



STOFNVÖKTUN LUNDA 2020-2022

Lokaskýrsla til Umhverfisstofnunar

Erpur Snær Hansen

11. Október 2023



Lundakippa © Cornelius Schlawe



NÁTTÚRUSTOFA SUÐURLANDS



SAMANTEKT

Tímabilið 2020-2022 fól í sér aukningu viðkomu á landinu öllu, en talsverð aukning varð á viðkomu lunda í Vestmannaeyjum, líklega í fyrsta sinn frá árinu 2002 og sennilega allt frá árinu 1997. **Árlegur stofnvöxtur** (λ) Íslenska lundastofnsins á landsvísu jókst árabilið 2010-2022 en meðalstofnvöxtur ($\lambda = 0,974$) er undir stofnvistfræðilegum sjálfbærnimörkum ($\lambda = 1$) og hefur verið líklega að mestu leyti allt frá árinu 1995 samkvæmt -90% samdrætti á veiði og -57% áætlaðrar minnkun heildarstofnstærðar. Þessi samdráttur stafar af svæðisbundnum viðkomubresti hjá lunda sökum fæðuskorts auk veiða. Léleg afkoma sandsíla- og flestra annarra fiskilirfa, virðist tengjast seinkun á tímasetningu þörungablóma á Selvogsbanka. Einnig dregur hærri sjávarhiti úr vexti sandsíla á sumrin, og hlýrri vetur auka orkueyðslu og ganga á fituforða þeirra yfir veturinn. Þetta gerir 0-grúppu sandsíli ver útsett fyrir seinkun á fæðuframboði samfara seinni þörungablóma og ólíklegri til að lifa af fyrsta veturinn. Gefin var út grein um samband sjávarhita og viðkomu lunda í Vestmannaeyjum frá 1880 til 2008, en 72% breytileika í viðkomu lunda skýrist með breytingum í sjávarhita. Hækkun eða lækkun sjávaryfirborðshita um 1°C lækkar viðkomu lunda um 55%. Veiðar á 3.037.262 lundum árabilið 1997-2021 hafa líklega verið ósjálfbærar og aukið stofnfækkun til viðbótar vegna fæðuskorts.

Gerðar voru fimm **stofnspár** með Leslie líkani 2022-2032 með tilliti til mismunandi veiðiálags og að meðalviðkoma verði eins og 2016-2022. Ekki er tekið tillit til veiða á Íslenskum lundum í Færeyjum, þar sem áætlað er að 10% af veiði sé af Íslenskum uppruna, en veiðitölur þaðan eru ekki fyrirbyggjandi. Án veiða verður -10% fækkun á heildarstofninum, en fækkun eykst verulega með auknu veiðiálagi. Með óbreyttum veiðum (meðaltal síðustu 12 ára) verður heildarstofnfækkunin -30%. Ungfuglar flakka mikið milli byggða og setjast oftast (62% í lle of May, Skotlandi) að fjarri fæðingarbyggð sinni. Ungfuglar eru uppistaða í háfaveiðum og þessum sökum er „veiðistofninn“ á hverjum stað og tíma blanda af ungfuglum frá öllum landshlutum.

Veiðiráðgjöf. Lagt er til stöðvun veiða þar til stofnvöxtur er nægjanlegur fyrir náttúruleg afföll og hóflega veiði. Líklegt er að sölubann stuðli að hóflegri veiði. Einnig þarf að endurskoða skil á veiðitölum í tengslum við hlunnindakortaútgáfu.

Úttekt var gerð á nokkrum nýjum lundabyggðum og reyndust tvær þeirra alþjóðlega mikilvægar (Important Bird Area, >10.000 varppör, Seley og Hrútey). Í skoðun er að ljúka könnun lundabyggða með aðstoð dróna.

Lokið var við samantekt gagna um fæðusamsetningu lundapysja af ljósmyndum í 12 rannsóknabyggðum 2011-2021.

Sex greinar sem byggja á stofnvöktun lunda voru gefnar út í ritrýndum erlendum fræðiritum, m.a. grein um stofnerfðafræði lunda í Atlantshafi sem sýnir m.a. sterk erfðafræðileg tengsl milli Íslenskra, Færeyskra og Norskra lunda, og enga stofnerfðafræðilega aðgreiningu milli Íslenskra varpa ($F_{st} = 0,000-0,001$). Önnur grein fjallar um tengsl breytileika í vegalengd á fæðumið og viðkomu. Kom í ljós að lundaforeldrar fara stuttar fæðuöflunarferðir fyrir ungan og lengri fyrir sjálfa sig, því lengri sem þessar ferðir eru því lægri verður viðkoman og öfugt.

Niðurstöður úr stofnvöktun lunda og tengdri rannsóknavinnu voru kynnt með átta framlögum á bæði innlendum og alþjóðlegum ráðstefnum, auk tveggja meistararitgerða.

Efnisyfirlit:

Samantekt	2
Efnisyfirlit	4
Inngangur	5
Meginmarkmið	5
Stofngerð	5
Aldurssamsetning veiði	6
Stofnvöktun	9
Stofnlíkan – Stofnvöxtur (Leslie, λ Lambda).....	10
Veiðitölur 1995-2021	11
Stofnþróun 1995-2021	13
Stofnþróun 2022-2032	14
Áræðanleiki veiðitala	17
Veiðiráðgjöf	17
Vöktun viðkomu	18
Viðkoma eftir landshlutum	22
Vöktun líftala	28
Válistaflokkun	29
Vöktun fæðu	30
Lundatal Íslands	34
Könnun vetrarstöðva	34
Könnun fellistöðva og fellitíma	36
Kynning niðurstaða	35
Ráðstefnur	35
Erlent samstarf	38
Þakkir	41
Heimildir	42

Inngangur

Náttúrustofa Suðurlands veitir stjórnvöldum og landeigendum veiðiráðgjöf sem er grundvölluð á stofnvöktun lunda og hófst árið 2010. Tilgangur vöktunarinnar er að lýsa ástandi Íslenska lundastofnsins og hvaða þættir stjórna stofnbreytingum. Á þessum grunni er veitt veiðiráðgjöf. Í þessari skýrslu er teknar saman fyrirliggjandi niðurstöður vöktunar 2010-2021. Skýrslan er skrifuð til að uppfylla samning milli Umhverfisstofnunar og Náttúrustofu Suðurlands frá 24. Apríl 2020 um fjármögnun stofnvöktunar á lunda 2020-2022 [1, 2] og er Erpur Snær Hansen verkefnisstjóri.

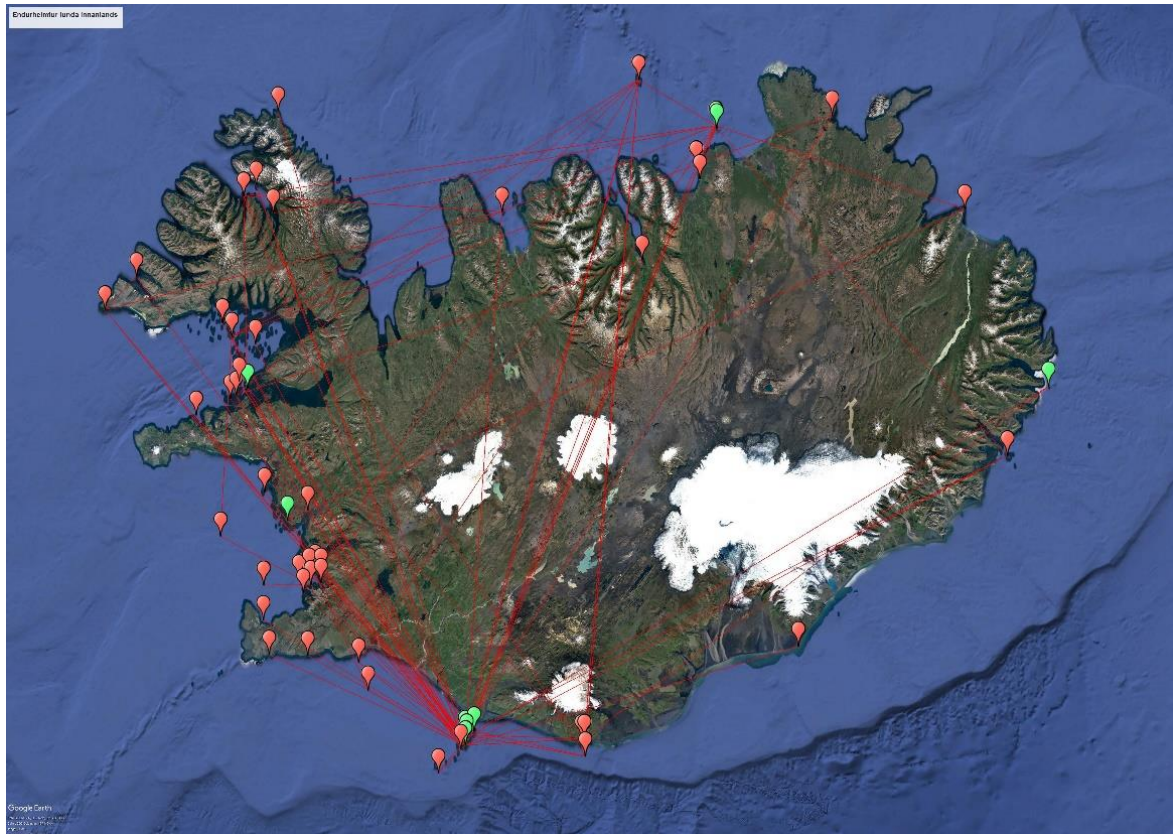
Meginmarkmið

Vöktun á lundastofninum hefur þrjú meginmarkmið. 1. Lýsing stofngerðar. 2. Vöktun á stofnbreytingum (viðkomu og líftölum). 3. Mat á hlutdeild veiða og umhverfis í stofnstærðarbreytingum í Leslie stofnlíkani. Stofnþróun 1995-2021 er hér greind með stofnlíkani. Gerðar eru fimm stofnþróunarspár með mismunandi sviðsmyndum með tilliti til mismunandi veiðiálags fyrir næsta áratug (2022-2032, E: Population Viability Analysis).

Stofngerð

Hér eru tekin saman tiltæk gögn og sett fram röksemdafærsla fyrir því að við Ísland verpi einn lundastofn sem er ekki einangraður milli landshluta og „veiðistofn“ sem er 75% samsettur af 2-4 ára ungfuglum frá öllum landshlutum. Stofnerfðafræðilegur samanburður á F_{st} (E: „inbreeding coefficient“) milli landshluta (Vestmannaeyjar, Breiðafjörður, Grímsey og Papey) sýnir að tíðni genasamsæta innan landsvæða er mjög áþekkt ($F_{st} = 0,000-0,001$), sem sagt stofnerfðafræðilega sami stofn án erfðafræðilegrar einangrunar [3]. Í stuttu máli má lýsa æfi Íslenskra lunda þannig að eftir að unginn yfirgefur holuna í lok varptímans fara þeir til Grand Banks við Nýfundnaland, a.m.k. að einhverjum hluta, en fækkar þar í desember. Ekki er ljóst hvort þeir færa sig fjær landi frá og með desember eða hvort svartfuglaveiðin breytist á þessum tíma og fram á vor. Allavega sjást þeir ekki í lundavörpum og veiði fyrr en 2 ára gamlir, og líklega ekki nema þriðjungur til helmingur af hverjum tveggja ára árgangi heimsækja vörpin. Þriggja ára fuglar eru algengastir í veiði og fjögurra ára þar á eftir. Líklegt er stór hluti þessara árganga heimsæki lundabyggðirnar. Um 75% lunda hefja varp fimm ára að jafnaði, og allir sex ára hafa hafið varp. Lundi heldur tryggð við varpstað ævilangt. Hinsvegar setjast einungis um 38% ungfugla að í fæðingarbyggð sinni, en hinir annarsstaðar [4]. Aldurshlutföll í veiði sýna að

tveggja ára fuglar veiðast minna þar sem fæðuframboð er lítið, og öfugt. Hlutfall tveggja og þriggja ára fugla lækkaði í veiði bæði norðan og sunnanlands í viðvarandi viðkomubresti sunnanlands (Tafla 1). Þessi lækkun endurspeglar verulegt flakk ungfugla milli landshluta. Merkingar (að mestu í Vestmannaeyjum) sýna einnig að ungfuglar ferðast víða innanlands (1. Mynd), og töluvert til Færeyja (sjá Mynd 16).



1. **Mynd.** Endurheimtur lunda (rauð tákn) >18 km frá merkingastað (græn tákn) á varptíma árabilið 1923-2016 (ferðum til Færeyja er sleppt), samkvæmt gagnagrunni Náttúrufraeðistofnunar Íslands.

Aldurssamsetning veiði

Samtals hafa 20.555 fuglar í afla veiðimanna verið aldursgreindir með því að telja grópir í goggi fuglanna frá 1996 [5]. Tekin voru saman árleg hlutföll tveggja ára, þriggja ára og eldri fugla og borið saman með Z-prófi við meðalhlutfall ungfugla (tveggja og þriggja ára) og hlutfall eldri fugla (4+ ára) merktra sem pysja (aldur þekktur) sem endurheimtar hafa verið í veiði í Vestmannaeyjum árin 1961-1982 [6]. Í Eyjum voru að jafnaði til helminga tveggja og þriggja

ára fuglar annarsvegjar og fjögurra ára og eldri hinsvegjar (tafla 1). Þetta er viðmið sem byggir á þekktri aldurssamsetningu (fugla merktra sem pysjur) í veiði á stofnvaxtarskeiði. Engir fuglar voru aldurgreindir árin 2021-22.

Hlutfall ungfugla yfir tímabilið 2007-2014 í Vestmannaeyjum hefur verið marktækt lægra en viðmiðið, árið 2015 var það marktækt hærra, og ómarktækt frábrugðið viðmiði árin 2016, 2018-19. Árið 2020 var marktækt hærra hlutfall af 2-3 ára fuglum en viðmiðið (eins og árið 1996). Hlutdeild 2-3 ára fugla hefur aukist frá 2015 sem er í samræmi við aukna viðkomu.

Á Norðursvæði er svipaða sögu að segja, árin 2008-2016 er marktækt lægra hlutfall 2-3 ára fugla, að 2010 undanskildu þegar hlutfallið var 64,8% (og marktækt hærra en 51,9% viðmiðið), en einmitt þetta ár varð alger viðkomubrestur allstaðar annarsstaðar á Íslandi. Meðalhlutfall 2-3 ára fugla í veiði á Norðursvæði árin 2008-2018 er 45,7% eða 6,2 prósentustigum lægra en viðmiðið og munar mest um fæð 2 ára fugla í veiðinni. Árið 2017 er hlutfallið ómarktækt frábrugðið Eyjaviðmiðinu og 2018 er ungahlutfallið marktækt hærra en viðmiðið.

Í Breiðafirði er hlutfall unga árið 2010 ómarktækt frábrugðið viðmiðinu en árin 2011 og 2013 eru marktækt lægri en viðmiðið.

Samantekið hefur ungahlutfall verið almennt marktækt lægra en Eyjaviðmiðið þar til síðustu fjögur ár. Lágt ungahlutfall í veiði endurspeglar litla ungaframleiðslu 2-3 árum fyrr, en einnig virðast 2 ára fuglar síður koma í vörpin ef varpárangur þar er lítill (lítill fæða), sem sést á „eðlilegum“ fjölda 3-ára fugla í sömu byggð ári seinna. Sömuleiðis geta 2-4 ára ungfuglar sem flakka á milli varpa haft mikil áhrif á þetta hlutfall utan fæðingarstaðar síns eins og sást greinilega árið 2010 á mikilli aukningu á umferð geldfugla til Norðursvæðis, líklega vegna fæðuskorts á öllum öðrum svæðum þar sem varð alger viðkomubrestur.

Tafla 1. Aldurssamsetning lundaveiði í háf. Flokkað var eftir nefskorufjölda en ≥ 2 nefskoru flokkarnir eru nefndir hér „4+“ ára, Til samanburðar eru meðalaldurshlutföll 22 árganga (1961-1982) fugla af þekktum aldri (merktir sem pysjur) í veiði þar sem hver árgangur hefur verið veiddur í að minnsta kosti 25 ár (**feitletrað**). Borið var saman hlutfall ungfugla (2-3 ára, 51,9%) og eldri fugla (4+ ára, 48,1%) seinni ár við meðalaldurshlutföll úr Vestmannaeyjum (1961-1982) með Z-prófi, marktækni er táknuð: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; og ***: $P < 0.001$.

