

LUNDARANNSÓKNIR 2012

VÖKTUN VIÐKOMU, FÆÐU, HEILDARSTOFNMAT,
MEÐALFÆÐUÞREP SUMAR & VETUR,
VETRARSTÖÐVAR & SJÁLFBÆRNI VEIÐA

ERPUR SNÆR HANSEN & ARNÞÓR GARÐARSSON



SKÝRSLA TIL VEIÐIKORTASJÓÐS – UMHVERFIS- & AUÐLINDARÁÐUNEYTI



NÁTTÚRUSTOFA SUÐURLANDS

DESEMBER 2012

ÁGRIP

Tekið er saman ábúðarhlutfall í lundaholum og viðkoma lunda í Vestmannaeyjum frá 2007 og í tólf vörpum á landsvísu frá 2010. Pysjufæða var ljósmynduð í 387 lundaneftjum á landsvísu 2011 og í svipuðum mæli 2012. Lokið er við fæðugreiningar frá 2011 sem leiddu í ljós miklar breytingar. Sandsíli er nú ríkjandi í fæðu norðanlands í stað loðnu sem var ríkjandi fæða þar í lok síðasta „sjávarkuldaskiðs“ 1994-95 (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson, 1998). Á norðursvæði voru ábúð og viðkoma góð 2012 ($77,7 \pm 3,7\%$ ábúð og $0,58 \pm 0,11$ ungar/holu) eins og síðustu tvö ár. Aldurshlutföll 905 fugla í afla í Grímsey sýna hefðbundnar árgangastærðir 2009 og 2010. Á suðursvæði þ.e. lundabyggðum frá Breiðafirði suður til Papeyjar þar sem um 75% stofnsins verpa, var fæðuskortur og lítil sem engin viðkoma 2010-2012. Ábúð hefur verið breytileg en hefur farið lækkandi í Eyjum samhliða lítilli viðkomu frá 2005. Í Eyjum 2012 var viðkoma 0,19 ungar/holu eftir tveggja ára viðkomubrest. Í ljós hefur komið sterkt samhengi á milli fjölda geldfugla og varpárangurs (ungi/egg) á landsvísu. Ef ábúð $<60\%$ verður varpárangur lítill, og öfugt, og hefur viðkoma (ungi/holu) ráðist af þessum tveim þáttum. Þessar niðurstöður verða teknar saman í handriti í vetur. Samhliða er unnið við lokaúrvinnslu og ritun lundatals Íslands. Tekin voru sýni til mælinga á meðalfæðuþrepi í Grímsey og Vestmannaeyjum. Sjálfbærni veiða í Vestmanneyjum var reiknuð með tveim aðferðum sem báðar gefa til kynna að veiði hafi verið helmingi meiri en sjálfbært er talið undanfarna áratugi. Í meistararitgerð Hálfðáns H. Helgasonar var m.a. reiknuð út „samsett“ líftala varpfugla sem 0,873. Á þessum grunni var stofnlíkan í formi Leslie fylkis sett saman. Reiknuð var út „nauðsynleg“ viðkoma svo stofn standi í stað, sem er t.d. 0,584 ungi/holu í Eyjum, en hæsta viðkoma í Eyjum síðustu 6 ár er 0,22 uppkomnir ungar/varpholu. Tekin er saman veiði á sóknareiningu (veiðidaga) í tveim veiðifélögum Vestmannaeyja.

MARKMIÐ

- (1) VÖKTUN VIÐKOMU, FÆÐUSAMSETNING & ALDURSSAMSETNING VEIÐI**
- (2) MEÐALFÆÐUÞREP SUMAR OG VETUR – SAMSETUMÆLINGAR $\delta^{13}\text{C}$ & $\delta^{15}\text{N}$**
- (3) KÖNNUN VETRARSTÖÐVA ÍSLENSKRA LUNDA MEÐ HNATTRITUM**
- (4) HEILDARMAT ÍSLENSKA LUNDASTOFNSINS**
- (5) SJÁLFBÆRNI VEIÐA**
- (6) NAUÐSYNLEG VIÐKOMA**
- (7) LÝÐFRÆÐI LUNDASTOFNS VESTMANNAEYJA – ÁHRIF VEIÐA & UMHVERFIS**
- (8) STOFNBREYTINGAR BJARGFUGLA**

NIÐURSTÖÐUR

(1) VÖKTUN VIÐKOMU, FÆÐU & ALDURSSAMSETNINGU VEIÐI

Farnir voru tveir leiðangrar umhverfis landið seinni hluta júní og júlí til gagnaöflunar. Ábúðarhlutfall varphola er mælt beint með holumyndavélum í >40 holum á hverjum stað. Ábúð hola er metin sem hlutfall hola með eggi seinni hluta júní, varpárangur var metinn sem hlutfall unga á lífi seinni hluta júlí af fjölda orpinna eggja (ungi á egg). Eftirtaldar 12 byggðir voru heimsóttar réttisælis umhverfis landið og hófst ferðin í Vestmannaeyjum: (1) Papey, (2) Ingólfshöfði, (3) Dyrhólaey, (4) Vestmannaeyjar, (5) Akurey í Faxaflóa, (6) Elliðaey á Breiðafirði, (7) Vigur í Ísafjardardjúpi, (8) Grímsey á Steingrímsfirði, (9) Drangey, (10) Grímsey, (11) Lundey á Skjálfanda og (12) Hafnarhólmi í Borgarfirði Eystra. Júlí leiðangurinn var farinn rangsælis umhverfis landið í fyrsta sinn til að mæta því að varp var fyrir á ferðinni A og NA lands.

Í ljós hefur komið að viðkoma lunda við landið hefur skipst í tvö horn 2010-2012. Viðkomubrestur hefur orðið á suðursvæði en „eðlilegt“ ástand (samanborið við erlendar niðurstöður) er á „norðursvæði.“ Um 75% varpstofnsins býr á suðursvæðinu sem inniheldur rannsóknabyggðir nr. 1-6 en á norðursvæði eru rannsóknabyggðir nr. 7-12 (sjá 1. Mynd).

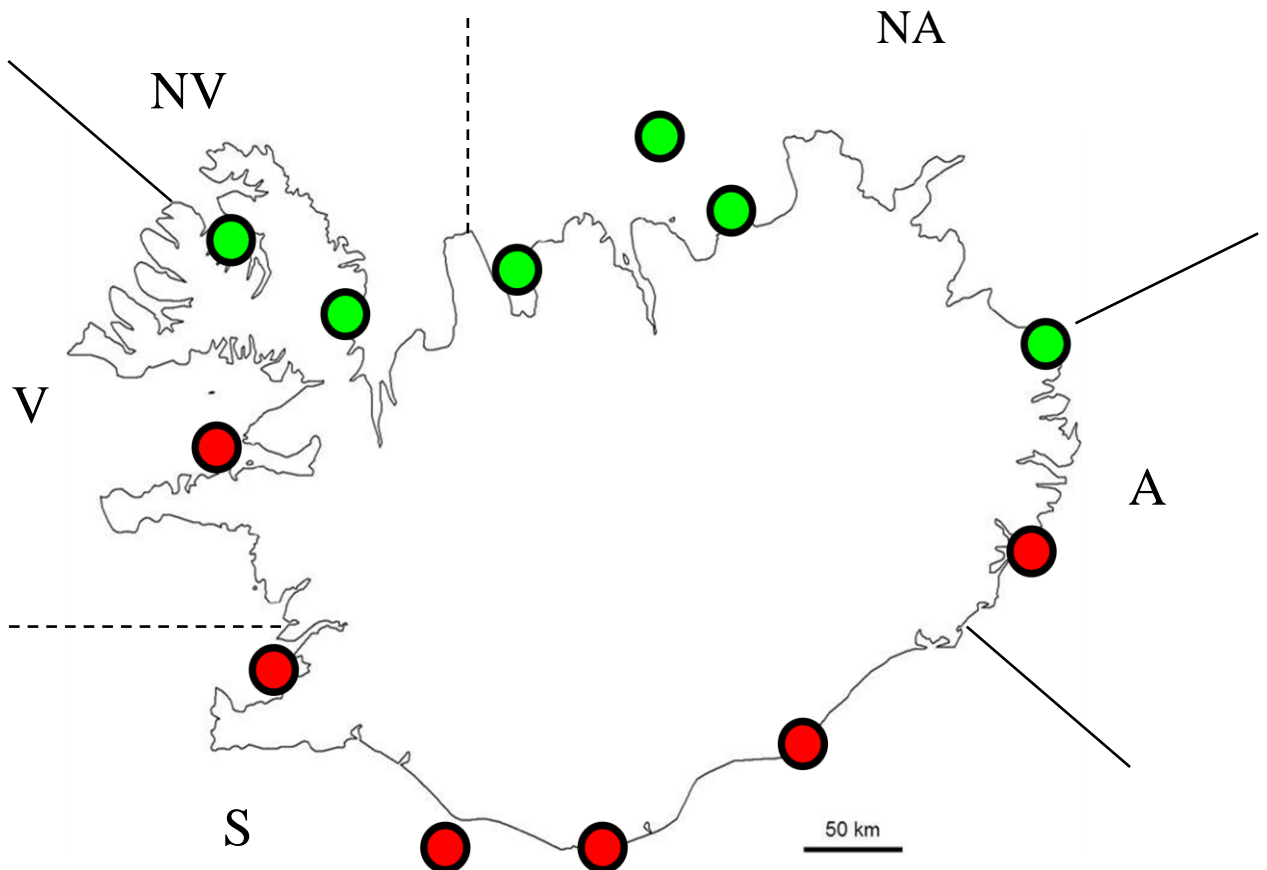
Rannsóknaholum var fjölgað í a.m.k. 40 í hverri byggð og týndum eða brotnum hælum skipt út. Talsvert bar á fúnum hælum sem voru brothættir við snertingu og var þeim skipt út fyrir nýja. Fyrirhugað er að skipta tréhælum út með plaströrum (800 stk.).

Hér er skýrt frá niðurstöðum 2012 og jafnframt teknar saman tiltækar niðurstöður sem eru grunnur að handriti um viðkomu og fæðu lunda við Ísland sem fyrirhugað er að rita vorið 2013.

