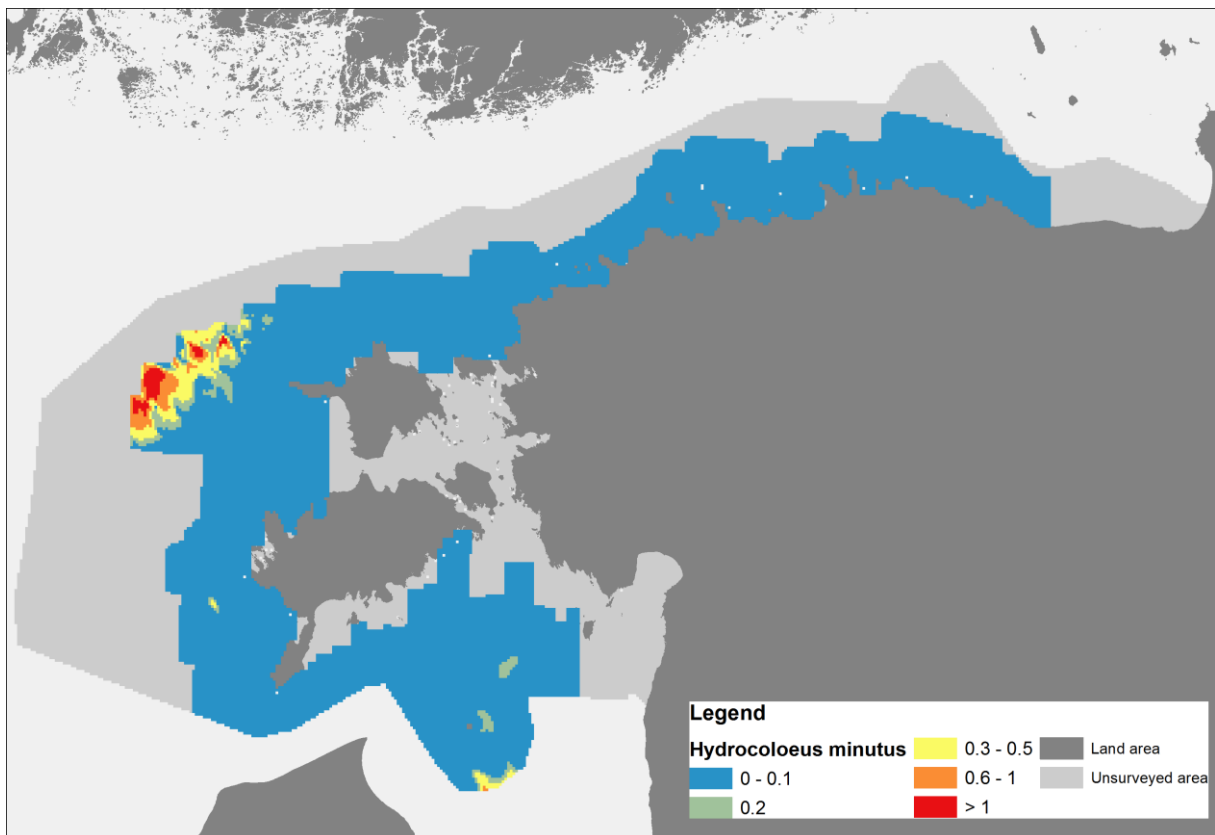
Joonis 22. Määramata kajakate (hõbe- ja kalakajakas) talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.



Joonis 23. Hõbekajaka talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.



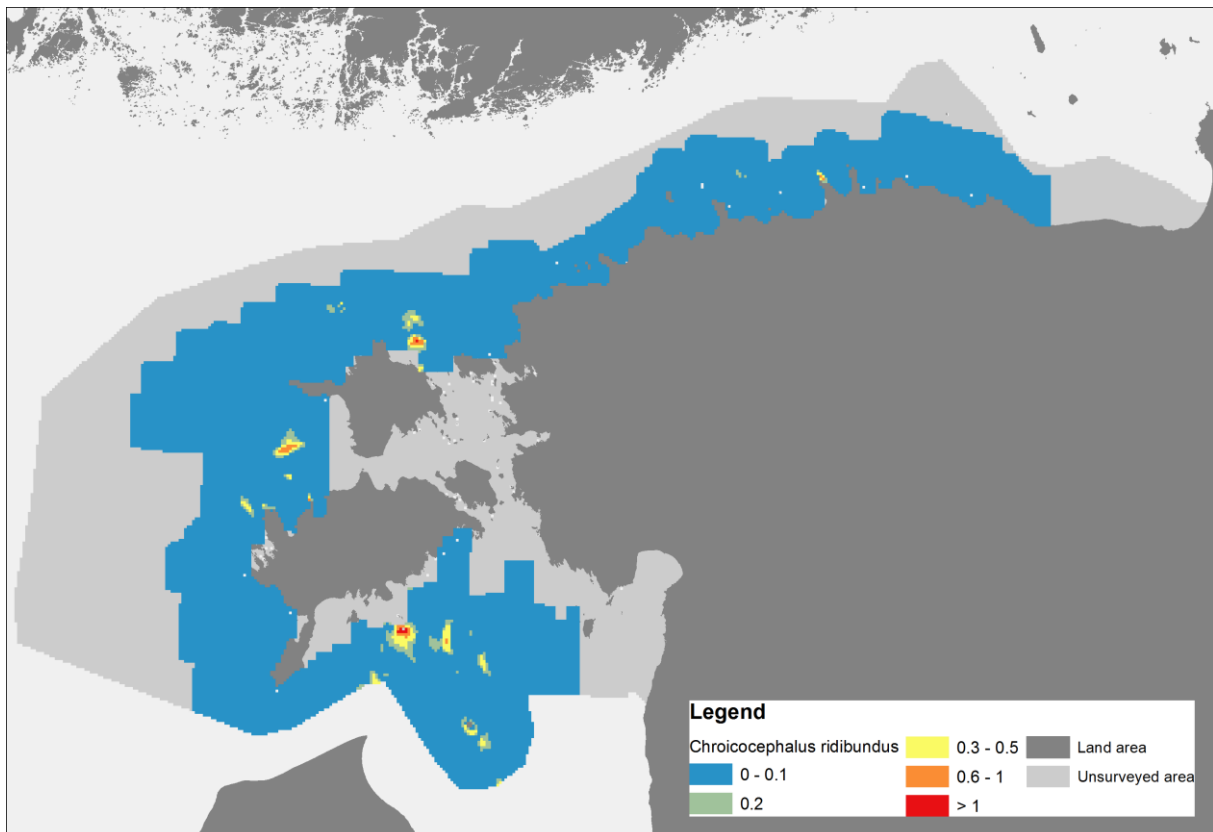
Joonis 24. Kalakajaka talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.



Joonis 25. Väikekajaka talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

5.8.4. Naerukajakas

Naerukajaka talviseks arvukuseks on hinnatud 500 – 3000 isendit (Elts *et al.*, 2019). Kuna tegemist on siiski suhteliselt väikesearvulise talvitava kajakaliigiga, siis olid 2021.a. tulemused selles osas ka suhteliselt kesised. Kokku loendati vaid 43 isendit, mis andis arvukushinnanguks 140 – 300 isendit. Reeglina kohati seda liiki väga väikestes parvedes, ühe kuni viie kaupa (joonis 26).



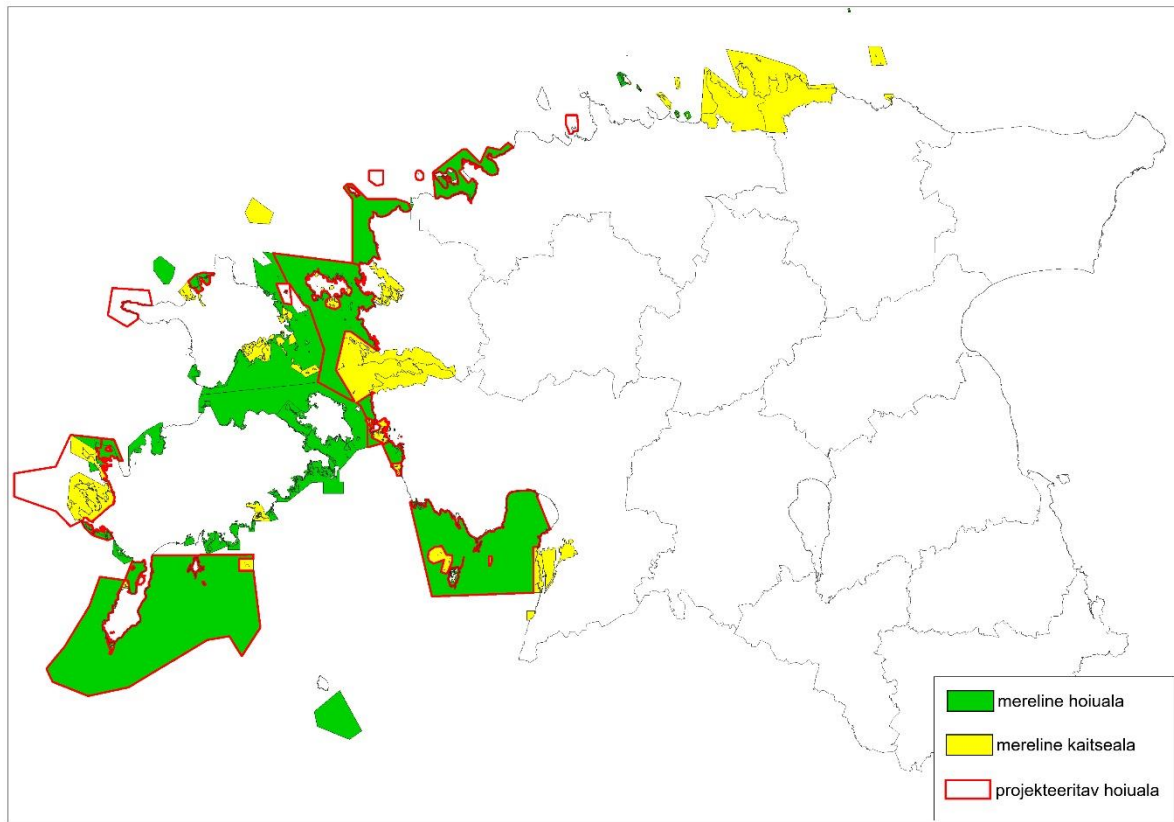
Joonis 26. Naerukajaka talvine levik ja arvukus Eesti vetes 2021.a. veebruaris.

6. Merelindude arvukus kaitstavatel aladel

Eesti merealade tähtsus lindudele tuleneb paiknemisest vahetult Ida-Atlandi rändeteel ja mereelupaikade sobivusest paljudele liikidele, pakkudes häid toitumis- ja puhkevõimalusi. Suurel osal meil rändel peatuvatest lindudest pesitsevad Arktikas – valdavalt Venemaa tundraaladel Koola poolsaarest läänes kuni Taimõri poolsaareni idas. Linnud kasutavad paljusid Eesti meresaari ja -laide, samuti rannikualasid pesitsemiseks, kus paljud liigid koonduvad pesitsuskolooniatesse. Veelgi suuremal arvul aga koondub siia linde väljaspool pesitsusperioodi. Juba pesitsemise ajal (juunis-juulis) tekivad kohalikel pesitsejatel sulgimiskogumid (harilik hahk, sõtkas, kormoran jt). Sulgimiskogumid võivad paikneda pesitsusaladest eraldi, sel juhul täheldatakse ka nn. sulgimisrännet, mis võib ulatuda sadadesse (haha isalinnud) või tuhandetesse km (mustvaera sulgimisränne Venemaa tundraaladelt Läänemerele). Merelindude sulgimiskogumid paiknevad nii avameremadalatel (mustvaeras, hahk), või ka rannikumere ja merelahtedes (sõtkad, ujupardid, kühmnokk-luik, hallhani jt), kus nad võivad kaotada kas või osaliselt lennuvõime. Juba kesksuvel algab nn. lindude sügisränne arktilistelt pesitsusaladelt, mis sõltuvalt liigist vältab oktoobri lõpuni. Terve rida liike rändab siit peatumata läbi (läbiränne), paljud aga moodustavad rändekogumeid. Eesti rannikul ja avameres tekkivad sügisränne kogumid on sõltuvalt liikidest on kas ajutised, s.t. linnud rändavad pärast nuumamist edasi talvitus-aladele või püsivad – s.t. jäävad meie vetesse talvituma moodustades **talvituskogumeid**. Seoses soojade talvedega on Läänemere põhjaosa tähtsus talvitavatele merelindudele järk-järgult kasvanud. Märkimisväärne merelindude koondumine meie vetesse toimub kevadel (kevadrände kogumid) pärast jää minekut, mil lisaks meil talvitavatele lindudele nuumavad end Eesti merealadel ka mujal talvitavad liigid, eriti Siberi tundra- ja taigavööndisse pesitsema suunduvad aulid, vaerad, luiged, haned ja lagled.

Eesti territoriaalmeres asub hulk kaitstavaid merelisi alasid. Mereliste alade all käsitletakse käesolevas töös alasid millel on piir rannikuga ja mis hõlmab vähemalt mingit mereosa. Seetõttu on need alad väga erinevad. Ühest küljest Kura kurgu hoiuala, mis hõlmab ainult rannikumerd ning avamereosa ning teisest küljest näiteks Matsalu Rahvuspark mille piirid ulatuvad kaugele sisemaale (joonis 27).

Kõikide mereliste kaitstavate alade kohta arvutati veelindude keskmised arvukushinnangud. Nagu võib arvata merelinnurikkaim ala on Kura kurgu hoiuala. Arvukushinnangutest annab alade kaupa ülevaate tabel 5-6.



Joonis 27. Merelised kaitstavad alad Eesti territoriaalmeres

Tabel 5. Merelindude talvise arvukuse hinnang (isendites) Eesti merelistel hoiualadel, 2021.a. lennuloenduste põhjal.

Hoiuala nimi	Aul	Vardid	Tõmmuvaeras	Mustvaeras	Vaerad	Sõtkas
Abruka hoiuala	0	0	0	0	0	0
Gretagrundi hoiuala	7850	0	5	120	0	0
Hiiu madala hoiuala	6650	0	140	60	410	40
Jaandi hoiuala	0	0	0	0	0	0
Kahtla-Kübassaare hoiuala	0	0	0	0	0	0
Karala-Pilguse hoiuala	0	0	0	0	0	230
Kasti lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0
Kaugatoma-Lõu hoiuala	0	0	0	0	0	0
Kolga lahe hoiuala	19	0	0	0	0	10
Koorunõmme hoiuala	3460	4870	250	420	0	1420
Kura kurgu hoiuala	5340	10	2110	510	20	1640
Kuessaare lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0

Kõrgessaare-Mudaste	15	0	0	0	0	110
Küdema lahe hoiuala	630	3140	52	0	0	0
Lindmetsa hoiuala	0	0	0	0	0	0
Nõva-Osmussaare hoiuala	43500	0	220	20	120	2520
Nässuma hoiuala	0	0	0	0	0	0
Paljassaare hoiuala	480	125	0	0	30	180
Pakri hoiuala	2650	0	0	0	520	1450
Pammana hoiuala	0	0	0	0	0	0
Pärnu lahe hoiuala	15	0	0	0	0	0
Prangli hoiuala	0	0	0	0	0	80
Raespa hoiuala	0	0	0	0	0	0
Rame hoiuala	0	0	0	0	0	0
Rannaniidi hoiuala	0	0	0	0	0	0
Ranna-Päitse hoiuala	0	0	0	0	0	0
Riksu ranniku hoiuala	12	0	0	0	0	380
Ruhnu hoiuala	0	0	0	0	0	0
Siiksaare-Oessaare hoiuala	0	0	0	0	0	0
Sutu lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0
Sõmeri hoiuala	0	0	0	0	0	0
Tagamõisa hoiuala	920	2600	290	0	320	920
Vanamõisa lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0
Vesitükimaa hoiuala	0	0	0	0	0	0
Võilaiu hoiuala	0	0	0	0	0	0
Väinamere hoiuala	4720	980	90	30	0	11400

Hoiuala nimi	Kaurid	Jääkoskel	Rohukoskel	Väikekajakas	Kalakajakas	Hõbekajakas	kajakas
Abruka hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Gretagrundi hoiuala	0	20	0	0	180	260	1560
Hiiu madala hoiuala	0	5	0	5	70	120	450
Jaandi hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Kahtla-Kübassaare hoiuala	0	5	0	0	0	0	0
Karala-Pilguse hoiuala	0	50	0	0	0	0	0
Kasti lahe hoiuala	0	0	0	0	40	70	340
Kaugatoma-Lõu hoiuala	0	0	0	0	10	40	120
Kolga lahe hoiuala	0	50	0	0	10	20	60
Koorunõmme hoiuala	0	70	0	0	20	20	130
Kura kurgu hoiuala	45	2450	700	50	70	1200	2300
Kuressaare lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Kõrgessaare-Mudaste	0	0	0	0	0	0	0
Küdema lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Lindmetsa hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Nõva-Osmussaare hoiuala	0	740	0	0	30	110	230
Nässuma hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Paljassaare hoiuala	0	110	0	0	10	20	70

Pakri hoiuala	0	520	0	0	30	40	210
Pammana hoiuala	0	0	0	0	10	10	90
Pärnu lahe hoiuala	0	260	0	0	20	20	40
Prangli hoiuala	0	120	0	0	0	0	0
Raespa hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Rame hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Rannaniidi hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Ranna-Päitse hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Riksu ranniku hoiuala	0	30	0	0	0	0	0
Ruhnu hoiuala	0	60	0	0	20	30	120
Siiksaare-Oessaare hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Sutu lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Sõmeri hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Tagamõisa hoiuala	0	60	190	0	0	0	0
Vanamõisa lahe hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Vesitükimaa hoiuala	0	0	40	0	10	10	20
Võilaiu hoiuala	0	0	0	0	0	0	0
Väinamere hoiuala	0	1100	0	0	120	310	590

Tabel 6. Merelindude talvise arvukuse hinnang (isendites) merelistel kaitsealadel, 2021.a. lennuloenduste põhjal.