Staður	Ár	2 ára		3 ára		4+ ára		Samtals	Z
		%	n	%	n	%	n		
Eyjar [17]	1961-1982	18,7	810	33,2	1443	48,1	2087	4340	
Eyjar [18]	1996	22	161	38,7	283	39	286	733	-4,346***
Eyjar	1999	14,8	71	49,8	188	45,9	220	479	-0,897
Eyjar	2007	1,2	43	44,8	1564	54	1886	3493	5,197***
Eyjar	2008	0,9	57	4,6	301	94,5	6152	6510	55,405***
Eyjar	2009	0,6	16	6,1	161	92,7	2438	2629	38,361***
Eyjar	2010	0	0	33,9	20	66,1	39	59	2,750**
Eyjar	2011	4,4	4	27,8	25	67,8	61	90	3,700***
Eyjar	2013	0	0	0	0	100	323	323	18,012***
Eyjar	2014	1,2	1	0	0	95,2	20	21	4,313***
Eyjar	2015	0,4	1	60	165	40,4	111	275	-2,721**
Eyjar	2016	30	3	20	2	50	5	10	0,121
Eyjar	2018	12,2	11	40	36	47,8	43	90	-0,058
Eyjar	2019	14,6	18	39,0	48	46,3	57	123	-0,382
Eyjar	2020	21,6	32	58,1	86	22,2	30	148	6,796***
Norðursvæði	2008	15,7	39	26,5	66	57,8	144	249	2,992***
Norðursvæði	2010	24	30	40,8	51	35,2	44	125	-2,844***
Norðursvæði	2011	3,7	44	28,8	340	67,3	795	1179	11,791***
Norðursvæði	2012	18,6	168	32,9	298	48,5	439	905	0,230
Norðursvæði	2014	0,7	1	22,1	33	77,2	115	149	6,985***
Norðursvæði	2015	8,9	53	27,7	165	63,4	378	596	7,021***
Norðursvæði	2016	11,3	53	30,6	144	58,2	274	471	4,159***
Norðursvæði	2017	14,3	88	34	210	51,7	319	617	1,681
Norðursvæði	2018	33,3	143	37,1	159	29,6	127	429	-7,323***
Norðursvæði	Meðaltal	14,5	619	31,2	1466	54,3	2635	4720	7,366***
Breiðafjörður	2010	15,8	107	35,3	239	49	332	678	0,426
Breiðafjörður	2011	0	0	0,9	1	99,1	100	101	10,119***
Breiðafjörður	2013	2,7	2	12,3	9	84,9	62	73	6,246***

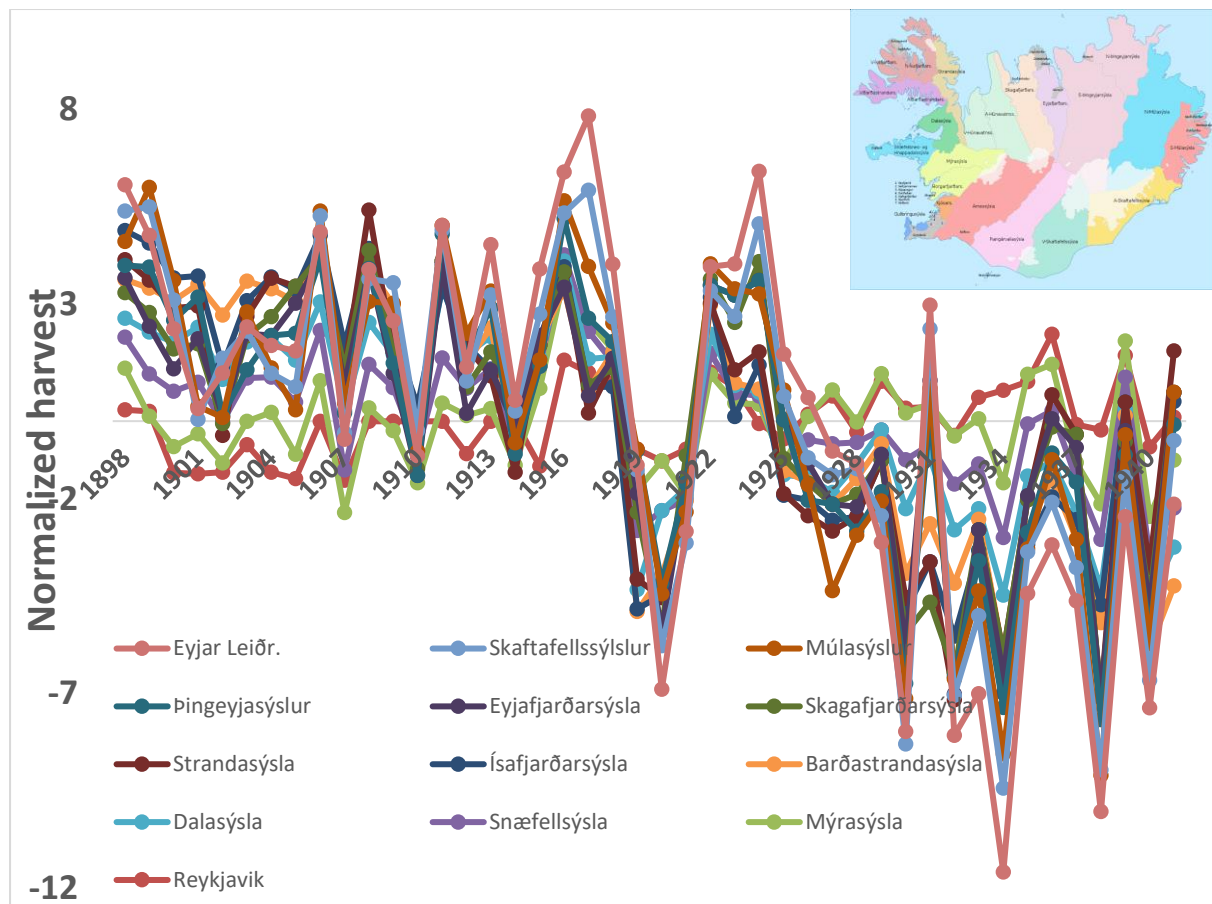
Stofnvöktun

Veiðitölur hafa verið teknar saman fyrir Vestmannaeyjar 1880-2008, og er sterkt samband á milli lundaveiði og sjávarhita við Vestmannaeyjar, en þetta samband rofnar um 2005 sem er vísbending um nýleg og sterk áhrif annarra þátta [7]. Niðurstöðurnar sýna jafnframt að lundaveiði er sjálfbær á kuldaskiðum AMO sveiflunar, en ósjálfbær á hlýskíðum AMO. Lengd þessara skíða er breytileg en vara oft í um 35 ár. Núverandi hlýskíð hófst um 1995, og mögulega má búast við að „næsta“ kuldaskíð um 2030, en það ræðst meðal annars af því hvort og hvað mikið heimshlýnun mun vinna gegn kólnuninni.

Einnig hafa verið teknar saman veiðitölur úr hlunnindaskýrslum fyrir 13 sýslur 1898-1941, eru sumar sýslur sameinaðar, sjá 2. Mynd [7]. Fyrirhugað er að framkvæma tímaraðagreiningar (E: Dynamic Factor Analysis, Min/max autocorrelation factor analysis MAFA, og Chronological Clustering) á þessum gögnum til að kanna hvort nokkrir ferlar (E: trends) skýri breytingar og hvort og að hve miklu leyti sjávarhiti eða vetrarvísitala NAO (https://climatedataguide.ucar.edu/sites/default/files/2023-07/nao_station_djfm.txt) skýri þessar breytingar. Sömu greiningar eru fyrirhugaðar fyrir veiðitölur frá Umhverfisstofnun 1995-2021 sem er skipt í sex veiðisvæði (frá 1998), og einnig á viðkomu í öllum 12 rannsóknabyggðum í stofnvöktun lunda frá 2010, en með tilliti til fleiri umhverfisbreyta eins og tímasetningu þörungablóma.



©Alex Máni Guðrýðarson



2. Mynd. Stöðluð veiði (Normalized, einingalaus) í 13 „sýslum“ 1898-1941 samkvæmt hlunninda & hagskýrslum [7].

Leslie stofnlíkan – Stofnvöxtur (λ , lambda)

Leslie fylki er notað til að reikna stofnvöxt lundans með aldursbundnum líftölum og frjósemi kvenfugla (tafla 1). Fylkið er tímasett fyrir varptíma (E: pre-breeding) eða um 20.maí. **Líftala fugla á fyrsta ári (S_1)** er bæði illa þekkt og breytileg, hún er hér sett sem fasti $S_1 = 0,5$. Heildarendurheimtuhlutfall pysjuárganga fædda á árbilinu 1961-1982 í veiði í Vestmannaeyjum (hafa verið veiddir í a.m.k. 25 ár) er á milli 5% og 25% og sýnir einnig fylgni við líkamsþyngd við brottför úr varpholu. Þetta er vísbending um að breytileiki líftölu á fyrsta ári milli minnstu og stærstu árgangana er um fimmfaldur og tengdur fæðumagni á ungatíma. Ef hámarks líftala $S_1 = S_a = 0,92$ þá er S_1 lágmarkið um fimmfalt lægra eða um 0,18. Flestar erlendar rannsóknir sýna að líftala lunda er há frá og með öðru aldursári (S_a) [4] og er hér notast við mælda líftölu varpfugla (S_a) í Stórhöfða, Heimaey 2008-2019 ($0,92 \pm 0,0544$ SE [6]).

Niðurstöður 2020-2021 sýna mikla lækkun líftölu sem endurspeglar ónákvæmni útreikninga vegna fárra fugla sem hafa sést aftur og eru ekki notaðar.

Aldursbundin frjósemi (F) er margfeldi hlutfalls hvers árgangs sem hefur hafið varp (Pb_i) og viðkomu (P , fleygir ungar/varpholu): $F = Pb_i \times 0,5 P$. Þar sem fylkið er skilgreint fyrir kvenfugla er frjósemi helminguð (dætur/mæður) en lundi hefur **jafnt kynjahlutfall**. Hlutföll kvenfugla (Pb_i) á þekktum aldri (i) sem hafa hafið varp var kannað árið 2016 í gagnagrunni Náttúrufræðistofnunar Íslands ($n=47$), og á meðal 2- og 3-ára kvenfugla í veiði í Eyjum árið 2008 ($n=34$) aldursgreindum á gogg, samtals 81 fuglum. Pb_i er sem segir: 6,7% hjá 3- og 4 ára, 75% hjá 5-ára og 100% hjá 6-ára og eldri [1]. Veginn **kynproskaaldur kvenfugla (α)** er 5,89 ár. Notast var við stofnmat sem byggir á fjölda varppara (margfeldi holufjölda og ábúðar) árið 2010. Gert var ráð fyrir að **aldurssamsetning** stofnsins væri stöðug (E: Stable Age Distribution, SAD) sem gerir mögulegt að reikna hlutfall og þar með fjölda geldfugla (35,8%) sem aldursbundin hlutföll af varpstofni: 1-ára 8,47%; 2-ára 7,77%; 3-ára 7,10%; 4-ára 6,50%; 5-ára: 5,94%; 6+-ára 64,2%.

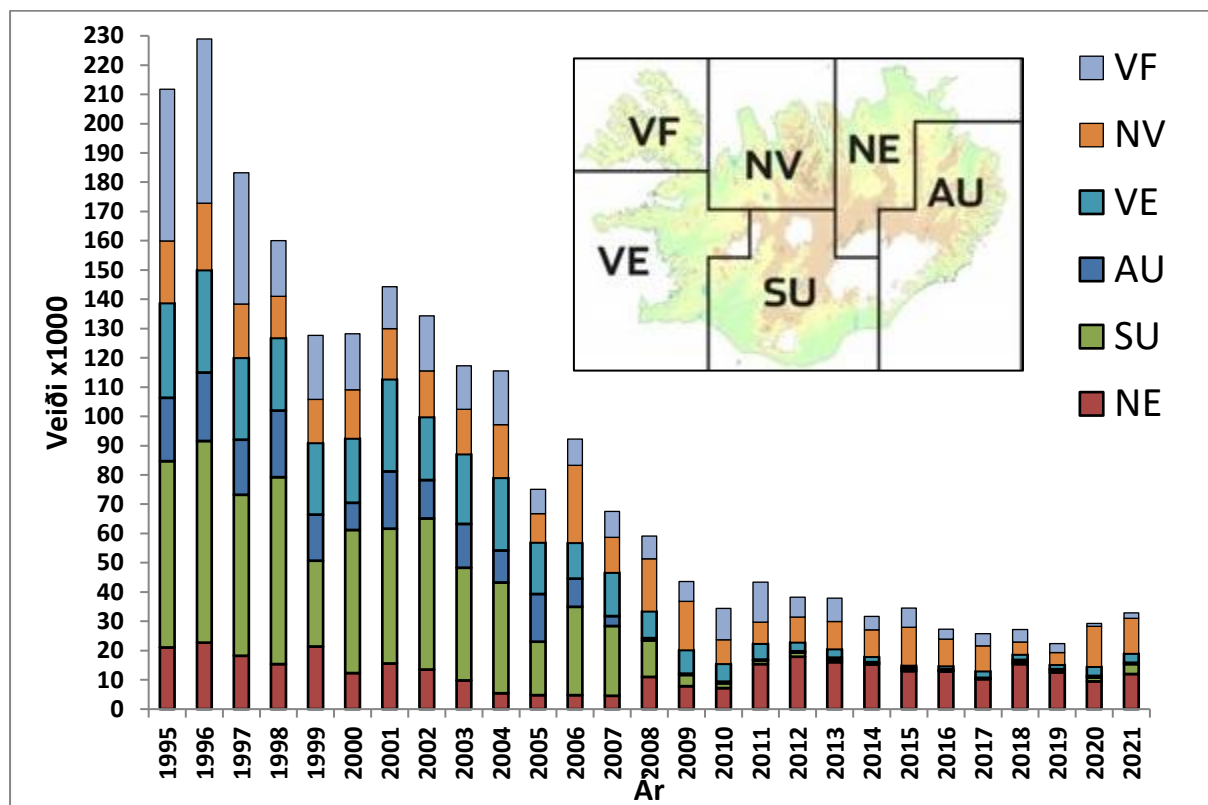
Tafla 2. Leslie stofnlíkan af íslenska lundastofninum. Sjá skýringar í texta.

Aldur	1	2	3	4	5	6	6+
F	0	0	$Pb_3 \frac{1}{2}P$	$Pb_4 \frac{1}{2}P$	$Pb_5 \frac{1}{2}P$	$Pb_6 \frac{1}{2}P$	$Pb_6 \frac{1}{2}P$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	S1	0	0	0	0	0	0
2	0	Sa	0	0	0	0	0
3	0	0	Sa	0	0	0	0
4	0	0	0	Sa	0	0	0
5	0	0	0	0	Sa	0	0
6+	0	0	0	0	0	Sa	Sa

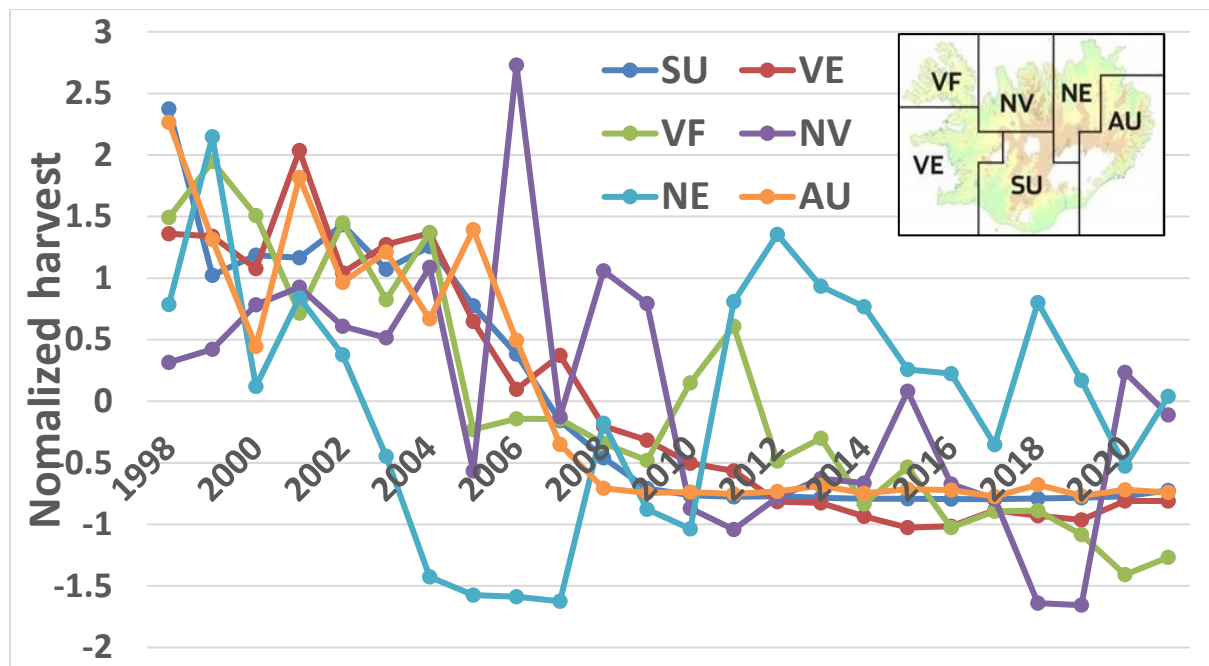
Veiðitölur 1995-2021

Veiðitölur voru fengnar úr veiðiskýrslum til Umhverfisstofnunar 1995-2021 www.ust.is og úr veiðidagbókum Bjargveiðifélaga Vestmannaeyja. Veiðitölur UST eru sundurliðaðar í sex veiðisvæði frá og með 1998. Veiðitölur til UST fyrir árið 2003 voru eyðilagðar sem mótmæli við rjúpuveiðibanni og voru áætlaðar sem meðaltal veiði árana 2001-2002 og 2004-2005. Um helmingur veiði í Vestmannaeyjum er tilkynntur til UST, en mestöll veiði á Suðurlandi er í Vestmannaeyjum. Heildarveiði 1995-1997 var leiðrétt fyrir hlutdeild suðurlands, með því fyrst að draga frá áætlaða veiði „Suðurlands“ frá heildarveiði, og leggja síðan veiði í Eyjum við

afganginn. Veiði var áætluð á suðurlandi 1995-1997 sem sama hlutfall af veiði í Eyjum árabilið 1998-2009 (meðaltal 0,536, staðalfrávik 0,1724). Samkvæmt veiðiskýrslum veiddust 3.037.262 lundar tímabilið 1995-2021 (árleg meðalveiði 112.491 fuglar), og hefur árleg heildarveiði dregist saman um 86,4% (3. mynd). Heildarveiði á landsvísu má skipta í þrjú tímabil til frekari glöggvunar. (1) **1995-2002**, -14,7% samdráttur (-1,1%/ári) í upphafi yfirstandandi AMO sjávarhlýskeyðs. (2) **2003-2016**, -83,7%% samdráttur (-6,0%/ári) í kjölfar stofnhruns sílis 2003-05 sunnan og vestanlands. (3) **2017-2022**, 13,5% aukning (2,3%/ári). Samdráttur í veiði 1995-2007 nemur 65,1%, þ.e. áður en dregið var úr sókn vegna ástandsins.



