

NÁTTÚRU FRÆÐINGURINN

91. ÁRG. 3.–4. HEFTI 2021

Hið íslenska
náttúrufræðifélag
Stofnað 1889

Náttúruminjasafn Íslands
Stofnað 2007

ÍSLENSKI MELRAKKINN *Fyrsti hluti. Stofnbreytingar, veiðar og verndun*

Ásætumítlar á humludrottningum

Brislingur, ný tegund við Ísland

Sauðfé étur kríuegg og unga

Útbreiðsla skötuorms á Íslandi





NÁTTÚRUFRAEÐINGURINN

Alþýðlegt fræðslurit um náttúrufræði

91. árgangur 3.–4. hefti 2021

Efni

- 97) *Ester Rut Unnsteinsdóttir*
Íslenski melrakkinn – Fyrsti hluti.
Stofnbreytingar, veiðar og verndun
- 112) *Guðný Rut Pálsdóttir og Karl Skírnisson*
Ásætumítlar á humludrottningum á Íslandi
- 122) *Jónbjörn Pálsson, Guðjón Már Sigurðsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir, Nicholas Hoad, Valur Bogason og Jón Sólmundsson*
Brislingur *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758),
ný fiskitegund við Íslandsstrendur
- 132) *Ævar Petersen, Sverrir Thorstensen, Scott Petrek og Kane Brides*
Sauðfé étur kríuegg og unga
- 138) *Þóra Hrafnisdóttir og Þorgerður Þorleifsdóttir*
Skötuormurinn og listamaðurinn – ferðasaga
- 146) *Þorleifur Eiríksson, Þorgerður Þorleifsdóttir, Hrefna Sigurjónsdóttir og Hilmar J. Malmquist*
Huldudýr á heiðum uppi – útbreiðsla skötuorms á Íslandi
- 95) Að ná settu marki
96) Kveðja frá ritstjóra
166) Ritdómur: Saga silfurbergsins frá Helgustöðum
170) Svanhildur Svane – minning

MYND Á FORSIÐU:

Hvít tófa í fjöru að vetrarlagi. – Arctic fox of the white morph at the sea shore during winter. Ljósmynd/Photo: Einar Guðmann.

NÁTTÚRUFRAEÐINGURINN er félagsrit Hins íslenska náttúrufræðifélags og tímarit Náttúruminjasafns Íslands. Að jafnaði eru gefin út fjögur hefti á ári.

RITSTJÓRI:

Álfheiður Ingadóttir líffræðingur
ritstjori@hin.is

RITSTJÓRN:

Droplaug Ólafsdóttir dýrafræðingur (formaður)
Esther Ruth Guðmundsdóttir jarðfræðingur
Hlynur Óskarsson vistfræðingur
Hrefna Sigurjónsdóttir líffræðingur
Sindri Gíslason sjávarlíffræðingur
Tómas Gréтар Gunnarsson dýravistfræðingur
Þóroddur F. Þóroddsson jarðfræðingur

PRÓFÖRK:

Mörður Árnason íslenskufraeðingur

FORMAÐUR HINS ÍSLENSKA
NÁTTÚRUFRAEÐIFÉLAGS:
Ester Rut Unnsteinsdóttir
spendýravistfræðingur

AÐSETUR OG SKRIFSTOFA FÉLAGSINS ER HJÁ:
Náttúruminjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24, 108 Reykjavík
Sími: 577 1802

AFGREIÐSLUSTJÓRI

NÁTTÚRUFRAEÐINGSINS:
Anna Heiða Ólafsdóttir
dreifing@hin.is

ÚTLIT OG UMBROT:

Ingi Kristján Sigurmarsson

PRENTUN:

Ísafoldarprentsmiðja ehf.

ISSN 0028-0550

© Náttúrufræðingurinn 2021

ÚTGEFENDUR:

Híð íslenska náttúrufræðifélag og
Náttúruminjasafn Íslands



NÁTTÚRU
MINJASAFN
ÍSLANDS

Icelandic
Museum
of Natural
History



HÍÐ ÍSLENSKA NÁTTÚRUFRAEÐIFÉLAG
STOFNAD 1889

Að ná settu marki



Viðhorf Íslendinga til náttúrunnar hefur löngum verið sveipað blöndu af raunsæisrómantik sem hefur litað sýn þeirra á landið og sjálfsmýnd þeirra. Náttúruna hefur því einna helst borið á góma í hátíðaræðum, ljóðum og landkynningu. Síðustu ár hafa Íslendingar þó, einsog aðrar þjóðir, vaknað til vitundar um að náttúran er undirstaða tilveru okkar og umgengni við hana er grunnatriði í efnahagsmálum og almennu mannlífi.

Af umræðu í aðdraganda og kjölfar síðustu þingkosninga má ráða að náttúru- og umhverfismál eru loksins komin í deiglu stjórnmalanna. Þar fer skiljanlega mest fyrir umræðu um loftslagsbreytingar en líka er rætt um skyld málefni, svo sem mengun, eyðingu vistkerfa og ósjálfbæra nýtingu auðlinda. Nú er svo komið að upplýsingar berast úr öllum áttum um þessi mál. Tekist er á um áherslur og ábyrgð, og sýnist sitt hverjum. Það er því skiljanlegt að margir eigi í erfiðleikum með að átta sig á stöðunni og séu óvissir um hvað við tekur.

Vegferðin frá vitundarvakningu til aðgerða í umhverfismálum er yfirleitt löng og leiðin sjaldan bein eða augljós í upphafi. Þessu ferðalagi hefur verið líkt við að breyta stefnu stórskipa á fullri siglingu.