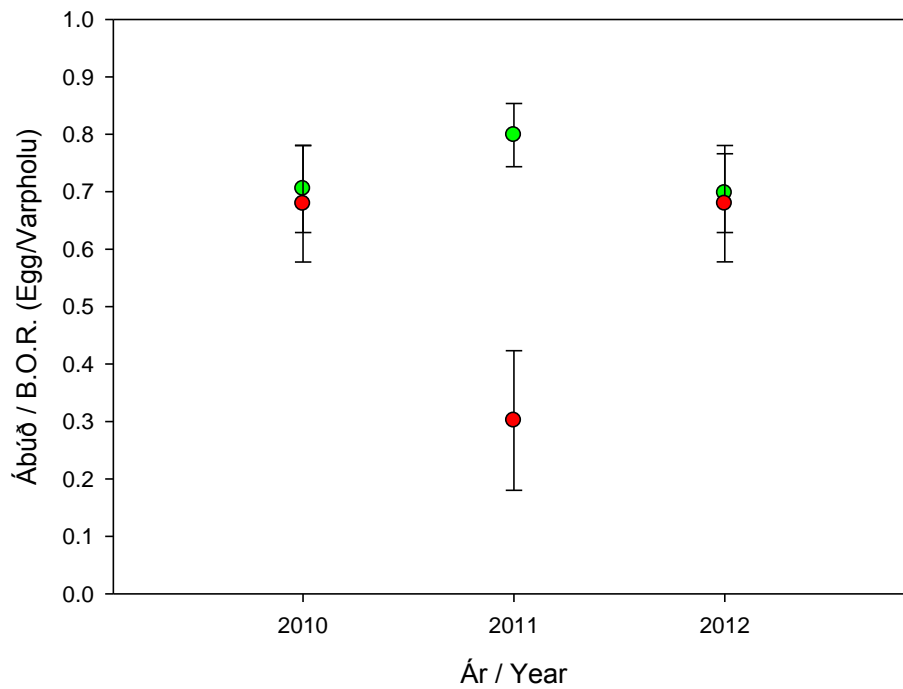
HLUTFALL VARP HOLA Í ÁBÚÐ

Ábúðarhlutfall varphola er önnur grunnstærða við mat á stærð varpstofns lunda, en hin er heildar holufjöldi. Ábúð er andhverfur mælikvarði á hlutfall geldfugla sem hækkar með lækkandi ábúð. Samkvæmt rannsóknum Mike P. Harris o.fl. á Isle of May við Bretland er ábúðarhlutfall stöðugt á bilinu 70-80% (Harris & Wanless 2011). Byggðin á Ile of May er besta dæmið um samfelld ört vaxandi lundavarp undanfarna hálföld. Ábúðarhlutfall virðist því vera stöðugt við kjöraðstæður. Algengt er að langlíf dýr eins og sjófuglar taki sér stöku frí

frá varpi og gróflega metið sleppa 10% lunda varpi ár hvert á Isle of May (Michael P Harris og Sarah Wanless, 2011, M J M Poot, o.fl., 2011). Ekki er vel þekkt hvernig þessi varpfrí stjórnast við slakari skilyrði. Líklegt má þó telja að fleiri fuglar taki sér frí t.d. þegar fæðuframboð er lítið eða í kjölfar misheppnaðs varps ári fyrir. Fremur lágt og breytilegt ábúðarhlutfall í Eyjum undanfarin ár varð hvati til að mæla það umhverfis landið og fá betri innsýn í breytileikann og tengsl við viðkomu og umhverfisskilyrði.



1. mynd. Rannsóknabyggðir eru sýndar með númeruðum hringjum. Norðursvæði er sýnt með grænu og suðursvæði með rauðu. Sjógerðir eru afmarkaðar með heilum línnum. Hlýr Atlantssjór að sunnan, blandaður svalsjór fyrir norðan og kaldur sjór fyrir austan. Brotnar línur afmarka fæðusýnaöflunarsvæði innan sjógerða sem eru merkt með bókstöfum.

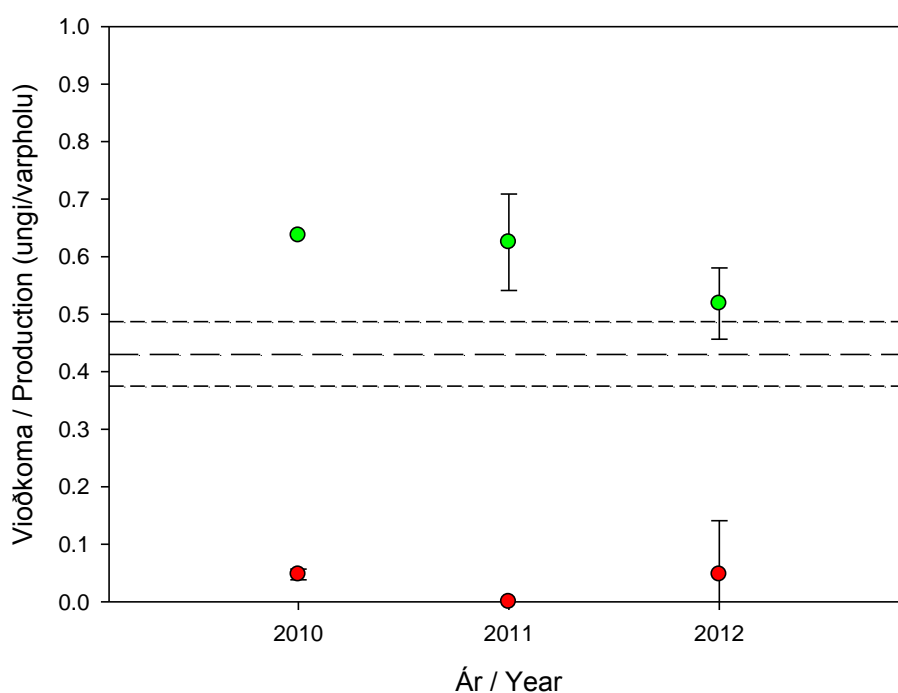


2. mynd. Meðalábúðarhlutfall ($\pm 95\%$ ö.m.) lunda á suður- og norðursvæði umhverfis Ísland 2010-2012.

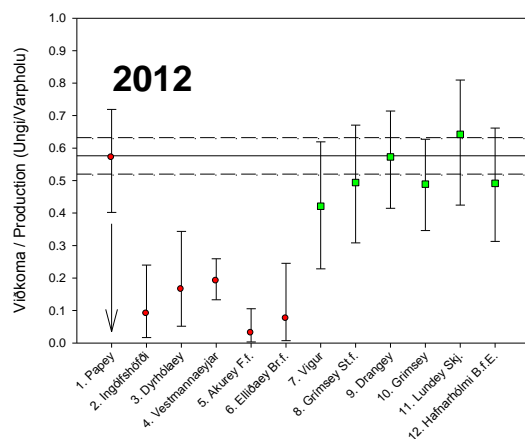
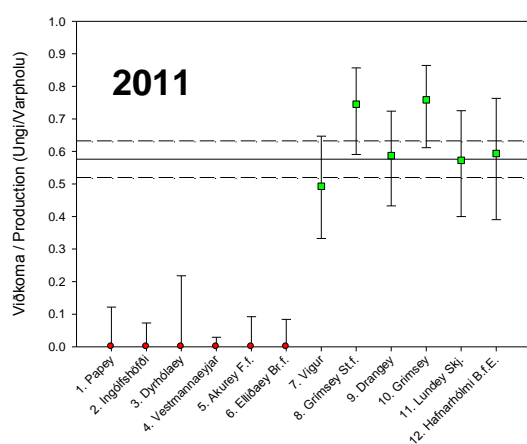
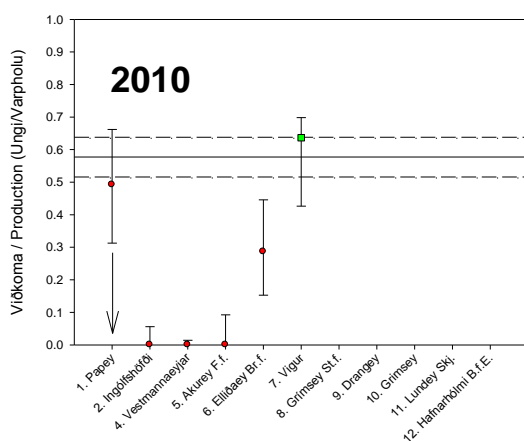
Meðalábúð var áþekkt 2010 og 2012 á báðum svæðum en lækkaði verulega á suðurrsvæði 2011 (2. Mynd). Þetta mynstur er a.m.k. í samræmi við skýringartilgátuna að varpfuglar sleppi varpi ári seinna í kjölfar misheppnaðs varptilraunar. Þetta hátterni er frekast hægt að rannsaka með sögu varptilrauna og varpárangurs hvernar rannsóknaholu.

VIÐKOMA

Viðkoma (ungi/varpholu) er margfeldi varpárangurs (ungi á legg/egg) og ábúðar (egg/varpholu). Meðalviðkoma var skárri á suðursvæðinu 2012 en 2011 þegar þar varð alger viðkomubrestur (3. Mynd). Á norðursvæðinu var meðalviðkoma aðeins lægri 2012 en 2011 en vel viðunandi. Taka skal fram að viðkomutölur eru lítillega ofmetnar með einungis tveim heimsóknum (5. mynd). Viðkoma er hærri á norðursvæði en 29 ára meðaltal (0,42 ungi/varpholu) á Dun eyju í St. Kilda sem er gamalgróið varp í NV-verðum Bretlandseyjum þar sem veiðum var hætt 1930 eftir brottflutning íbúana. Þessi viðkoma nálgast meðalvarpárangur 1973-2010 á Isle of May eða 0,73 ungi/egg (0,02 S.E.) þar sem varp hefur verið í örum vexti í áratugi (Michael P Harris og Sarah Wanless, 2011). Hlutdeild varpstofnsins á norðursvæði er hinsvegar aðeins um 25% af heild. Lág viðkoma var hjá 75% af varpstofninum á suðursvæðinu a.m.k. þriðja árið í röð þrátt fyrir betra ástand en árið áður. Niðurstöður fyrir einstakar byggðir eru sýndar á 4. Mynd.



3. mynd. Meðalviðkoma norður- og suðursvæða 2010-2012. Sýnd eru 95% öryggismörk meðaltala. Til samanburðar er sýnt meðalviðkoma í 29 ár á Dun eyju í St. Kilda eyjaklasanum (stuttar brotalínur sýna 95% ö.m.).

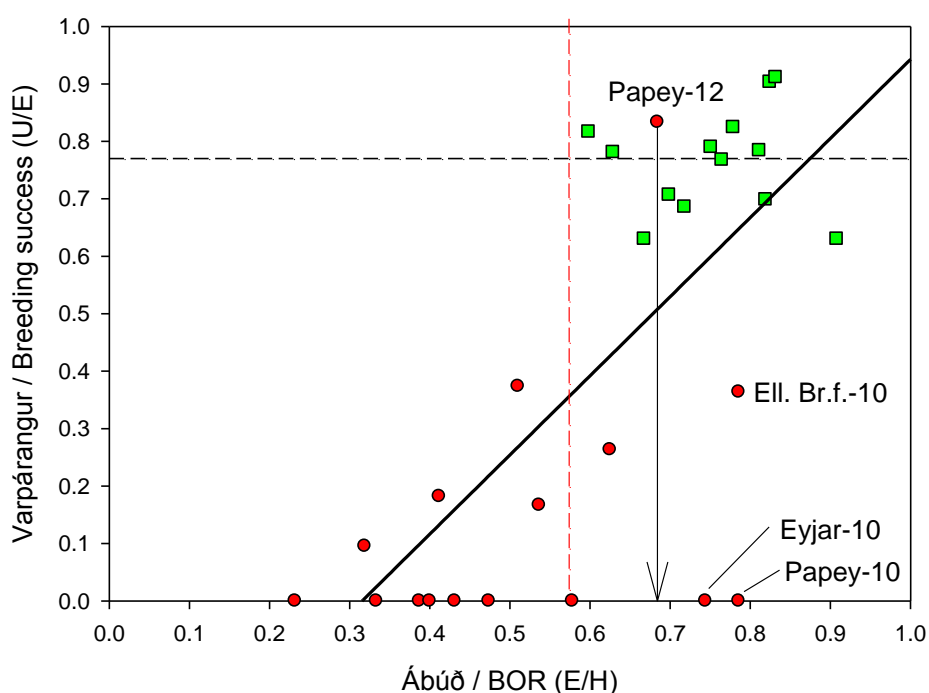


4. mynd. Viðkoma á landsvísu 2010-2012. Sýnd eru 95% ö.m. Vörp á suðursvæði eru sýnd með rauðum hring og norðursvæði með grænum kassa. Meðalvarpárangur norðursvæðis er sýndur (0,576 ungi/holu) og 95% ö.m. með brotalínnum. Gríðarlegur ungadaudi varð í Papey 2010 og 2012 eftir okkar mælingar (örvar). Viðkoma var mæld í einni byggð á norðursvæði (Vigur) 2010 en ábúðarhlutföll hinna byggðanna þar voru áþekk og líklegt að viðkoma hafi verið svipuð.