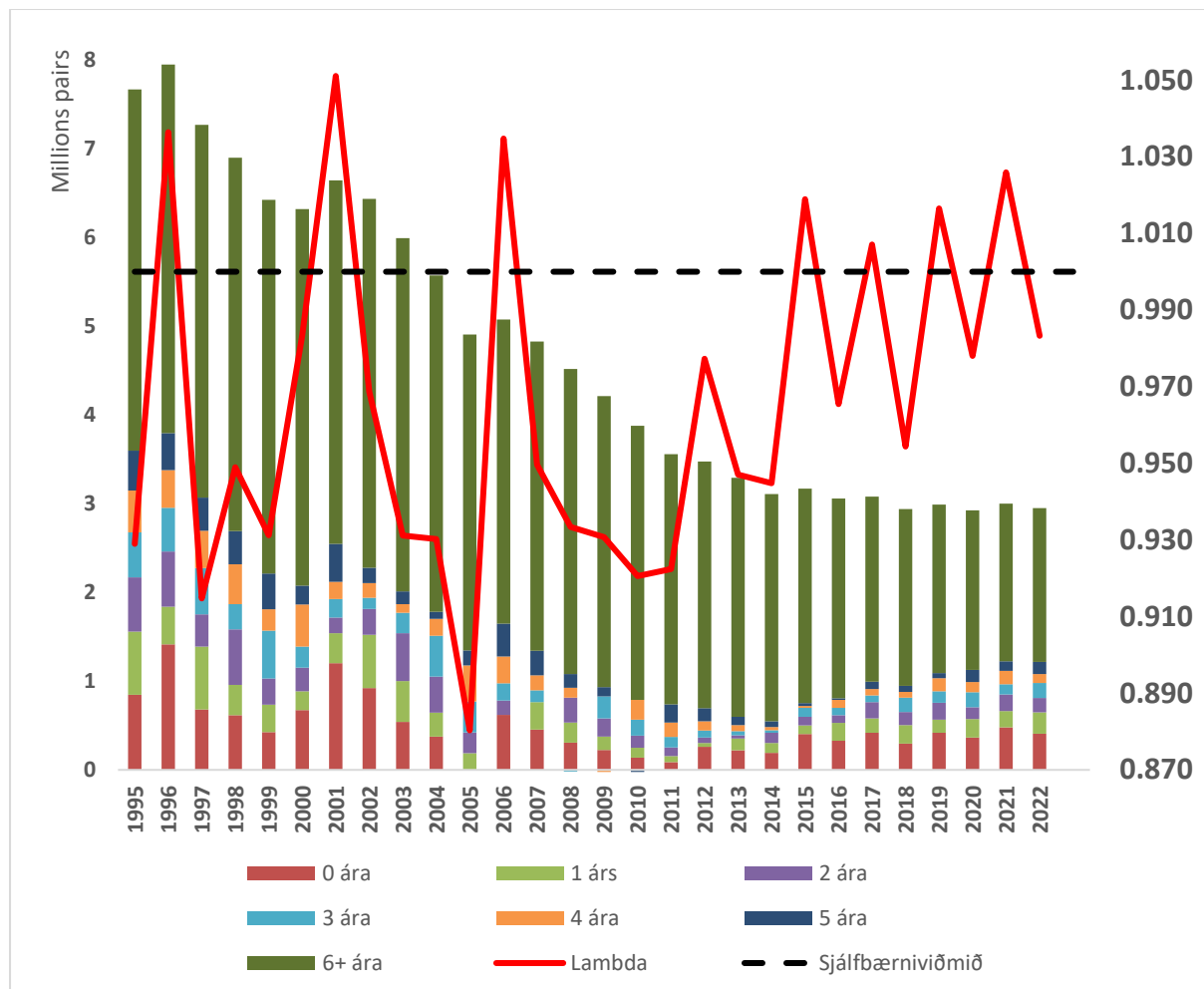
3. Mynd. Lundaveiði (Hobs). samkvæmt veiðiskýrslum til Umhverfisstofnunar. Árið 1998 var veiðitölum skipt upp eftir sex veiðisvæðum (sjá innfellt kort). Veiði 1995-1997 var skipt milli veiðisvæða með meðalhlutfalli hvers svæðis árabilið 1998-2002. Veiðitölur árið 2003 voru metnar sem meðaltal áranna 2001-2 og 2004-5 fyrir hvert veiðisvæði. Heildarveiði dróst saman um 86,4% milli 1995-2021.



4. Mynd. Stöðluð veiði (E: normalized, einingalaus) eftir sex veiðisvæðum UST frá 1998 til 2021. Veiðimynstur á NA svæði sker sig frá hinum svæðunum sem almennt lækka 2006-2012. Veiði lækkar þar 2004 og er lægst til um 2008, frá 2012 snýst þetta mynstur við og er veiði þar mest.

Stofnþróun 1995-2021

Viðkoma, kynproskahlutfall (fastar), líftölur og varphlutfall eftir aldri (bæði fastar), auk frádráttar aldursbundinnar veiði (föst hlutföll, sjá töflu 1) eru notuð til að reikna stofnvöxt í Leslie stofnlíkani fyrir lundastofninn 1995-2022. Gögn um viðkomu eru tiltæk frá 2010 og eru notuð vegið meðaltal viðkomu (tafla 2). Viðkoma 2007-2009 var áætluð eins og var mæld í Vestmannaeyjum. Viðkoma 1995-2006 var áætluð þannig að hún fylgi hlutfallslegum breytingum í veiði og upphafsgildi sett sem meðal viðkoma á Norðurlandi (0,666) 2016-2022 sem er hátt gildi. Veiði er dregin frá hverjum aldurshóp sem áætlaður að fylgi langtímameðaltölum frá Vestmannaeyjum (tafla 1).



5. Mynd. Stofnþróun lunda við Ísland 1995-2022 samkvæmt Leslie stofnlíkani (vinstri kvarði), sundurliðuð eftir aldurshópum, og stofnvöxtur (lambda λ , rauð lína, hægri kvarði). Stofnvöxtur þarf að vera yfir 1 (svört brotalína) til að veiðar geti talist stofnvistfræðilega sjálfbærar. Heildarstofnstærð hefur dregist saman um 57% frá 1995 til 2022.

Stofnþróun 2022-2032

Fimm framtíðarspár eða sviðsmyndir voru reiknaðar með Leslie stofnlíkani með tilliti til veiðiálags fyrir tímabilið 2022-2032 (E. Population Viability Analyss, PVA http://ec2-34-243-66-127.eu-west-1.compute.amazonaws.com/shiny/seabirds/PVATool_Nov2022/R/): 1. Án veiða. 2. Veiði helmingi hærri en uppgefinn (2Hobs). 3. Veiði sama og uppgefinn (Hobs) . 4. Veiði helmingi minni en uppgefinn 0,5Hobs. 5. Veiði fjórðungur af uppgefinni veiði 0,25Hobs (sjá töflu 4). Þessar sviðsmyndir kanna áhrif mismikilla veiða (þar með talin möguleg áhrif sölubanns) á stofnþróun næsta áratug. Notuð er **meðalviðkoma Norðanlands 2016-2022 (meðaltal 0,666, SD 0.0256, tafla 5)**. Notað var „Simulation“, „Deterministic“ model fyrir

umhverfisbreytileika og engin þéttleikaháð áhrif (E: density dependence). Keyrðar voru 1000 hermanir („random seed“ 500) og 10 ár notuð fyrir „burn-in“ það er líkanið var keyrt 10 sinnum til að fá aldurssamsetningu í upphafi 2021). Stofnstærð 2020 er metinn þannig að nægjanlega margir varpfuglar hafi verið til staðar í upphafi (1995) til að mældar ábúðartölur frá og með 2010 standist, $N = 6.076.170$ einstaklingar. Þessi nálgun gerir ráð fyrir að stofninn hafi verið í langvarandi stofnaukningu fram til árpúsundamótanna. Jafnframt þýðir þetta að gert er ráð fyrir kynþroska geldfuglastofni (E: surplus). Líftölur tveggja ára og eldri eru settar sem 0,92 (SE 0,0544). Fyrir fyrsta árið var líftala sett 0,5 og SD 0,4. Tekin var meðaltal heildarveiði (Hobs) eftir að veiði hafði verið skipt í tvennt eftir aldri: 86,8% 2-4 ára, og 13,8% fimm ára og eldri, byggt á meðalaldurssamsetningu veiði af þekktum aldri í Vestmannaeyjum.

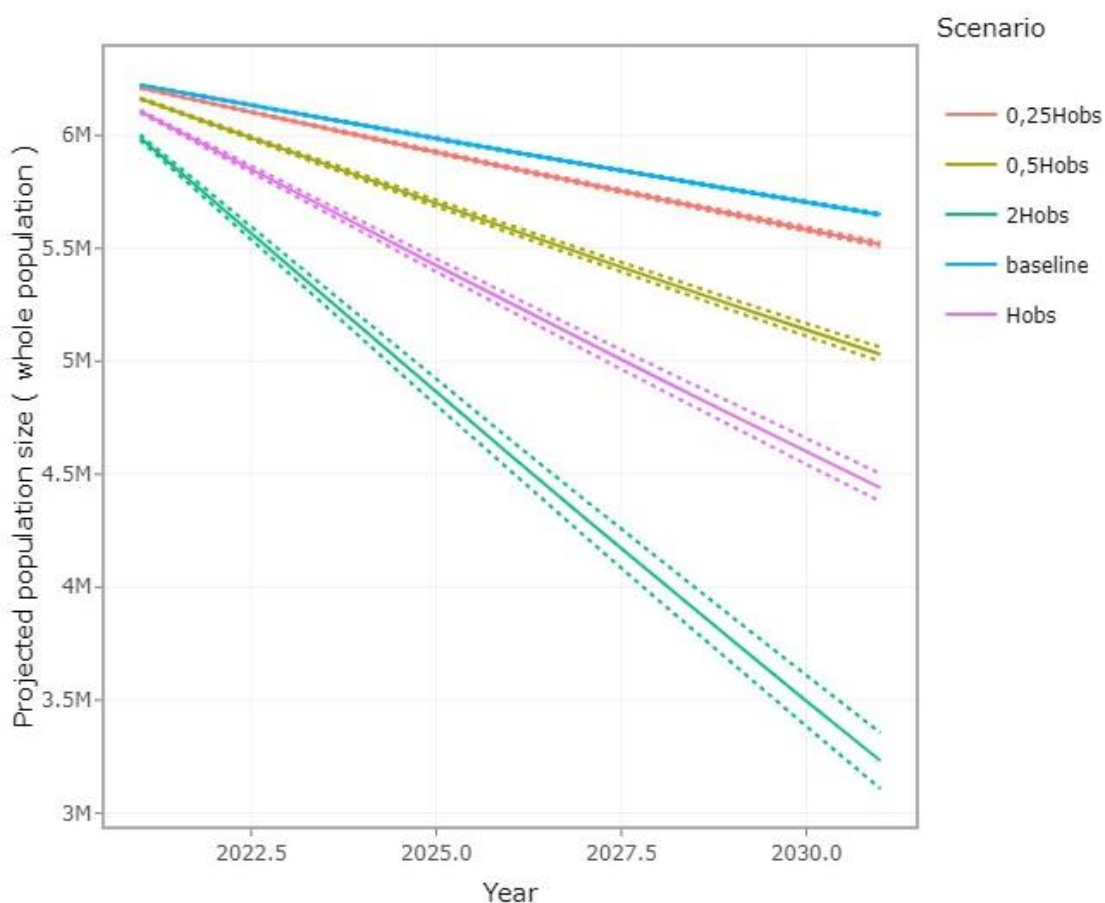
Tafla 3. Meðalveiði og staðalskekkjur (SE) 2010-2021, hlutfall ungfugla (86,8%) og varpfugla (13,2%) í fjórum sviðmyndum með mismunandi veiði (H). Hobs er samkvæmt veiðiskýrslum. 2Hobs er tvöfalt meiri en meðalveiði. 0,5Hobs er helmingi minni en meðalveiði og 0,25Hobs er fjórðungur af meðalveiði.

Sviðsmyndir	2-4 ára		5+ ára	
	Meðaltal	SE	Meðaltal	SE
2Hobs	55692	3011	8469	458
Hobs	27846	1505	4235	229
0,5Hobs	13923	752	2117	117
0,25Hobs	6931	376	1059	57

Niðurstöður má sjá á mynd 6. og töflu 4. Stofnvöxtur er neðan sjálfbærnimarka til stofnvíðhalds ($\lambda = 1$) og veiðar ósjálfbærar og leggjast áhrif þeirra við fækkun af náttúrulegum orsökum. Allar sviðsmyndirnar sýna stofnfækkun, frá -10,1% án veiða, til 48,6% fækkunar ef veiði er tvöfalt meiri en er gefinn upp í veiðiskýrslum. Ef veiði er samskonar og síðasta áratug verður stofnfækkun vegna veiða um 20% og önnur 10% vegna almennrar stofnfækkunar sökum lítillar viðkomu. Ef t.d. sölubann dregur úr veiði þannig að hún verði 25% af veiði síðasta áratug (0,25Hobs) þá fækkar um 2,1% umfram náttúrulegra lækkun. Ef veiði verður um helmingur af veiði síðasta áratug (0,5Hobs) þá er fækkun vegna veiða 9,8%.

Tafla 4. Niðurstöður fimm sviðsmynda um stofnþróun 2022-2032. Gefin eru miðgildi (E: median) stofnstærðar, stofnvaxtar og % stofnbreytingar fyrir lokaárið 2032.

	Án veiða	Hobs	0,25Hobs	0,5Hobs	2Hobs
Stofnstærð	5648946	4439793	5517837	5030864	3231567
Neðri 95% Ö.M.	5643236	4379670	5507092	4999213	3108123
Efri 95% Ö.M.	5654597	4502407	5528703	5062189	3355333
Stofnvöxtur (λ)	0.990	0.969	0.988	0.980	0.941
Neðri 95% Ö.M.	0.990	0.968	0.988	0.980	0.938
Efri 95% Ö.M.	0.990	0.970	0.988	0.980	0.945
% Stofnbreyting	-10.1	-29.3	-12.2	-19.9	-48.6



6. Mynd. Niðurstöður spár fyrir fimm sviðsmyndir af mismunandi veiðiálagi 2022-2032. „Baseline“ er stofnþróun Íslenska lundastofnsins án veiða. Hobs: er meðalveiði 2010-2021, hinar sviðsmyndirnar eru: hálf meðalveiði (0,5Hobs), fjórðungur af meðalveiði (0,25Hobs) og tvöföld meðalveiði (ef veiði er tvöfalt meiri en samkvæmt veiðiskýrslum). Brotalínurnar sýna á hvaða bili 97,5% og 2,5% allra 1000 keyrsla á líkaninu lenda (sjá töflu 4).