Helstu þátttakendur í þessari vegferð

eru stjórnvöld, þ.e. ríki og sveitarfélög, sem beita ýmsum tólum til að hrinda stefnumálum í framkvæmd, lögum og reglugerðum, sköttum, fjárveitingum, samningum, hvatningu með fræðslu, ýmsum hagrænum hvötum, verkefnastyrkjum á tilteknum sviðum o.s.frv., en ekki síst evirku eftirliti með að farið sé að lögum, reglugerðum og samningum. Fyrirtæki og fjárfestar gegna einnig hlutverki í gegnum framkvæmdir og fjárfestingar. Hlutverk þriðja geirans, sem er samheiti um óhagnaðardröfin eða arðsóknaarlaus félagasamtök og sjálfseignarstofnanir, felst í eigin verkefnum og aðhaldi við stjórnvöld og fyrirtæki. Að lokum er svo almenningur með eigin breytni, félagsstarfi, og aðhaldi.

Ef satt reynist að nú sé að takast að snúa hinu stóra skipi í umhverfis- og náttúruverndarmálum, þá má sjá fyrir sér að hafist verði handa um að moka viðeigandi aðgerðum af kappi inn á vélar þess, þannig að það nái fullum dampi og stefni að lokum hraðbyri að settum markmiðum. Hér þarf að hafa hugfast að það er áfangastadurinn en ekki ferðalagið sjálft sem skiptir máli. Með öðrum orðum felst tilgangur vegferðarinnar ekki í aðgerðunum sjálfum heldur áhrifunum sem þeim er ætlað að hafa. Þess vegna þarf að staldra við öðru

hvoru og huga að því hvort þær aðgerðir sem lagt var upp með hafi haft tilætluð áhrif. Hvort komið hafi fram neikvæð hliðaráhrif sem kalla á endurskoðun, eða hvort aðrar aðgerðir geti hugsanlega skilað meiri og betri árangri. Einnig þarf að athuga hvort mælikvarðar til að meta árangur þarfnist endurskoðunar. Að endingu þarf að hafa hugfast að gleyma sér ekki í að telja afurðir.

Tökum nokkur dæmi um flækjustig og mögulegar vendingar í aðgerðaáætlunum í umhverfismálum.

I Mikil áform eru uppi á heimsvísu um orkuskipti í einkabílum úr jarðefnaeldsneyti í umhverfisvænni orkugjafa. Með þessu á að minnka kolefnisspor samgangna. Samtímis stefna skipulagsyfirvöld víða um heim að umhverfisvænni samgöngum og leggja áherslu á eflingu almenningsamgangna, virkra ferðamáta og þéttingu byggða.

Þessum ólíku leiðum að sama marki er oft stillt upp sem andstæðum. Svo virðist sem þar takist á ólíkur lífsstill og pólitísk sjónarmið sem eiga væntanlega eftir að óma hátt næstu árin. Hvort önnur leiðin er réttari eða sambland beggja best, það leiðir tíminn í ljós. Í þessari umræðu er hins vegar gott að missa ekki sjónar á tilganginum með aðgerðunum.

2 Á undanförunum árum hefur binding kolefnis með ræktun skóga verið til umræðu. Einstaklingum og fyrirtækjum hefur gefist kostur á að kolefnisjafna eigin neyslu með því að styrkja gróðursetningu. Vistfæðingar hafa hins vegar galdið varhug við að stórfelld gróðursetning skóga kunni að vinna gegn öðrum markmiðum og skuldbindingum tengdum umhverfisvernd. Þannig getur umfangsmikil ræktun nytjaskóga raskað náttúrulegum gróðri og búsvæðum fugla og annara dýra og þar með unnið gegn líffræðilegri fjölbreytni sem Ísland hefur einnig skuldbundið sig að vernda. Varnaðarorð heyrast einnig um aukna nytjaskógrækt með framandi tegundum, sem síðar geta reynst ágengar.

Dæmið sýnir hvað það er mikilvægt að horfa vítt á aðstæður og meta áhrif aðgerða á aðra þætti en þá sem athyglin beinist að í upphafi. Hugsanlega koma slík áhrif ekki í ljós fyrr en eftir að farið er af stað. Þá þarf að vera mögulegt að laga aðgerðaráætlanir að nýjum veruleika.

3 Sumar umhverfisáskoranir geta reynst verulega flóknar. Þótt almennt samkomulag sé um að viðbrögð þoli enga bið, þá getur ríkt óvissa um heppilegar aðgerðir. Dæmi er umbúdamenning samtímans. Komið hefur æ betur í ljós sú mikla óheillaþróun sem einnota umbúðir og áhöld hefur valdið. Notkun þeirra hefur aukist gríðarlega á heimsvísu undanfarna áratugi og er orðin svo samofin aðfanga- og virðisdeðjum heimsins að erfitt reynist að vinda ofan af henni. Framleiðsla umbúðanna er oft á tíðum orkufrek og óumhverfisvæn, líftími vörunnar stuttur og afdrif hennar eftir notkun vandamál. Brugðist hefur verið við með ýmsum hætti, og taka þau viðbrögð oft á tíðum á sig sérkennilegar myndir. Bönn hafa verið sett á einstaka vöruflokk, vöruþróun með nýjum hráefnum eflað, hvatar innleiddir til aukinnar endurnýtingar, endurvinnslu eða minni umbúðanotkunar. Sumar af þessum tilraunum hafa þó reynst óhagkvæmar eða skadlegar umhverfinu á annan og ófyrirséðan hátt. Enn virðist því nokkuð í land með lausn umbúðavandans.

Líkt og í verkefnum þar sem langtímarkmið eru ekki að fullu ljós og leiðin að þeim óviss er mikilvægt að gera ráð fyrir sífelldri endurskoðun aðgerðaáætlana í umhverfismálum. Það verður helst gert með því að vera stöðugt vakandi fyrir upplýsingum, innleiða nýja tækni, og hafa kjark til að viðurkenna mistök, læra af þeim og jafnvel skipta um skoðun. Einnig má læra af yngri kynslóðum sem virðast opnari fyrir lausnum sem þeim eldri kann að þykja óhugsandi.

Droplaug Ólafsdóttir

líffræðingur og MPM-verkefnastjóri er formaður ritstjórnar Náttúrufræðingsins og starfsmaður vinnuhóps Norðurskautsráðsins um lífríkisvernd (CAFF).