Kaitseala nimi	Aul	Vardid	Tõmmuvaeras	Mustvaeras	Vaerad	Sõtkas
Allirahu looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Aegna maastikukaitseala	40	5	0	0	0	120
Apollo merekaitseala	31980	0	0	0	0	0
Hiiumaa laidude maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0
Kabli looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Kihnu laidude looduskaitseala	0	0	0	0	0	120
Kolga lahe maastikukaitseala	0	0	70	0	190	70
Käina-Kassari maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0
Kõpu merekaitseala (projekteeritav)	1750	0	0	5	210	0
Lahemaa rahvuspark	740	0	10	0	150	1640
Laidevahe looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Letipea maastikukaitseala	52	0	0	0	0	30
Luitemaa looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Matsalu rahvuspark	0	0	0	0	0	0
Naissaare looduspark	120	0	0	0	0	180
Neugrundi looduskaitseala (proj.)	2450	0	0	0	0	0
Paope looduskaitseala	8	0	0	0	0	30
Prangli maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0
Puhtu-Laelatu looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Rahuste looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Sarve maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0
Sorgu looduskaitseala	0	0	0	0	0	0
Sääre looduskaitseala	140	0	0	0	0	0
Uhtju looduskaitseala	1580	0	0	0	0	70
Vahtrepa maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0
Varbla laidude maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0

Vesitükimaa laiud	0	0	0	0	0	0
Vilsandi rahvuspark	5420	0	15	0	340	1140
Vilsandi rahvuspark (projekteeritav)	12790	2600	15	10	340	2230
Vormsi maastikukaitseala	130	0	0	0	0	0

Kaitseala nimi	Kaurid	Jääkoskel	Rohukoskel	Väikekajakas	Kalakajakas	Hõbekajakas	kajakas
Allirahu looduskaitseala	0	0	0	0	5	5	10
Aegna maastikukaitseala	0	120	0	0	0	0	0
Apollo merekaitseala	0	0	0	5	0	0	0
Hiiumaa laidude maastikukaitseala	0	0	0	5	0	0	0
Kabli looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Kihnu laidude looduskaitseala	0	20	0	0	0	0	0
Kolga lahe maastikukaitseala	0	50	0	0	0	0	0
Käina-Kassari maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Kõpu merekaitseala (proj.)	0	60	0	0	0	0	0
Lahemaa rahvuspark	0	1260	0	0	20	120	210
Laidevahe looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Letipea maastikukaitseala	0	210	0	0	5	5	20
Luitemaa looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Matsalu rahvuspark	0	0	0	0	0	0	0
Naissaare looduspark	0	0	0	0	5	10	10
Neugrundi looduskaitseala (proj.)	0	0	0	0	5	5	10
Paope loodudkaitsela	0	0	0	0	0	0	0
Prangli maastikukaitseala	0	60	0	0	0	0	0
Puhtu-Laelatu looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Rahuste looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Sarve maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Sorgu looduskaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Sääre looduskaitseala	0	0	0	0	5	5	10
Uhtju looduskaitseala	0	30	0	0	0	5	10
Vahtrepa maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Varbla laidude maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0	0
Vesitükimaa laiud	0	0	0	0	0	0	0
Vilsandi rahvuspark	0	240	70	5	10	20	50
Vilsandi rahvuspark (proj.)	30	310	380	10	60	120	240
Vormsi maastikukaitseala	0	0	0	0	0	0	0

7. Mudeli väljund

Long tailed Duck *Clangula hyemalis*

Detection model

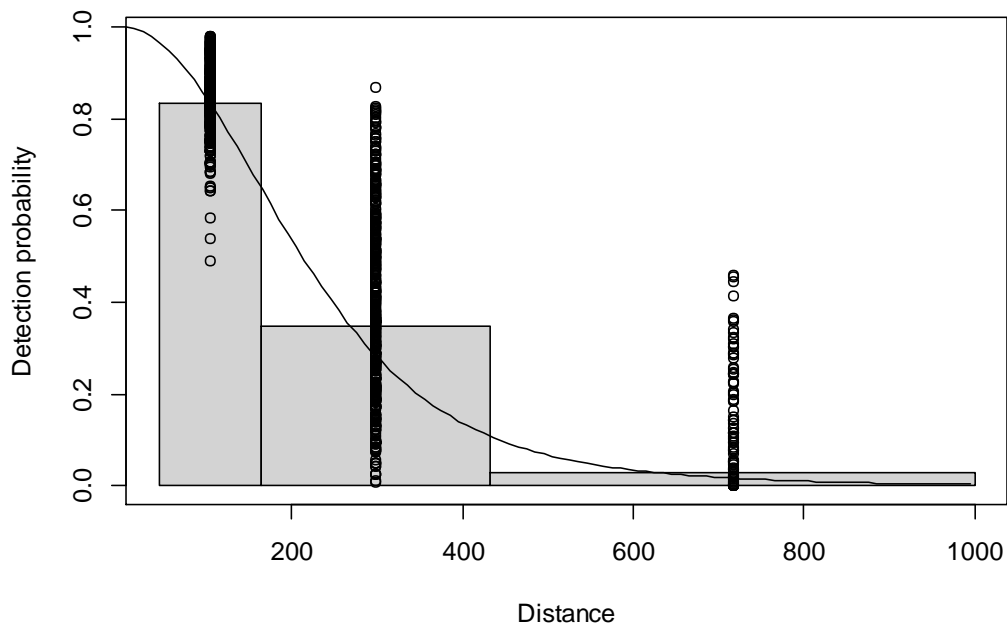
Summary for ds object
Number of observations : 1114
Distance range : 44 - 1000
AIC : 1838.994

Detection function:
Half-normal key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):

	estimate	se
Intercept(L.Luigujoe,seat1)	5.48034694	0.10368871
log(size)	0.10432415	0.01682285
expertT.Kaasiku	-0.33731179	0.08162962
expertT.Valker	-0.30697809	0.12140611
expertU.Paal	-0.45453167	0.08653689
seat2	0.09749412	0.07189255
waves	-0.10569020	0.02842513
sun	0.21820651	0.05523071
snowing	-0.21590460	0.12918158

	Estimate	SE	CV
Average p	0.2091462	7.631388e-03	0.03648830
N in covered region	5326.4178501	2.425986e+02	0.04554629



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(depth, k = 4) + s(depth.var,
k = 4) + s(dicoarse, k = 4) + s(dimuddy, k = 4) + s(disand,

```
k = 4) + s(ice, k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -13.74748 0.05684 -241.8 <2e-16 ***
```

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

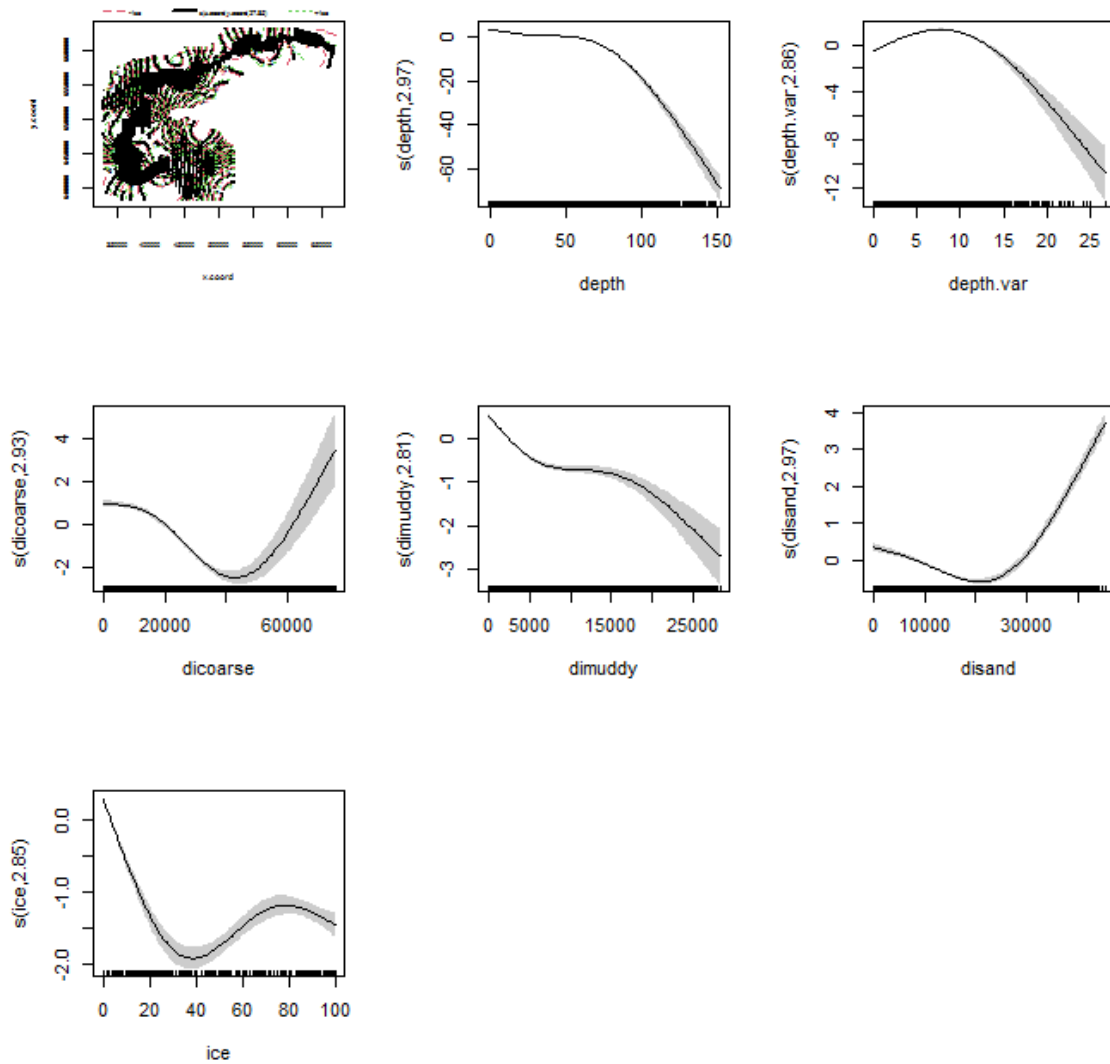
Approximate significance of smooth terms:

```
edf Ref.df F p-value
s(x.coord,y.coord) 27.846 28.854 453.5 <2e-16 ***
s(depth) 2.969 2.999 1669.2 <2e-16 ***
s(depth.var) 2.864 2.983 735.3 <2e-16 ***
s(dicoarse) 2.934 2.988 288.1 <2e-16 ***
s(dimuddy) 2.807 2.970 201.1 <2e-16 ***
s(disand) 2.969 2.999 565.4 <2e-16 ***
s(ice) 2.848 2.980 456.4 <2e-16 ***
```

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

R-sq.(adj) = 0.0539 Deviance explained = 35.7%

-REML = 29087 Scale est. = 24.695 n = 9168



Velvet Scoter *Melanitta fusca*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 77
Distance range : 44 - 1000
AIC : 132.7083

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

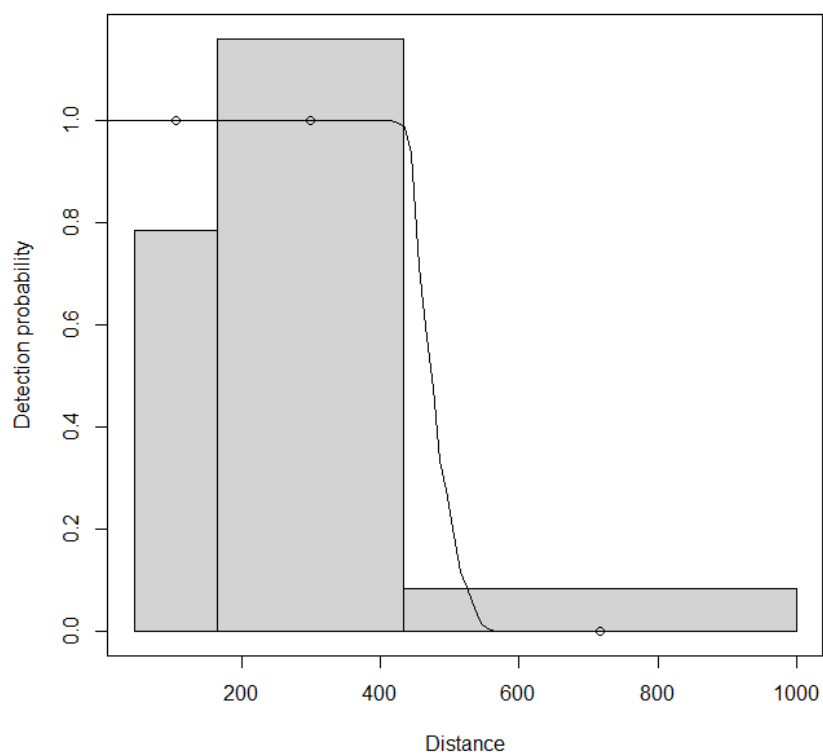
Scale coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	6.27870574	863.45461478
waves	-0.05658928	0.06786946

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	4.242996	99996.27

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4537361	0.03210017	0.07074635
N in covered region	169.7021740	18.68456707	0.11010211



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(temp,
k = 4) + s(depth, k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast,

k = 4) + s(coarse, k = 4) + s(rock, k = 4) + s(sand, k = 4) +
s(mixed, k = 4) + s(muddy, k = 4) + s(dicoarse, k = 4) +
s(dirock, k = 4) + s(disand, k = 4) + s(dimixed, k = 4) +
s(dimuddy, k = 4) + s(shipping, k = 4) + offset(off.set)

Parametric coefficients:

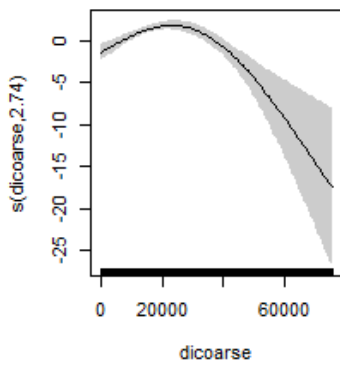
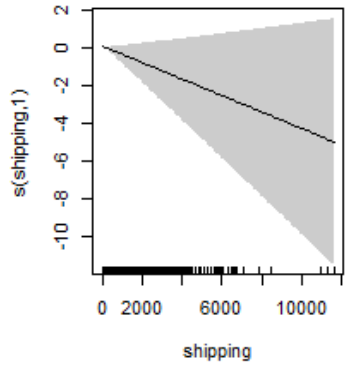
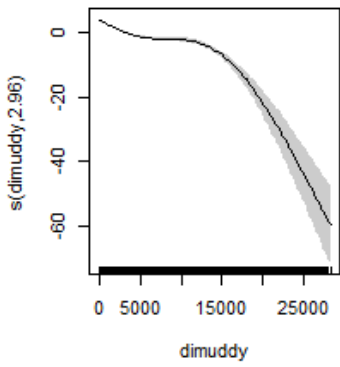
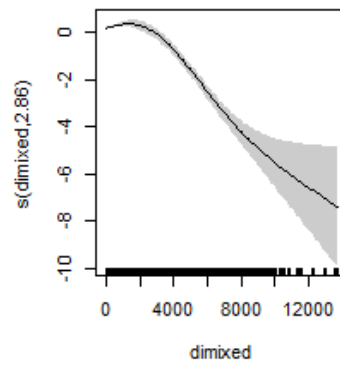
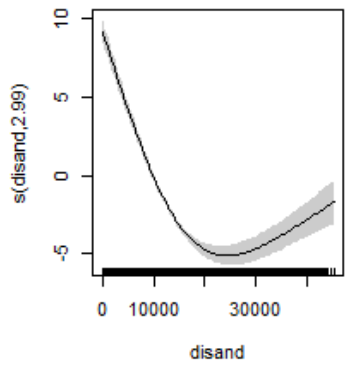
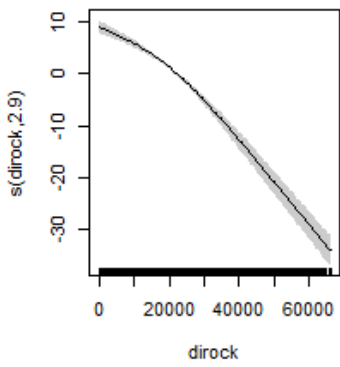
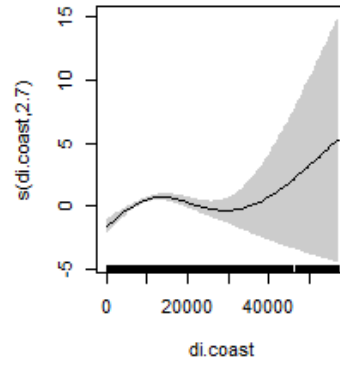
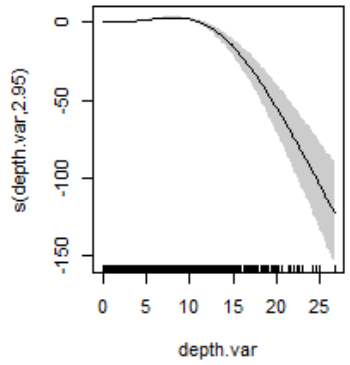
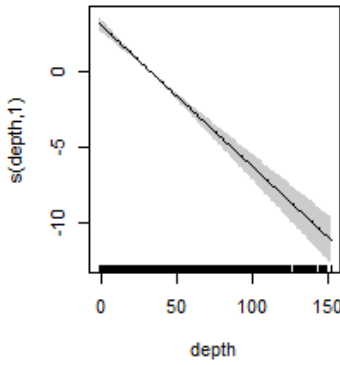
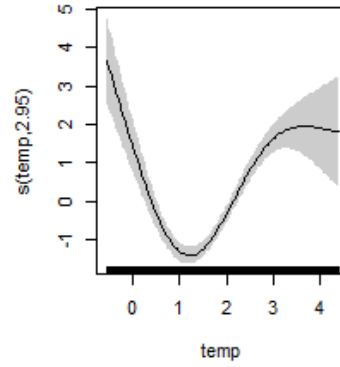
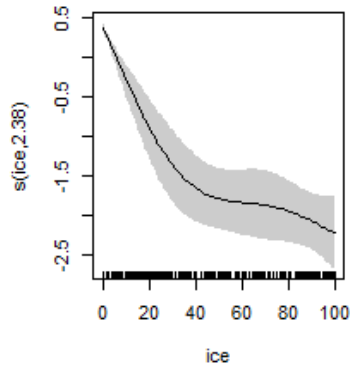
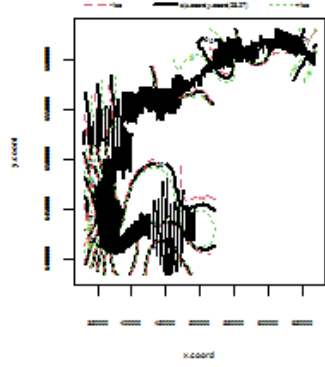
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-32.41	30.58	-1.06	0.289

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value	
s(x.coord,y.coord)	28.270	28.812	95.882	<2e-16	***
s(ice)	2.379	2.677	67.593	<2e-16	***
s(temp)	2.954	2.998	63.218	<2e-16	***
s(depth)	1.004	1.008	216.793	<2e-16	***
s(depth.var)	2.954	2.998	91.222	<2e-16	***
s(di.coast)	2.699	2.919	25.056	<2e-16	***
s(coarse)	2.969	2.998	43.382	<2e-16	***
s(rock)	2.945	2.996	21.944	<2e-16	***
s(sand)	2.890	2.980	28.084	<2e-16	***
s(mixed)	2.956	2.991	246.813	<2e-16	***
s(muddy)	2.820	2.957	38.415	<2e-16	***
s(dicoarse)	2.742	2.933	24.316	<2e-16	***
s(dirock)	2.903	2.986	199.282	<2e-16	***
s(disand)	2.985	2.999	321.613	<2e-16	***
s(dimixed)	2.861	2.984	133.646	<2e-16	***
s(dimuddy)	2.960	2.998	219.956	<2e-16	***
s(shipping)	1.000	1.000	2.454	0.117	

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

R-sq.(adj) = 0.373 Deviance explained = 59.7%
-REML = 11001 Scale est. = 2.3519 n = 9168



Black Scoter *Melanitta nigra*

Detection model

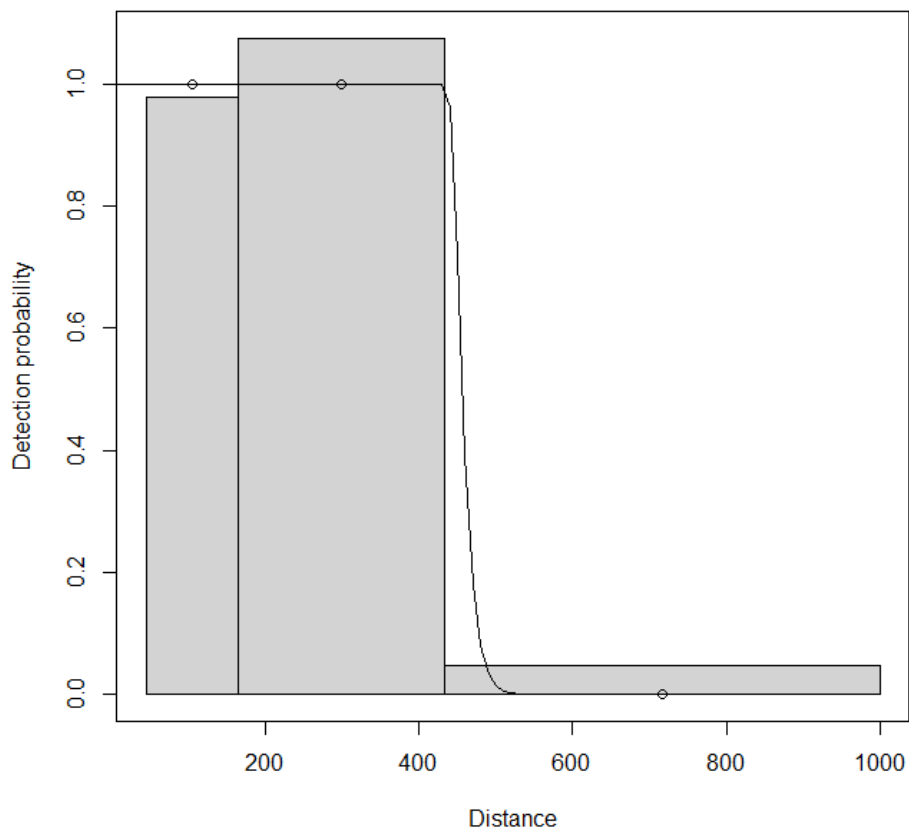
Summary for ds object
Number of observations : 48
Distance range : 44 - 1000
AIC : 80.62982

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
estimate se
(Intercept) 6.114828 6.138108

Shape coefficient(s):
estimate se
(Intercept) 3.745035 415.1383

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4340322	0.05029872	0.1158871
N in covered region	110.5908800	17.56300595	0.1588106



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(temp,
k = 4) + s(depth, k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(dirock,

```

k = 4) + s(disand, k = 4) + s(dimixed, k = 4) + s(dimuddy,
k = 4) + s(shipping, k = 4) + offset(off.set)

```

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-42.31	12.12	-3.49	0.000486 ***

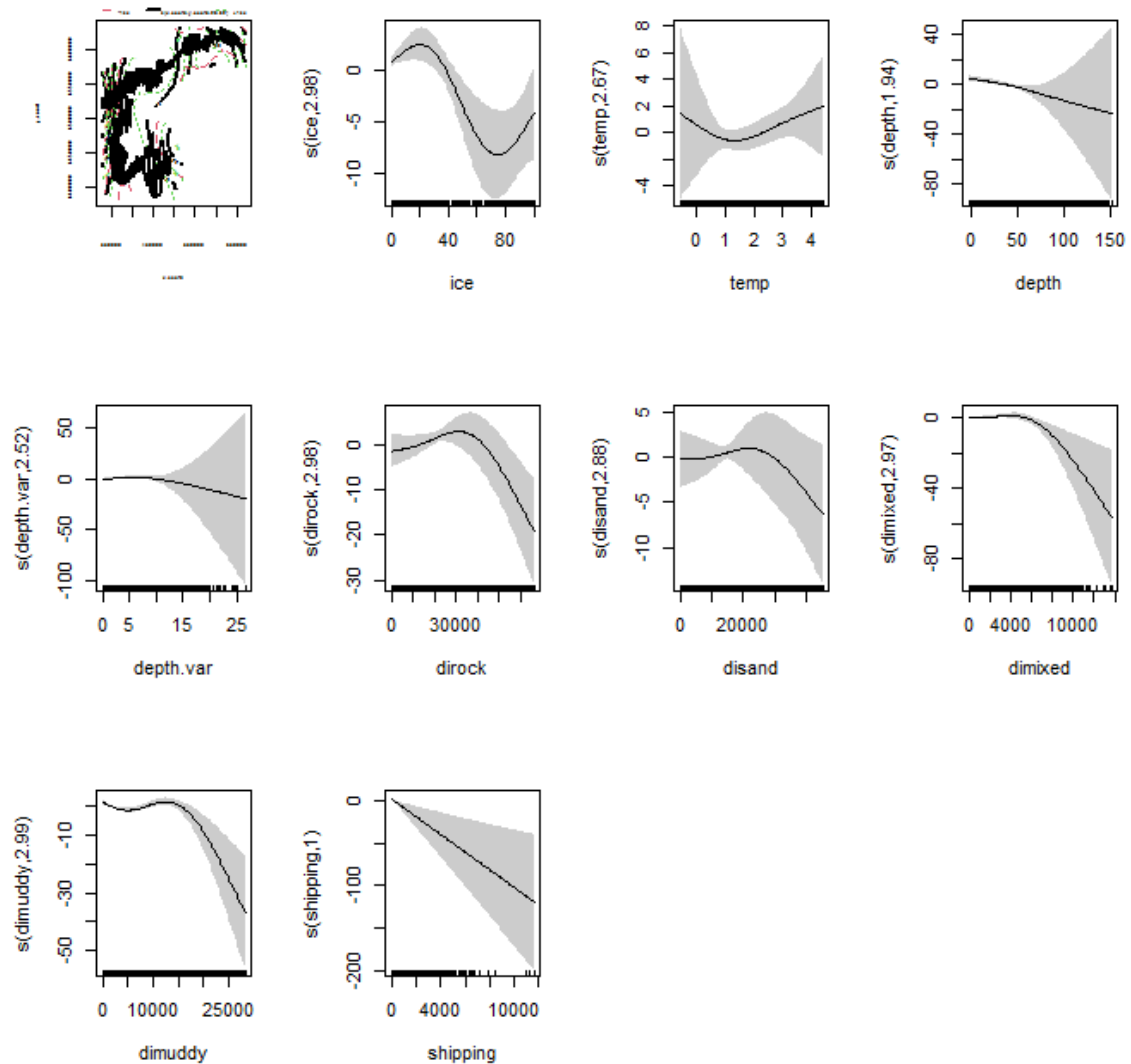
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	26.624	27.382	4.970	< 2e-16 ***
s(ice)	2.975	2.999	5.469	0.000950 ***
s(temp)	2.668	2.921	1.515	0.265313
s(depth)	1.936	2.058	12.921	1.48e-06 ***
s(depth.var)	2.516	2.778	7.864	0.001109 **
s(dirock)	2.977	2.999	6.314	0.000242 ***
s(disand)	2.884	2.986	1.309	0.234802
s(dimixed)	2.967	2.999	4.554	0.003968 **
s(dimuddy)	2.990	3.000	10.370	1.30e-06 ***
s(shipping)	1.000	1.000	9.710	0.001839 **

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

R-sq. (adj) = 0.199 Deviance explained = 54.8%
-REML = 8241 Scale est. = 20.246 n = 9168



Scoters *Melanitta sp.*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 146
Distance range : 44 - 1000
AIC : 238.0588

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

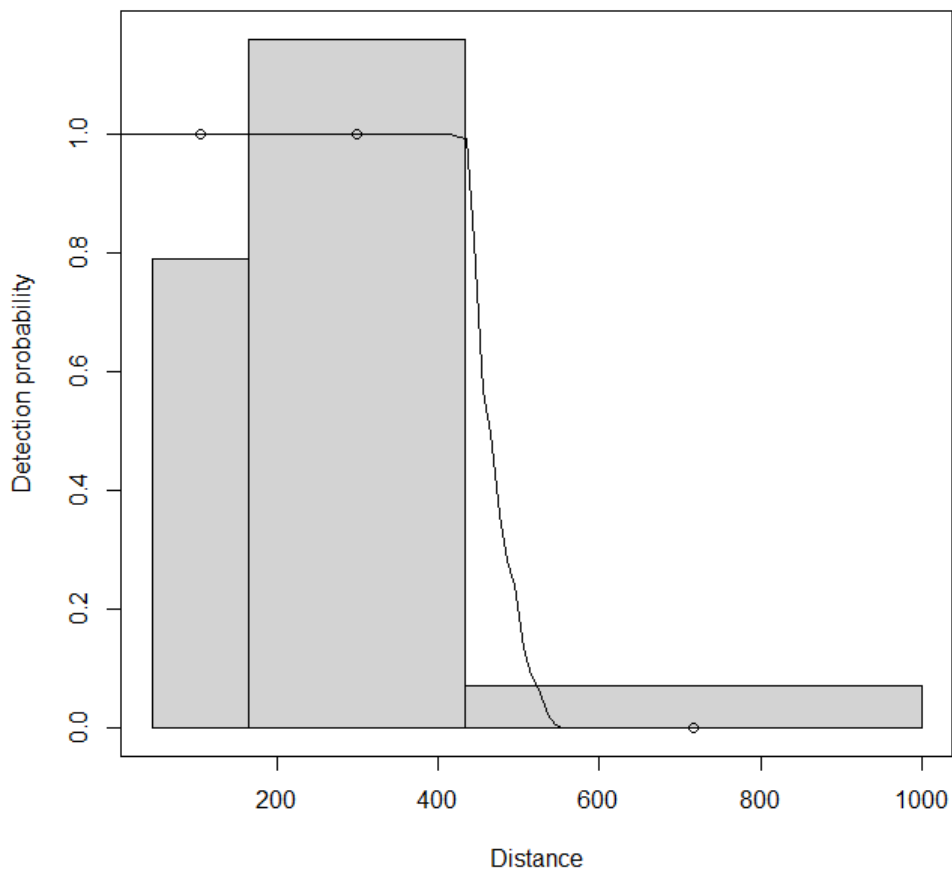
Scale coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	6.26952974	505.92409029
waves	-0.05690515	0.03976707

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	4.455113	72995.27

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4463792	0.0238535	0.05343775
N in covered region	327.0761404	26.6923971	0.08160912