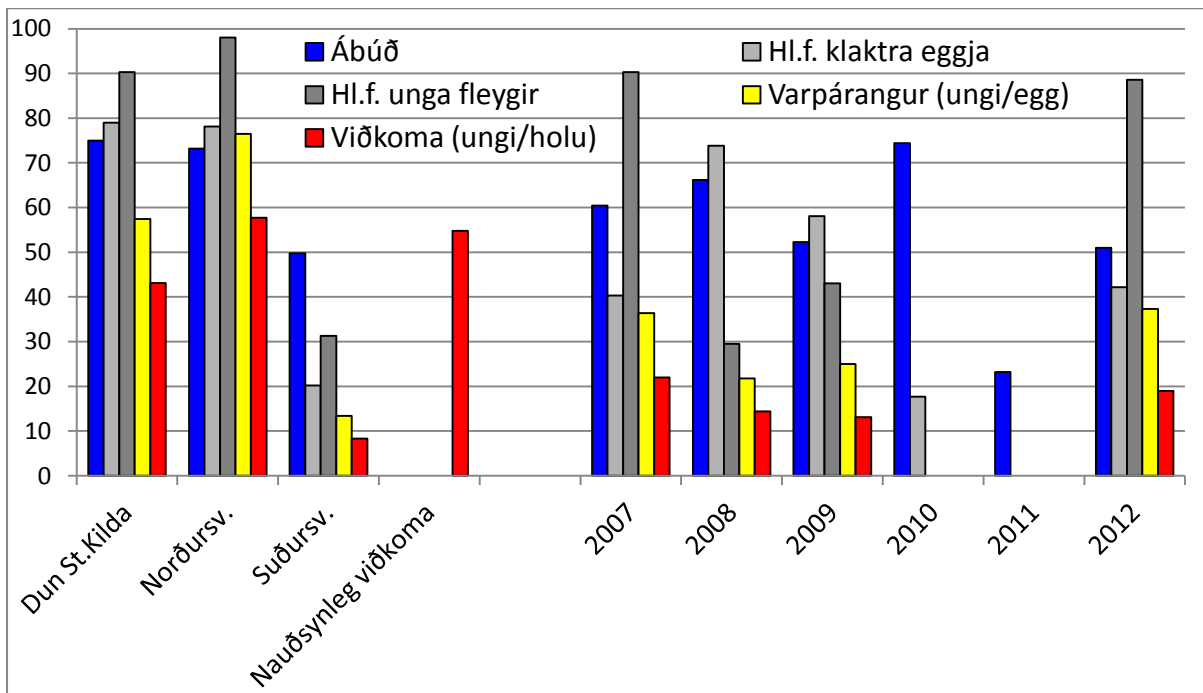
Samband ábúðar & varpárangurs

Í höfuðdráttum skiptast gögnin í tvo hópa með athyglisverðum undantekningum Á norðursvæðinu hefur ríkt hár varpárangur (ungi/egg) og ábúð og hið gagnstæða á suðursvæðinu (2. mynd).

Lækkun viðkomu hefur falist að stærstum hluta annarsvegar í aukningu á fjölda geldfugla og hinsvegar í fjölda afræktra eggja. Papey (2010 & 2012) er athyglisverð undantekning frá þessu mynstri þar sem ábúð og klak eru yfir meðallagi en undanfarar gríðarlegs ungadauða. Helst er þessu til skýringar síðbúinn fæðuskortur, t.d. að hlýsjór leiti síðla sumars norður með austurlandi og hreki loðnu undan sér og frá Papeyjarmiðum, en Papey liggur ekki fjarri stærstu hitaskilum sjávar við Íslandsstrendur (1. Mynd). Þessa tilgáta verður könnuð með skoðun á sjávaryfirborðshitakortum teknum úr gervitunglum. Síðbúinn ungadauði átti sér stað í Elliðaey á Breiðafirði 2010 en áhrif fæðuskorts verður einnig vart fyrir um sumarið eins og þegar 82% varppara afræktu egg sín í Vestmannaeyjum 2010.



6. mynd. Samband ábúðar og varpárangurs (ungi/egg) umhverfis Ísland 2010-2012. Mælingar frá suðursvæði eru sýnd með rauðum punktum, og norðursvæði með grænum ferningum. Lárétt brotalína sýnir meðalvarpárangur norðursvæðis. Lóðrétt rauð brotalína vísar til þess að varpárangur er <0,4 þegar ábúð er <0,6. Mikill ungadauði varð í þrem vörpum á suðursvæði 2010 þar sem ábúð var >0,7. Þetta gerist aftur í Papey 2012 en eftir mælingu okkar (ör niður).

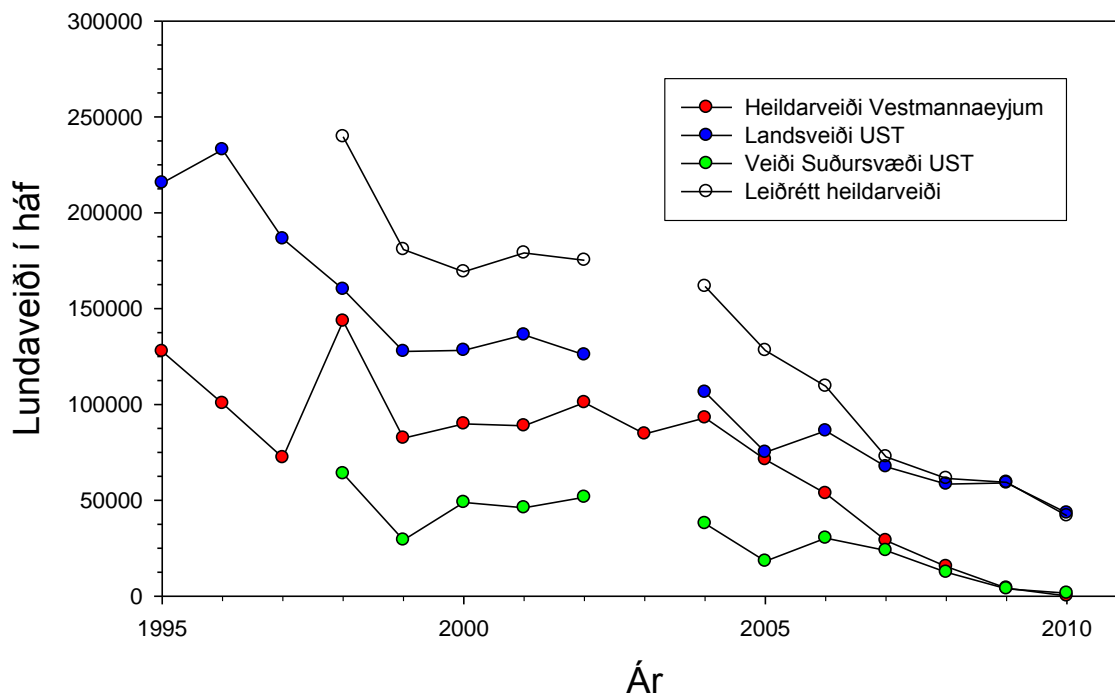


7. mynd. Sundurliðuð viðkoma lunda í Vestmannaeyjum 2007-2012. Sýnd eru til hliðsjónar 29 ára meðaltöl fyrir Dun St. Kildu, sem og meðaltöl norður- og suðursvæðanna 2010-2012. Einnig er sýnd „nauðsynleg“ viðkoma miðað við áætlaðar líftölur í Eyjum (sjá 3. Töflu).

Árin 2005 og 2006 sýndu aldurshlutföll í veiði að 2-3 ára ungfugli hafði fækkað verulega og var pysjudauði áberandi líkt og virðist einkenna síðbúinn fæðuskort á ungatímanum. Annars má lýsa þrem viðkomumynstrum í Eyjum 2001-2012. (i) Árin 2007 og 2012 einkenndust að því að egg voru afrækt í stórum stíl en ungar sem klöktust áttu þökkalega möguleika á að komast á legg þótt seint væri. (ii) 2008 og 2009 voru svipuð og einkenndust sérstaklega af miklum ungasvæðum. (iii) 2010 og 2011 voru bæði aldaðaár, 82% eggja voru afrækt 2010 en öll 2011. Samantekið hefur viðkoma verið lág í sjö ár samfellt og þegar best hefur látið (2007) náð um þriðjungi af „nauðsynlegri“ viðkomu sem þarf til að stofn standi í stað (0,584 unga/holu sjá 3. Töflu). Þetta er lengsta rannsókn á viðkomu lunda hérlandis, fyrir utan að heimamenn (sem ganga eyna daglega á varptíma) í Papey hafa orðið varir við viðvarandi pysjudauða síðan 2005. Viðkomubrestur hefur því ekki verið einskorðaður við Eyjar né er hann nýtilkominn.

Með hliðsjón af varúðarreglu í túlkunum má ætla að viðkoma hafi verið lítil eða engin um árabil á suðurlandi og hafi Faxaflói og Breiðafjörður fylgt í kjölfarið a.m.k. frá 2010. Sandsílastofninn hrynur 2005 og er það hrun álitid aðalástæða fæðuskorts lunda og flestra

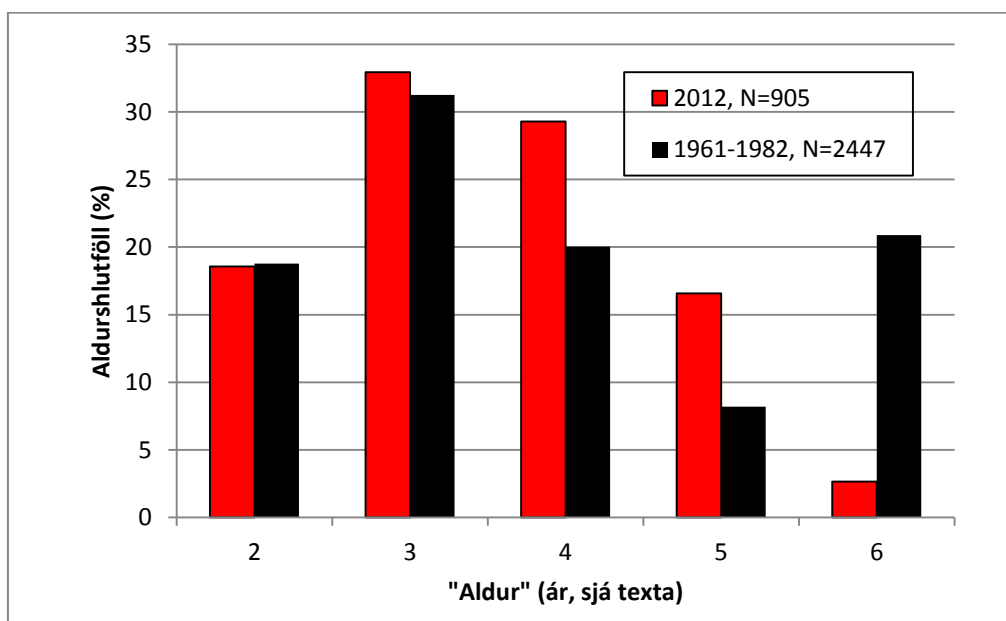
annarra íslenskra sjófugla (Kristján Lilliendahl, o.fl., 2013 handrit samþykkt til birtingar). Það vekur athygli samkvæmt gögnum Umhverfisstofnunar (8. Mynd), að fækkunartímabilin í lundaveiði á landsvísu eru tvö: 1997-1999 þar sem fækkunin var mun hraðari en frá 2005! Upphaf núverandi hlýskeiðs sjávar hófst 1996. Varpstofn suðursvæðisins hefur minnkað og mun halda áfram að minnka á næstu árum sökum lítillar viðkomu fyrri ára.



8. mynd. Heildarveiði lunda á Íslandi samkvæmt Umhverfisstofnun (bláir deplar), á suðursvæði UST (grænir deplar), og skv. veiðidagbókum veiðifélaga í Vestmannaeyjum (rauðir deplar), og uppreiknaður mismunur á veiði í Eyjum.