KVEÐJA FRÁ RITSTJÓRA

Þetta hefti Náttúrufræðingsins er hið 16. og síðasta sem ég ritstýri í þessari lotu frá hausti 2014, en áður var ég ritstjóri tímaritsins árin 1996–2006.

Á þessum árum hef ég unnið með og kynnst mörgum tugum höfunda og öðrum eins fjölda ritrýna. Það er ekki einfalt að skrifa um flóknar og sérhæfðar rannsóknarniðurstöður þannig að allur almenningur hafi gagn af lestrinum – en það er einmitt markmið tímaritsins og hefur verið frá upphafi. Sá stóri hópur náttúruvísindamanna sem hér á hlut að máli hefur lagt sig fram um að fylgja þeirri stefnu af metnaði og í sjálfbodavinnu, að öðru leyti en því að

sumir höfundar fá greinar sínar metnar til framgangs innan stofnunar sinnar.

Náttúrufræðingurinn er eitt elsta tímarit landsins og eina tímaritið sem birtir ritrýndar greinar í náttúrufræðum á íslensku, sem er lykilatriði – því aðeins þannig geta ný hugtök og hugmyndir, til að mynda í náttúruvernd, þroskast og orðið til gagns sem sameiginleg þekking og skilningur fjöldans á mikilvægustu málefnum samtímans.

Náttúrufræðingurinn stendur á krossgötum. Fram undan er löngu tímabær ferð inn í hinn stafræna heim með nýju vefsetri sem vonandi verður að veruleika á árinu 2022. Ég óska nýjum ritstjóra prentútgáfu og netút-

gáfu Náttúrufræðingsins allra heilla í starfi um leið og ég þakka virkilega ánægjulegt og gefandi samstarf við höfunda efnis, ritrýna og ekki síst formann ritstjórnar og ritstjórn tímaritsins á undangengnum árum. Útgáfa tímarits kallar einnig á samstarf við aðra fagmenn: prófarkalesara, ljósmyndara, grafíska hönnuði og prentara. Þessum góða hópi vil ég líka þakka samstarfið. Útgefendum tímaritsins, Hinu íslenska náttúrufræðifélagi og Náttúruvinnjafni Íslands, sendi ég baráttukveðjur á nýrri og spennandi vegferð.

Álfheiður Ingaóttir

Ester Rut Unnsteinsdóttir

Íslenski melrakkinn – fyrsti hluti

Stofnbreytingar, veiðar og verndun

TÓFAN er eitt af flaggskipum rannsókna á áhrifum hlýnunar á lífríki norðurslóða og landfræðileg einangrun tegundarinnar gerir Ísland mikilvægt sem samanburðarsvæði. Þekking á lífsháttum og líffræði íslenska refsins er því mikilvæg, og sem betur fer liggur fyrir talsverður efniviður sem varpar ljósi á stöðu tegundarinnar hérlendis og í alþjóðlegu samhengi.



Mórauð tófa í vetrarbúningi en þófar hennar hafa þykkar feld til varnar vetrarkuldanum. – Arctic fox of the blue morph during winter. The paws have thick fur to prevent heat loss. Ljósmynd/Photo: Einar Guðmann.



Í þessari yfirlitsgrein, hinni fyrstu af þremur, verður fjallað um rannsóknir á íslenska refastofninum og nokkrar helstu niðurstöður þeirra. Byggt er á gögnum sem Páll Hersteinsson (1951–2011) aflaði á rúmlega þrjátíu ára tímabili og á því sem best hefur við eftir andlát hans. Einnig er unnið úr samfelldum veiðigögnum sem ná yfir ríflega sextíu ára tímabil eða frá árinu 1958. Samkvæmt veiðitölum fækkaði refum á landinu umtalsvert á árunum 1958–1980 og var stofninn orðinn fálíðaður þegar Páll hóf stofnmat sitt árið 1979. Upp frá því fór stofninn að vaxa og árið 2008 hafði fjölgað margfalt í hauststofni refa á landsvísi. Refir voru friðaðir með lögum nr. 64 frá 1994 en veiðar voru þó áfram stundaðar á allflestum svæðum í skjóli undanþáguákvæða laganna. Griðlönd refa eru fá og fæst þeirra skipta máli fyrir viðgang stofnsins. Fylgst hefur verið með ábúð refa í tveimur þeirra og til eru gögn frá því fyrir og eftir friðun. Niðurstöður benda til þess að eftir friðun hafi hægt mjög á fjölgun refa í friðlöndunum á sama tíma og refum fjölgaði annars staðar. Refurinn er alæta en munur virðist vera á fæðu refa milli landshluta, og gefur það til kynna að aðstæður til fæðuöflunar séu með ólíkum hætti eftir búsvæðum. Erlendis er talað um tvær vistgerðir (e. ecotype) tegundarinnar, strandtófur (e. coastal ecotype) og læmingjatófur (e. lemming/tundra ecotype). Stofn hinna síðarnefndu sveiflast í takt við stofna læmingja. Algengt er að strandatófur séu af mórauðum lit og læmingjatófur hvítar en dýrin parast óháð lit. Á Íslandi lifir stór hluti refastofnsins á strandsvæðum og eru flestir refanna þar mórauðir. Jafnframt lifir umtalsverður hluti stofnsins inn til landsins og þar er litarfar nokkuð jafnskipt milli hvítra og mórauðra refa. Takmarkanir eru á samgangi og þar með genaflæði innan stofnsins þar sem landbrú er þröng eða stórar ár þvera landsvæði. Dreifing í litarfar refa hefur haldist svipuð undanfarin þrjátíu ár og má ætla að íslenskir refir haldi almennt tryggð við búsvæði sín, og lagi sig að þeirri fæðu sem þar er að finna. Um þetta verður fjallað nánar í næstu grein.