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(temp,
k = 4) + s(depth, k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast,
k = 4) + s(sand, k = 4) + s(mixed, k = 4) + s(dicoarse, k = 4) +
s(dirock, k = 4) + s(disand, k = 4) + s(dimixed, k = 4) +
s(dimuddy, k = 4) + s(shipping, k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -24.807      1.039  -23.87  <2e-16 ***
```

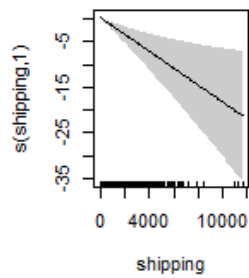
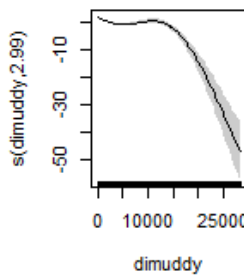
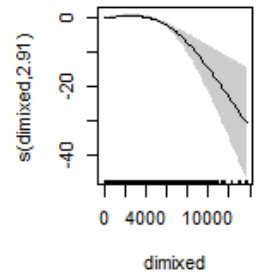
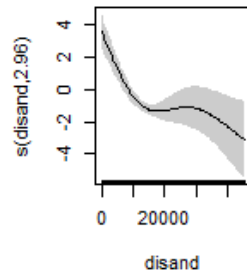
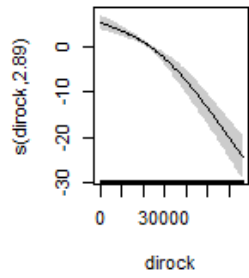
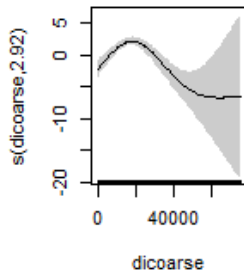
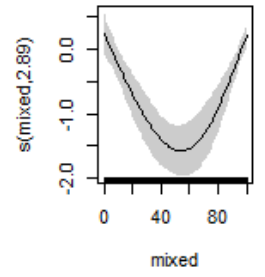
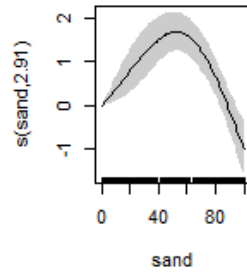
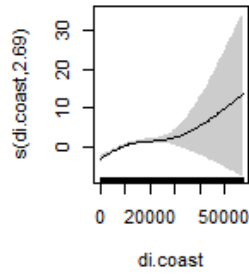
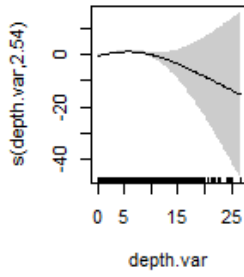
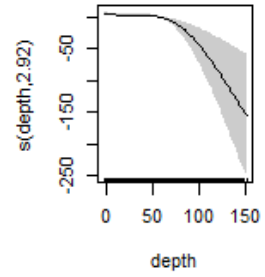
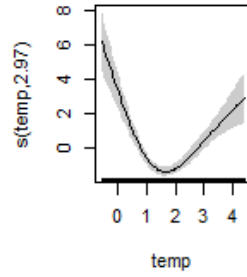
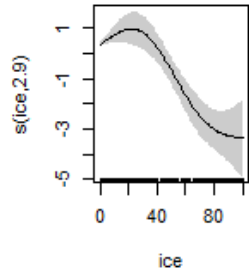
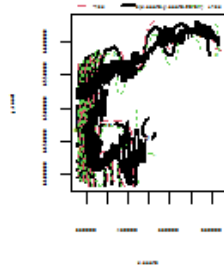
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.638	28.975	21.56	< 2e-16 ***
s(ice)	2.895	2.991	20.45	< 2e-16 ***
s(temp)	2.974	2.999	37.39	< 2e-16 ***
s(depth)	2.925	2.994	19.64	< 2e-16 ***
s(depth.var)	2.544	2.807	18.48	< 2e-16 ***
s(di.coast)	2.692	2.913	23.34	< 2e-16 ***
s(sand)	2.912	2.992	26.46	< 2e-16 ***
s(mixed)	2.892	2.989	22.79	< 2e-16 ***
s(dicoarse)	2.924	2.991	26.94	< 2e-16 ***
s(dirock)	2.889	2.986	38.73	< 2e-16 ***
s(disand)	2.964	2.999	36.16	< 2e-16 ***
s(dimixed)	2.907	2.992	21.24	< 2e-16 ***
s(dimuddy)	2.989	3.000	38.47	< 2e-16 ***
s(shipping)	1.002	1.004	15.34	9.71e-05 ***

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