ALDURSSAMSETNING VEIÐI

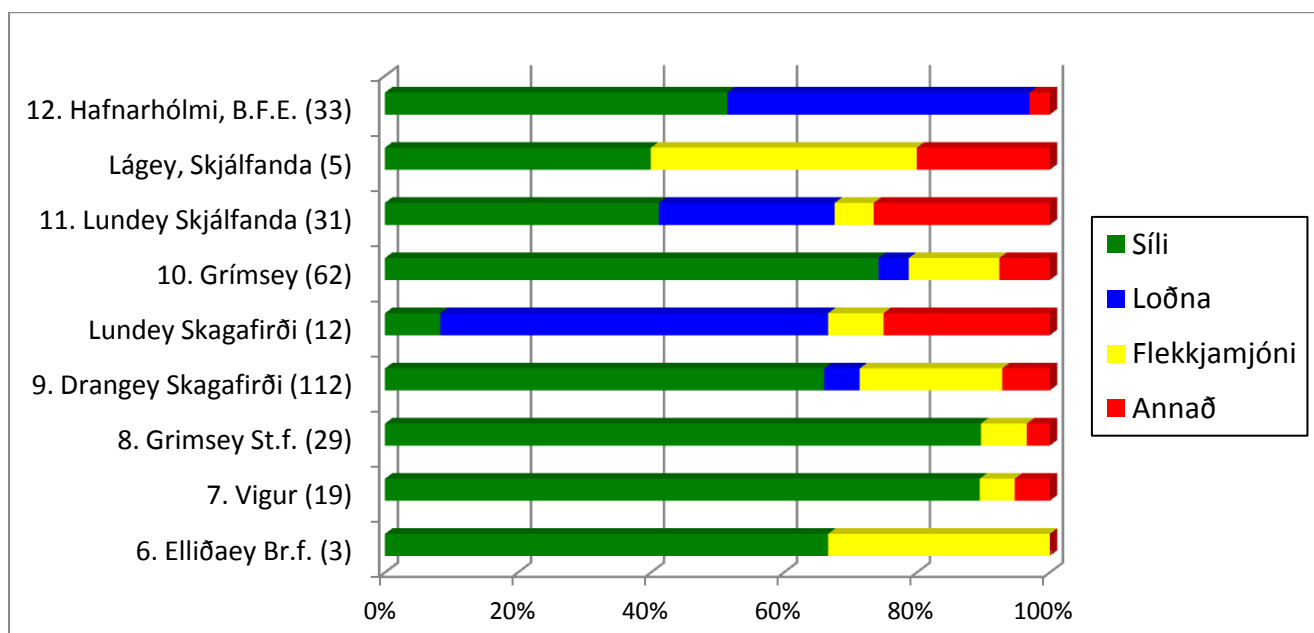
905 lundar voru ljósmyndaðir í afla í Grímsey 2012 og hafa þeir verið aldursgreindir (9. Mynd). Flokkað var eftir nefskorufjölda en 2 og 2,5 nefskoru hóparnir voru ekki flokkaðir frekar til aldurs en eru kallaðir hér „fjögurra“ og „fimm“ ára og ekki rýnt í þá frekar fremur en 3 nefskoru fugla sem eru fimm ára og eldri. Aðeins er rýnt í hlutföll tveggja og þriggja ára fugla sem voru eins og meðalaldurshlutföll fugla af þekktum aldri í veiði yfir 22 ár (1961-1982) í Vestmannaeyjum (Sjá „Aldursbundnar veiðidánartölur“). Ekki verður því vart við að 2009 árgangurinn í Grímsey hafi verið lítil öfugt við Vigur og hugsanlega Drangey.



9. mynd. Hlutföll (%) eftir aldri (nefskoru) í lundaveiði í Grímsey 2012 (rauðar súlur) samanborið við 22-ára meðalaldurshlutföll fugla af þekktum aldri í Vestmannaeyjum (svartar súlur), sjá texta.

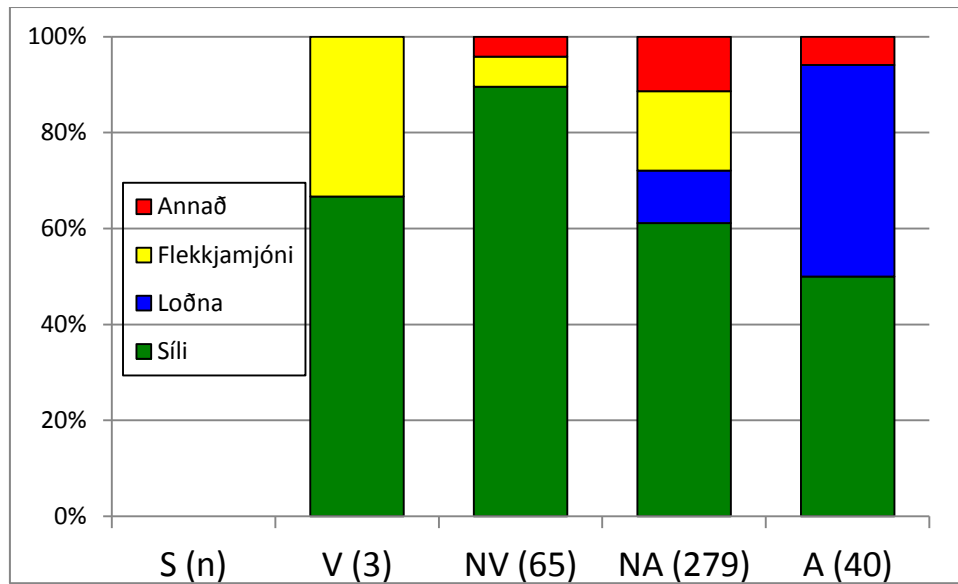
TEGUNDASAMSETNING FÆÐU 2011

Ljósmyndun „sílisfugls“ í tilraunaskyni heppnaðist vonum framar 2011, og var endurtekin 2012. Cornelius Schlawe náttúru ljósmyndari tók flestar myndirnar bæði árin, til viðbótar var greind fæða af myndum sem aðrir ljósmyndarar létu góðfúslega í té. Valur Bogason og Kristján Lilliendahl og fleiri sérfræðingar á Hafrannsóknastofnun greindu fæðu til tegunda. Tegundagreiningum fyrir 2011 lauk haustið 2012 (10. Mynd). Ráðist verður í fæðugreiningar frá árinu 2012 snemma árs 2013.

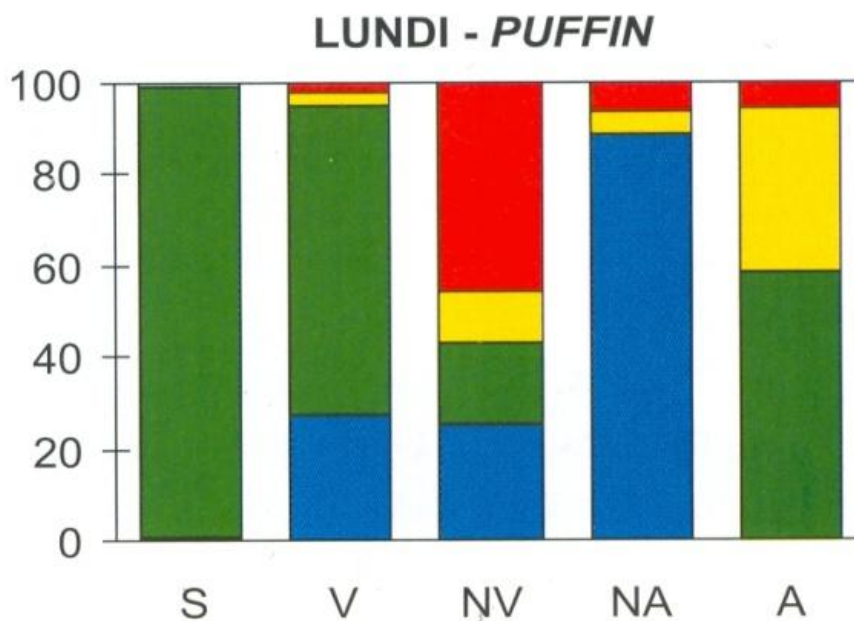


10. mynd. Fæðusamsetning lunda 2011 eftir byggðum. Fjöldi mynda af greinanlegri fæðu er sýndur innan sviga.

Heilt yfir litið er sandsíli (*Ammodytes marinus*) ríkjandi tegund í fæðu frá Breiðafirði til Borgarfjarðar Eystri. Ekki náðist að ljósmynda sílabera í rannsóknabyggðum 1.-5., en eftir litlu var þar að slægjast. Sandsíli hefur ekki náð sér á strik á suðursvæði (Kristján Lilliendahl, o.fl., 2013 handrit samþykkt til birtingar) og því hægt að útiloka seiðarek vestur fyrir land. Loðnustofninn (*Mallotus villosus*) hefur verið í lögð í um áratug og að stórum hluta fært uppeldisstöðvar sínar til SA-Grænlands (Þorsteinn Sigurðsson og Árni Magnússon, 2011). Loðna sést helst í kaldsjónum austanlands þar sem hún sást ekki áður. Loðna var áberandi í Lundey syðst í Skagafirði, en hún á sér uppeldisstöðvar innfjarða norðanlands (Hjálmar Vilhjálmsson, 1994). Einnig vekur tíðni Flekkjamjóna (*Leptoclinus maculatus*) athygli. Okkar niðurstöður (11. Mynd) voru bornar saman við tegundasamsetning fæðu (% votvigtar) 1994 og 1995 (12. Mynd, Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson, 1998).



11. mynd. Tíðni fæðutegunda í 387 fæðugreininga af 306 ljósmyndum af lundaneftjum 2011. 21% mynda voru ógreinanlegar.



12. mynd. Fæðusamsetning lunda við Ísland 1994 og 1995 (sjá svæðaskiptingu á 1. mynd). Sýnd er % votvigtar, n=276 magar (36% tómir). Kristján Lillindhal & Jón Sólmundsson (1998). Grænt: sandsíli. Blátt: loðna. Gult: ljósaáta. Rautt: annað.

(2) MEÐALFÆÐUÞREP SUMAR & VETUR – MÆLINGAR $\delta^{13}\text{C}$ & $\delta^{15}\text{N}$

Tvö sýni voru tekinn úr 10 varpfuglum í Grímsey og 5 sýni úr 10 varpfuglum í Vestmannaeyjum, eða samtals 60 sýni. Klipptur var 1 cm bútur af enda 4. handflugfjaðrar sem endurspeglar samsetningu vetrarfæðu og úr lifur sem endurspeglar sumarfæðu. Einnig voru tekin 26 fjaðrasýni úr pysjum frá Vestmannaeyjum (fjöldi í sviga) frá 2006 (3), 2007 (5), 2009 (3), 2010 (5), 2012 (10), og 5 úr varpfuglum frá 2007. Sömuleiðis voru tekin sýni af handflugfjöðrum nr. 1, 7 og 10 úr Vestmanneyja varpfuglunum (10).

Rannsóknastofa við Boston háskóla undir stjórn Roberts Michener sér um frekari undirbúning sýna og samsætu greiningar. Sýnin verða tilbúin til greininga í lok janúar og eiga niðurstöður að liggja fyrir með vorinu. Fyrirætlað er að skrifa handrit að tímatriðsgrein næsta haust sem lýsir niðurstöðunum.