INNGANGUR

Íslenski melrakkinn (*Vulpes lagopus*) er af hánorrænni refategund sem útbreidd er á meginlöndum og eyjum allt umhverfis norðurheimskautið (1. mynd). Rannsóknir á erfðafni benda til þess að íslenski stofninn hafi verið einangraður hér á landi frá því að ísöld lauk.¹ Helsta orsök er sú að Ísland liggur tiltölulega langt frá hafisnum sem leggst yfir norðurhvelið að vetrarlagi og skapar greiðar farleiðir fyrir refi.^{2,3} Þótt sýnt hafi verið fram á að íslenski refastofninn sé einangraður nú á tímum er talið líklegt að hingað hafi borist stöku dýr með hafis frá Grænlandi á kuldaskiðum fyrri alda.⁴ Aðlögun melrakkans að íslenskri náttúru einkennist af stöðugu en fjölbreyttu fæðuvali, skorti á samkeppni (hér eru ekki rauðrefir, *V. vulpes*) og lítilli sem engri afránshættu.⁵ Auk þess eru hér hvorki læmingjar (*Lemmus* spp.) né stúfmýs (*Dystronyx* spp.) sem eru uppistaðan í fæðu refa annars staðar á norðurslóðum og þekkt fyrir miklar og reglubundnar stofnsveiflur.^{6–8}



Móraud tófa í vetrarbúningi. Feldurinn er afar einangrandi og hitatap frá líkamanum nær ekkert. – Arctic fox of the blue morph during winter. The winter fur is extremely insulating and heat loss is consequently of minor degree. Ljósmynd/Photo: Gyða Henningsdóttir.

Þegar menn settust hér að á 9. og 10. öld höfðu refir lagt allt landið undir sig. Melrakkar þóttu snemma skæðir keppinautar mannsins um veiðibráð, fugl og egg, og enn fremur ógn við búfénað. Strax í fyrstu lögum landsins voru refir ófriðhelgir og mátti veiða þá á hvers manns landi.⁹ Jafnframt voru melrakkabelgir (feldir refa) verðmætur gjaldmiðill frá upphafi byggðar og voru til dæmis jafngildi lambagæru eða sex grömmum silfurs.⁹ Refir hafa því verið veiddir á Íslandi frá upphafi byggðar.

Rannsóknir á íslenska refastofninum hófust á áttunda áratug 20. aldar og byggjast þær að miklu leyti á gögnum og sýnum sem aflað hefur verið við veiðar. Rannsóknir þessar leiddu til vöktunar sem enn fer fram með sama hætti. Nú eru til samfelld gögn úr mælingum frá 1979 og veiðitölur fyrir meira en 60 ára tímabil. Umtalsverð þekking hefur safnast um lífshætti, líffræði og vistfræði tegundarinnar frá upphafi vöktunar. Íslenski refastofninn hefur á sex áratugum farið í gegnum tímabil fækkunar og fjölgunar og stendur nú nokkurn veginn í stað.¹⁰⁻¹³ Aðlögunarhæfni melrakkans hefur gert

honum kleift að lifa af á Íslandi í þúsundir ára þrátt fyrir einangrun landsins, breytileika í veðurfari og fæðuframboði, auk álags vegna veiðisóknar manna. Á síðustu áratugum hafa orðið breytingar á loftslagi með auknum hraða hlýnunar og tilheyrandi áhrifum á lífríki, auk mengunar sem dagar uppi á norðurslóðum. Tófan er eitt af flaggskipum rannsókna í þessum málaflokki¹⁴ og landfræðileg einangrun gerir það að verkum að íslenski melrakkinn er ákaflega mikilvægur fyrir rannsóknir á lífríki norðurslóða.

Í þessum fyrsta hluta í þriggja greina flokki um stofnvistfræði íslenska melrakkans verður fjallað um verndarstöðu refa, veiðigögn og aldursgreiningar sem varpa ljósi á refastofninn, útbreiðslu hans og stærð, og þær breytingar sem hafa orðið frá upphafi skráninga til dagsins í dag. Fjallað verður um áhrif veiða og friðunar á stofnstærð og lykilhætti stofnbreytinga. Að lokum verður farið yfir litarfar refa, erfðafræði litaafbrigða og samsetningu arfgerða í landinu.

FRUMKVÖÐLASTARF Í RANNSÓKNUM

Theodór Gunnlaugsson (1901–1985) var einkar afkastamikill sjálfmenntaður fræðimaður og skrifaði talsvert í ýmis rit, þar á meðal í Náttúrufræðinginn. Bók hans, *Á refaslóðum* (1955), er mikilvæg samtímaheimild um íslenska refinn, byggð á reynslu Theodórs af viðureign við refi um áratuga skeið.¹⁵ Þær rannsóknir á íslenska refastofninum sem nú fara fram hófust sem fyrr segir árið 1979 þegar Páll Hersteinsson tók að safna efniviði til að geta lagt mat á stærð tófstofnsins. Vegna þess að refaveiðar voru stundaðar með reglubundnum hætti, og skráning gagna góð, sá hann tækifæri í rannsóknum tengdum veiðunum og fékk refaskyttur til liðs við sig til að útvega sýni og upplýsingar um felld dýr.

Eftir nokkur ár var Páll kominn með efnivið til að geta metið stærð íslenska refastofnsins, sem aldrei hafði verið reynt áður. Stofnmatíð var birt í fyrsta sinn í Fréttabréfi Veiðistjóra árið 1987,¹⁶ og er byggt á þekktri aðferð sem kallast aldurs-afla-aðferð með samlagningu

(e. accumulated cohort analysis). Þessi aðferð er enn notuð, ásamt ýmsum leiðréttingum, við mat á stofnstærð íslenskra refa.^{13,17-19} Á tímabilinu sem rannsóknir Páls stóðu yfir, árin 1979–2011, voru veiddir 118.656 refir, þar af 51.877 yrðlingar.²⁰ Fjöldi mældra og aldursgreindra dýra nálgadist 9 þúsund þegar ævi Páls lauk en þegar þetta er skrifað er fjöldinn komin yfir 12 þúsund, og er þetta eitt stærsta gagnasafn sem til er um þessa tegund í heiminum.