Öll gögn sem hefur verið safnað í stofnvöktun lunda eru varðveitt á Náttúrustofu Suðurlands og útgefin gögn aðgengileg á: www.nattsud.is [8-11] og á vef Umhverfisstofnunar www.ust.is.

Áræðanleiki veiðitala

Veiði á suðursvæði 1998-2009 (að 2003 undanskildu) var að meðaltali 0,536 (SD 0,1724) samanborið við veiðidagbækur Bjargveiðifélaga Vestmannaeyja. Tæplega helmingur veiðinnar ratar ekki í veiðiskýrslur til Umhverfisstofnunar. Vorið 2023 var óskað var eftir tölum um fjölda útgefinna hlunnindakorta sem þarf til háfaveiða samkvæmt reglugerð nr. 291 (<https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/291-1995>) frá upphafi, en Umhverfisstofnun hefur enn ekki svarað þessari beiðni. Bjarni Pálsson hjá UST upplýsti í símtali í haust að strax í upphafi hafi hefðbundið veiðikort verið tekið gilt í stað hlunnindakorts. Óneitanlega vaknar sú spurning hvort einhver hluti veiðimanna hafi hvorugt kortið og tilkynni ekki veiði, eða hvort aðrar brotalamir séu einnig til staðar. Það þarf að fara fram endurskoðun á þessu fyrirkomulagi sem allra fyrst til að tryggja að veiðitölur séu sem nákvæmastar.

Veiðiráðgjöf

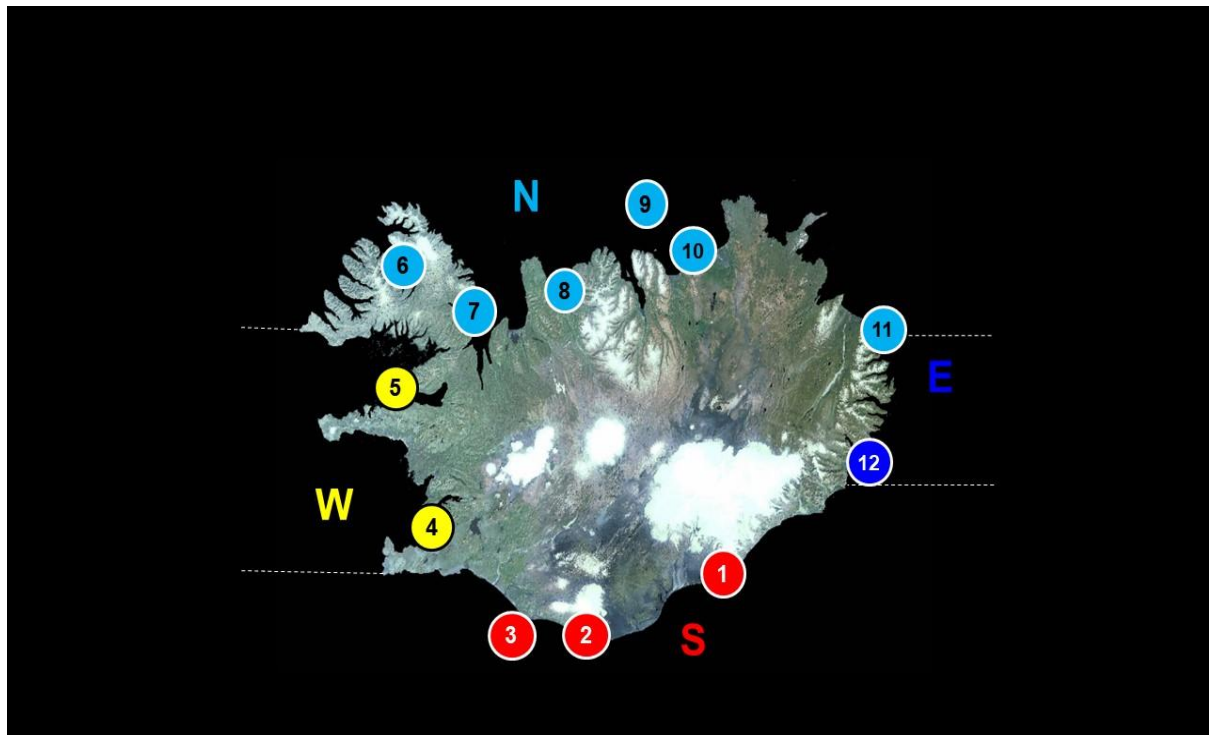
Frá 1995 til 2021 hafa 3.037.262 lundar verið veiddir hérlandis meðan veiðar hafa verið stofnvistfræðilega ósjálfbærar [12, 13]. Stofnlíkan 1995-2021 bendir til að heildarstofninn hafi minnkað um 57% á þessu tímabili. Sviðsmyndir með tilliti til mismunandi veiðiálags 2022-2032 sýna allar stofnfækkun, í réttu hlutfalli við veiðiálag, en um 10% stofnfækkun er spáð án veiða. Stofnvistfræðilega sjálfbær nýting dýrastofna felur í sér að veiða aðeins hluta þeirrar framleiðslu stofnsins sem er umfram sjálfsviðhald. Þegar fækkar í stofnum langlífra tegunda eins og lunda, þannig að framleiðsla er minni en þarf til sjálfsviðhalds, leggjast afföll vegna veiða við náttúruleg afföll og auka fækkun enn frekar [14]. Ljóst er að veiðar verða líklega áfram ósjálfbærar næsta áratug og hafa veruleg neikvæð áhrif á síminnkandi stofn. Að þessu sögðu er lagt til veiðibann þar til meðalstofnvöxtur hefur náð yfir sjálfbærnimörk. Taka þarf til skoðunar útgáfu hlunnindakorta í tengslum við misbrest á tilkynntri veiði.



Unnið við ljósmyndun lundagogga til aldursgreininga © Cornelius Schlawe

Vöktun viðkomu

Tólf lundavörp umhverfis landið voru heimsótt tvisvar sinnum yfir varptímamann, í júní og júlí. Sömu varpholurnar í hverju varpi eru skoðaðar í myndavélum með innbyggðri innrauðri lýsingu (ósýnilegt fuglunum) og innihald holanna skráð. Ábúðarhlutfall varphola er hlutfall varphola sem orpið er í egg (egg/varpholu). Ábúðarhlutfallið er notað til að áætla stofnstærð varpstofns á hverjum tíma sem hlutfall af heildarholufjölda og einnig til útreiknings viðkomu (ungar/varpholu), en viðkoma er margfeldi ábúðarhlutfalls og varpárangurs (fleygir ungar/egg). Varpárangur og viðkoma allra athugana frá upphafi mælinga eru reiknuð þannig að gert var ráð fyrir að afkvæmi á lífi í lok júlí myndu verða fleyg. Hér eru tekin er saman viðkoma, varpárangur og ábúð. Niðurstöður eru dregnar saman innan fjögurra landssvæða sem markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystra Horni (1. Mynd). Fyrir landsvæðin voru reiknuð vegin meðaltöl með holufjölda byggða (Norður- og Vestursvæði), en Papey er fulltrúi Austursvæðis og Vestmannaeyjar fulltrúi Suðurlands. Niðurstöður voru teknar saman fyrir landið með því að vega tiltæk viðkomu gögn fyrir hvert landsvæði með heildarholufjölda hvers landsvæðis (tafla 2).



7. Mynd. Staðsetning rannsóknabyggða í númeraröð og skilgreining fjögurra landsvæða með bókstöfum og litum: 1. Ingólfshöfði, 2. Dyrhólaey, 3. Vestmannaeyjar, 4. Akurey, 5. Elliðaey, 6. Vigur, 7. Grímsey á Steingrímsfirði, 8. Drangey, 9. Grímsey, 10. Lundey á Skjálfanda, 11. Hafnarhólmi á Borgarfirði Eystra, og 12. Papey. Landsvæði markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystrahorni.

Vorið 2017 var meðalvarptími reiknaður fyrir allar byggðir frá upphafi (2010) með því að nota tímasetningu heimsókna og klakhlutfall í samanburði við þekkta tímadreifingu klaks í Vestmannaeyjum. Byggt á þessum niðurstöðum var farið frá og með 2017 í júní leiðangurinn um 10 dögum fyrr en áður (2010-2016) og var heimsóknaröð byggða breytt bæði í júní og júlí svo tímasetning heimsókna innan varptíma væri sem sambærilegust milli byggða. Akurey er nú heimsótt fyrst (var síðust) þar sem varp þar er fyrr á ferð en í Vestmannaeyjum og Dyrhólaey sem eru nú heimsóttar síðastar (voru fyrstar), varp hefst fyrst í Papey (og reyndar á svipuðum tíma í Grímsey á Steingrímsfirði fyrst Norðanlands). Varp hefst því austanlands, næst norðanlands, svo vestanlands og síðast sunnanlands. Tímasetning varptímans fylgir neikvæðu sambandi við sjávarhita. Frá 2017 hefur verið farið rangsælis umhverfis landið og heimsóknaröð byggða: 4, 1, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 2, 3, (sjá byggðanúmer á 7. Mynd).

Meginmarkmið þessarar endurskoðunar var að fjölga hreiðurdögum milli heimsókna, sem eykur líkur á að nema afföll og forðast að vera of seint á ferðinni í snemmbúnum vörpum.



Vöktun viðkomu í Hafnarhólma með holumyndavél

Tafla 5. Varpholufjöldi rannsóknabyggða og landsvæða sem er notaður til að reikna vegna viðkomu eftir fjölda innan landsvæða (Lundatal Íslands: Erpur S. Hansen o.fl. *handrit*). Fyrir Akurey (25.300 holur) og Elliðaey (4.900 holur [15]) voru notaðar heildartölur fyrir Faxaflóa og Breiðafjörð (úr 503.000 í 425.000 holur) sem skoðast sem vinnutala. Fjöldi lundahola var endurmetinn árið 2020:* Grímsey (99.000), Hafnarhólmi (10.100), Akurey og Lundey á Kollafirði.

(Nr) Rannsóknabyggð - Landshluti	Fjöldi varphola	Hlutfall af heild
Norðursvæði heildartala	509.000	19%
(6) Vigur	38.400	
(7) Grímsey á Steingrímsfirði	31.000	
(8) Drangey	45.200	
(9) Grímsey utan Eyjafjarðar	99.900*	
(10) Lundey á Skjálfanda	36.500	
(11) Hafnarhólmi Borgarfirði Eystri	10.100*	
Samtala rannsóknabyggða á Norðursvæði	258.000	
Austursvæði heildartala	483.000	18%
(12) Papey	177.000	
Suðursvæði heildartala	1.125.000	42%
(3) Vestmannaeyjar [16]	1.125.000	
Vestursvæði heildartala	562.000	21%
(4) Akurey, Kollafirði (25.300*)	117.000*	
(5) Elliðaey Breiðafirði (4.900 [15])	425.000*	
Ísland heildartala	2.679.000	100%

*: Endurmetið árin 2020-2021

Viðkoma eftir landshlutum

Meðaltöl varpárangurs, ábúðar og viðkomu eru öll hæst á Norðursvæði, ívið lægri en svipuð innbyrðis á Austur- og Vestursvæðum (myndir 8-10). Ábúð í Eyjum hefur verið að meðaltali um 30% lægri en á Norðursvæði og varpárangur ekki nema um 39% af meðaltali Norðansvæðis. Viðkoma er hæst á Norðursvæði, miðlungs á Vestur og Austursvæðum en yfirleitt yfir lágmarks viðkomu (0,49 ungar/holu). Viðkoma í Eyjum hefur einungis verið 30% af viðkomu á Norðursvæði sérstaklega vegna lágs varpárangurs. Meðalviðkoma veginn með stofnstærð sýnir vel hve mikil áhrif Vestmannaeyjar hafa á landsmeðaltalið (tafla 6). Einnig er tekið saman frávikshlutfall (staðalfrávik/meðaltali, E: *Coefficient of Variance*, CV) sem er mælikvarði á breytileika í varpárangri, ábúð og viðkomu eftir landsvæðum (tafla 7).

Tafla 6. Veginn: meðalvarpárangur (fleygar pysjur/egg); meðalábúð (egg/holu); og meðalviðkoma (fleygar pysjur/holu) auk staðalskekkju (S.E.) eftir landsvæðum með varpholufjölda rannsóknarbyggða innan svæða og hlutdeild svæða af heild fyrir landið (tafla 5.) fyrir tímabilið 2010-2022

Svæði	Meðal varp- árangur	SE	Meðal- ábúð	SE	Meðal- viðkoma	SE
	(ungi/egg)		(egg/holu)		(ungi/holu)	
Norður	0,803	0,0144	0,817	0,0138	0,666	0,0256
Vestur	0,591	0,0875	0,650	0,0545	0,399	0,0765
Austur*	0,597	0,0843	0,732	0,0304	0,448	0,0696
Eyjar	0,380	0,0871	0,589	0,0455	0,246	0,0605
Landið	0,396	0,0531	0,496	0,0321	0,278	0,0393

*Papey.

Tafla 7. Frávikshlutfall (% staðalfrávik/meðaltal, E: *Coefficient of Variance*, CV) meðalvarpárangurs (fleygar pysjur/egg), meðalábúðar (egg/holu), og meðalviðkomu (fleygar pysjur/holu) eftir landsvæðum tímabilið 2010-2022.

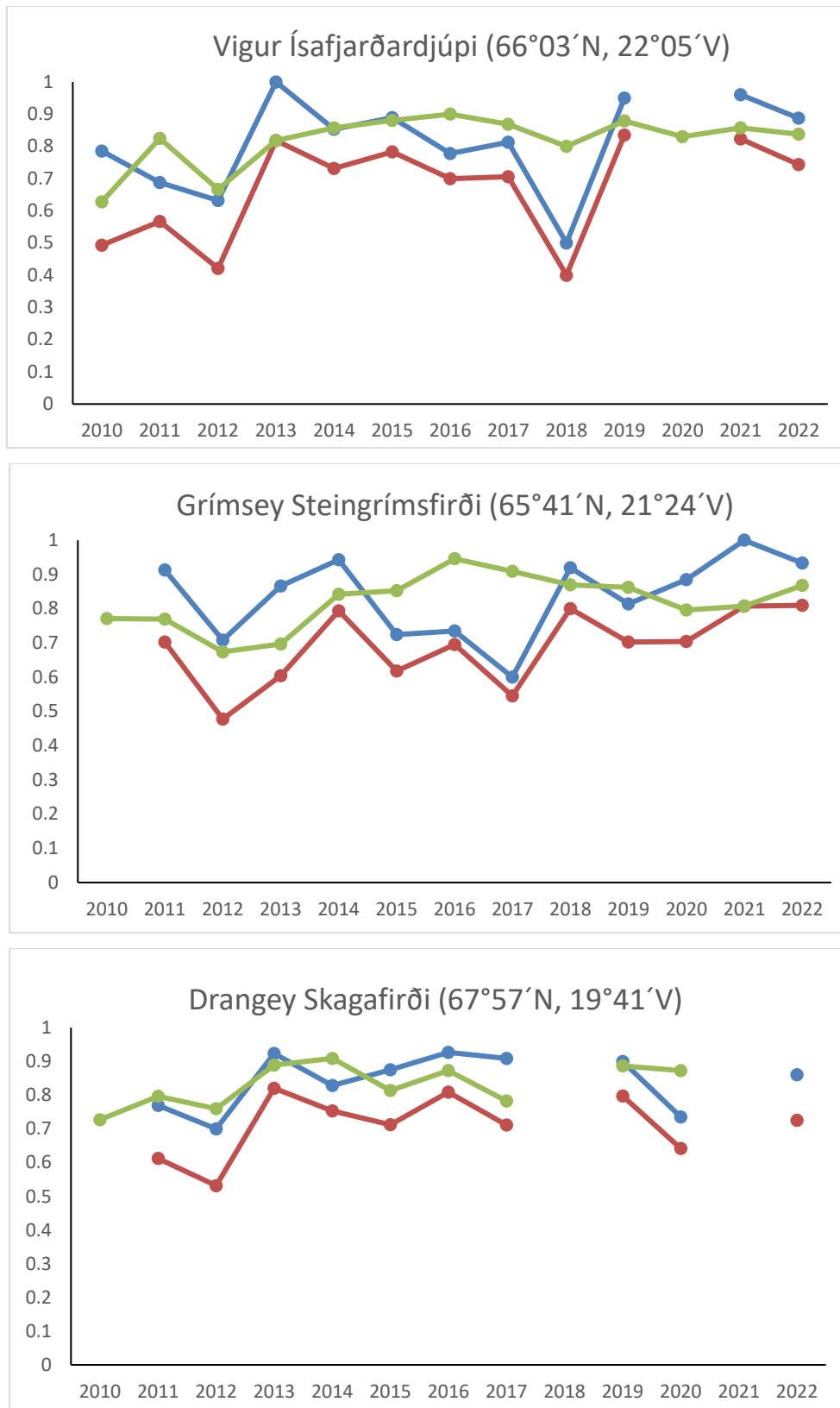
Svæði	CV Varpárangur	CV Ábúð	CV Viðkoma
	(%)	(%)	(%)
Norður	6,5	6,1	13,8
Vestur	53,4	30,2	69,2
Austur*	48,9	14,4	53,9
Eyjar	82,6	27,8	88,9
Landið	48,3	21,2	51,1

*Papey.