Þessari rannsókn er ætlað svara sex spurningum. (1) Breytist meðalfæðuþrep sumarfæðu norðan- og sunnanlands úr „góðu“ árferði (David R Thompson, o.fl., 1999) í „slæmt“ árferði sunnanlands (þessi rannsókn)? (2) Er munur á meðalfæðuþrepi ungfæðu og foreldra fæðuskortsárin 2007 og 2012 í Eyjum? (3) Er munur á meðalfæðuþrepi milli sumars- og vetrar (hjá fuglum úr Eyjum og Grímsey) eins gerist hjá lundum í Nýfundnalandi (April Hedd, o.fl., 2010)? (4) Er munur á fæðuvali á vetrarslóð (vísbending um mismunandi vetrarstöðvar) milli fugla frá í Eyjum og Grímsey? (5) Er áramunur á meðalfæðuþrepi fugla úr Vestmannaeyjum? (6) Er breytileiki í samsætustyrk í mismunandi handflugfjöðrum?

Undanfarna tvo áratugi hefur hlutfallslegur styrkur stöðugar ^{13}C samsætu kolefnis verið notaður til að mæla meðalfæðuþrep fæðu sjófugla og byggir á hlutfallslegri styrk aukningu með hækkandi fæðuþrepi. Hlutfallslegur styrkur ^{15}N samsætu niturs endurspeglar aftur hlutdeild inn- eða úthafs fæðuvefja (Keith A Hobson, 1993, Keith A Hobson, o.fl., 2002, Keith A Hobson, o.fl., 1994, P. J. Hodum og K. A. Hobson, 2000).

Þessari aðferðafræði var beitt héraendis til að bera saman fæðuþrep sumarfæðu sex sjófuglategunda þ.m.t. lunda milli norður- og suðurlands 1994-95 (David R Thompson, o.fl., 1999) og lagður grunnur að slíkum rannsóknum héraendis. Með vali á vefjum er einnig hægt að skoða samsætusamsetningu á ákveðnum árstímum (Yves Cherel, o.fl., 2000, David R Thompson og Robert W Furness, 1995). Samantekið er mögulegur samanburður á fæðu lunda að sumar og vetrarlagi, fyrir (sumar eingöngu) og eftir stofnhrun sandsílis.

(3) KÖNNUN VETRARSTÖÐVA ÍSLENSKRA LUNDA MEÐ HNATTRITUM

Veiðikortasjóður veitti styrk 2012 til kaupa á hnattritum í annarri umsókn: „*Farhættir og vetrarstöðvar íslenskra svartfugla.*“ Umsækjendur: Þorkell Lindberg Þórarinsson verkefnisstjóri, Erpur S. Hansen og Böðvar Þórisson. Sökum þess að svar Veiðikortasjóðs barst umsækjendum ekki fyrr en í byrjun apríl, var orðið of seint að smíða tækin í tíma. Verkefninu var því frestað til sumarsins 2013. Vegna gæðamunar var ákveðið að kaupa tækin frá öðrum framleiðanda (Biotrack) en upphaflega var gert ráð fyrir. Ritarnir þeir eru dýrari (u.þ.b. 20-30%) og til mótvægis verður fjölda þeirra fækkað úr 60 í 45 á lunda. Við þessu er brugðist með því að fækka fjölda sýnatökustaða úr fjórum í þrjá: Grímsey, Papey og Vestmannaeyjar. Ritarnir verða settir á varpfugla í lok júní - byrjun júlí samhliða vettvangsvinnu við vöktun. Ásetning tekur um 1-2 daga á hverjum stað, eða samtals um viku lenging á júní leiðangrinum 2013. Reynt verður að ná ritunum aftur 2014 og hefur Náttúrustofa Norðurlands Eystra umsjón með aflestri, úrvinnslu og ritun handrits.

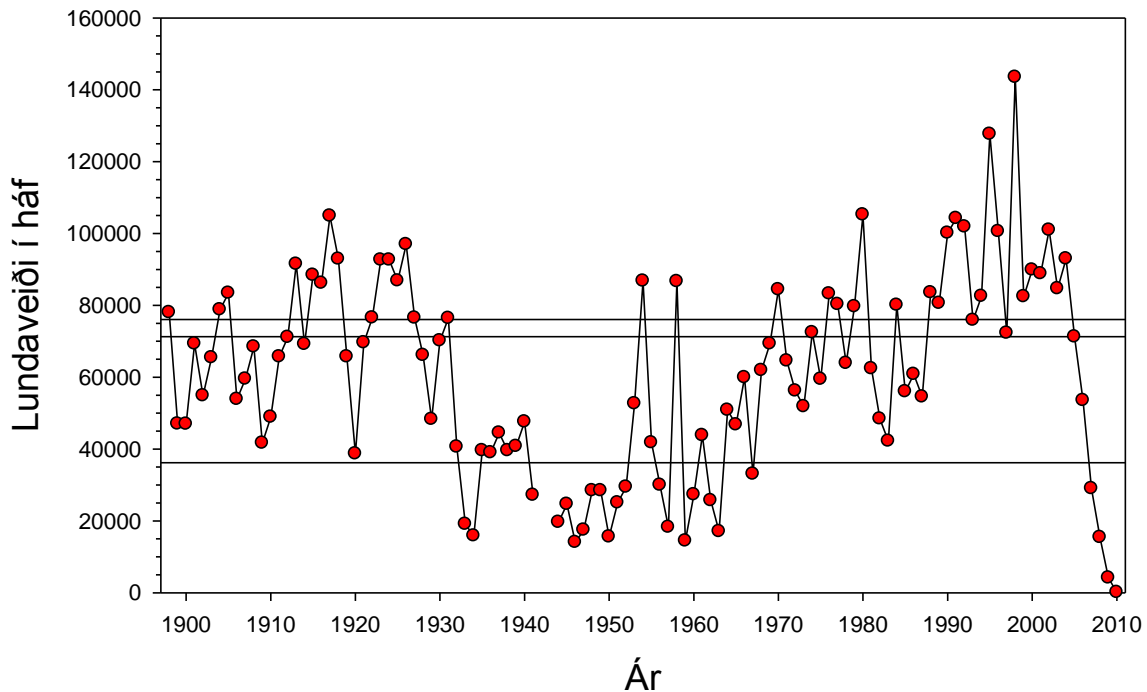
(4) HEILDARMAT ÍSLENSKA LUNDASTOFNSINS

Lokið var mælingum og loftmyndatökum í sumar, lokaúrvinnslu er áætlað að ljúki fyrir áramót og ritun handrits „Lundatals Íslands“ er ráðgerð vorið 2013.

(5) SJÁLFBÆRNI VEIÐA

Reiknuð var út sjálfbærni veiða í Vestmannaeyjum með tveim aðferðum og borin saman við veiði þar (13. Mynd). Sjálfbærni veiða með PBR (Potential Biological Removal) er einföld aðferð sem byggir á litlum upplýsingum (Paul R Wade, 1998) en skilar áþekkingu niðurstöðum og flóknari en mun gagnafrekari aðferðir (P W Dillingham og David Fletcher, 2008). Einfalt og æskilegt er að gera þessa útreikninga fyrir allar lundabyggðir þar sem veiðar eru stundaðar, en til þess þarf aðeins stofnmat og mat á dreifni þess (N_{\min}). Útreikningar fylgja Dillingham & Fletcher (2008). Hámarks stofnvöxtur λ_{\max} var reiknaður með ítrun jöfnu 2 með „Solver“ í Excel þar sem líftala varpfugla var $S_A = 0,903$ (sjá neðar), $\lambda_{\max} = 1,1137$.

N_{\min} fyrir Eyjar er 738.7000 pör (jafna 6). Framleiðsla umfram stofnviðhald er 84.000 fuglar. Ráðlögð veiði er helmingur þessa eða 42.000 fuglar. Árleg meðalveiði hefur hinsvegar verið um 77.600 fuglar 1968-2007 (13. Mynd).



13. mynd. Lundaveiði í Vestmannaeyjum 1898-2010 (óútgefin gögn). Sýnd er meðalveiði með láréttum línunum yfir þrjú tímabil. 1898-1931: miðlínan 71.259 fuglar (SE 2.935, 34 ár). 1932-1967: neðsta línan 35.029 fuglar (SE 18.032, 34 ár). 1968-2007: efsta línan 77.567 fuglar (SE 3.582, 40 ár). Meðalveiði öll 113 árin er 62.190 fuglar (SE 2.594).

Búið var til stofnlíkan fyrir Vestmannaeyjar með Leslie fylki í Poptools (Greg M Hood, 2010) sem tekur tillit til aldursbundinnar viðkomu og lífslíka á stofnvöxt (λ) og veitir sjálfstætt mat á sjálfbærni veiða (Hal Caswell, 2001). Nýlega hefur komið í ljós að líftala ungfugla (0,931) hefur hingað til verið verulega vanmetin en hún er 2 prósentustigum lægri en þó ómarktækt frábrugðin líftölu varpfugla (0,953) (Michael P Harris og Sarah Wanless, 2011). Þetta breytir grundvelli þessara útreikninga og eykur útreiknað veiðipól stofnsins verulega. Hálfán H. Helgason reiknaði út að „samsett“ líftala varpfugla væri 0,873 (þ.e. samanlögð náttúruleg og veiðidánartala) í Stórhöfða síðustu áratugi (Hálfán Helgi Helgason, 2012). Sama líftala fékkst einnig með með „Catch-Curve Analysis“ útreikningi á lífslíkum fullorðinna fugla merktra sem unga 1961-1982 í Vestmannaeyjum (D G Chapman og D S

Robson, 1960, D S Robson og D G Chapman, 1961). (Taka má fram að þessi einfalda greining verður gerð fyrir hvern árgang varpfugla). Þetta mat er notað í líkaninu sem fyrsta nálgun til að „stilla“ af áætlaðar náttúrulegar (án veiða) líftölur (1. Tafla). $0,873 + 0,0307$ (aldursbundin veiðidánartala fullorðinna) = 90.3 sem er áætluð náttúruleg líftala. Áætlað var að líftala ungfugla væri 2% lægri en fullorðinna eins og við Bretland, eða 0,883. Þessar líftölur eru svo lækkaðar um aldursbundnar veiðidánartölur, og fást þannig samsettar dánartölur (1. Tafla) sem notaðar eru í fylkjareikningunum (2. Tafla). Fyrir viðkomu var notuð helmingur „nauðsynlegrar viðkomu“ (sjá neðar) 0,292 kvenfuglar/kvenfugl. Aldursbundnar veiðidánartölur byggja á aldursdreifingu merktra fugla af þekktum aldri í veiði sem hefur verið að meðaltali 14,7% hvers merkts árgangs (2,5% S.E.) 1960-1982 (1.Tafla). Forsendur samlagningar náttúrulegra og aldursbundina dánartala eru að þéttleikaháð uppbótaráhrif veiða á lífslíkur eftirlifenda eru lítil sem engin hjá langlífum fuglum þ.e. að lífslíkur eftirlifenda aukist sökum fækkunar vegna veiða (Jean-Dominique Lebreton, 2005). Veiðitölur voru reiknaðar „lárétt“ þ.e. endurheimtur hvers árgangs eftir aldri 1961-1982. Allir 22 árgangarnir voru veiddir að lágmarki í 25 ár til að vera teknir með, nema 1969 árganginum sem var sleppt þar sem aðeins fengust úr honum fjórar endurheimtur.

Með þessum forsendum gefur Leslie fylkið stofnvöxt $\lambda=1,0147$. Miðað við 830.000 para varpstofnstærð árið 2010 og 53,6% hlutfall hans af heildarstofni (stöðug aldurssamsetning, SAD) var ungfuglastofninn 718.800 pör, og heildastofninn 1.548.800 pör. Stofnvöxtur er 77.300 fuglar á ári. PBR aðferðin gaf 84.000 fugla árlega sem verður að teljast gott samræmi milli aðferða. Eins og áður segir var meðalveiði 1968-2007 77.600 fuglar (13. Mynd) eða helmingi hærri að meðaltali en ráðlagt er.

Tafla 1. Útreikningur líftalna lunda í Vestmannaeyjum.