GÖGN OG AÐFERÐIR

Þessi grein byggist einkum á gögnum um refaveiði annars vegar og mælingum á afla veiðimanna hins vegar. Fyrir liggja veiðiskýrslur úr grenjavinnslu með upplýsingum um fjölda unninna dýra, bæði fullorðinna og yrðlinga. Á árunum 1958–2019 veiddust 203.452 refir, þar af 114.221 fullorðin dýr og 89.231 yrðlingar.²⁰ Til rannsóknar fengust hræ eða kjálkar rúmlega 11.900 fullorðinna dýra á árunum 1979–2019. Aldursgreining og mælingar á kjálkum ná aftur til ársins 1979 en frá 1986 eru jafnframt til mælingar á fjölda legðra og þykkt bakfitu (sjá í næstu grein). Kjálkar eru varðveittir á vísindasafni Náttúrufræðistofnunar Íslands, sem og ýmis fleiri sýni sem hefur verið safnað af og til. Sum þessara sýna hafa verið send á rannsóknarstofur erlendis til erfðagreiningar eða mælinga á stöðugum samsætum, eitrefnum, sníkjudýrum og sykingum, svo eitthvað sé nefnt. Niðurstöður nokkurra slíkra mælinga hafa birst í vísindagreinum eða ráðstefnuritum á alþjóðlegum vettvangi, og er vísað í nokkrar þeirra í þessari grein og tveimur næstu.

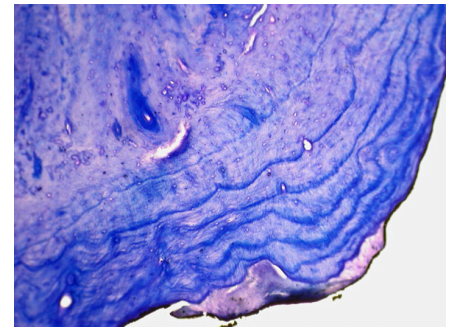
Auk veiðigagna og mælinga á innsendum hræjum liggja fyrir gögn um athugun fjölda refagrenja í ábúð í Þjóðgardinum Snæfellsjökli og í fríðlandi Hornstranda. Náttúrustofa Vesturlands sér um vöktun refa í Snæfellsnesþjóðgardri en gögn frá Hornströndum eru fengin úr rannsóknarferðum á vegum Páls Hersteinssonar og fleiri,²¹ auk vöktunar fjölda, gotstærðar, lifunar yrðlinga og atferlis grendýra sem höfundur hefur safnað með reglulegum heimsóknum á svæðið frá sumrinu 1998, ýmist á eigin vegum eða sem starfsmaður Náttúrustofu Vestfjarða, Fræðaseturs Háskóla Íslands á Vestfjörðum og Melrakkaseturs Íslands, og sem starfsmaður Náttúrufræðistofnunar Íslands frá árinu 2014.

ALDURSGREINING

Aldursgreining veiddra dýra er forsenda fyrir því að hægt sé að meta stofnstærð með viðurkenndri aðferð sem kallast aldurs-afla-greining (e. age-cohort analysis).¹⁷ Páll Hersteinsson hafði kynnt sér aðferðir til aldursgreiningar sem byggjast á að taka röntgenmyndir af tannholi og þunnsneiða og lita rætur tannanna (2. mynd). Karl Skírnisson, líffræðingur á Keldum, vann með Páli að aldursgreiningum og sá um þunnsneiðinguna. Páll kom á samstarfi við refaveiðimenn þannig að þeir útveguðu kjálka af felldum refum (og síðar heil dýr). Með kjálkunum fékk hann skýrslu um fyrirkomulag veiða, dagsetningu og veiðistað. Með því að sjóða kjálkana losnar um rætur tannanna og þannig er hægt að draga út vígtennur með rötum sem ná langt inn í kjálkabeinið. Enn er notast við sömu aðferðir en nú fer vinna við þunnsneiðingu, litun og greiningu fram hjá Matson-rannsóknarstofunni í bænum Manhattan í Montanafylki í Bandaríkjunum.

Forsendur þessarar aðferðar eru þær að veiði sé reglubundin, dánardagur þekktur og að hægt sé að aldursgreina veidd dýr.^{17,19} Íslenska tófan fellur vel að þessu stofnlíkani á meðan reglubundnar veiðar eru stundaðar, aflatölur þekktar og hluti felldra dýra skilar sér til aldursgreiningar. Reikniaðferðin byggist á bakreiknaðri lágmarksstærð hvers árgangs í árlegri veiði, eins langt aftur og elstu dýr lifa (12 ár). Áætlað er út frá reikniaðferðinni hversu hátt hlutfall dýra er enn á lífi úr hverjum árgangi í lok hvers árs, út frá líkindareikningi sem byggist á þekktum aldurshlutföllum. Þegar það hlutfall liggur fyrir eru árgangarnir uppreiknaðir og lagðir saman til að finna út hver áætlaður heildarfjöldi er á lífi í árslok. Út frá samsetningu gagnanna eru reiknaðir stuðlar til leiðréttingar vegna óvissuþátta (óveidd dýr, munur á lífslíkum gren- og hlaupadýra), svo og skekkjumörk.

Aldurs-afla-aðferðin felur í sér að mat á stofnstærð er bundið því meiri óvissu sem matið er nær í tíma. Þetta er vegna þess hve stór hluti hvers árgangs er óveiddur hvert ár og er því óþekkt stærð. Því er einungis hægt að reikna stofnstærðina út með nokkurri vissu 3–4 ár aftur í tímann. Aldursgreining tekur einnig talsverðan tíma, þótt búíð



2. mynd. Mynd af þunnsneiðri og litaðri tannrót refs. Dökku línur eru áberandi í smásjá og sýna þá sex vetur sem dýrið lifði. – Microscopic thin section of a dyed fox canine root. The dark microscopically visible lines represent the six winters that the fox lived. Ljósmynd/Photo: Matson's Laboratory.