```
R-sq.(adj) = 0.113  Deviance explained = 42.2%
-REML = 15384  Scale est. = 25.069  n = 9168
```

Goldeneye *Bucephala clangula*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 455
Distance range : 44 - 1000
AIC : 686.2665

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

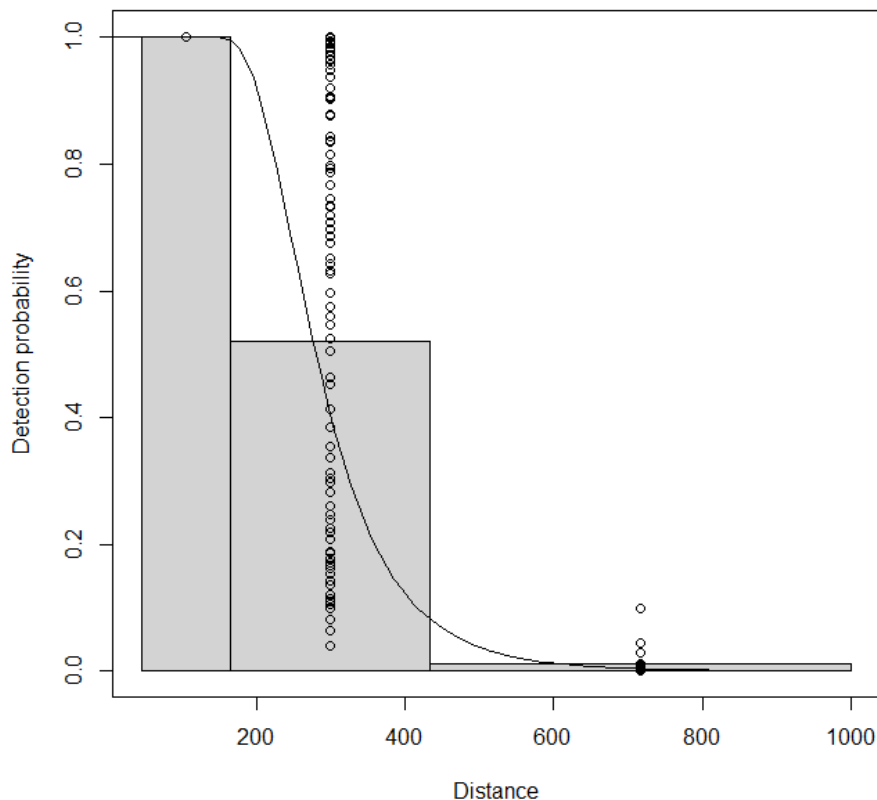
Scale coefficient(s):

	estimate	se
Intercept(L.Luigujo, seat1)	5.31787806	0.13675030
log(size)	0.09717605	0.02463095
expertT.Kaasiku	0.08928114	0.14048824
expertT.Valker	0.22687465	0.15422964
expertU.Paal	-0.07603616	0.12909332
seat2	0.15183392	0.10028208

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	1.949063	0.1960197

	Estimate	SE	CV
Average p	0.2668391	0.01278858	0.04792618
N in covered region	1705.1476643	107.18037848	0.06285695



Density surface model

Family: quasipoisson

Link function: log

Formula:

abundance.est ~ s(depth, k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast,
k = 4) + s(ice, k = 4) + s(x.coord, y.coord) + offset(off.set)

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-19.698	1.123	-17.54	<2e-16 ***

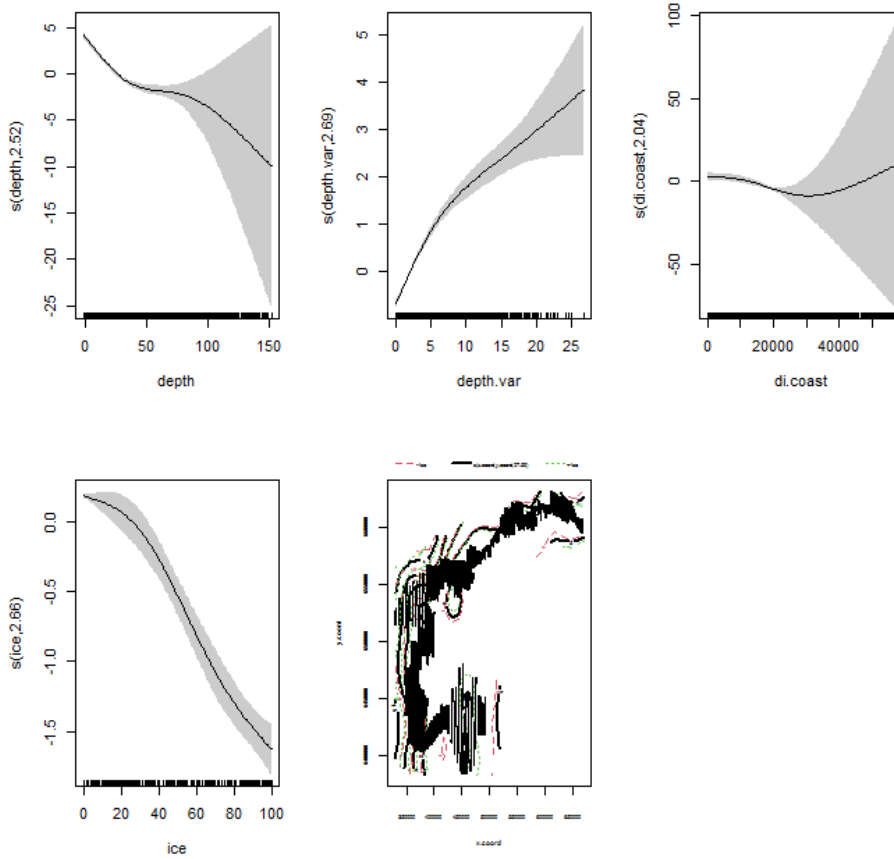
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(depth)	2.517	2.783	295.29	<2e-16 ***
s(depth.var)	2.690	2.928	130.56	<2e-16 ***
s(di.coast)	2.037	2.109	49.88	<2e-16 ***
s(ice)	2.656	2.898	141.97	<2e-16 ***
s(x.coord,y.coord)	27.592	28.553	85.94	<2e-16 ***

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

R-sq.(adj) = 0.115 Deviance explained = 52.7%
-REML = 18197 Scale est. = 16.432 n = 9168



Goosander *Mergus merganser*

Detection model

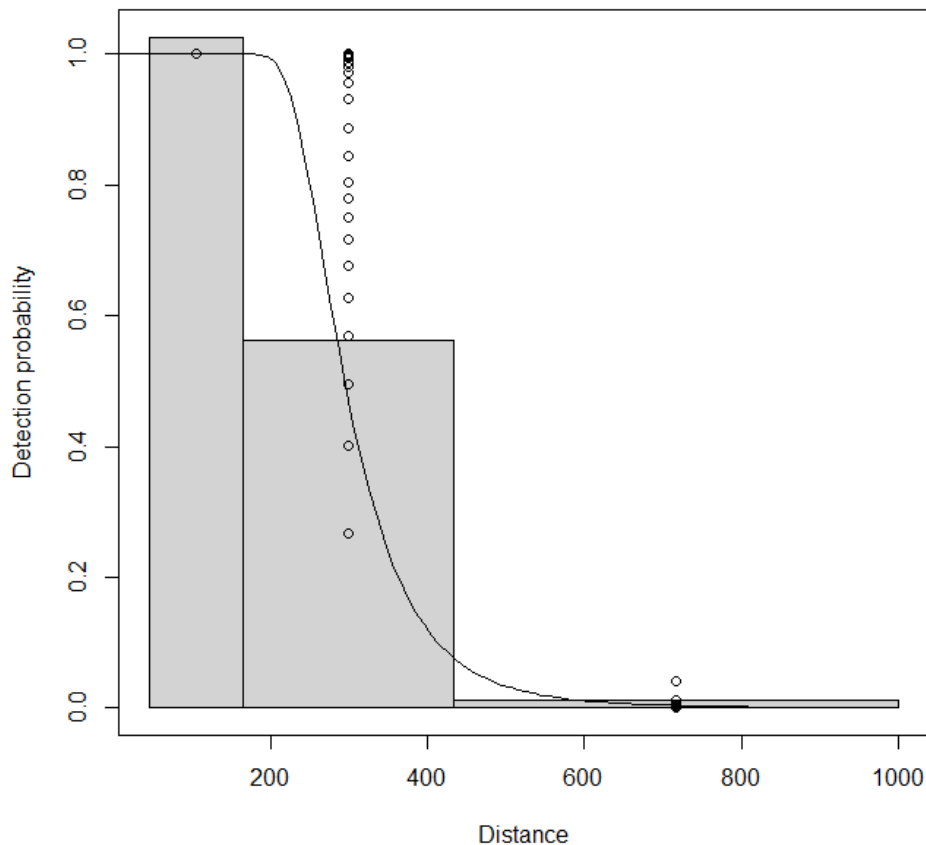
Summary for ds object
Number of observations : 490
Distance range : 44 - 1000
AIC : 758.7941

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 5.5117145 0.06233701
log(size) 0.1151381 0.03471863

Shape coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 1.832684 0.1176123

	Estimate	SE	CV
Average p	0.280768	0.01391877	0.04957391
N in covered region	1745.212925	109.49544833	0.06274045



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(temp,
k = 4) + s(depth, k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast,

k = 4) + s(shipping, k = 4) + offset(off.set)

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-17.5628	0.2078	-84.51	<2e-16 ***

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

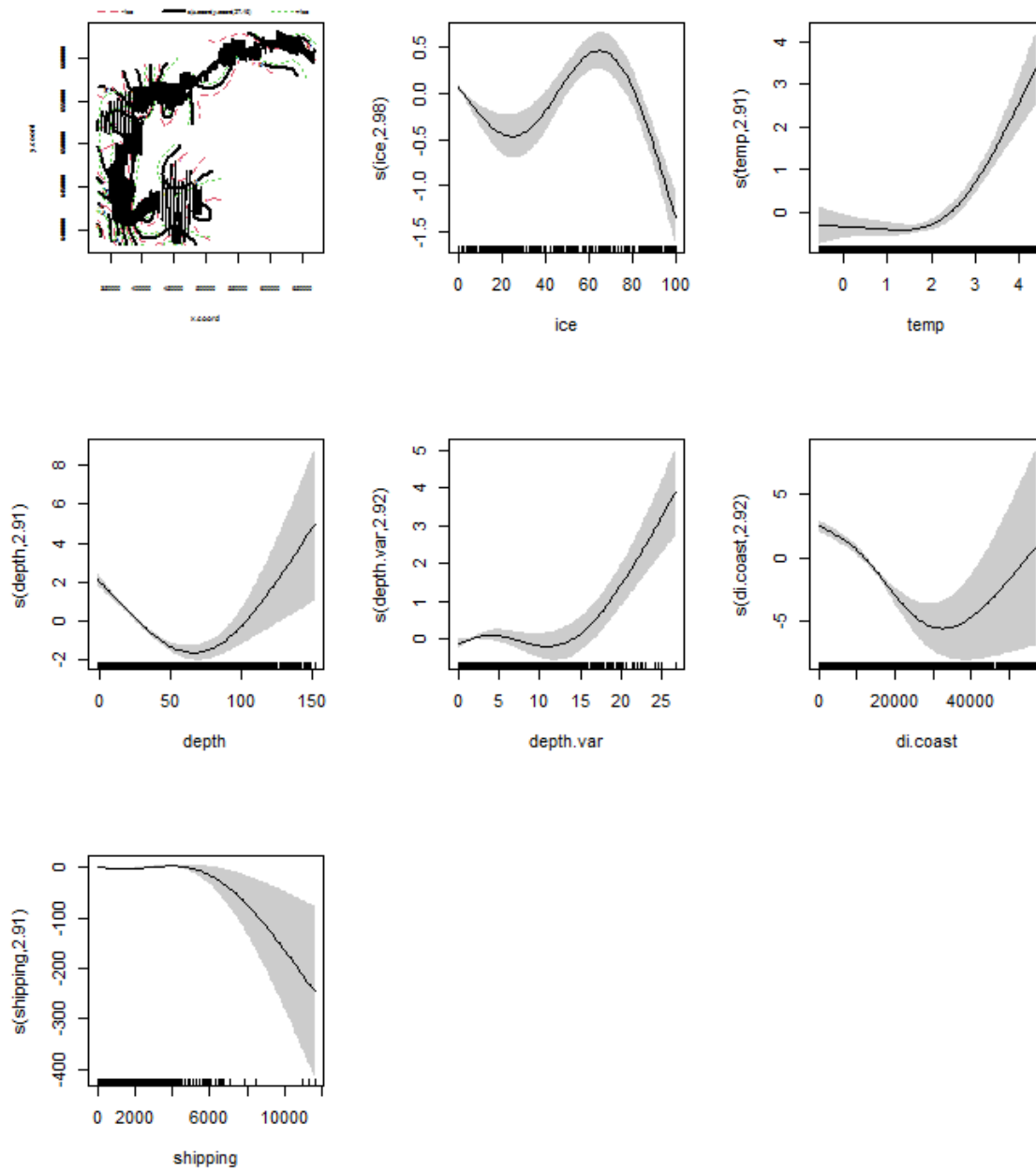
Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	27.164	28.473	21.80	< 2e-16 ***
s(ice)	2.977	2.999	34.89	< 2e-16 ***
s(temp)	2.908	2.992	25.95	< 2e-16 ***
s(depth)	2.913	2.990	72.16	< 2e-16 ***
s(depth.var)	2.923	2.995	14.42	< 2e-16 ***
s(di.coast)	2.924	2.983	52.52	< 2e-16 ***
s(shipping)	2.907	2.991	10.84	1.15e-06 ***

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

R-sq.(adj) = 0.0657 Deviance explained = 37%

-REML = 12038 Scale est. = 8.103 n = 9168



Swans *Cygnus sp.*

Detection model

Summary for ds object
 Number of observations : 225
 Distance range : 44 - 1000
 AIC : 368.9442

Detection function:
 Hazard-rate key function

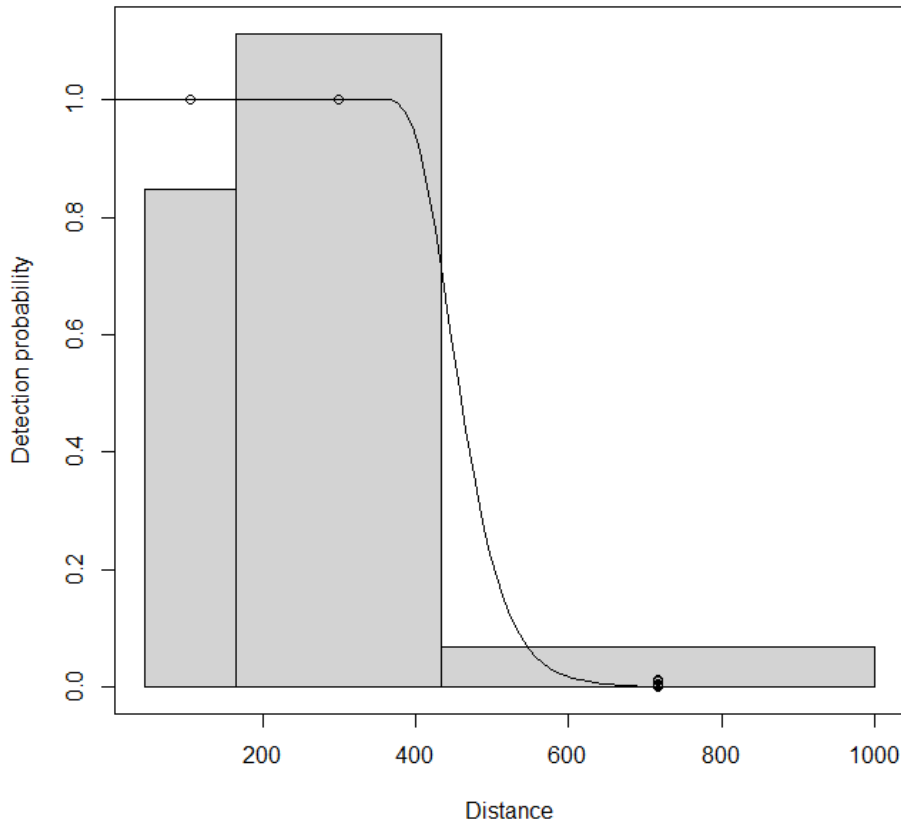
Detection function parameters
 Scale coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	5.99943385	0.18038853
log(size)	0.04214608	0.03209992

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	2.762923	1.404149

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4402464	0.02672615	0.06070725
N in covered region	511.0774074	40.19223162	0.07864216



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(depth, k = 4) + s(di.coast, k = 4) + offset(off.set)

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-27.857	1.035	-26.92	<2e-16 ***

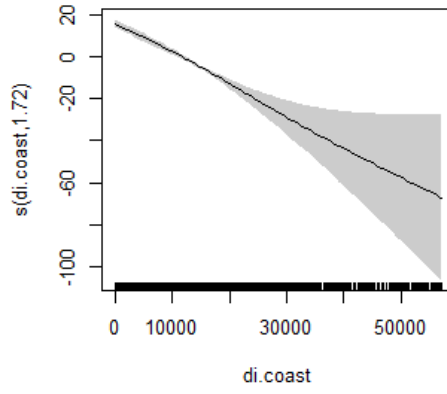
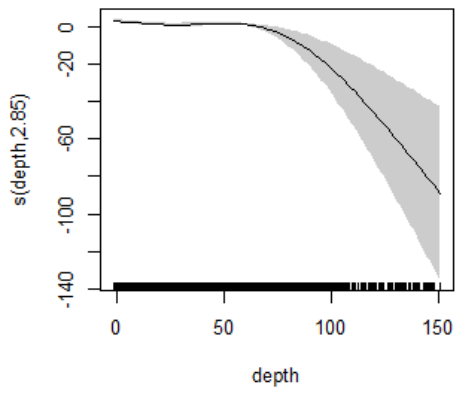
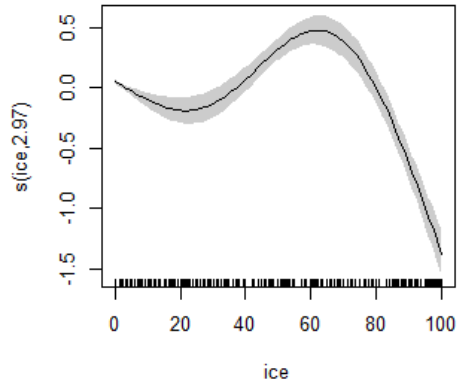
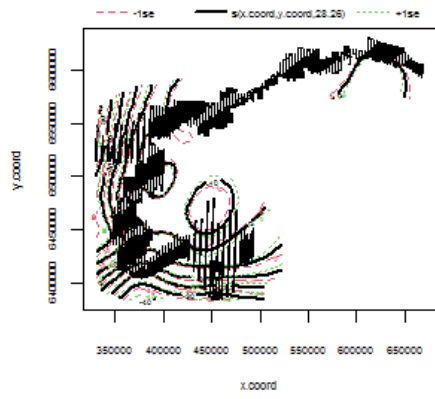
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.258	28.813	222.28	<2e-16 ***
s(ice)	2.969	2.999	91.62	<2e-16 ***
s(depth)	2.851	2.978	106.96	<2e-16 ***
s(di.coast)	1.725	1.936	725.62	<2e-16 ***

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

R-sq.(adj) = 0.135 Deviance explained = 60.7%
-REML = 16296 Scale est. = 7.6277 n = 9168



Mute Swan *Cygnus olor*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 191
Distance range : 44 - 1000
AIC : 333.7311

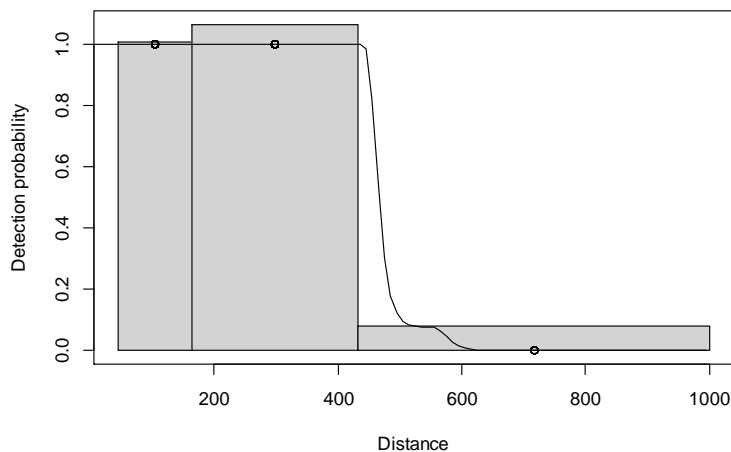
Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 6.1323311 746.8188859
snowing 0.2206595 0.1431195

Shape coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 3.715843 49664.68

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4518538	0.02513771	0.05563240
N in covered region	422.7031219	32.67860936	0.07730865



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 3) + s(di.coast,
 k = 5) + offset(off.set)

Parametric coefficients:
 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -28.5631 0.4177 -68.38 <2e-16 ***

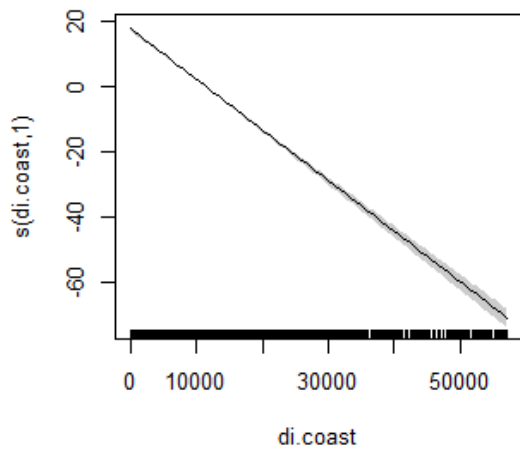
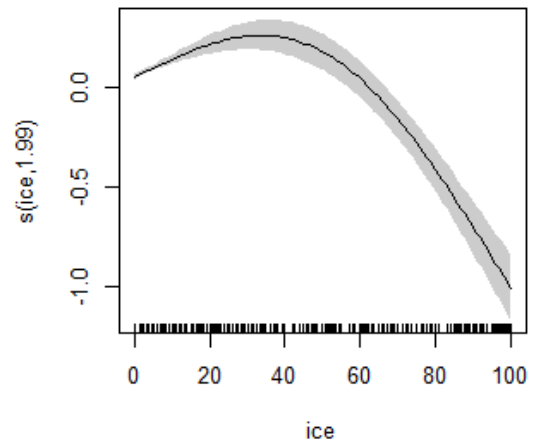
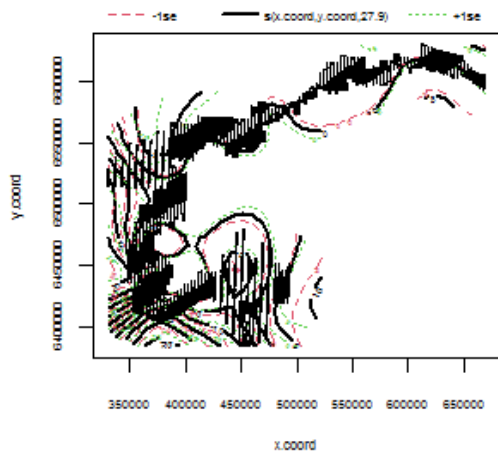
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
 edf Ref.df F p-value
s(x.coord,y.coord) 27.900 28.66 211.19 <2e-16 ***
s(ice) 1.988 2.00 88.01 <2e-16 ***
s(di.coast) 1.000 1.00 3118.80 <2e-16 ***

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

R-sq. (adj) = 0.131 Deviance explained = 60.1%

-REML = 15591 Scale est. = 6.8774 n = 9168



Red-throated Diver *Gavia stellata*

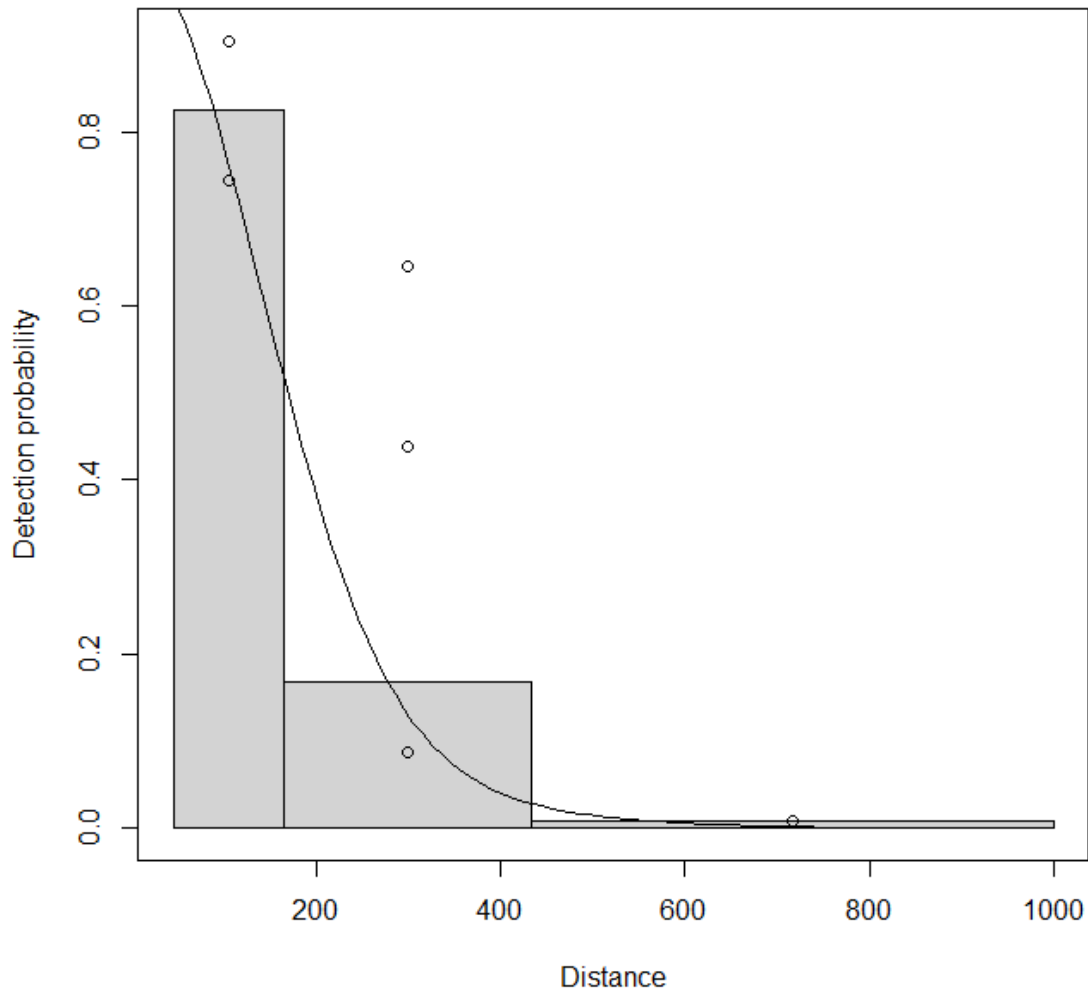
Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 33
Distance range : 44 - 1000
AIC : 50.94291

Detection function:
Half-normal key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 4.9085425 0.1756158
log(size) 0.7791852 0.4094942

	Estimate	SE	CV
Average p	0.1483901	0.03125036	0.2105959
N in covered region	222.3867412	59.08402209	0.2656814



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(temp, k = 4) + s(dimuddy,
  k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-50.89	32.56	-1.563	0.118

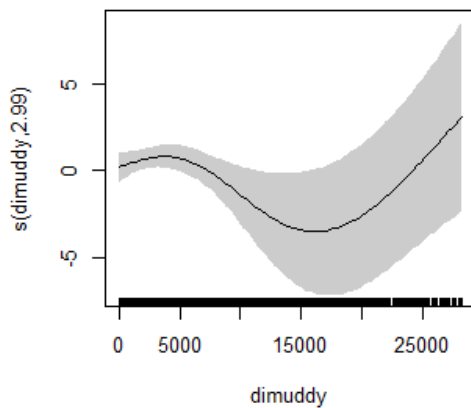
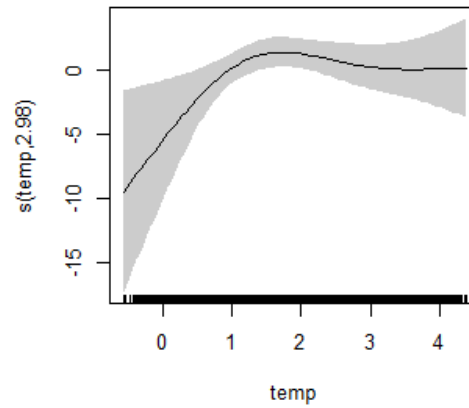
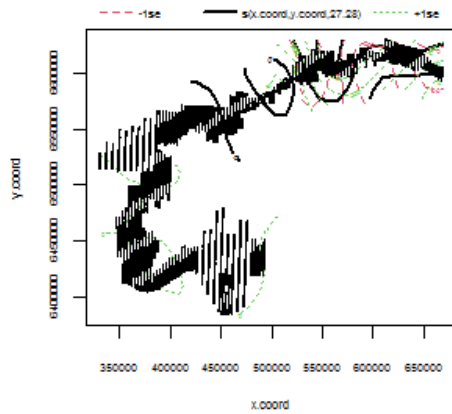
Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	27.278	27.96	0.784	0.7798
s(temp)	2.983	3.00	2.094	0.1003
s(dimuddy)	2.994	3.00	4.227	0.0052 **

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

R-sq. (adj) = 0.0135 Deviance explained = 21.7%

-REML = -1754.2 Scale est. = 7.6162 n = 9168



Little Gull *Hydrocoloeus minutus*

Detection model

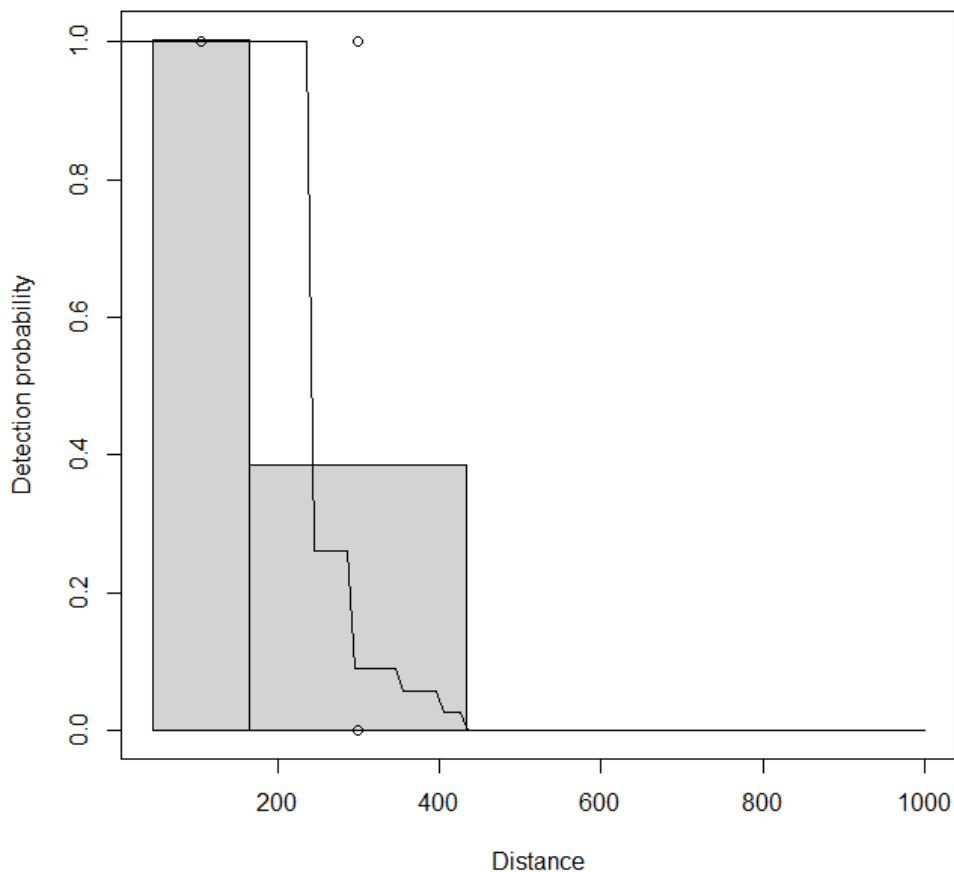
Summary for ds object
Number of observations : 41
Distance range : 44 - 1000
AIC : 59.39665

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 5.4609031 0.1183981
log(size) 0.2927907 0.2803944

Shape coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 9.139668 1.490907

	Estimate	SE	CV
Average p	0.2243711	0.0315255	0.1405061
N in covered region	182.7329556	36.0527215	0.1972973



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(depth, k = 4) + offset(off.set)

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1108.3	523.6	-2.117	0.0343 *

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

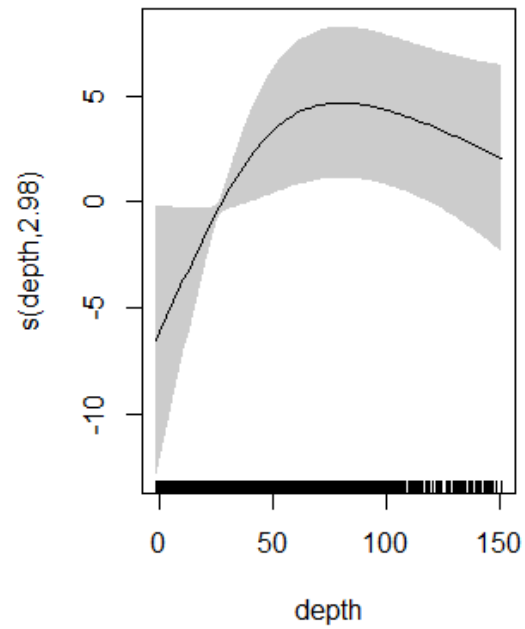
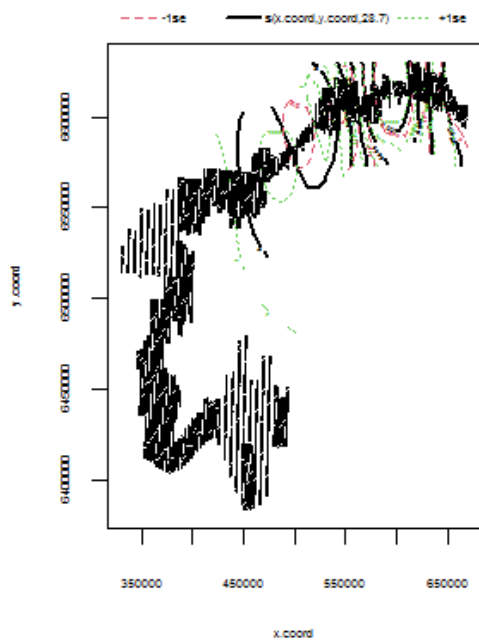
Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.696	28.96	1.172	0.2431
s(depth)	2.982	3.00	3.189	0.0224 *

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

R-sq.(adj) = 0.108 Deviance explained = 53.7%

-REML = -3445.5 Scale est. = 7.4391 n = 9168



Black-headed Gull *Chroicocephalus ridibundus*

Detection model

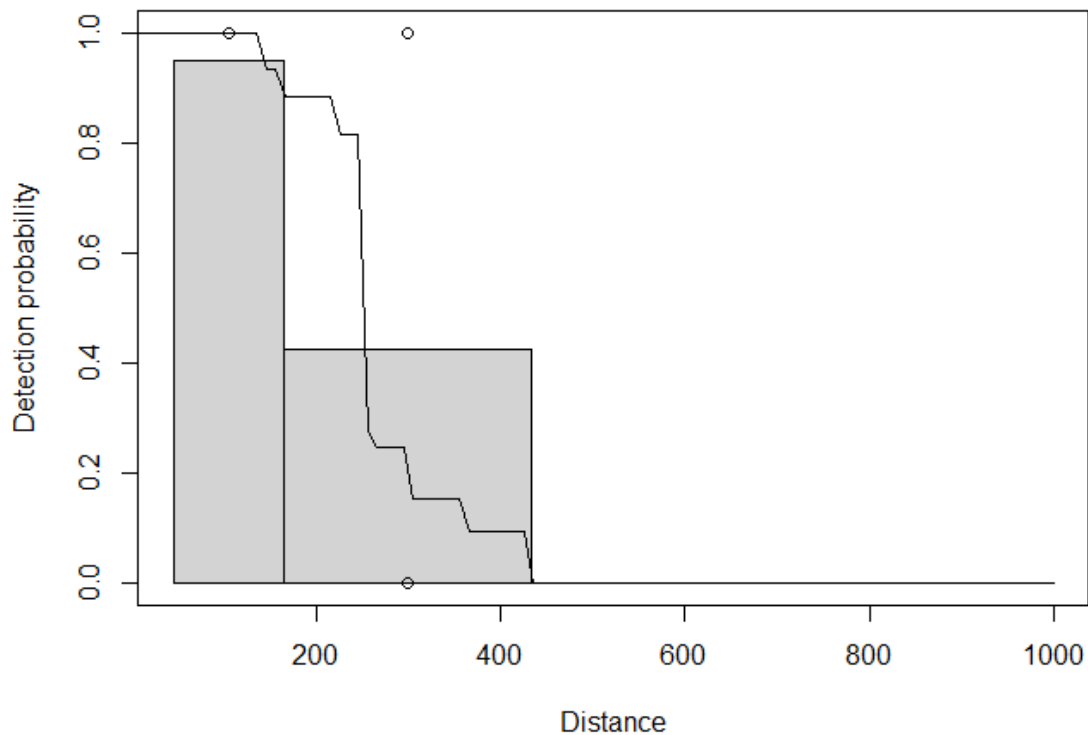
Summary for ds object
Number of observations : 36
Distance range : 44 - 1000
AIC : 51.27032

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 6.0694979 0.4048351
log(size) -0.7126165 0.4545172
waves -0.1882221 0.1497790

Shape coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 10.3147 0.7654584

	Estimate	SE	CV
Average p	0.2278994	0.04215353	0.1849655
N in covered region	157.9644271	37.49794211	0.2373822



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(temp, k = 4) + s(depth,