Frávikshlutfall ábúðar, varpárangurs og viðkomu er áberandi lágt á Norðursvæði, og breytileiki áþekkur í varpárangri og ábúð. Frávikshlutfall er stærðargráðu stærra á Vestur- og Austursvæðunum. Frávikshlutfall varpárangurs á Austur- og Vestursvæðum er mun hærra en frávikshlutfall ábúðar. Helmingi minna frávikshlutfall er í ábúð á Austursvæði en Vestursvæði sem endurspeglar mikla aukningu í ábúð og varpárangri á Vestursvæði, en ábúð hefur verið fremur stöðug í Papey eftir viðkomubrest árin 2010-11. Frávikshlutfall varpárangurs í Vestmannaeyjum er tæplega helmingi hærri en á Austur- og Vestursvæðum, meðan frávikshlutfall ábúðar er áþekkt og á vestursvæði en tvöfalt hærri en á austursvæði (tafla 7).

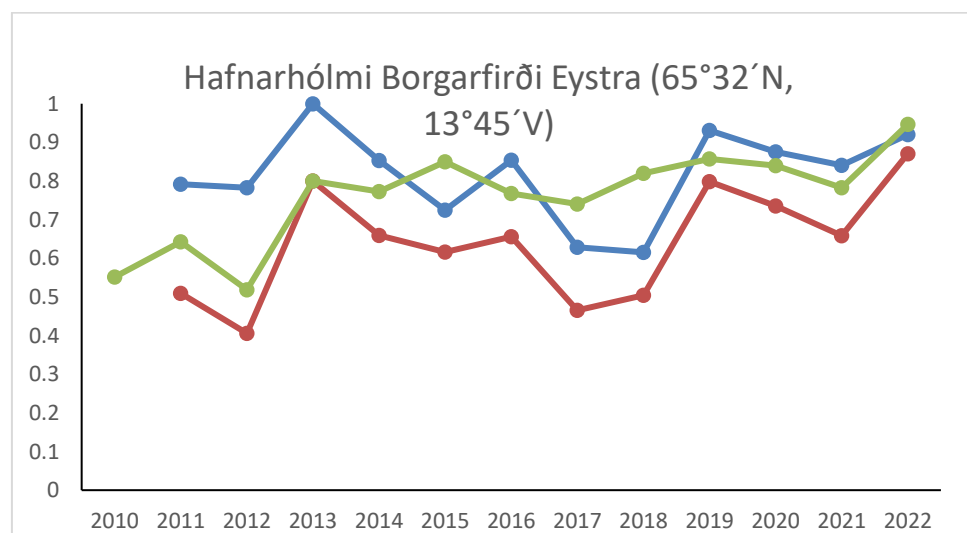
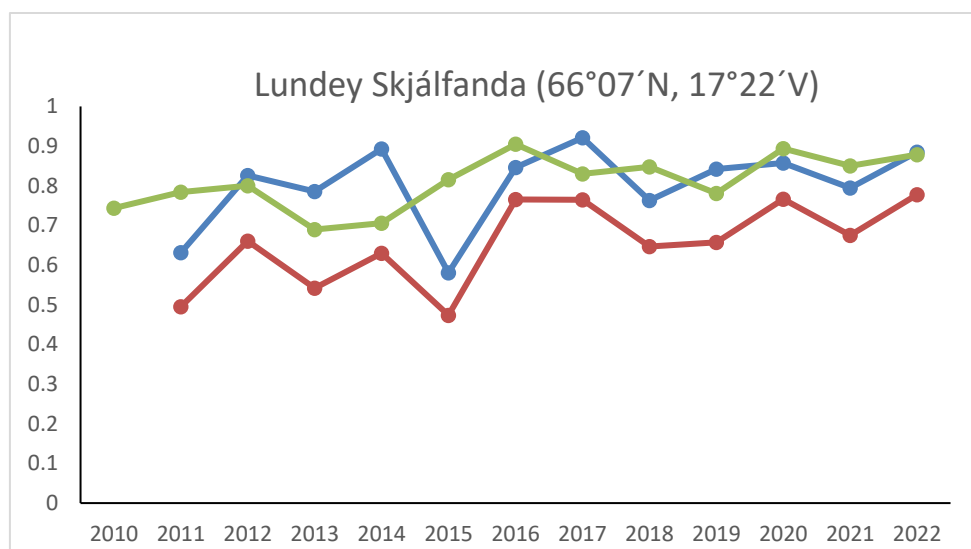
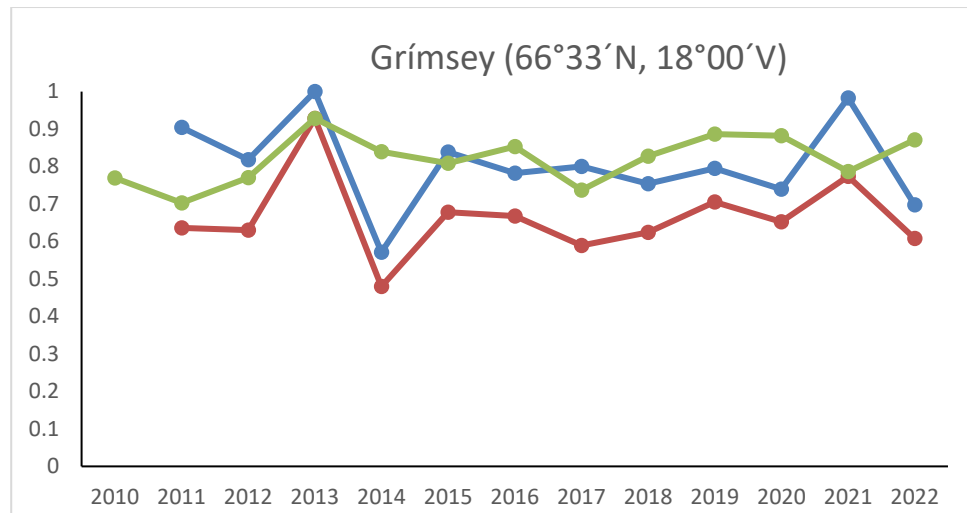


Ungadauði í Papey 2011 © Cornelius Schlawe.

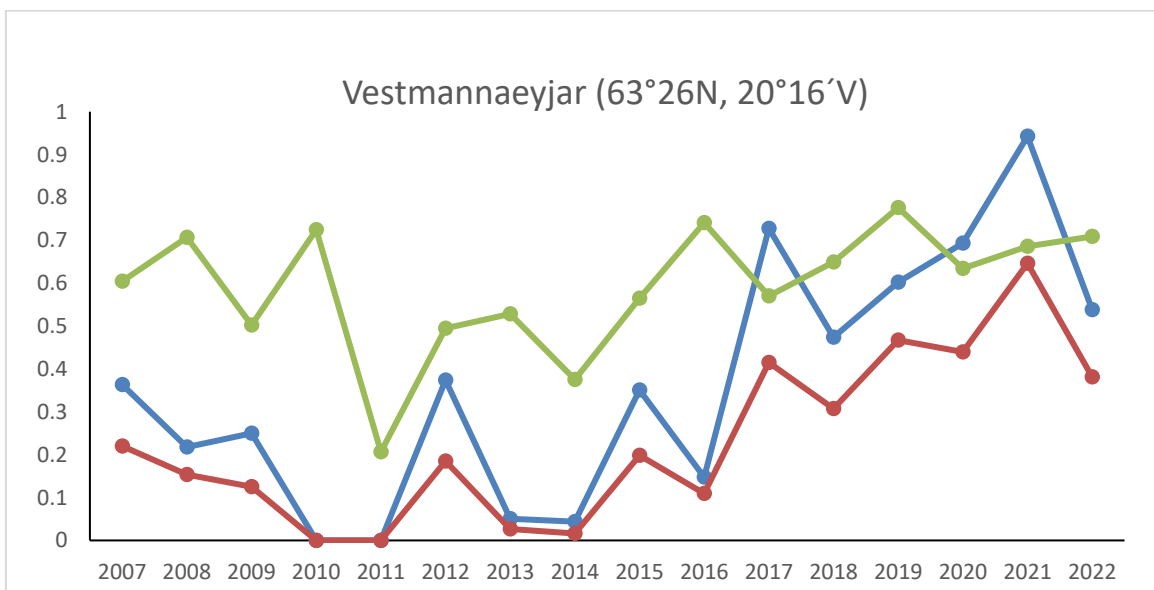
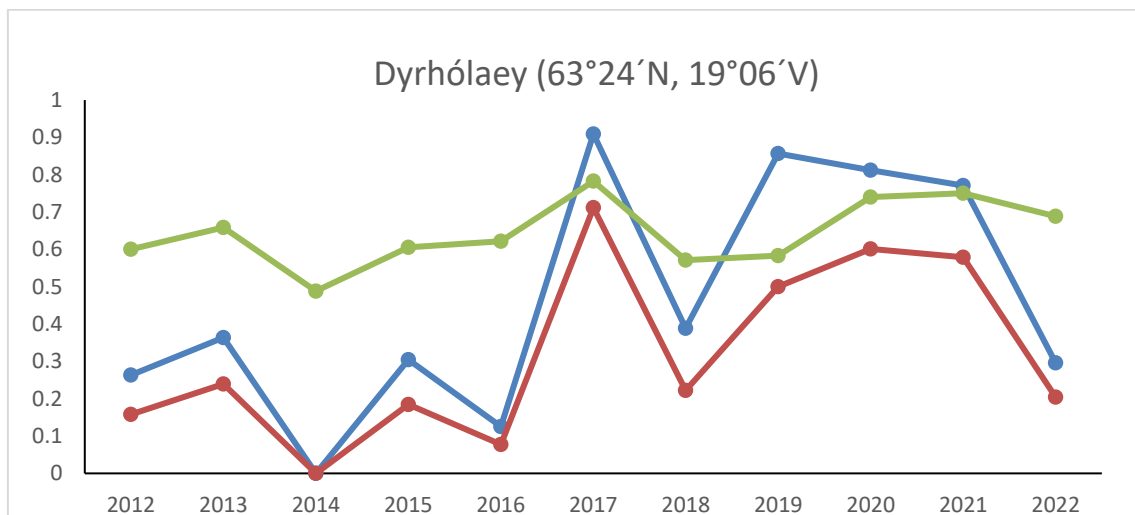
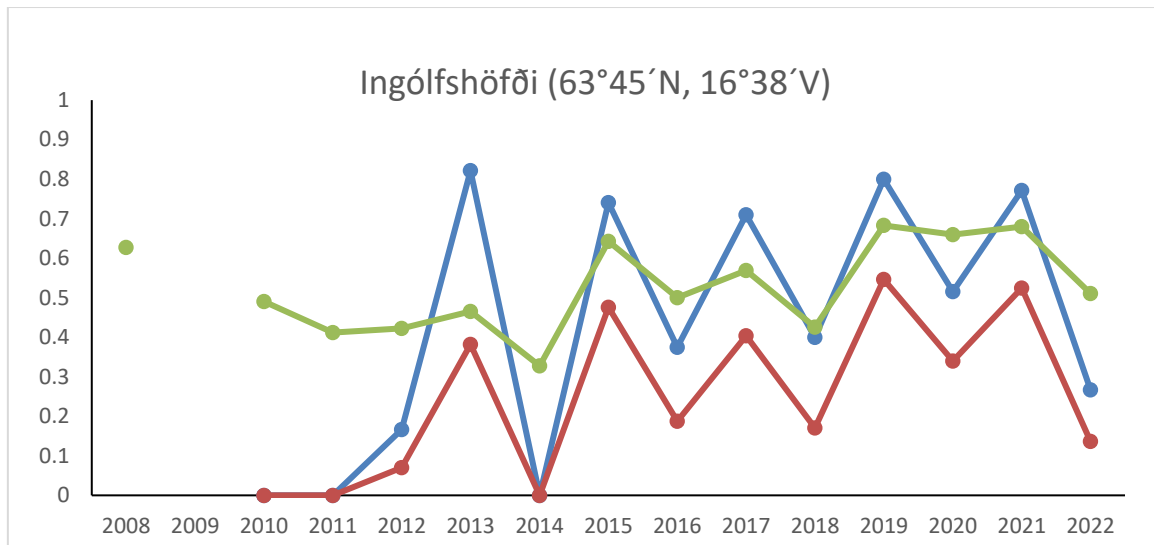


1

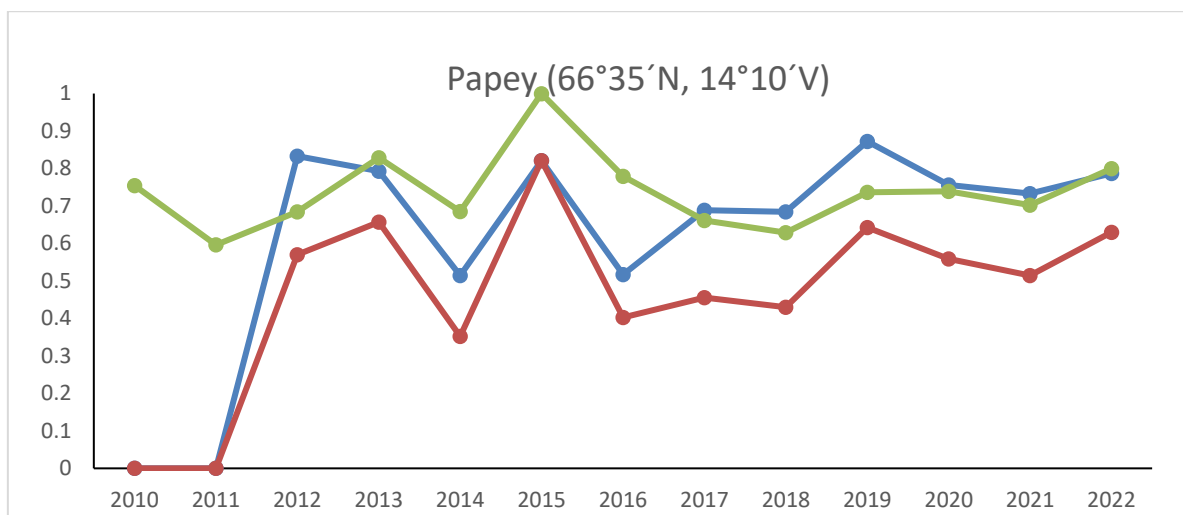
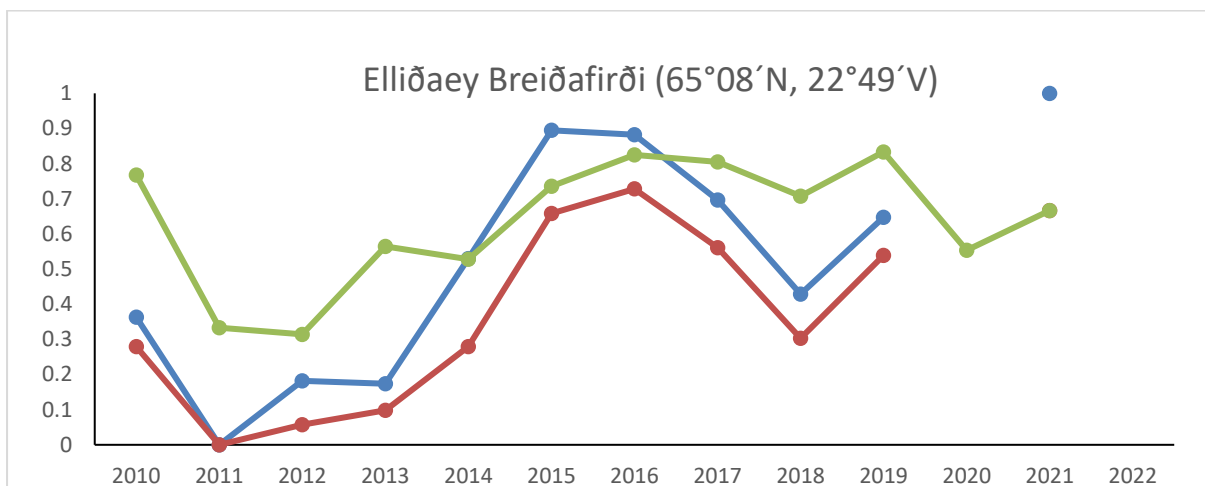
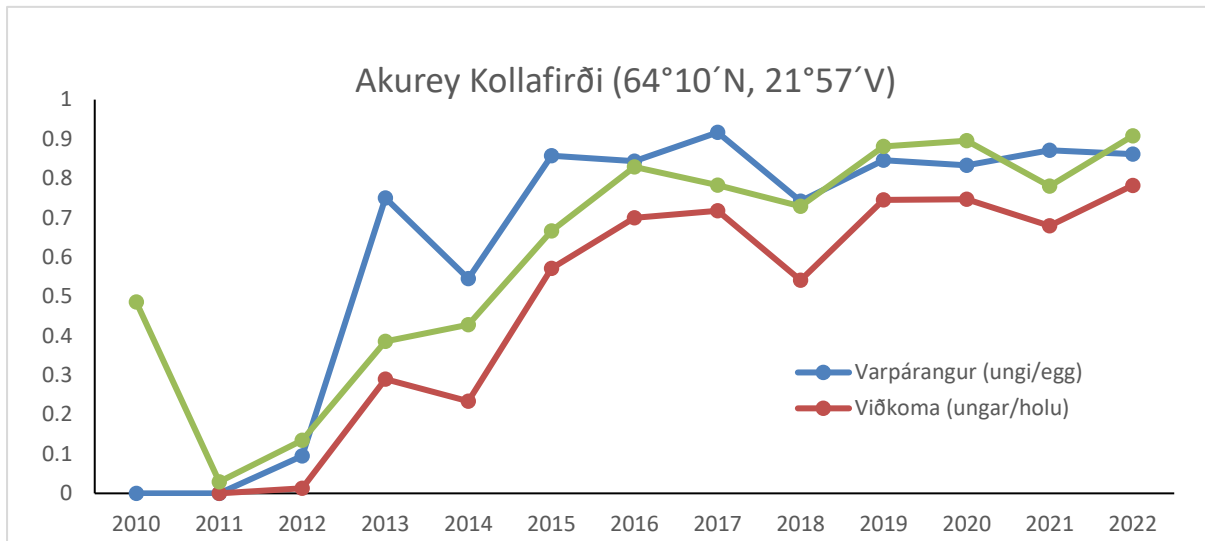
¹ 8. Mynd, sjá næstu blaðsíðu.



8. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í sex rannsóknabyggðum á Norðurlandi. Ófært var í Drangey 2018, 2021 og í júlí í Vigur 2020.



9. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í þrem rannsóknabyggðum á Suðursvæði.



10. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í tveimur byggðum á Vestursvæði og í Papey. Lágmarks viðkoma (0,49) er sýnd með rauðri brotalínu. Ófært var í Elliðaey 2020 og 2022.



Varpfugl lit- og stálmerktur í Stórhöfða, Heimaey

Vöktun líftala

Mæling líftölu fullvaxinna fugla var gerð með Cormack-Jolly-Seber aðferð sem byggir á árlegri skimun og aflestri á litmerktum fuglum í Litlu Rauf í Stórhöfða á Heimaey ([17]. Rannsóknin hófst 2008 með litmerkingu 31 varpfugla sem veiddir voru með yfirlegunetum sem lögð voru yfir varpholur. Almennt sást lítið af fugli í byggðum 2008-2014 og var því skipuleg skimun ekki stunduð. Sumarið 2014 voru 34 fuglar litmerktir og 2015 var gert merkingaátak með notkun mistneta og 223 varpfuglar litmerktir. Markmiðið hefur verið að litmerkja um 30 fugla árlega til að viðhalda fjölda litmerktra í kringum 300 fugla. Samtals hafa verið litmerktir 380 fuglar í Stórhöfða. Skimunarátak hófst 2016 og til þess keypt öflug fjarsjá til að auðvelda aflestur sem og myndatökubúnaður með styrkjum frá Náttúruverndarsjóði Pálma Jónssonar. Lögð var áhersla á aflestra í maí en viðvera hefur aukist í byggðunum á þessum tíma seinni ár sem og síðsumars. Samtals hafa sést aftur 161 litmerktir fuglar í Stórhöfða frá upphafi, en árlegar endurheimtulíkur hafa verið lágar sem minnkar nákvæmni niðurstaðanna.

52 varpfuglar voru litmerktir í Hafnarhólma 21-24. maí 2020. Hugmyndin er að fjölmargir ferðamenn sem heimsækja hólmann sendi myndir til Náttúrustofu Suðurlands. Hefur þetta ferli gengið óskum framár. 17 fuglar sáuð þar árið 2021 (32,7% af heild) og fjölgaði

mikið næstu tvö ár, en þar sem ekki er veitt í Hafnarhólma er náttúruleg líftala mæld, auk þess að veita samanburð við líftölur í Vestmannaeyjum. Þessi gagnaröð þarf að lengjast um fáein ár til að verða nothæf.



Varpfugl litmerktur HX6 á leið með fæðu til unga í Stórhöfða, Heimaey. ©Harry Reed

Válistaflokkun

Niðurstöður stofnvöktunarinnar voru meðal annarra gagna sem voru lagðar til grundvallar flokkun lunda á heimsválista International Union for Conservation of Nature sem „*Vulnerable*“ („Í nokkurri hættu“) árið 2015:

<https://www.iucnredlist.org/species/22694927/132581443#assessment-information>

Flokkun lunda á Válista Náttúrufræðistofnunar Íslands árið 2018: „Í bráðri hættu“ („*Critically Endangered*): <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla> byggir einnig á upplýsingum úr lundavöktuninni.



Sandsíli borið til unga © Ingvar Atli Sigurðsson

Vöktun fæðu

Frá árinu 2011 hafa varpfuglar með fæðu í gogg verið ljósmyndaðir í júlí. Úrvinnsla mynda 2011-2021 er lokið og tölfræðileg úrvinnsla hafinn, en fyrirhugað er að gefa þessar niðurstöður út ásamt gögnum um viðkomu. Ekki verður fjallað um þessar niðurstöður frekar hér en til fróðleiks fyrir áhugasama eru niðurstöður (tíðni fæðugerða í fæðusýnum, E: *Frequency of Occurrence*) teknar saman fyrir fjögur landsvæði (myndir 11-14.).

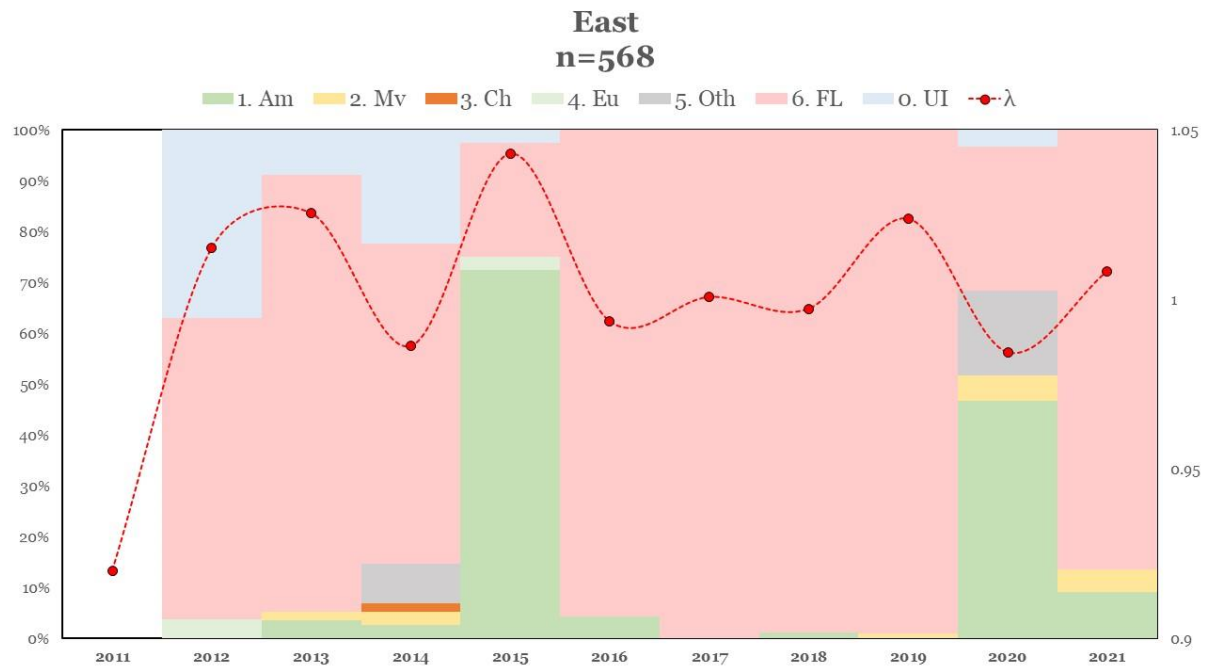
Lífsýni hafa verið tekin til rannsókna á styrk ^{15}N og ^{13}C samsæta úr bæði villtum fuglum og hömum frá fyrri tímum í rannsóknasafni Náttúrufræðistofnunar Íslands og Zoologisk Museum í Kaupmannahöfn. Styrkmælingar segja m.a. til um af hvaða fæðuprepi fæða er étin á mismunandi árstímum [18, 19]. Helstu fyrirbyggjandi niðurstöður eru að lundar eru á sama fæðuprepi að vetri óháð í hvaða landshluta þeir verpa, sem kemur ekki á óvart enda eru vetrastöðvar þeirra sameiginlegar [20]. Á varptíma eru lundar í Eyjum hlutfallslega á lægra

fæðuprepi en norðanlands, éta væntanlega hlutfallslega meira af ljósátu. Þessi mynstur hafa haldist áþekk að minnsta kosti síðastliðin 60 ár [11].

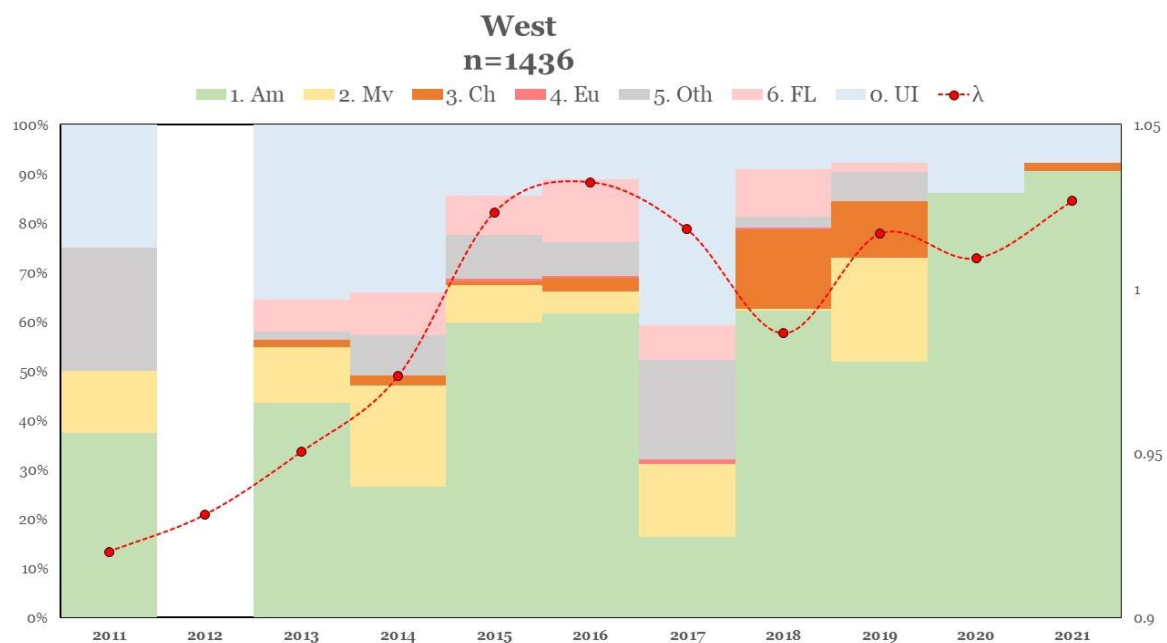
Safnað var saursýnum í öllum rannsóknabyggðunum árin 2018, 2019 og 2021 til mælinga á þungmálmainnihaldi fæðu og er úrvinnsla vel á veg kominn. Árið 2021 var einnig safnað stroksýnum úr „cloaca“ í flestum byggðum til að fæðugreininga með svonefndri DNA metabarcoding aðferð. Þessi verkefni er unnin í samvinnu við háskólann í Szczecin í Póllandi.



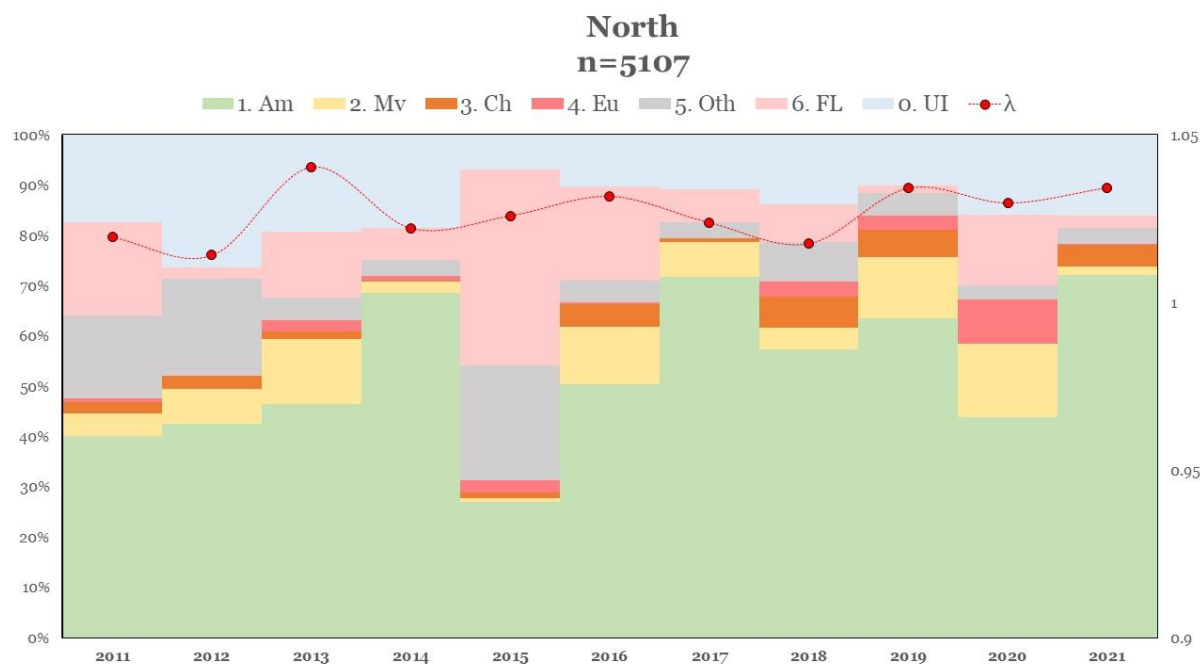
0-grúppu sandsíli © Ingvar Atli Sigurðsson



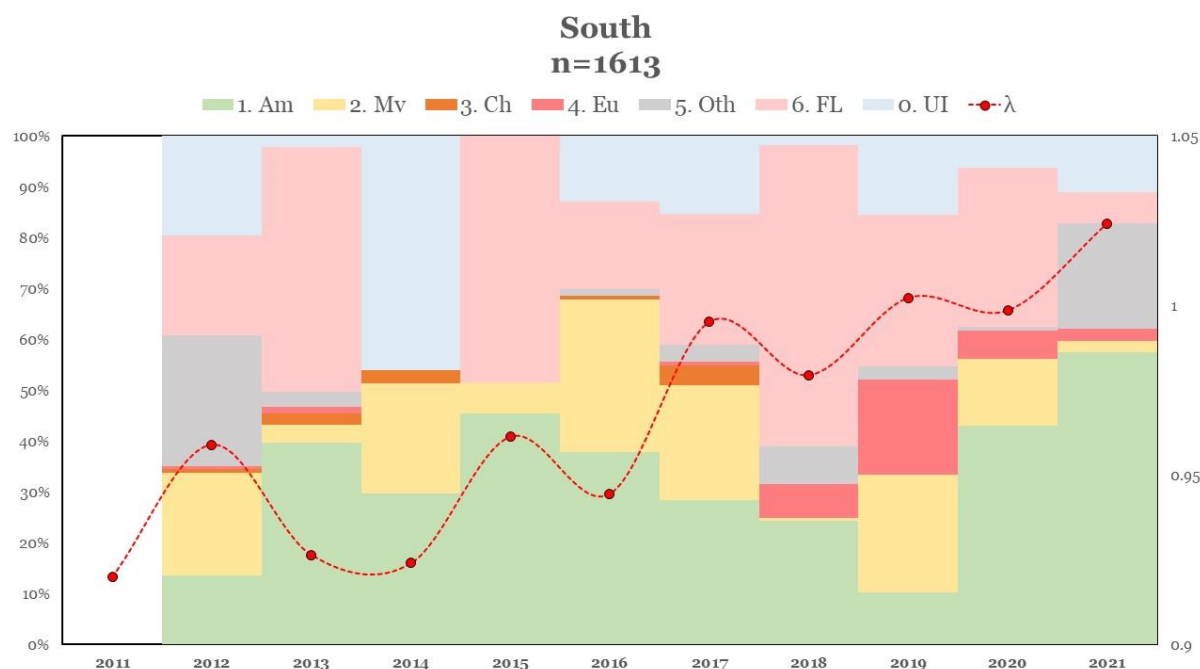
11. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á austursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



12. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á vestursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



13. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á norðursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,” 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



14. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) í Vestmannaeyjum. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,” 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).