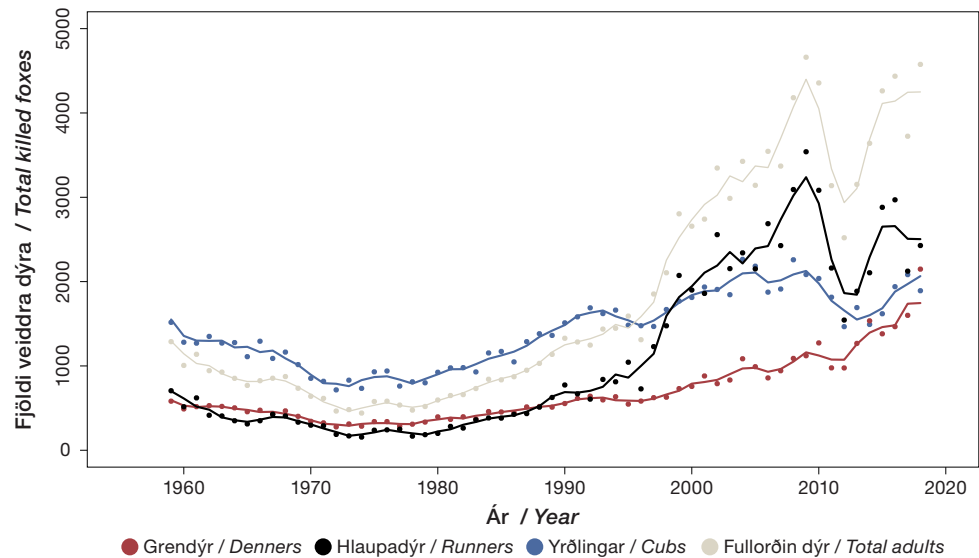
sé að veiða dýrin og senda þau til mælinga. Skekkjumörkin minnka eftir því sem fjær dregur í tíma og fleiri árgangar veiðast. Þó er talið að þessir útreikningar séu nokkuð áreiðanlegir, enda byggðir á stórum gagnasöfnum sem safnað hefur verið á löngum tíma og ná yfir mikið landsvæði. Líkanið byggist á lokuðu kerfi, enda þarf ekki að gera ráð fyrir inn- og útflutningi og ekki er heldur um að ræða samkeppni við aðrar refategundir.

Mat á stærð refastofnsins hefur verið unnið samkvæmt aldurs-afla-aðferðinni á nokkurra ára fresti.

NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Fjöldi veiddra refa

Tölur um fjölda veiddra refa gefa vísendingar um sveiflur í stofninum þótt ekki segi þær til um stofnstærð. Samkvæmt veiðitölum fækkaði refum frá því skráningar hófust árið 1958 til ársins 1980 en fjölgaði upp frá því.^{10,11-13} Árið 1997 fjölgaði mjög veiddum fullorðnum dýrum, sérstaklega hlaupadýrum, þ.e. refum sem ekki eru unnir á greni. Mögulegt er að það tengist breytingu sem varð með reglugerð um refaveiðar þar sem þátttaka ríkissjóðs í greiðslu fyrir grenjavinnslu var aflögð.²² Eftir það var greitt jafnmikið fyrir vetrarveidd dýr og grendýr en áður var greitt meira fyrir hin síðarnefndu. Ekki er hægt að útiloka að aukning í fjölda veiddra dýra hafi að einhverju leyti tengst reglugerðinni og þeirri breytingu á greiðslum sem hún hafði í för með sér. Þó ber ekki á fækkun grendýra í veiðinni í kjölfarið



3. mynd. Veidd grendýr (rauðir punktar), hlaupadýr (svartir punktar) og yrðlingar (bláir punktar) árin 1958–2019. Línurnar sýna þriggja ára hlaupandi meðaltal. Alls voru á tímabilinu skráð 203.452 veidd dýr, þar af 114.221 fullorðin (gráir punktar og línur) og 89.231 yrðlingur. – Number of denning foxes (red dots), non-breeding foxes (black dots), and cubs (blue dots) that were killed in Iceland in the period 1958–2019. Lines show 3-year running average. In this period, a total of 203,452 foxes were killed, thereof 114,221 adults (grey dots and lines) and 89,231 cubs. Gögn/Data: Umhverfisstofnun / The Environment Agency of Iceland.

og skráðum yrðlingum fækkaði ekki fyrr en eftir 2010 (3. mynd). Þess ber að geta að hlaupadýr eru veidd allan ársins hring og við mismunandi aðstæður. Þar af leiðandi er eðlilegt að sjá sveiflur í aflatölum um hlaupadýr og þarf það ekki að endurspeglar breytingar á stofnstærð. Þótt greni séu fríðuð með lögum (sjá 1. innskotsgrein, bls. 104) á það ekki við um veiðar grendýra því grenjavinnsla fer fram með þeim hætti að fylgst er með sömu þekktu grenjunum ár eftir ár og nýrra er leitað þegar ástæða þykir til. Af þeim sökum ættu tölur um veidd grendýr að vera nokkuð stöðugar í samamburði við tölur um veidd hlaupadýr.