```
k = 4) + s(di.coast, k = 4) + s(dicoarse, k = 4) + s(dirock,
k = 4) + s(dimixed, k = 4) + s(dimuddy, k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -78.02      19.26  -4.051 5.13e-05 ***
```

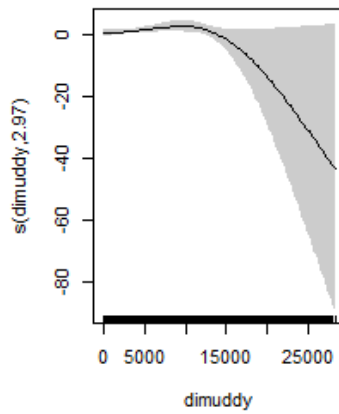
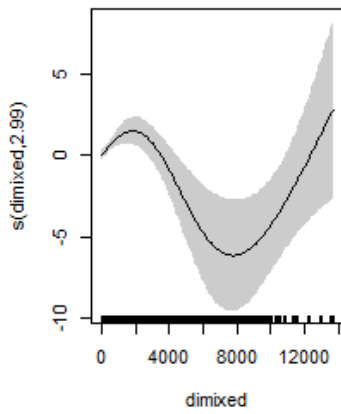
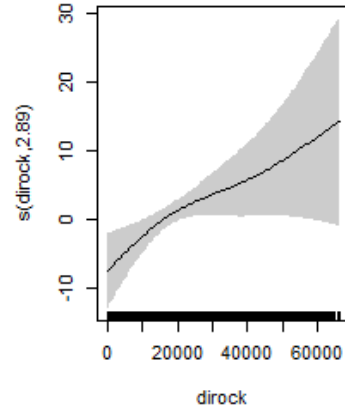
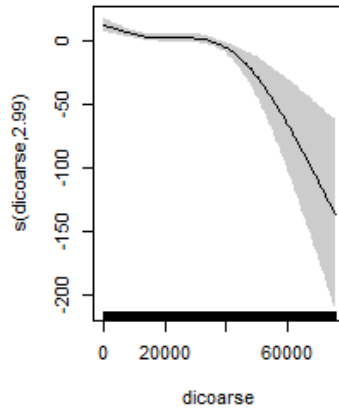
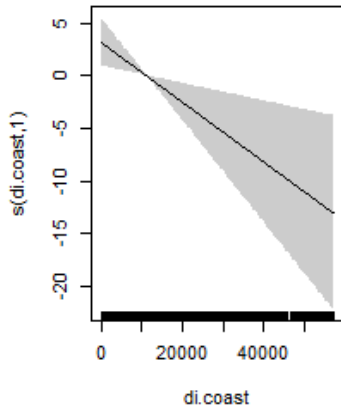
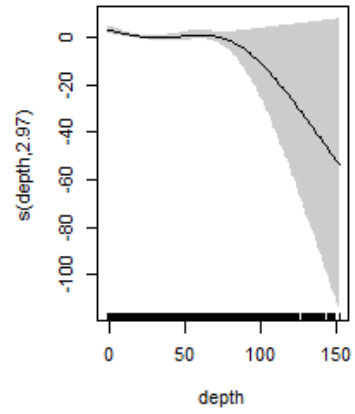
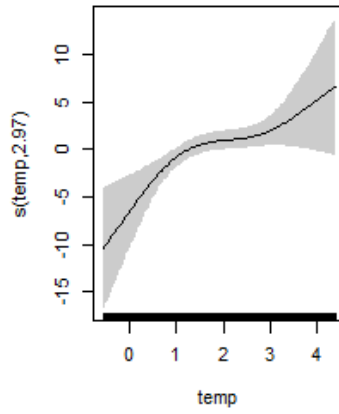
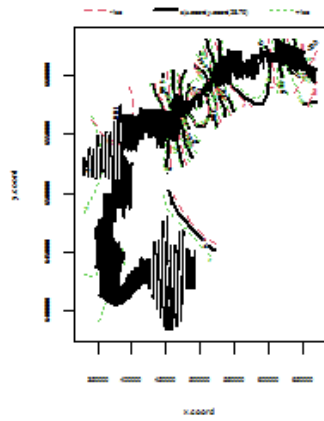
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

```
edf Ref.df    F p-value
s(x.coord,y.coord) 28.790 28.977 2.282 0.000105 ***
s(temp)             2.967  2.999 4.033 0.006521 **
s(depth)            2.972  2.999 4.957 0.002156 **
s(di.coast)         1.001  1.002 8.001 0.004673 **
s(dicoarse)         2.992  3.000 8.314 1.51e-05 ***
s(dirock)           2.892  2.992 2.658 0.048843 *
s(dimixed)          2.992  3.000 7.043 9.85e-05 ***
s(dimuddy)          2.968  2.999 2.785 0.038752 *
```

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