Aldur	Náttúrleg líftala	Náttúrleg dánartala	Aldurs- hlutföll í veiði	Veiði- dánartala (14,7%)	Samsett dánartala	Samsett líftala
1	88,3	11,7	0	0	11,7	88,3
2	88,3	11,7	18,8	2,76	14,46	85,5
3	88,3	11,7	31,3	4,60	16,3	83,7
4	88,3	11,7	20,0	2,95	14,65	85,4
5	90,3	9,7	8,2	1,21	10,91	89,1
5+	90,3	9,7	20,9	3,07	12,77	87,3

Tafla 2. Stofnlíkan lunda í Vestmannaeyjum með Leslie fylki (sjá texta).

1 árs	2 ára	3 ára	4 ára	5 ára	6+ ára
0	0	0	0	0,292	0,292
0,883	0	0	0	0	0
0	0,855	0	0	0	0
0	0	0,837	0	0	0
0	0	0	0,854	0	0
0	0	0	0	0,891	0,873

(6) NAUÐSYNLEG VIÐKOMA

Notuð var jafna 11 í (Charles J Henny, o.fl., 1970) sem byggir á stofnjöfnu Lotka, til að reikna nauðsynlega viðkomu (m_{bar}) svo að stofn standi í stað. $2 \times m_{\text{bar}} = 2((1 - S_A)/(S_Y^4(1 - S_A - S_Y)))$. Jafnan var stækkuð um einn aldurshóp fyrir lunda með hækkun veldis um einn, og margfölduð með 2 til að fá hlutdeild beggja kynja, S_A er samsett líftala varpfugla (0,873) og S_Y er samsett líftala ungfugla (0,849, 1. Tafla). Niðurstöður eru sýndar í 3. Töflu. Í Vestmannaeyjum er nauðsynleg viðkoma um 0,548 ungar/holu. Hæsta viðkoma sem hefur þar verið mæld (frá 2007) er aðeins 0,22 ungar/holu (7. Mynd). Fyrirliggjandi er að allar veiðar úr þessum stofni eru ósjálfbærar, og samantekið gildir það einnig fyrir íslenska lundastofninn í heild sinni.

Tafla 3. Nauðsynleg viðkoma (ungar/holu) við engan stofnvöxt við mismunandi samsetningar líftala varpfugla og ungfugla. S_A er líftala varpfugla (fyrsti dálkur) S_Y er líftala ungfugla (fyrsta lína), (sjá texta). Áætlaðar líftölur fyrir Vestmannaeyjar eru sýndar með bláu. Viðkoma þar að vera yfir 0,548 ungar/par svo stofnvöxtur eigi sér stað. Íle of May (án veiða) er sýnd með rauðu.

	SY																
SA	0.8	0.81	0.82	0.83	0.849	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.931	0.94	0.95	0.953
	0.97	0.93	0.89	0.85	0.77	0.77	0.72	0.68	0.63		0.54	0.49	0.44	0.38	0.34	0.28	0.27
0.8	7	7	7	6	7	1	7	3	7	0.59	3	4	4	8	1	7	1
		0.89	0.85	0.81	0.73	0.73	0.69	0.64	0.60	0.56	0.51		0.42	0.36	0.32	0.27	0.25
0.81	0.92	2	3	4	9	4	2	9	6	2	6	0.47	2	9	4	3	8
	0.86	0.84	0.81	0.77	0.70	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.49	0.44	0.40	0.35	0.30		0.24
0.82	7	9	2	5	4	8	9	8	7	5	2	7	2	1	9	0.26	5
	0.81	0.80	0.77	0.73	0.67	0.66	0.62	0.58		0.50	0.46	0.42	0.38	0.33	0.29	0.24	0.23
0.83	8	9	4	9	1	5	8	9	0.55	9	8	6	3	5	4	8	4
	0.77	0.77	0.73	0.70	0.63	0.63	0.59	0.56	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.31		0.23	0.22
0.84	3	1	8	4	9	4	8	2	4	6	6	6	5	9	0.28	6	3
		0.73	0.70	0.67		0.60	0.57	0.53		0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.21
0.85	0.73	5	4	1	0.61	5	1	6	0.5	3	6	7	8	4	7	5	3
		0.70	0.67	0.64	0.58	0.57	0.54	0.51	0.47	0.44	0.40		0.33		0.25	0.21	0.20
0.86	0.69	2	2	1	2	7	5	1	7	2	6	0.37	2	0.29	5	5	3
	0.64	0.66	0.63	0.60	0.54	0.54	0.51	0.48	0.44	0.41	0.38	0.34	0.31	0.27		0.20	0.19
0.873	2	1	2	3	8	4	3	1	9	6	3	8	3	3	0.24	3	1
	0.61		0.61	0.58	0.53	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37	0.33	0.30	0.26	0.23	0.19	0.18
0.88	8	0.64	3	4	1	7	7	6	5	3	1	7	3	5	3	6	5
	0.58	0.61	0.58	0.55	0.50	0.50	0.47	0.44	0.41	0.38	0.35	0.32		0.25	0.22	0.18	0.17
0.89	5	2	5	9	7	3	5	6	6	5	4	2	0.29	3	2	8	7
	0.55	0.58		0.53	0.48	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.17	0.16
0.9	4	5	0.56	4	5	1	4	6	8	8	9	8	7	2	3	9	9
	0.52		0.53	0.51	0.46	0.46	0.43	0.40		0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	0.17	0.16
0.91	5	0.56	6	1	4	1	4	8	0.38	3	4	5	5	2	3	2	2

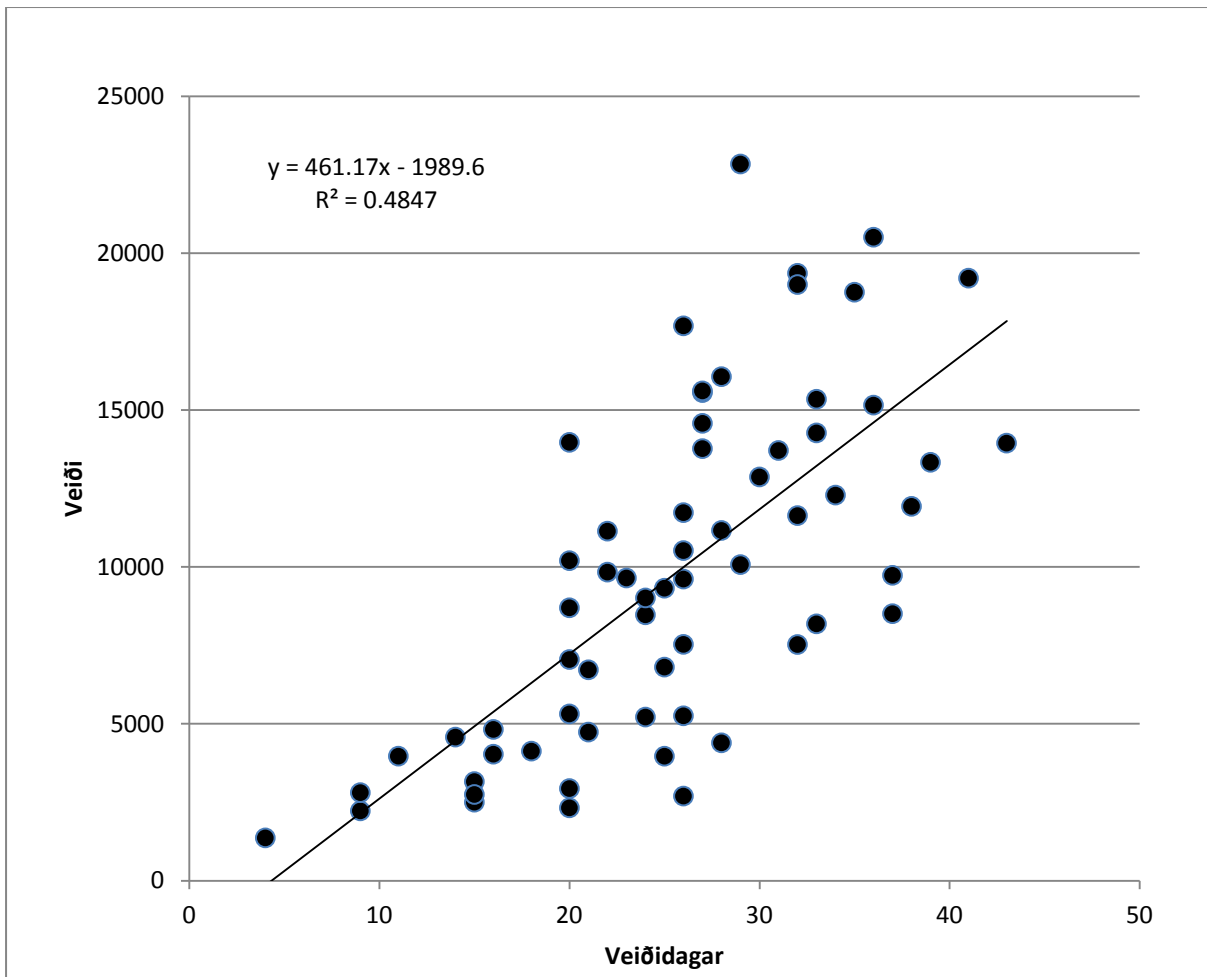
0.92	0.49 9	0.53 6	0.51 3	0.48 9	0.44 4	0.44 1	0.41 6		0.36 4	0.33 7		0.28 2	0.25 4	0.22 2	0.19 5	0.16 4	0.15 5
0.93	0.47 3	0.51 3	0.49 1	0.46 9	0.42 5	0.42 2	0.39 8	0.37 4	0.34 9	0.32 3	0.29 7	0.27 3	0.24 3	0.21 2	0.18 7	0.15 7	0.14 8
0.94	0.44 9	0.49 2	0.47 1	0.44 9	0.40 8	0.40 4	0.38 2	0.35 8	0.33 4		0.28 5	0.25 9	0.23 3	0.20 3	0.17 9	0.15 1	0.14 2
0.95	0.42 7	0.47 1	0.45 1	0.43 0.43	0.39 1	0.38 8	0.36 6	0.34 3	0.32 0.32	0.29 7	0.27 3	0.24 8	0.22 3	0.19 5	0.17 1	0.14 4	0.13 6
0.96	0.40 6	0.45 2	0.43 3	0.41 3	0.37 5	0.37 2	0.35 1	0.32 9	0.30 7	0.28 5	0.26 2	0.23 8	0.21 4	0.18 7	0.16 4	0.13 9	0.13 1
0.953	0.42 1	0.46 5	0.44 5	0.42 5	0.38 6	0.38 3	0.36 1	0.33 9	0.31 6	0.29 3	0.26 9	0.24 5	0.22 0.22	0.19 3	0.16 9	0.14 3	0.13 5