Lundatal Íslands

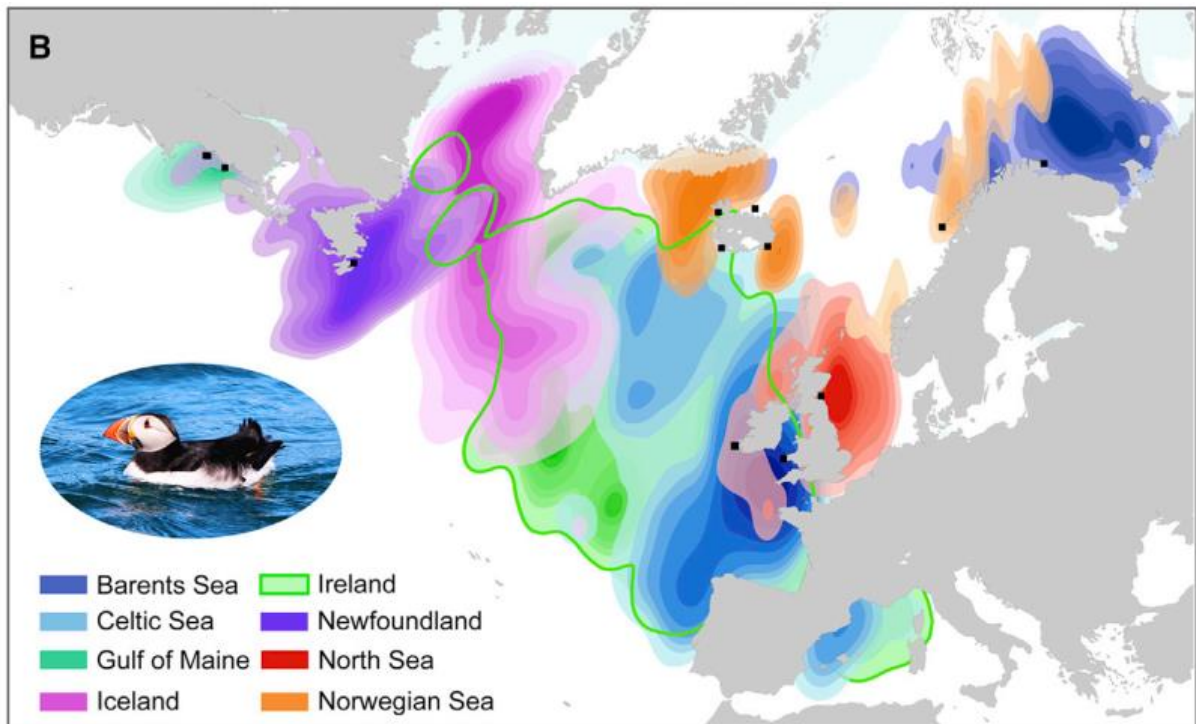
Gagnaöflun fyrir lundatal hefur staðið yfir um árabil en frumkvöðull þess er Arnþór Garðarsson heitinn. Þessu langtímaverkefni mun seint ljúka ef telja á allar lundaholur Íslands. Raunhæfari markmið til að fá sem besta hugmynd um stofnstærð lunda er að mæla öll stóru (>10.000 pör) vörpin sem eru jafnframt skilgreind sem alþjóðlega mikilvæg og áætla afganginn skynsamlega. Hafnarhólmi var tekinn út 2020 og voru fimm stór vörp könnuð árið 2021: Seley, Andey, Berufjarðareyjar og Hafnarhólmi við austurland, og Hrútey í Hrútafirði, auk endurmats á vörpum í Akurey og Lundey á Kollafirði. Reyndust tvær byggðir vera alþjóðlega mikilvæg vörp (IBA, >10.000 pör): Seley og Hrútey.

Um 90% stofnsins verpur í 21 alþjóðlega mikilvægum byggðum (IBA: Important Bird Area, >10.000 varppör) þegar Eyjar og Breiðafjörður eru hvor um sig taldar sem ein heild. 75% stofnsins verpur í fimm byggðakjörnum: Vestmannaeyjum, Breiðafirði, Skrúð, Papey og Grímsey.

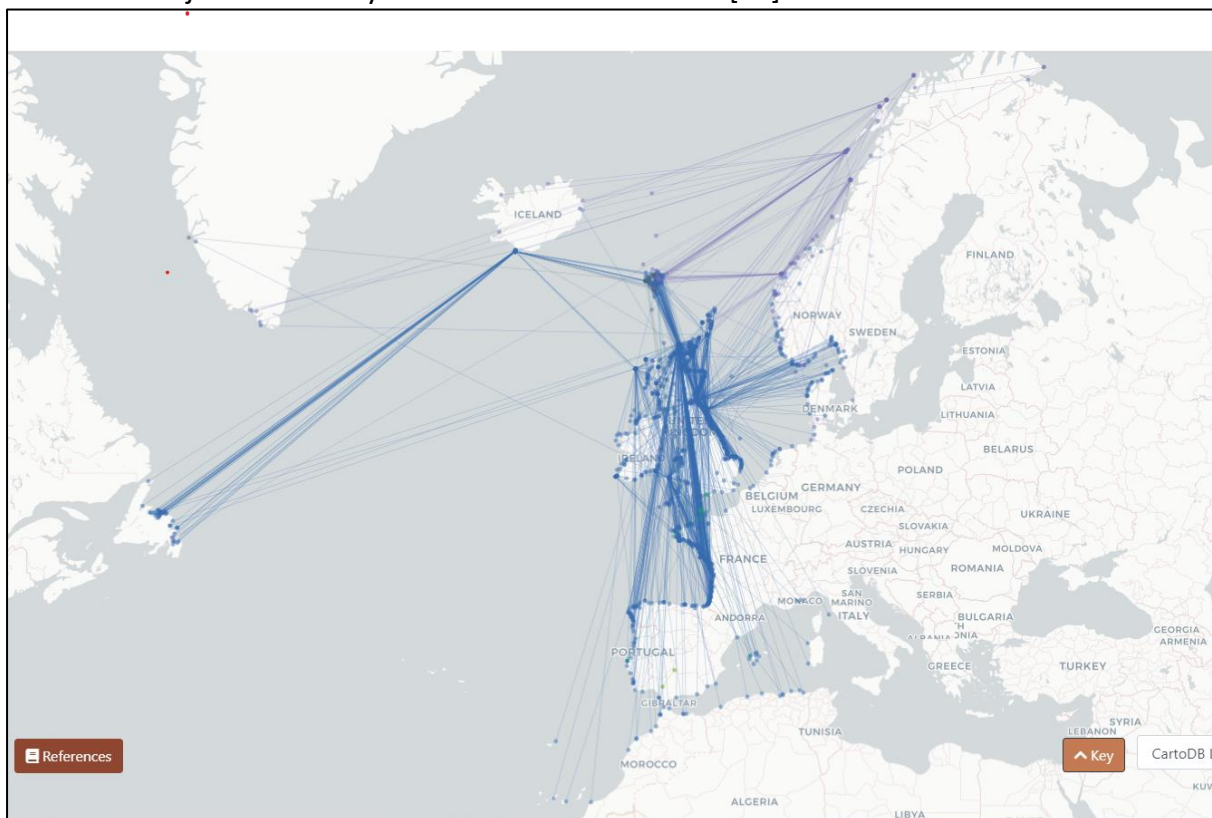
Unnið er að samantekt tiltækra gagna til útgáfu. Notkun dróna lofar mjög góðu til að kanna byggðir hratt og vel með tiltölulega litlum tilkostnaði. Hægt er að útbúa þrívíddar líkön af byggðunum og bera útbreiðslu saman milli kortlagninga. Sömuleiðis er í skoðun að nota Lidar skönnun til að telja holur.

Könnun vetrarstöðva

Starfsfólk Náttúrustofu Suðurlands hefur sett dægurrita á lunda síðan 2013 í fimm byggðum (fjöldi ásettra/endurheimtir): Grímsey, Papey, Heimaey, Elliðaey Vestmannaeyjum og Hafnarhólma í Borgarfirði Eystra, samtals 566 tæki árið 2022 [21]. Frá 2014 hefur þetta verkefni verið innan vébanda alþjóðlegs samstarfs í SEATRACK verkefninu sem Norðmenn fjármagna og stjórna. 20 ritar hafa verið settir á árlega í Papey og Grímsey síðan 2014. Árið 2019 var Elliðaey í Vestmannaeyjum bætt við kerfið með ásetningu 25 rita. Frá árinu 2020 voru einnig settir ritar á lunda í Stórhöfða. Dægurritar skrá daglega daglengd og tímasetningu, og þarf að ná fuglunum ári seinna til að hlaða niður gögnunum. Með þessum upplýsingum er hægt að staðsetja fuglana daglega með um 180 km nákvæmni utan jafndægra. Samtals hafa 207 dægurritar verið endurheimtir til og með 2022. Núverandi þriðji fasi verkefnisins mun standa til 2026, og var landfræðilegt umfang stækkað í vestur með þátttöku Kanada, Grænlands og Írlands árið 2019 og inniheldur nú allt norðanvert N-Atlantshaf. Vetrarstöðvar lunda voru kortlagðar í fyrsta sinn 2017 (15. Mynd) [20].



15. Mynd. Niðurstöður kortlagningar vetrarstöðva lunda með dægurritum [20]. Svartir feringar sýna byggðir þar sem dægurritar voru settir á. Græna útlínan sýnir útbreiðslumörk Írskra lunda. Ljósblá svæði sýna meðal útbreiðslu hafíss [20].



16. Mynd. Ferðir lunda (>50 km) samkvæmt niðurstöðum hefðbundinna merkinga (www.migrationatlas.org)

Könnun fellistöðva og fellitíma

Í ljós hefur komið með því að setja tvo dægurrita á fugla er bæði hægt að tímasetja og staðsetja fellitíma sem reyndist vera 46-77 dagar hjá fjórum fuglum [22]. Lundi eins og aðrir svartfuglar er ófleygur þar sem hann fellir allar handflugfjaðrirnar samtímis. Það er mikilvægt að finna fellistöðvarnar þar sem fellitíminn er mjög langur, fæðuskortur í fáeina daga er lunda lífshættulegur sem ófleygir fuglar geta ekki flúið. Settir voru 2 dægurritar á 13 fugla í Papey sumarið 2023 í tilraun til að kortleggja fellistöðvarnar. Hér er sett fram sú tilgáta að Íslenskir lundar felli að hausti eftir að þeir eru komnir að suðausturströnd Grænlands, og láta sig reka með A-Grænlandsstraumnum til Labradorhafs. Með því móti geta þeir hagnýtt sér rek og ferðast þannig ófleygir, og draga um leið úr líkum á hungurdauða. Niðurstöður munu liggja fyrir nokkrar byggðir í Atlantshafi árið 2024.



Skipt um SEATRACK dægurrita í Grímsey

Kynning niðurstæða

Niðurstöður vöktunar lundastofnsins og tengd verkefni hafa verið kynnt opinberlega með fyrirlestrum, fjölmörgum viðtölum í fjölmiðlum og fréttafærslum á Facebook undir „Náttúrustofa Suðurlands“. Niðurstöður úr þessu verkefni eru hagnýtt af framhaldsnemum á háskólastigi og í samstarfi við fræðimenn innanlands sem utan.

Ráðstefnur

Niðurstöður úr lundavöktuninni voru kynntar með þremur veggspjöldum á ráðstefnu Líffræðifélags Íslands (IceBio) 14-16. Október 2021 í Háskóla Íslands, Reykjavík. Veggspjöldin er að finna á heimasíðu Náttúrustofu Suðurlands:

Erpur S. Hansen & Rodrigo A.M. Catalan. *Atlantic puffin chick diet & population growth, 2011-2021*.

Erpur S. Hansen. *Population growth rate of Atlantic puffin in Iceland 2011-2021*.

Erpur S. Hansen. *The Atlantic puffin breeding population in Iceland*.

Fjallað var um stofnbreytingar hjá Íslenskum sjófuglum síðan 1898 í erindi á ráðstefnu Vistfræðifélags Íslands (Ecolce 2023) 24-25. Mars á Laugarbakka.

Erpur S. Hansen. *Centurial population control dynamics*.

Niðurstöður úr lundavöktuninni voru kynntar með fjórum framlögum á 3. alþjóðlegu sjófuglaráðstefnunni 4-8. Október 2021. Ráðstefnan var haldin á netinu. Öll erindin byggjast á SEATRACK eða ARCTOX verkefnunum (sjá „erlent samstarf“):

Arnaud Tarroux, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nilssen, Oskar Bjørnstad, Ingar Bringsvor, Vegard Bråthen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Johannis Danielsen, Francis Daunt, Nina Dehnhard, Sébastien Descamps, Morten Ekker, Kjell Einar Erikstad, Alexey Ezhov, Per Fauchald, Maria Gavrilov, Erpur Hansen, Mike Harris, Morten Helberg, Hálfðán Helgason, Malin Johansen, Magdalene Langset, Svein-Håkon Lorentsen, Mikhail Melnikov, Benjamin Merkel, Børge Moe, Mark Newell, Bergur Olsen, Tone Reiertsen, Hallvard Strøm, Geir Systad, Paul Thompson, Thorkell Thorarinnsson, Ekaterina Tolmacheva, Sarah Wanless, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Jens Åström, Morten Frederiksen, Marie-Anne Blanchet, Mark Jessopp, Jamie Darby, April Hedd, Jón Einar Jónsson. *Year-round exposure of pelagic Arctic-breeding seabirds to fisheries and other anthropogenic stressors in the Northeast Atlantic*. Erindi.

Céline Albert, Børge Moe, Vegard Bråthen, Halfdan Helgason, Jens Aström, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nilssen, Frédéric Angelier, Maud Brault-Favrou, Ingar Bringsvor, Paco Bustamante, Thomas Carlsen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Johannis Danielsen, Francis Daunt, Sébastien Descamps, Kjell Einar Erikstad, Alexei Ezhov, Geir Gabrielsen, Maria Gavrilov, David Grémillet, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Sveinn-Are Hanssen, Jón Jonsson, Yann Kolbeinnsson, Yuri Krasnov, Magdalene Langset, Jérémy Lemaire, Svein-Håkon Lorentsen, Benjamin Merkel, Mark Newell, Bergur Olsen, Sunna Ragnarsdóttir, Tone Reiertsen, Kjetil Sagerup, Geir Systad, Arnaud Tarroux, Grigori Tertitski, Paul Thompson, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Thorkell Thórarinnsson,

Hallvard Strøm, Jérôme Fort. *A spatial ecotoxicology approach at multi-colony and multi species scales unravels mercury distribution in wintering seabirds across the North Atlantic Arctic*. Erindi.

Françoise Amélineau, Benjamin Merkel, Arnaud Tarroux, Sébastien Descamps, Tycho Anker-Nilssen, Oskar Bjørnstad, Vegard Bråthen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Jóhannis Danielsen, Francis Daunt, Nina Dehnhard, Morten Ekker, Kjell Einar Erikstad, Alexey Ezhov, Per Fauchald, Maria Gavrilov, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Mike Harris, Morten Helberg, Hálfðán Helgason, Malin Johansen, Jon Jónsson, Yann Kolbeinsson, Yuri Krasnov, Magdalene Langset, Svein-Håkon Lorentsen, Erlend Lorentzen, Mikhail Melnikov, Børge Moe, Mark Newell, Bergur Olsen, Tone Reiertsen, Geir Systad, Paul Thompson, Thorkell Thorarinnsson, Ekaterina Tolmacheva, Sarah Wanless, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Jens Åström, Hallvard Strøm. *How do seabird migrations differ from other bird migrations? An assessment on six pelagic species of the North Atlantic*. Erindi.