```
R-sq.(adj) = 0.0736  Deviance explained = 39.4%
-REML = -3567.2  Scale est. = 2.8453  n = 9168
```



Common Gull *Larus canus*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 247
Distance range : 44 - 1000
AIC : 417.7082

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

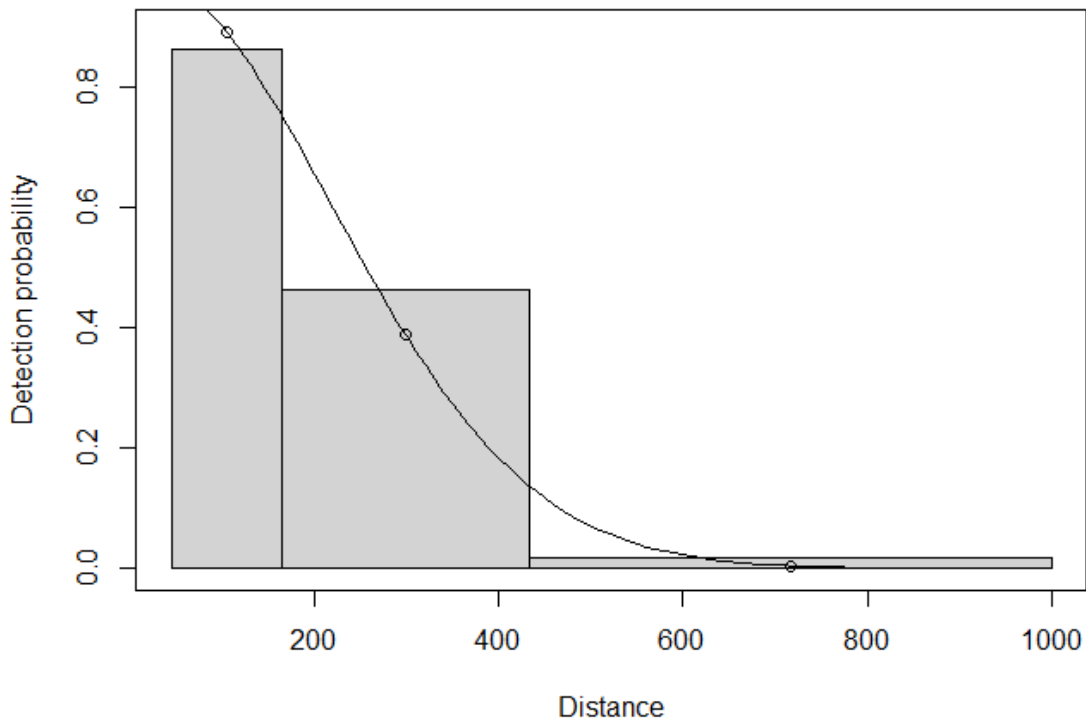
Scale coefficient(s):

	estimate	se
Intercept (L.Luigujoe, behav1)	5.03725794	2.753616e-01
expertT.Kaasiku	-3.18377650	1.000000e+05
expertT.Valker	0.18164376	1.161702e-01
expertU.Paal	-0.09928579	1.698864e-01
behav3	0.85685682	7.701480e+02
behav4	0.59146271	2.633056e-01

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	1.661429	0.1864574

	Estimate	SE	CV
Average p	9.780555e-05	5.149712e+01	526525.5
N in covered region	2.525419e+06	1.329698e+12	526525.5



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(temp,
  k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast, k = 4) + s(disand,
  k = 4) + s(dimuddy, k = 4) + s(shipping, k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -19.0559      0.2001  -95.23  <2e-16 ***
```

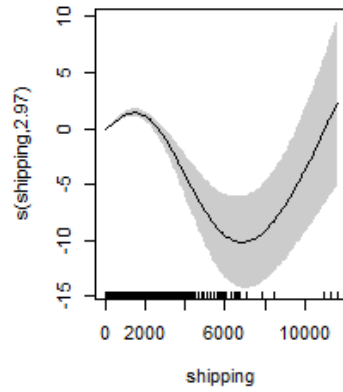
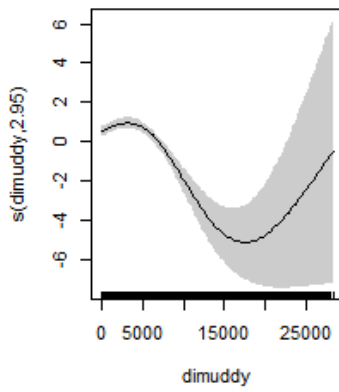
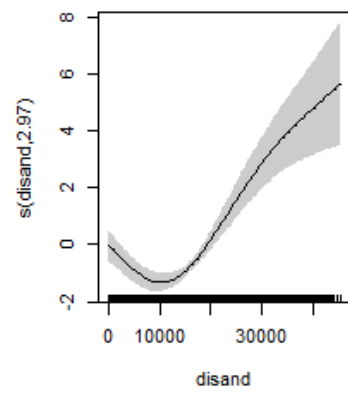
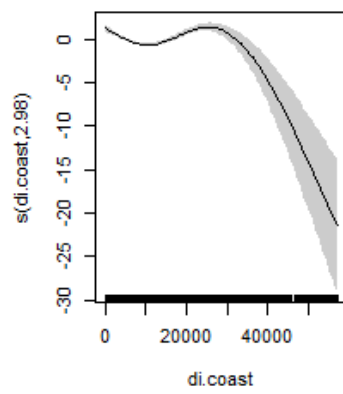
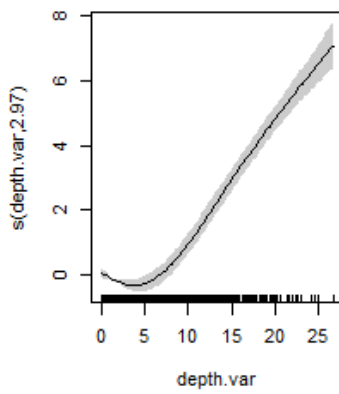
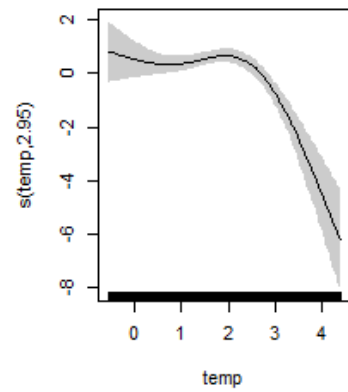
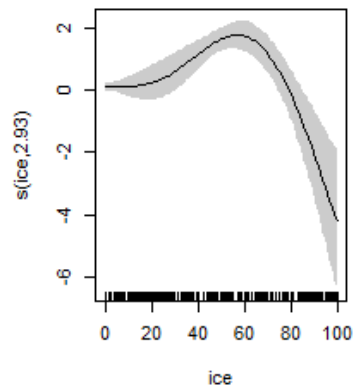
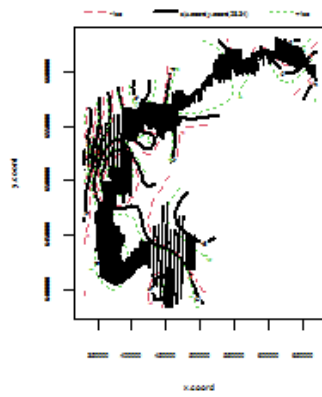
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.340	28.945	50.61	<2e-16 ***
s(ice)	2.934	2.996	26.10	<2e-16 ***
s(temp)	2.955	2.998	14.27	<2e-16 ***
s(depth.var)	2.971	2.999	314.41	<2e-16 ***
s(di.coast)	2.985	2.999	53.13	<2e-16 ***
s(disand)	2.969	2.999	33.51	<2e-16 ***
s(dimuddy)	2.953	2.998	18.61	<2e-16 ***
s(shipping)	2.972	2.999	23.39	<2e-16 ***

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

```
R-sq.(adj) = 0.888   Deviance explained = 67.8%
-REML = 8238.5   Scale est. = 4.3263   n = 9168
```



Herring Gull *Larus argentatus*

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 874
Distance range : 44 - 1000
AIC : 1413.245

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

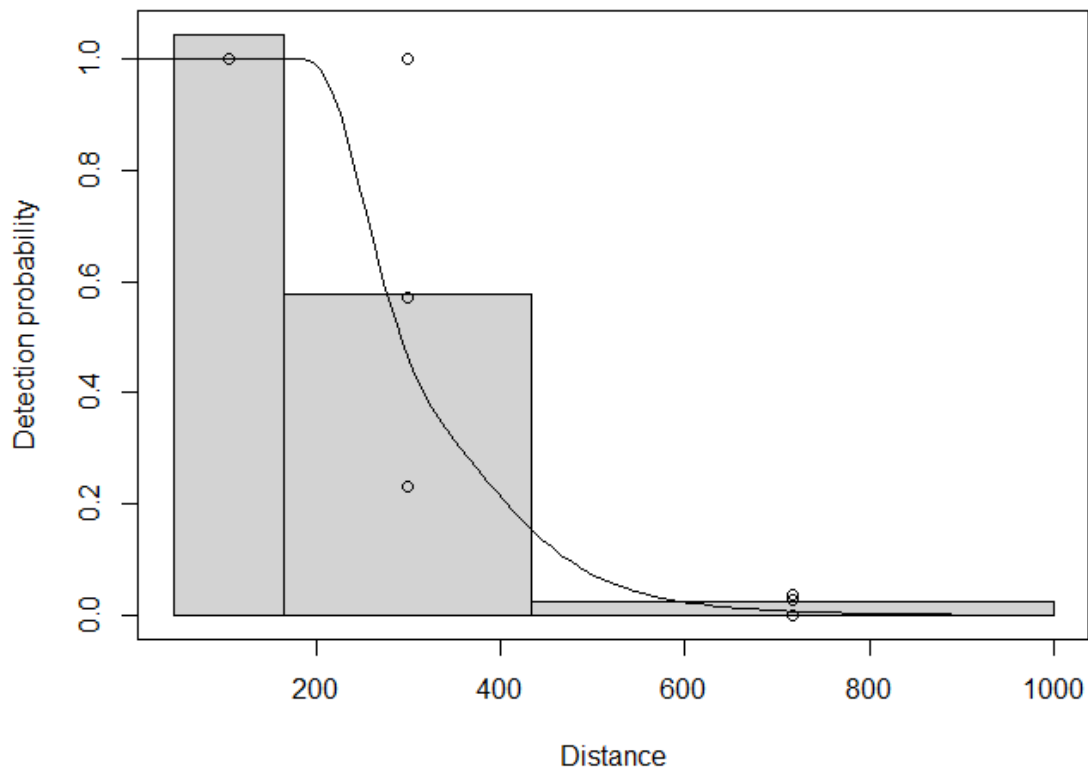
Scale coefficient(s):

	estimate	se
Intercept(L.Luigujo)	6.0506221	0.04573413
expertT.Kaasiku	-0.3766266	0.09134030
expertT.Valker	0.0367529	0.08088874
expertU.Paal	-0.5503752	0.05188569

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	1.908678	0.1100734

	Estimate	SE	CV
Average p	0.2950375	0.01052047	0.03565807
N in covered region	2962.3351576	135.92377682	0.04588400



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:


```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(depth,
  k = 4) + s(depth.var, k = 4) + s(di.coast, k = 4) + s(dicoarse,
  k = 4) + s(dirock, k = 4) + s(dimuddy, k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.9695      0.1609  -99.22  <2e-16 ***
---
```

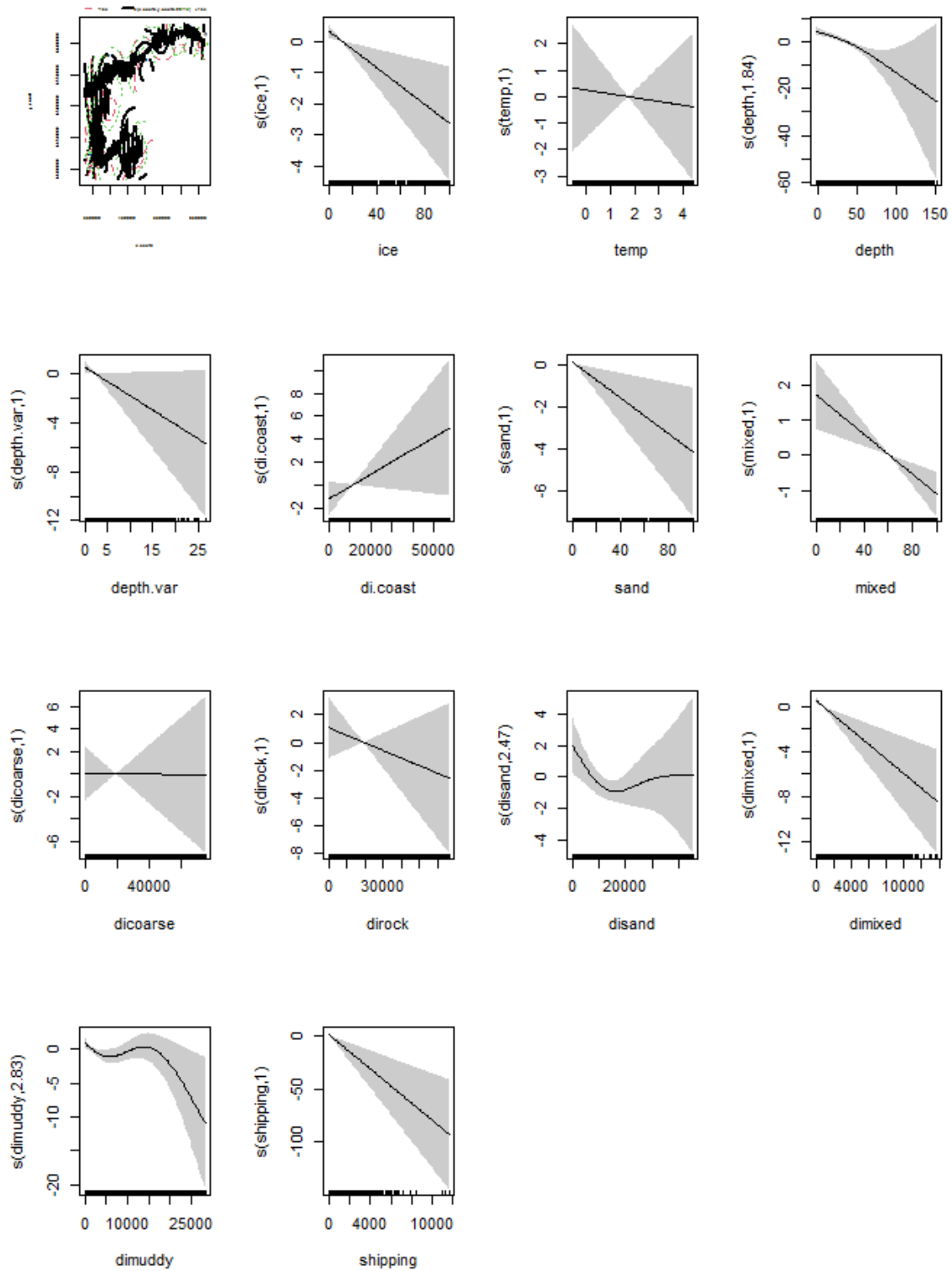
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

```
      edf Ref.df      F p-value
s(x.coord,y.coord) 27.032 28.563  7.141 < 2e-16 ***
s(ice)              2.946  2.997 22.839 < 2e-16 ***
s(depth)            2.962  2.998 14.184 < 2e-16 ***
s(depth.var)        2.652  2.914  2.377  0.0672 .
s(di.coast)         2.921  2.986  8.464 1.26e-05 ***
s(dicoarse)         2.968  2.993  8.098 2.55e-05 ***
s(dirock)           2.941  2.995 14.572 < 2e-16 ***
s(dimuddy)          1.001  1.003  5.456  0.0194 *
```

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

```
R-sq.(adj) = 0.131  Deviance explained = 34.7%
-REML = 12109  Scale est. = 33.857  n = 9168
```



Common Gull *Larus canus* un Herrong Gull *Larus argentatus* pooled

Detection model

Summary for ds object
Number of observations : 1942
Distance range : 44 - 1000
AIC : 3123.32

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters

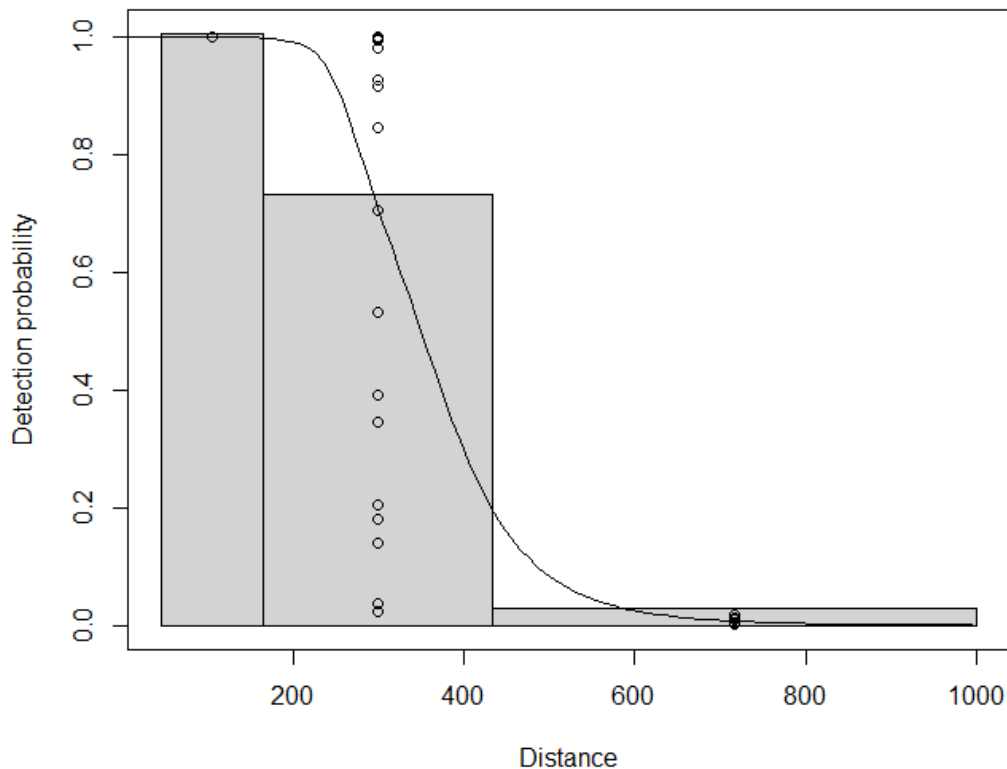
Scale coefficient(s):

	estimate	se
Intercept(L.Luigujo, seat1, behav1)	5.83729625	0.07269954
expertT.Kaasiku	-0.10919416	0.04572575
expertT.Valker	-0.06767498	0.06920449
expertU.Paal	-0.41037927	0.05210750
seat2	0.06018492	0.04443923
behav3	-0.26243071	0.15225389
behav4	0.17162797	0.06638975