Stærð refastofnsins

Stofnmat fyrir árin 1979–2007 vann Páll Hersteinsson og hafði íslenski refastofninn þá verið í samfelldum vexti í rúm þrjátíu ár. Samkvæmt útreikningum Páls var stofninn í sögulegu lágmarki, innan við 1.300 dýr, í upphafi stofnmælinganna en yfir 11 þúsund refir haustið 2007.¹⁰ Árið 2014 var birt stofnmat sem náði fram til ársins 2010. Samkvæmt því hafði refum fækkað um 30% á árunum 2008–2010.²³ Var þetta í fyrsta skipti síðan mælingar hófust árið 1979 að fækkun mældist í íslenska refastofninum. Í janúar 2018 var aftur birt mat á

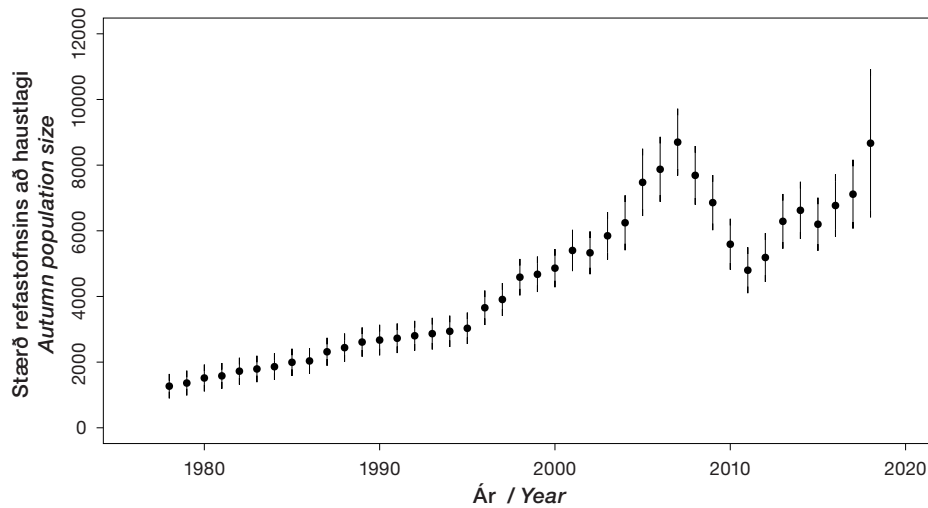
stærð refastofnsins. Það náði til ársins 2015 og staðfesti fyrri niðurstöður en gaf jafnframt til kynna að stofninn hefði haldið áfram að minnka og náð lágmarki árið 2012, en vaxið eftir það og verið stöðugur í kringum 7 þúsund dýr til ársins 2015.²⁴ Í stofnmati sem birt var í maí 2021 kom fram að stofninn hefði rétt úr kútnum og að haustið 2018 hefði refastofninn verið um 8.700 dýr (8.668, CL= +/- 2.052 refir; 4. mynd).¹³

Í þessu stofnmati er gott samræmi við áður birta stofnútreikninga allt til ársins 2006, en ekki eftir það.^{10,13,23,24} Svo virðist sem áður birt stofnstærð fyrir árin 2007–2008 hafi verið ofmat, að líkindum vegna þess að ekki lágu fyrir næg gögn til að nýta sem forsendur öruggs mats á þeim tíma. Því er fall stofnsins eftir 2008 heldur minna en áður hafði verið talið. Að því sögðu er síðasta árið (2018) líklega einnig ofmetið en þess ber að geta að öryggismörkin eru við vegna óvissu í gögnunum.