Jerome Fort, David Grémillet, Hálfðán Helgason, Céline Albert, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nielsen, Frédéric Angelier, Vegard Bråthen, Ingar Bringsvor, Thomas Carlsen, Olivier Chastel, Alexander Cherenkov, Signe Christensen-Dalsgaard, Jóhannis Danielsen, Francis Daunt, Sébastien Descamps, Rune Dietz, Kyle Elliott, Kjell Einar Erikstad, Igor Eulaers, Alexei Ezhov, Per Fauchald, David Fifield, Morten Frederiksen, Geir Gabrielsen, Maria Gavrilov, Grant Gilchrist, Olivier Gilg, Mathieu Giraudeau, Sindri Gíslason, Elena Golubova, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Sveinn Are Hanssen, Scott Hatch, Morten Helberg, Nicholas Huffeldt, Jón Einar Jónsson, Alexander Kitaysky, Yann Kolbeinsson, Youri Krasnov, Magdalene Langset, Christopher Latty, Sarah Leclaire, Svein-Håkon Lorentsen, Erlend Lorentzen, Oliver Love, Mark Mallory, Benjamin Merkel, Flemming Merkel, Børge Moe, William Montevecchi, Anders Mosbech, Mark Newell, Bergur Olsen, Rachael Orben, Kyle Parkinson, Alison Patterson, Isabeau Pratte, Jennifer Provencher, Sunna Ragnarsdóttir, Tone Reiertsen, Heather Renner, Gregory Robertson, Nora Rojek, Mark Romano, Kjetil Sagerup, Vladimir Semashko, Tuul Sepp, Christian Sonne, Geir Systad, Akinori Takahashi, Arnaud Tarroux, Grigori Tertitski, Paul Thompson, Ekaterina Tolmacheva, Alexis Will, Katarzyna Wojczulanis-jakubas, Thorkell Thørarinnsson, Paco Bustamante, Hallvard Strøm. *Mercury contamination of Arctic seabirds: spatio-temporal trends and health impacts*. Veggsjald: 2A-M-60.

Erilent samstarf

1. **SEATRACK.** Náttúrustofa Suðurlands hefur verið þátttakandi í alþjóðlega samstarfsverkefninu SEATRACK um kortlagningu vetrarstöðva 11 sjófuglategunda síðan 2014.

Niðurstöður má skoða í gagnvirkri kortavefsjá: <http://www.seapop.no/en/seatrack/> [9].

Nokkrar greinar komu út 2020-2022 úr þessu verkefni, eftirfarandi hagnýttu lundagögn okkar:

Amélineau, F., B. Merkel, A. Tarroux, S. Descamps, T. Anker-Nilssen, O. Bjørnstad, V. S. Bråthen, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, J. Danielsen, F. Daunt, N. Dehnhard, M. Ekker, K. E. Erikstad, A. Ezhov, P. Fauchald, M. Gavrilov, G. T. Hallgrímsson, E. S. Hansen, M. P. Harris, M. Helberg, H. H. Helgason, M. K. Johansen, J. E. Jónsson, Y. Kolbeinsson, Y. Krasnov, M. Langset, S. H. Lorentsen, E. Lorentzen, M. V. Melnikov, B. Moe, M. A. Newell, B. Olsen, T. Reiertsen, G. H. Systad, P. Thompson, T. L. Thórarinnsson, E. Tolmacheva, S. Wanless, K. Wojczulanis-Jakubas, J. Åström, H. Strøm (2021). Six pelagic seabird species of the North Atlantic engage in a fly-and-forage strategy during their migratory movements. *Marine Ecology Progress Series* **676**: 127-144. <http://dx.doi.org/10.3354/meps13872>

Fauchald, P., A. Tarroux, F. Amélineau, V.S. Bråthen, S. Descamps, M. Ekker, H.H. Helgason, .K.M. Johansen, B. Merkel, B. Moe, J. Åström, T. Anker-Nilssen, O. Bjørnstad, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, J. Danielsen, F. Daunt, N. Dehnhard, K.E. Erikstad, A. Ezhov, M. Gavrilov, G.T. Hallgrímsson, E.S. Hansen, M.P. Harris, M. Helberg, J.E. Jónsson, Y. Kolbeinsson, Y. Krasnov, M. Langset, S.-H.

Lorentsen, E. Lorentzen, M. Newell, B. Olsen, T.K. Reiertsen, G.H. Systad, P. Thompson, Th.L. Thórarinnsson, S. Wanless, K. Wojczulanis-Jakubas, H. Strøm (2021). Year-round distribution of Northeast Atlantic seabird populations: applications for population management and marine spatial planning (2021). *Marine Ecology Progress Series* **676**: 255-276. <https://doi.org/10.3354/meps13854>

Davies, T.E., A.P.B. Carneiro, M. Tarzia, E. Wakefield, J.C. Hennicke, M. Frederiksen, E.S. Hansen, B. Campos, C. Hazin, B. Lascelles, T. Anker-Nilssen, H. Arnardóttir, R.T. Barrett, M. Biscoito, L. Bollache, T. Boulinier, P. Catry, F.R. Ceia, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, M. Cruz-Flores, J. Danielsen, F. Daunt, E. Dunn, C. Egevang, A.I. Fagundes, A.L. Fayet, J. Fort, R.W. Furness, O. Gilg, J. González-Solís, J.P. Granadeiro, D. Grémillet, T. Guilford, S.A. Hanssen, M.P. Harris, A. Hedd, N.P. Huffeldt, M. Jessopp, Y. Kolbeinnsson, J. Krietsch, J. Lang, J.F. Linnebjerg, S.-H. Lorentsen, J. Madeiros, E. Magnúsdóttir, M.L. Mallory, L.M. Tranquilla, F.R. Merkel, T. Militã, B. Moe, W.A. Montevecchi, V. Morera-Pujol, A. Mosbech, V. Neves, M.A. Newell, B. Olsen, V.H. Paiva, H.-U. Peter, A. Petersen, A. Phillips, I. Ramírez, J.A. Ramos, R. Ramos, R.A. Ronconi, P.G. Ryan, N.M. Schmidt, I.A. Sigurðsson, B. Sittler, H. Steel, I.J. Stenhouse, H. Strøm, G.H.R. Systad, P. Thompson, Th.L. Thórarinnsson, R.S.A. van Bemmelen, S. Wanless, F. Zino, M.P. Dias (2021). Multispecies tracking reveals a major seabird hotspot in the North Atlantic. *Conservation Letters* **14**: e12824 <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12824>

2. **ARCTOX**. Safnað hefur verið lífsýnum úr endurheimtum lundum með dægurríta til mælinga á kvikasílfri og lífrænum eiturefnum í tengdu samstarfsverkefni SEATRACK undir stjórn Jerome Fort við La Rochelle háskóla í Frakklandi. Fjölmargar greinar eru í smíðum. <https://www.arcticbiodiversity.is/index.php/program/presentations2018/586-rctox-a-pan-arctic-sampling-network-to-track-the-mercury-contamination-of-arctic-seabirds-and-marine-food-webs-jerome-fort>

3. **CLIMSTAT**. Alþjóðlegur hópur sérfræðinga rannsakaði samband lundaveiði við sjávarýfirborðshita í 134 ár [7]. Verkefninu lauk 2021 með útgáfu greinar:

Hansen, E.S., H. Sandvik, K.E. Erikstad, N.G. Yoccoz, T. Anker-Nilssen, J. Bader, S. Descamps, K. Hodges, M.d.S. Mesquita, T.K. Reiertsen, Ø. Varpe (2021). Centennial relationships between ocean temperature and Atlantic puffin production reveal shifting decennial trends. *Global Change Biology* **27**: 3753-3764 <https://doi.org/10.1111/gcb.15665>

4. **Szczecin háskóli**, Pólland. Samstarfssamningur var undirritaður 5. maí 2018 og eru fimm rannsóknaverkefni tengd lunda í gangi:

4a. **Erfðafræðileg stofngerð Íslenska lundastofnsins** með notkun örtungla (E: Microsatellites).

Aflað var sýna sumrin 2021-23 til viðbótar eldri sýnum. Úrvinnsla yfirstandandi.

4b. **Fæða lunda í rannsóknabyggðum árið 2021** með „DNA Metabarcoding“ greiningu á stroksýnum úr „cloaca. Unnið er að fjármögnun greininga.

4c. **Þungmálmáinnihald Íslenskra lunda eftir landshlutum**. Gagnasöfnun lokið 2021.

Úrvinnsla yfirstandandi.

4d. **Vírusar í sjófuglum (þ.m.t. lunda), Covid, fuglaflensa o.fl. vírusar.** Gagnasöfnun lokið 2021. Engir sýktir fuglar fundust. M.S. verkefni Teresa M. Dembinska við Háskólann á Hólum.

5. **Erfðafræðileg stofngerð lunda í Atlantshafi.** Alþjóðlegt samstarf hófst árið 2018 undir stjórn Sanne Boessenkool við Óslóarháskóla í Noregi, en úrvinnsla er hluti doktorsverkefnis Olivers Kersten og lauk 2021 með útgáfu greinar:

Kersten, O., B. Staar, D.M. Leigh, T. Anker-Nilssen, H. Strøm, J. Danielsen, S. Descamps, K.E. Erikstad, M.G. Fitzimmons, J. Fort, E.S. Hansen, M.P. Harris, M. Irestedt, O. Kleven, M.L. Mallory, K. S. Jakobsen, & S. Bosseenkool (2021). Complex population structure of the Atlantic puffin revealed by whole genome analyses. *Communications Biology* 4: 922 <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02415-4>

6. **Alþjóðleg samanburðarrannsókn á fæðuöflunarháttum lundaforeldra með GPS og á fæðu foreldra og unga með DNA Metabarcoding:** Skomer í Wales, Hernyken í Lofoten í Noregi, í Grímsey og Heimaey árið 2018. Annette Fayet við Oxford háskóla var verkefnisstjóri. Niðurstöður voru gefnar út 2021:

Fayet, A., Clucas, G., Anker-Nilssen, T. Syposz, M., & Hansen, E.S. (2021). Local prey shortages drive foraging costs and breeding success in a declining seabird, the Atlantic puffin. *J. of Animal Ecology* 90: 1-13. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13442>

7. **Tengsl tímasetningar og fjölda pysja við brottför, við umhverfispætti.** M.S. ritgerð Hanna Mehto við háskólann í Turku, Finnlandi. lokið 2022. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

8. **Alþjóðleg kortlagning örveruþarmaflóru (E: microbiome) lunda.** Þetta verkefni var undir stjórn Gary King við fylkisháskólann í Louisiana, Baton Rouge BNA og lauk 2022 með samantekt í Meistararitgerð Eric Jose Ramon Martinez árið 2022: https://repository.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6681&context=gradschool_theses

9. **Tímasetning þörungablóma og viðkoma lunda á Íslandi.** Samstarfsaðilar Hjálmar Hátún Havstofan Færeyjum og Kristinn Guðmundsson o.fl.. Handrit er í undirbúningi.

10. Erfðafræðileg stofngerð sjófuglamítla (lundalúsa) á lunda með örtunglagreiningu. M.S. verkefni Nathan Parisse við háskólasetur Vestfjarða. Einnig í samstarfi við **Szczecin háskóla**, Póllandi. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

11. Stofnvöxtur, nýliðun, og hlutfall lundapara sem sleppa úr varpi. M.S. verkefni Anni Teperi við háskólasetur vestfjarða. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

Þakkir

Frá upphafi hafa fjölmargir aðstoðað við stofnvöktun lundans á ýmsa vegu og hljóta verðskuldaðar þakkir fyrir! Starfsmenn og sjálfbóðaliðar stofnvöktunar voru Alberto Alejandro, Alix Bochatay, Anni Teperi, April Hedd, Belen Garcia Ovide, Björg Harðardóttir, Daniel González de la Peña, Erpur S. Hansen, Edwin Towler, Eva Malinowska, Fernanda P. Sandoval, Hanna Michel, Hanna Hongisto, Harry Reed, Isabelle Beaudoin, Jillian Galloway, Katarzynja Sulima, Marínó Sigursteinsson, Matthew A. Parsons, Megan Whittaker, Miguel Hernandez González, Nathan Parisse, Nynke de Jong, Pedro Rodrigues, Peter Galloway, Raul Zabala Belengauer, Rodrigo A. Martínez Catalan, Sara Rodrigues Ramallo, Servane Kiss, Stefan Hellwig, Stephen Hurling, Teresa M. Dembinska, Terry Whittaker, Vigfús Svavarsson og Warren Galloway. Ólafur K. Nielsen aðstoðaði við athuganir á krufningaskýrslum á NÍ. Fá þeir ómældar þakkir fyrir. Veiðikortasjóður, Rannsóknasjóður, Minningarsjóður Pálma Jónssonar í Hagkaup og Náttúrustofa Suðurlands styrktu rannsóknirnar.

HEIMILDIR

1. Hansen, E.S., *Stofnvöktun lunda 2018. Framvinduskýrsla til Umhverfisstofnunar*. 2018, Náttúrustofa Suðurlands. p. 29.
2. Hansen, E.S., *Stofnvöktun lunda 2017. Áfangaskýrsla til Umhverfisstofnunar*. 2017, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 15.
3. Kersten, O., et al., *Complex population structure of the Atlantic puffin revealed by whole genome analyses*. Communications Biology, 2021. **4**(922).
4. Harris, M.P. and S. Wanless, *The Puffin*. 2011, Calton, England: T & A D Poyser. 256.
5. Petersen, Æ., *Size variables in Puffins Fratercula arctica from Iceland, and bill features as criteria of age*. Ornis Scandinavica, 1976. **7**: p. 185-192.
6. Helgason, H.H., *Survival of Atlantic Puffins (Fratercula arctica) in Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages*, in School of Engineering and Natural Sciences. 2012, University of Iceland: Reykjavik. p. 75.
7. Hansen, E.S., et al., *Centennial relationships between ocean temperature and Atlantic puffin production reveal shifting decennial trends*. Global Change Biology, 2021. **27**: p. 3753-3764.
8. Hansen, E.S., *Lundarrannsóknir 2014. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, júní*. . 2015, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 45.
9. Hansen, E.S., *Lundarrannsóknir 2015. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, október*. 2015, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 24.
10. Hansen, E.S. and A. Garðarsson, *Lundarrannsóknir 2012: Vöktun viðkomu, fæðu, heildarstofnmat, meðalfæðuprep sumar og vetur, vetrarstöðvar og sjálfbærni veiða. Nóvember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs*. 2012, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 34.
11. Hansen, E.S. and A. Garðarsson, *Lundarrannsóknir 2013: Vöktun viðkomu, fæðu, líftala, & könnun vetrarstöðva. Desember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs*. 2013, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 59.
12. Garðarsson, A., et al., *Starfshópur umhverfisráðherra um verndun og endurreisn svartfuglastofna. Greinargerð og tillögur starfshópsins*. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Tilloqur-svartfuglahops-2011.pdf. 2011, Umhverfis- og auðlindaráðuneytið: Reykjavík. p. 39.
13. von Schmalensee, M., et al., *Vernd, velferð og veiðar villtra fugla og spendýra. Lagaleg og stjórnsýsluleg staða og tillögur um úrbætur. Skýrsla unnin fyrir umhverfis- og auðlindaráðherra*. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Vernd-velferd-og-veidar-LOKA-8-mai-2013.pdf. 2013, Umhverfis- og auðlindaráðuneytið: Reykjavík. p. 361.
14. Lebreton, J.-D., *Dynamical and statistical models for exploited populations*. Aust. N. Z. J. Stat., 2005. **47**(1): p. 49-63.
15. Ásgeirsson, Á., *Varpvistfræði lunda á Breiðafirði*, in *Líf og umhverfsvísindadeild, Verkfræði og náttúrucisindasvið*. 2010, Háskóli Íslands: Reykjavík, Ísland. p. 26.
16. Hansen, E.S., M. Sigursteinsson, and A. Garðarsson, *Lundatal Vestmannaeyja*. Bliki, 2011. **31**: p. 15-24.
17. Williams, B.K., J.D. Nichols, and M.J. Conroy, *Analysis and management of animal populations*. 2002, London: Academic Press. 817.
18. Hobson, K.A. and R.A. Clark, *Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ¹³C in tissues*. Condor, 1992. **94**(181-188).
19. Hobson, K.A. and R.A. Clark, *Assessing avian diets using stable isotopes II: factors affecting diet-tissue fractionation*. Condor, 1992. **94**(189-197).
20. Fayet, A.L., et al., *Ocean-wide drivers of migration strategies and their influence on population breeding performance in a declining seabird*. Current Biology, 2017. **27**: p. 3871-3878.
21. Hansen, E.S., et al., *Vetrarstöðvar íslenskra lunda*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar, 2015. **20**: p. 18-21.
22. Darby, J.H., et al., *A new biologging approach reveals unique flightless molt strategies of Atlantic puffins*. Ecology and Evolution, 2022. **12**(12): p. e9579.