Shape coefficient(s):

	estimate	se
(Intercept)	1.938724	0.08338092

	Estimate	SE	CV
Average p	0.3332704	9.042288e-03	0.02713199
N in covered region	5827.1010193	1.920612e+02	0.03295998



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(ice, k = 4) + s(depth,
k = 4) + s(di.coast, k = 4) + s(dirock, k = 4) + s(disand,
k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.1872 0.1322 -114.9 <2e-16 ***
---
```

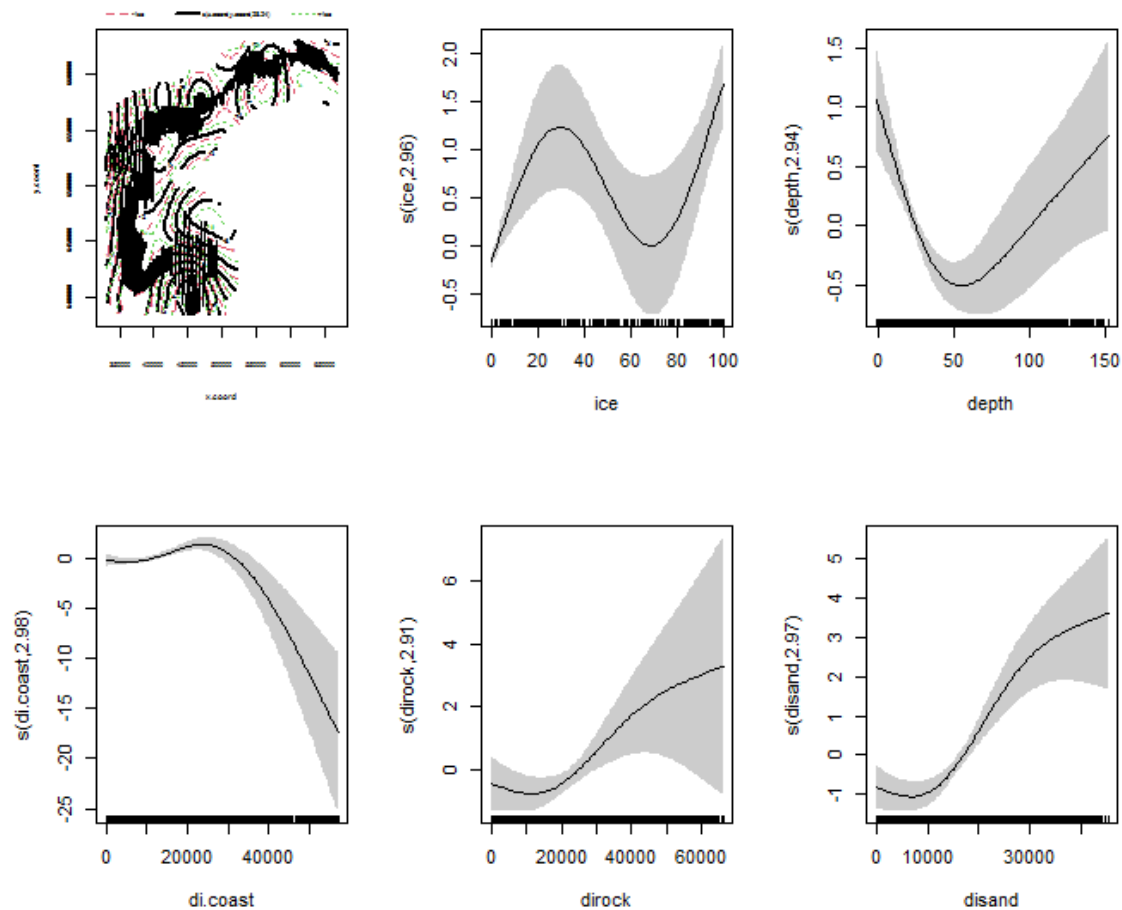
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.242	28.930	11.242	< 2e-16 ***
s(ice)	2.959	2.998	19.456	< 2e-16 ***
s(depth)	2.945	2.997	11.855	< 2e-16 ***
s(di.coast)	2.983	2.998	12.449	< 2e-16 ***
s(dirock)	2.906	2.993	4.193	0.00719 **
s(disand)	2.966	2.999	11.821	< 2e-16 ***

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

R-sq.(adj) = 0.0709 Deviance explained = 34.1%
-REML = 15153 Scale est. = 42.531 n = 9168



Greater Black-backed gulls (*Larus marinus*)

Detection model

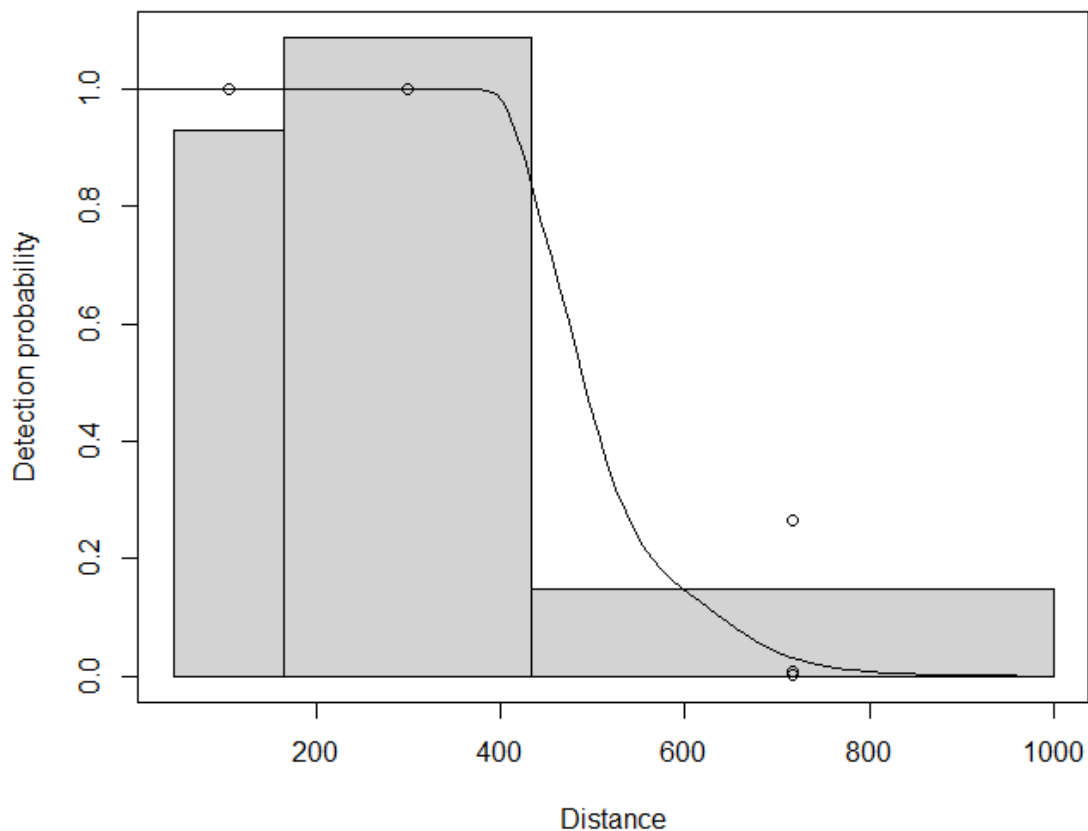
Summary for ds object
Number of observations : 35
Distance range : 44 - 1000
AIC : 69.6858

Detection function:
Hazard-rate key function

Detection function parameters
Scale coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 6.4893249 0.2576471
waves -0.1371518 0.1563892

Shape coefficient(s):
 estimate se
(Intercept) 2.629491 4.608527

	Estimate	SE	CV
Average p	0.4876271	0.06374506	0.1307250
N in covered region	71.7761518	12.84888457	0.1790133



Density surface model

Family: quasipoisson
Link function: log

Formula:

```
abundance.est ~ s(x.coord, y.coord) + s(dimixed, k = 4) + s(shipping,
k = 4) + offset(off.set)
```

Parametric coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-39.0	4.6	-8.477	<2e-16 ***

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

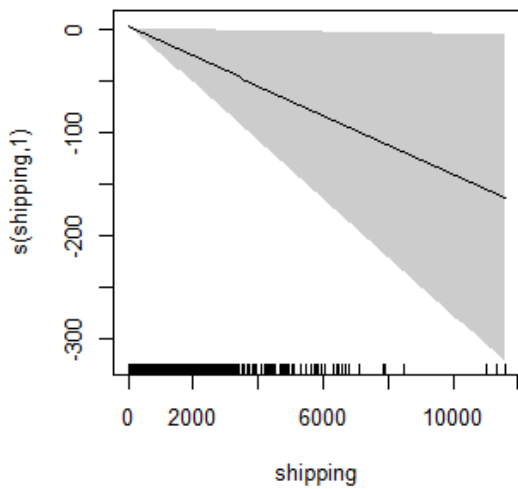
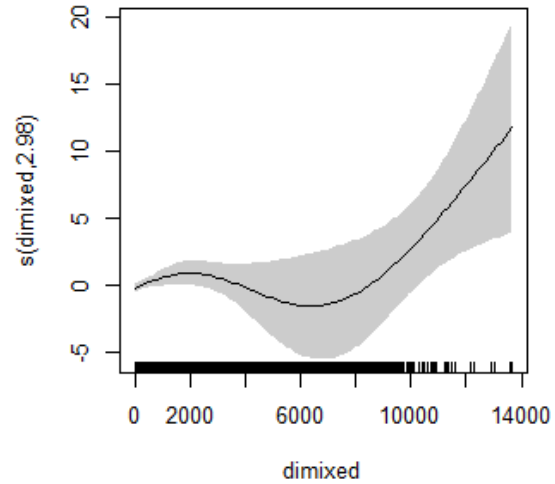
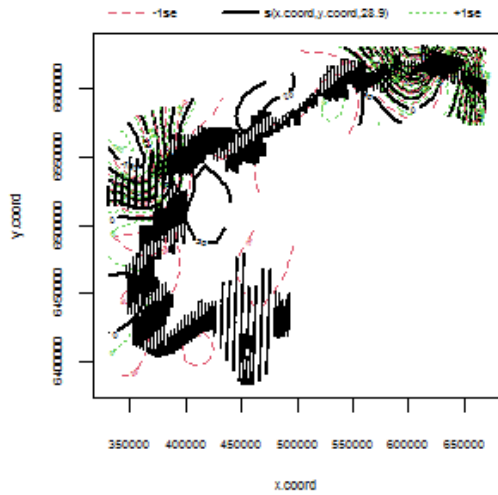
Approximate significance of smooth terms:

	edf	Ref.df	F	p-value
s(x.coord,y.coord)	28.898	29	2.737	1.89e-06 ***
s(dimixed)	2.985	3	4.127	0.00632 **
s(shipping)	1.000	1	4.303	0.03808 *

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

R-sq.(adj) = 0.127 Deviance explained = 36.9%

-REML = -7648.5 Scale est. = 2.1638 n = 9168



7.Kirjandus

Aunins, A., Kuresoo, A, Luigujõe, L. 2012. Distribution and numbers of birds in the Gulf of Riga 2011. Project: Gulf of Riga as a resource for wind energy –GORWIND. Report. 135 pp.

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

Camphuysen, K., Fox, T, Leopold, M. & Petersen, I. (2004). Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. Royal Netherlands Institute for Sea Research. 39 pp.

www.offshorewind.co.uk/Downloads/1352_bird_survey_phase1_final_04_05_06.pdf

Durinck, J., Skov, H., Jensen, F.P., Pihl, S. 1994. Important marine areas for wintering birds in the Baltic Sea. EU DG XI research cumtract no 2241/90-09-01, Ornith Consult report 1994, 110 pp.

Elts, J., Kuresoo, A., Leibak, E., Leito, A., Lilleht, V., Luigujõe, L., Lõhmus, A., Mägi, E. & Ots, M. 2003: Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 1998.-2002. a. *Hirundo* 16: 58-83.

Elts, J., Leito, A., Leivits, A., Luigujõe, L., Mägi, E., Nellis, R., Nellis, R., Ots, M., Pehlak, H. (2009). Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 2008–2012 . *Hirundo*, 26(2), 80 - 112.

Elts, J., Leito, A., Leivits, M., Luigujõe, L., Nellis, R., Ots, M., Tammekänd, I., Väli, Ü. (2019). Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 2013-2017. a. *Hirundo* 32 (1): 1-39.

Fox, A.D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T.K. & Petersen, I.K. (2006) Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds. - *Ibis* 148 (supplement): 129-144.

Groom B., P. Koundouri, E. Panopoulou, and T. Pantelidis. 2007. "Discounting the Distant Future: How Much Does Model Selection Affect the Certainty Equivalent Rate?" *Journal of Applied Econometrics*, 22: 641-656.

Kuus, A., Kalamees, A. (koost.) 2003. *Euroopa Liidu tähtsusega linnualad Eestis*. Eesti Ornitoloogiaühing. Tartu.

Miller, D.L., Burt, M.L., Rexstad, E. a., Thomas, L., 2013. Spatial models for distance sampling data: Recent developments and future directions. *Methods Ecol. Evol.* 4, 1001–1010. doi:10.1111/2041-210X.12105

Petersen, I.K, Fox, A.D. 2005. An aerial survey technique for sampling and mapping distributions of waterbirds at sea. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity, National Environmental Research Institute. 24 pp.

Pihl, S. & Frikke, J. 1992. Counting birds from aeroplane. – In: Komdeur, J., Bertelsen, J. & Cracknell, G (eds.) Manual for Aeroplane and Ship Surveys of Waterfowl and Seabirds. IWRB Special Publ. No. 19, Slimbridge, UK, p 24-37
Prater, A.J. 1979. Trends in accuracy of counting birds. *Bird Study* 26: 198-200.

Prater, A.J. 1979. Trends in accuracy of counting birds. *Bird Study* 26: 198-200.

Skov H., Vaitkus G., Flensted K.N., Grishanov G., Kalamees A., Kondratyev A., Leivo M., Luigujõe L., Mayr C., Rasmussen J.F., Raudonikis L., Scheller W., Sidlo P.O., Stipniece A., Struwe-Juhl B., Welander B. (2000) - Inventory of coastal and marine Important Bird Areas in the Baltic Sea. BirdLife International, Cambridge: 287 pp.

Groom B., P. Koundouri, E. Panopoulou, and T. Pantelidis. 2007. “Discounting the Distant Future: How Much Does Model Selection Affect the Certainty Equivalent Rate?” *Journal of Applied Econometrics*, 22: 641-656.
Thomas, L., Laake, J. L., Strindberg, S., Marques, F. F. C., Buckland, S. T., Borchers, D. L., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Hedley, S. L., Pollard, J. H., Bishop, J. R. B., Marques, T. A. 2006. Distance 5.0 Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>

Tuulmets, T. 1990. Limits of human capacity in counting birds. *Bird Census and Atlas Studies*. Proc. XI th Int. Conf. On Bird Census and Atlas Work, p. 103-105.

Williams, R., Hedley, S.L., Branch, T.A., Bravington, M.V., Zerbini, A.N., Findlay, K.P. 2011. Chilean blue whales as a case study to illustrate methods to estimate abundance and evaluate conservation status of rare species. *Conservation Biology* 25, 526–535.

Wood, S.N., 2006. Generalized additive models: an introduction with R. Chapman and Hal/CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. doi:10.1111/j.1467-985X.2006.00455_15.x.