(7) LÝÐFRÆÐI LUNDASTOFNS VESTMANNAEYJA –

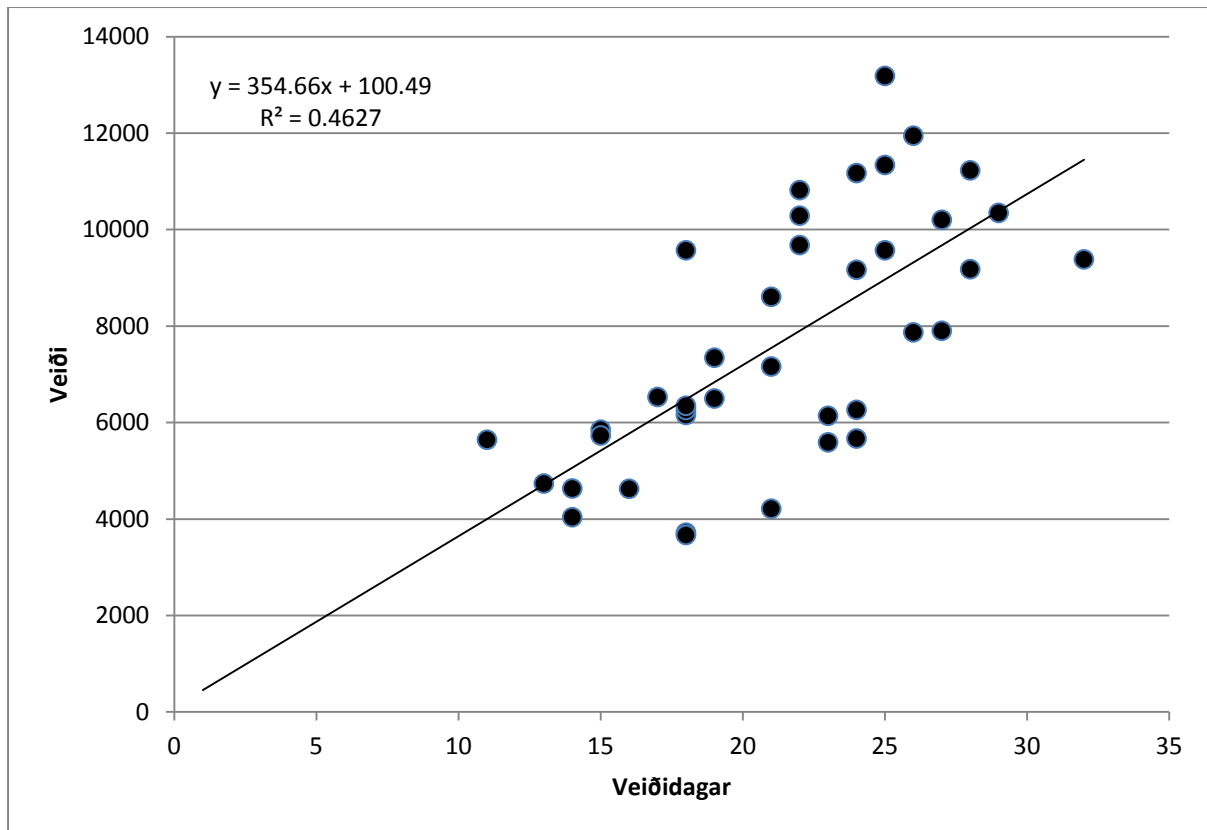
ÁHRIF VEIÐA & UMHVERFIS

Aðferðafræði bakreiknings árgangastærða, viðkomu, líftala og veiðitala, sem saman gefa stofnstærð á hverjum tíma hefur verið í þróun. Fyrirhugað er að nota Statistical Population Reconstruction greiningu en þessari aðferðafræði hefur fleygt fram undanfarinn áratug (K Broms, o.fl., 2010, Lewis G Jr Coggins, o.fl., 2006, Paul B Conn, o.fl., 2008, Michelle L Davis, o.fl., 2007, John R. Fieberg, o.fl., 2012, Brian A Gilbert, o.fl., 2007, N E Gove, o.fl., 2002, John M Hoenig, o.fl., 1998, John R Skalski, o.fl., 2011, John R Skalski, o.fl., 2007, John R. Skalski, o.fl., 2012). Lykilatriði er að reyna fækka fyrirfram sem mest stikum sem þarf að greina með „aðferð sennilegustu gilda“ (Maximum Likelihood Estimation) og einbeita sér þannig að mati á þeim stikum sem ekki er auðvelt að meta með öðrum aðferðum. Sem dæmi um slíka fækkun stika er fyrirhugað að mæla aðskildar lífslíkur ungfugla með Brownie greiningu (Byron K. Williams, o.fl., 2002) á pysjumerkingagögnum frá Vestmannaeyjum 1959-2007, samhliða því að meta sjálfstætt líftölur varpfugla með Catch-Curve greiningu (John R Skalski, o.fl., 2005).

„Bæjarpysjur“ veiðast svo til eingöngu í Ystakletti. Fyrirhugað er að afla upplýsinga um sóknarpunga þar (fjölda veiðidaga), en slíkt hefur þegar verið gert fyrir Álsey (14. Mynd) og Suðurey (15. Mynd). Í skoðun er hvernig þessi gögn (bæjarpysjur-lundaveiði í Ystakletti) verða útvíkkuð þannig að þau gildi fyrir heildarstofn lunda í Vestmannaeyjum, en líklega verður um einhverskonar skölun að ræða.

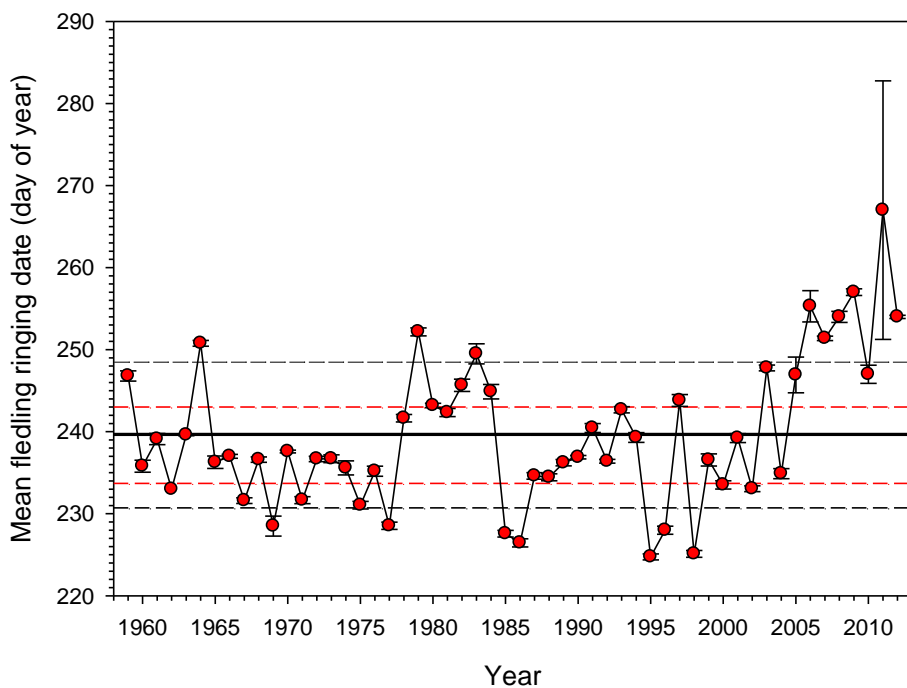


14. mynd. Árleg veiði á sóknareiningu (veiðidaga) í Álsey Vestmannaeyjum 1944-2007.



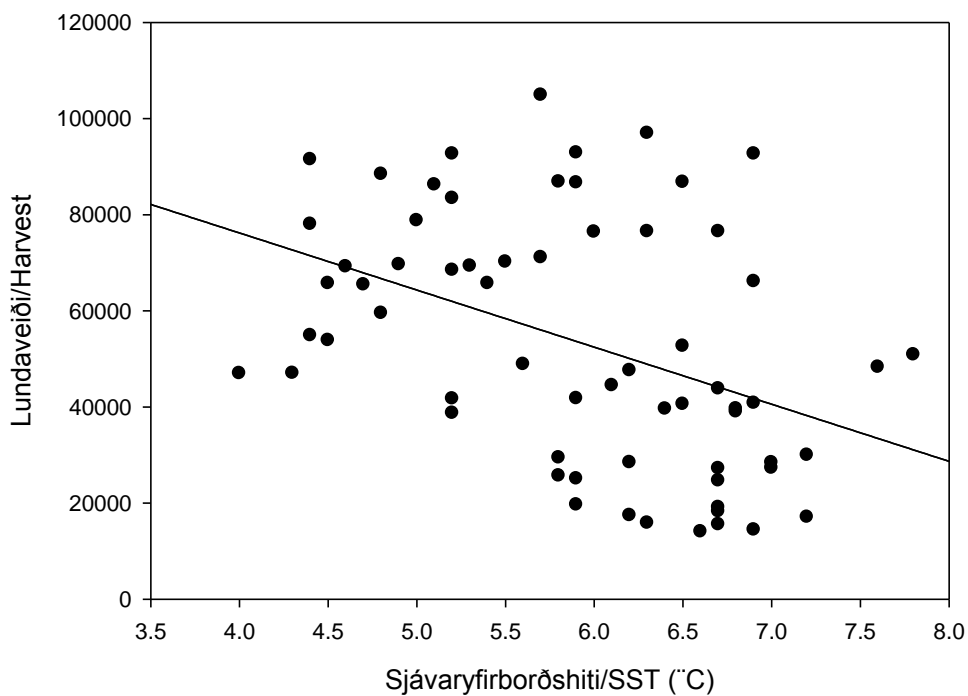
15. mynd. Árleg veiði á sóknareiningu (veiðidaga) í Suðurey Vestmanneyjum 1968-2006.

Þessi bakreikningur lundastofnsins (Virtual Population Analysis) sem byggir á aldurshlutföllum í merkingagögnum, heildarveiði, veiðisókn, líftölum og veiðanleika aftur til 1961 setur saman yfirgrípsmikla og mjög ýtarlega stofnþekkingu yfir langan tíma sem leyfir sundurliðun á hlutdeild sóknarþunga (fjölda árlegra veiðidaga) og árgangastærðar í breytilegri (CV 0,292) árlegri veiði yfir árabilið 1968-2007, auk tengsla árgangastærðar við umhverfisbreytur eins og tímasetningu þörungablóma (Keith M Brander, o.fl., 2001, Jonathan Sharples, 1999, Jonathan Sharples, o.fl., 2006, Jonathan Sharples og P Tett, 1994) og sjávarhita. Ljóst er að seinkun á sér stað í varpi í lélegum varpárum sem er tengt atburðum í fæðukeðjunni og aukningu sjávarhita (16. & 17. Myndir).



16. mynd. Tímasetning brottflugs pysja (númer dags) 1959-2012.

Sjávaryfirborðshiti við Vestmannaeyjar í mars
& lundaveiði 1898-1964 / March SST & Puffin harvest



17. mynd. Af öllum mánuðum ársins er fylgni er hæst í mars. Ath. bæta á eftir 41 árum á þessa mynd (1965-2005).

(8) STOFNBREYTINGAR BJARGFUGLA

Bjargfuglabbyggðir hafa verið myndaðar í þrem landshlutum, Bjargabjargi á Skaga, Drangey, Árhöfn í Papey, Ingólfshöfða og byggðir langvíu (*Uria algae*), ritu (*Rissa tridactyla*), og fýls (*Fulmarus glacialis*) voru myndaðar tvisvar sl. sumar á völdum stöðum í Heima-, Mið- og Ystakletti. Talningar hafa tafist en fyrirhugað er að telja af myndunum í vetur í forritinu ImageJ sem markar þannig upphaf vöktunar árlegra (1) stofnbreytinga og (2) varpárangurs.

BIRTING NIÐURSTAÐNA

FYRIRLESTRAR

Erpur Snær Hansen, Marinó Sigursteinsson & Cornelius Schlawe (2012). *Vöktun ábúðar, viðkomu og fæðu lunda á Íslandi*. Haustráðstefna Vistfræðifélags Íslands 17. Nóvember. Háskóli Íslands.

Erpur Snær Hansen 2012. - *Samanburður breytinga á stofnum lunda og sílis við Ísland og í Norðursjó*. Fjarfundarerindi. 23. febrúar í fræðsluerindaröð Samtaka Náttúrustofa.

Fyrirhuguð er þátttaka í a.m.k. tveim ráðstefnum 2013. Hafrannsóknastofnunin 21-22. Febrúar: Veðurfar og lífríki sjávar á Íslandsmiðum. Fyrirhuguð er fjalla um viðkomu lunda í tengslum við fæðu og sjávarhita 2011 & 2012 og breytingar á fæðusamsetningu frá síðasta kaldskeiði.

XXII *Alþjóðleg ráðstefna* Seabird Group. September, fundarstaður óákveðinn. A.m.k. eitt erindi og a.m.k. 2 veggspjöld: „Lundatal Íslands,“ og niðurstöður samsætugreininga.

Einnig er gert fyrir þátttöku í Málstofu Umhverfis- og auðlindaráðuneytis ef af verður en samkvæmt starfsreglum Veiðikortasjóðs á hún að vera haldin í ár. Fjallað yrði um sjálfbærni lundaveiða.

ÚTGEFIÐ

Erpur Snær Hansen & Arnþór Garðarsson (2012). *Staða lundastofnsins við Ísland 2011*.

Veiðidagbók UST 2012.

Hálfván Helgi Helgason 2012. *Survival of Atlantic Puffins (Fratercula arctica) in*

Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages. M.S. ritgerð, Háskóli Íslands.

Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

HANDRIT

Handrit samþykkt til birtingar 2013. Kristján Lilliendahl, Erpur S. Hansen, Valur Bogason, Páll M. Jónsson, Margrét L. Magnúsdóttir, Marinó Sigursteinsson, Hálfván H. Helgason, Gísli J. Óskarsson, Pálmi F. Óskarsson & Óskar J. Sigurðsson.

Lundi og sandsíli við Vestmannaeyjar. Náttúrufræðingurinn 83.

Arnþór Garðarsson, Erpur Snær Hansen & Kristján Lilliendahl (2013). *Lundatal Íslands*.

Bliki 32.

Erpur Snær Hansen, Marinó Sigursteinsson, Cornelius Schlawe & Arnþór Garðarsson (2013).

Vöktun viðkomu og fæða lunda á Íslandi. Hugsanlega í erlent tímarit.

Erpur Snær Hansen (2013). *Lýðfræði lunda og sjálfbærni veiða*. Íslenskt tímarit óákveðið.

Erpur Snær Hansen (2013/14). *Regional, annual, and seasonal patterns in foraging niche of Icelandic Atlantic Puffins and their chicks examined by stable isotope ($\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$) analyses*. Ibis.

Hugh Powell & Chris Linder. Birt verður myndskreytt grein í Living Bird um rannsóknirnar vorið 2013.

VERALDARVEFURINN

Þessi skýrsla (pdf) verður sett á vef Náttúrustofu Suðurlands (www.nattsud.is).

FJÖLMIÐLAR

Veitt voru nokkur fjölmiðlavitöl í útvarpi, sjónvarpi og dagblöðum á árinu en eru ekki talin upp hér en til dæmis má nefna greinar í Morgunblaðinu 28.6 bl.s. 12, og 15.8 bl.s. 14.

SAMSTARF & ÞAKKIR

Þessi rannsókn kom á góðu og fjölþættu samstarfi við fjölda heimamanna sem ekki verður talið sérstaklega upp hér. Valur Bogason, Kristján Lilliendahl og fleiri sérfræðingar Hafrannsóknastofnunnar greindu fæðumyndir til tegunda. Eins og 2011 voru Lucy R. Quinn og Nick Richardson sjálfboðaliðar í júní. og Cornelius Schlawe í júlí leiðangrinum þar sem hann m.a. ljósmyndaði sílafugla (eins og 2011). Ingvar A. Sigurðsson var starfsmaður í júlí leiðangrinum. Hugh Powell blaðamaður fyrir Living Bird sem gefið er ú af Cornell Lab of Ornithology og Chris Linder ljósmyndari fylgdu júníleiðangrinum að hluta. Birt verður myndskreitt grein í ritinu um rannsóknirnar næsta vor eftir þá. Þeir fyrirhuga að koma að ári sem sjálfboðaliðar.

Pungmálmamengun í íslenskum lundum

Sumarið 2011 var safnað bol fjöðrum af 20 fuglum í Vigur, Grímsey og Lundey við Skjálfanda, auk sýna frá Vestmannaeyjum. Samstarf var hafið við Michael Gochfeld og Joanna Burger við Rutgers háskóla BNA um mælingar á a.m.k. kvikasilfri og seleni en þau hafa aflað og greint sýni úr lundum víðar í Atlantshafi. Efnagreiningar eru ráðgerðar 2012.

HEIMILDIR

Keith M Brander, R R Dickson & J G Shepherd 2001. Modelling the timing of plankton production and its effect on recruitment of cod (*Gadus morhua*). - ICES Journal of Marine Science 58 962-966.

K Broms, R S John, J M Joshua, A H Christian & HS John 2010. Using statistical population reconstruction to estimate demographic trends in small game populations. - Journal of Wildlife Management 74 (2): 310-317.

Hal Caswell 2001. Matrix population models: construction, analysis, and interpretation. - Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

D G Chapman & D S Robson 1960. The analysis of a catch-curve. - Biometrics 16 354-368.

Yves Cherel, Keith A Hobson & Henri Weimerskirch 2000. Using stable-isotope analysis of feathers to distinguish moulting and breeding origins of seabirds -Oecologia 122 155-162.

Lewis G Jr Coggins, William E III Pine, Carl J Walters & Steven J D Martell 2006. Age-structured mark-recapture analysis: A virtual-population-analysis-based model for analyzing age-structured capture-recapture data. - North American Journal of Fisheries Management 26 201-205.

Paul B Conn, Duane R Diefenbach, Jeffrey L Laake, Mark A Ternent & Gary C White 2008. Bayesian analysis of wildlife age-at-harvest data. - Biometrics 64 (4): 1170-1177.

Michelle L Davis, Jim Berkson, David Steffen & Mary K Tilton 2007. Evolution of accuracy and precision of Downy population reconstruction. - Journal of Wildlife Management 71 (7): 2297-2303.

P W Dillingham & David Fletcher 2008. Estimating the ability of birds to sustain additional human-caused mortalities using a simple decision rule and allometric relationship. - Biological Conservation 141 1738-1792.

John R. Fieberg, Kyle W. Shertzer, Paul B. Conn, Karen V. Noyce & David L. Garshelis 2012. Integrated population modeling of black bears in Minnesota: Implications for monitoring and management. - PLoS ONE 5 (8): e12114.

Brian A Gilbert, Kenneth Raedeke, John R Skalski & Angela B Stringer 2007. Modeling Black-tailed deer population dynamics using structured and unstructured approaches. - Journal of Wildlife Management 71 (1): 144-154.

N E Gove, John R Skalski, P Zager & Richard L Townsend 2002. Statistical models for population reconstruction using age-at-harvest data. - Journal of Wildlife Management 66 310-320.

Michael P Harris & Sarah Wanless 2011. The Puffin. - T & A D Poyser, Calton, England.

April Hedd, David A Fifield, Chantelle M Burke, William A Montevicchi, Laura McFarlane Tranquila, Paul M Regular, Alejandro D Buren & Gregory J Robertson 2010. Seasonal shift in the foraging niche of Atlantic puffins *Fratercula arctica* revealed by stable isotope ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) analyses. - Aquatic Biology 9 13-22.

Hálfván Helgi Helgason 2012. Survival of Atlantic Puffins (*Fratercula arctica*) in Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages. University of Iceland. 75.

Charles J Henny, W Scott Overton & Howard M Wight 1970. Determining parameters for populations by using structural models. - Journal of Wildlife Management 34 (4): 690-702.

Keith A Hobson 1993. Trophic relationships among high Arctic seabirds: insights from tissue-dependent stable-isotope models. - Marine Ecology Progress Series 95 (1): 7-18.

Keith A Hobson, Aaron Fisk, Nina Karnovsky, Meike Holst, Jean-Marc Gagnon & Martin Fortier 2002. A stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) model for the North water food web: implications for evaluating trophodynamics and the flow of energy and contaminants. - Deep Sea Research Part II 49 5131-5150.

Keith A Hobson, John F Piatt & Jay Pitocchelli 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. - Journal of Animal Ecology 63 786-798.

P. J. Hodum & K. A. Hobson 2000. Trophic relationships among Antarctic fulmarine petrels: insights into dietary overlap and chick provisioning strategies inferred from stable-isotope (delta N-15 and delta C-13) analyses. - Marine Ecology-Progress Series 198 273-281.

John M Hoenig, Nicholas J Barrowman, William S Hearn & Kenneth H Pollock 1998. Multiyear tagging studies incorporating fishing effort data. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 1466-1476.

Greg M Hood 2010. PopTools version 3.2.5. . -

Jean-Dominique Lebreton 2005. Dynamical and statistical models for exploited populations. - Aust. N. Z. J. Stat. 47 (1): 49-63.

Kristján Lilliendahl, Erpur Snær Hansen, Valur Bogason, Páll Marvin Jónsson, Margrét Lilja Magnúsdóttir, Marinó Sigursteinsson, Hálfván Helgi Helgason, Gísli Jóhannes Óskarsson, Pálmi Freyr Óskarsson & Óskar Jakob Sigurðsson 2013 handrit samþykkt til birtingar. Lundi og síli við Vestmannaeyjar. - Náttúrufræðingurinn

Kristján Lilliendahl & Jón Sólmundsson 1998. Fæða sex tegunda sjófugla við Ísland að sumarlagi. - *Bliki* 19 1-12.

M J M Poot, P W van Horssen, M P Collier, Lensink. R & S Dirksen 2011. Effect studies offshore wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. - Bureau Waardenburg bv. Consultants for environment & ecology,

D S Robson & D G Chapman 1961. Catch curves and mortality rates. - *Transactions of the American Fisheries Society* 90 181-189.

Jonathan Sharples 1999. Investigating the seasonal vertical structure of phytoplankton in shelf seas. - *Marine Models* 1 3-38.

Jonathan Sharples, Oliver N Ross, Beth E Scott, Simon P R Greenstreet & Helen Fraser 2006. Inter-annual variability in the timing of stratification and the spring bloom in the North-western North Sea. - *Continental Shelf Research* 26 733-751.

Jonathan Sharples & P Tett 1994. Modelling observation of the seasonal cycle of primary productivity: the importance of short-term physical variability. - *Journal of Marine Research* 52 219-238.

Þorsteinn Sigurðsson & Árni Magnússon 2011. Nýttjastofnar sjávar 2010/2011. Aflahorfur fiskveiðiárið 2011/2012. - *Hafrannsóknir* 159 1-185.

John R Skalski, Joshua J Millspaugh, Michael V Clawson, Jerrold L Belant, Dwayne R Etter, Brian J Frawley & Paul D Friedrich 2011. Abundance trends of American Martens in Michigan based on Statistical Population Reconstruction. - *Journal of Wildlife Management* 75 (8): 1767-1773.

John R Skalski, K E Ryding & J J Millspaugh 2005. *Wildlife demography: analysis of sex, age, and count data.* - Academic Press, San Diego, California USA.

John R Skalski, Richard L Townsend & Brian A Gilbert 2007. Calibrating statistical population reconstruction models using catch-effort and index data. - *Journal of Wildlife Management* 71 (4): 1309-1316.

John R. Skalski, Michael V. Clawson & Joshua J. Millspaugh 2012. Model evaluation in statistical population reconstruction. - *Wildlife Biology* 18 (3): 225-234.

David R Thompson & Robert W Furness 1995. Stable-isotope ratios of carbon and nitrogen in feathers indicate seasonal dietary shifts in northern fulmars. - *Auk* 112 (2): 493-498.

David R Thompson, Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson, Robert W Furness, Susan Waldron & Richard A Phillips 1999. Trophic relationships among six species of Icelandic seabirds as determined through stable isotope analysis. - *Condor* 101 (4): 898-903.

Hjálmar Vilhjálmsson 1994. The Icelandic Capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. - Journal of the Marine Research Institute Reykjavik 13 (1-281):

Paul R Wade 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of Cetaceans and Pinnipeds. - Marine Mammal Science 14 (1): 1-37.

Byron K. Williams, James D. Nichols & Michael J. Conroy 2002. Analysis and management of animal populations. - Academic Press, London.