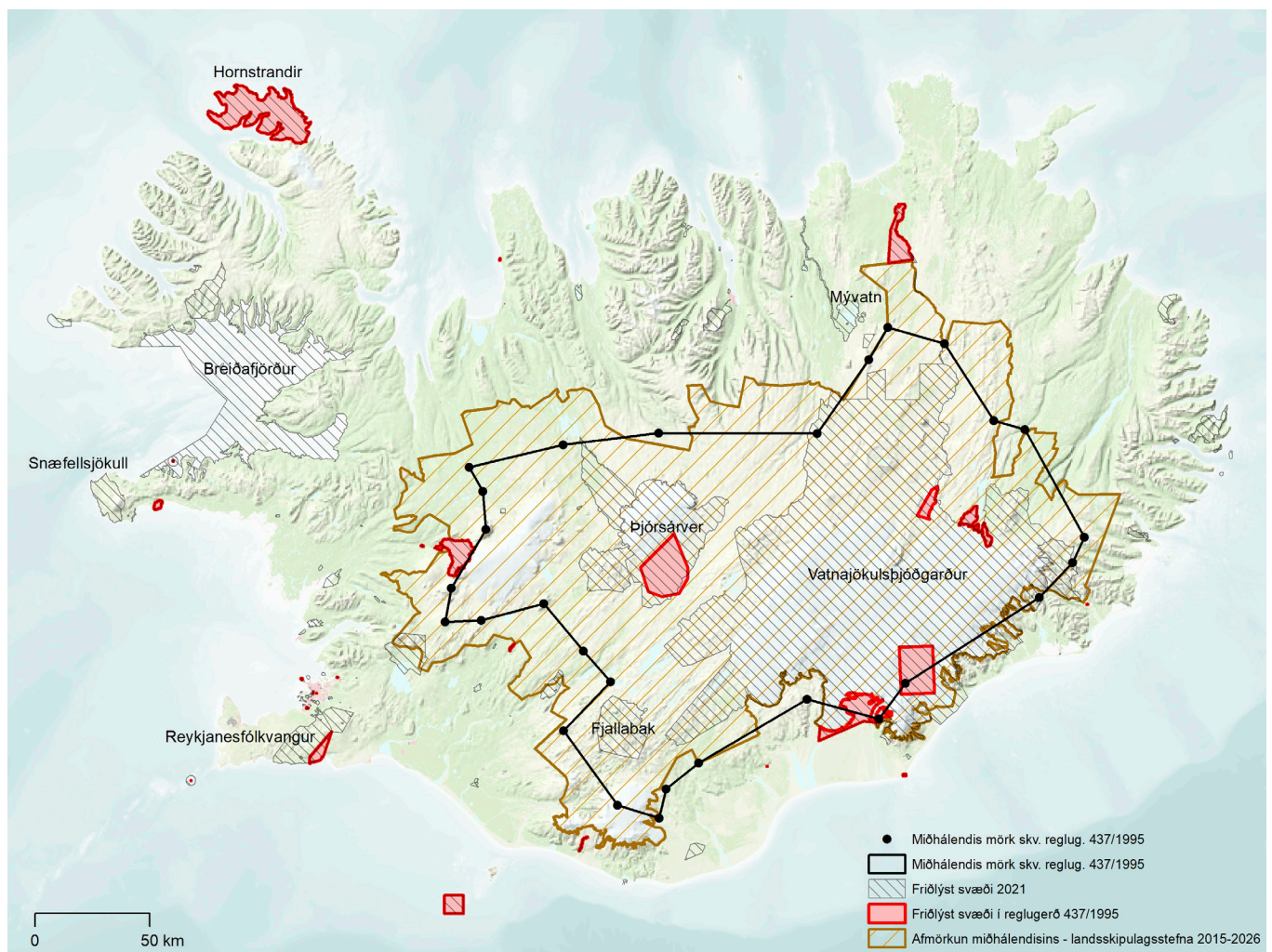
Refir í fríðlöndum

Af augljósu ástæðum er ekki hægt að beita sömu aðferðum, þ.e. mælingum og aldursgreiningu á hræjum veiddra dýra, við vöktun refa á svæðum þar sem veiðibann gildir. Annars staðar á Norðurlöndum hefur tófan verið á

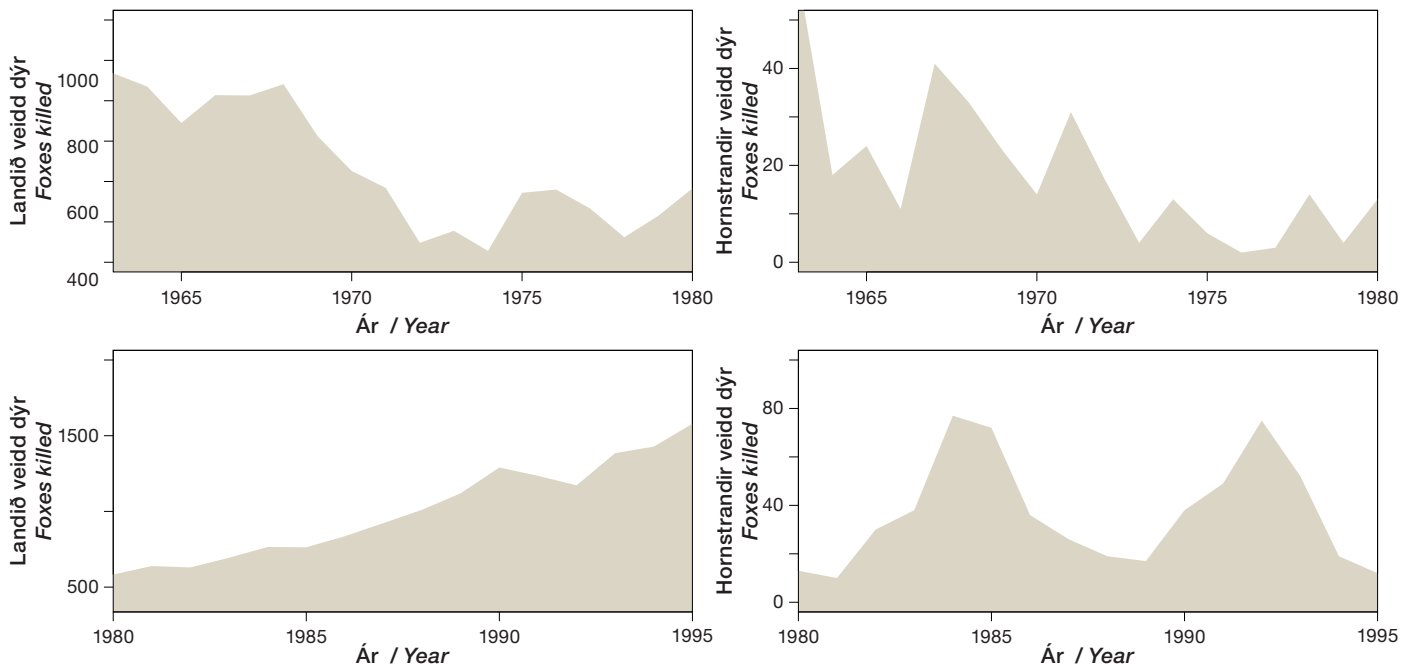
válista sem tegund – í bráðri hættu (CR) – um áratugaskeið, þótt tegundin hafi rétt talsvert úr kútnum á undanförunum árum.²⁵ Í finnska tófstofninum eru aðeins nokkur hlaupadýr og engin tímgun hefur verið staðfest þar síðan 1996.²⁶ Innan landamæra Svíþjóðar voru skráð 36 pör með yrðlinga árið 2020 en ekki lagt mat á heildarfjölda.²⁷ Í Noregi er talið að árið 2020 hafi verið um 300 dýr af tegundinni og hafði þá fjölgað fjórfalt í stofninum frá 2008.²⁸ Mikill samgangur er milli melrakka í Noregi og Svíþjóð og til að leggja mat á og vakta skandinavíska tófstofninn er notast við blöndu nokkurra aðferða. Þekkt greni hafa verið kortlögð og eru þau heimsótt árlega til að leggja mat á ábúðarhlutfall (fjöldi grenja í ábúð / fjöldi talinna grenja). Þar sem ábúð er til staðar er fjöldi yrðlinga skráður til að fá upplýsingar um gotstærð. Saur og feldi er safnað til erfðagreiningar og að auki sett reglulega senditæki á nokkur dýr til að fylgjast með ferðum þeirra. Í Noregi eru uppeldisstöðvar þar sem villt dýr eru höfð í haldi, þau pörud og afkvæmum þeirra síðan sleppt (eyrnamerkum) á valda staði þar sem vitað er um laus greni og dýrunum er tryggð fæða.²⁸ Á Svalbarða fer vöktun tófunnar einnig fram með því að heimsækja þekkt greni



4. mynd. Áætluð lágmarksstærð íslenska refastofnsins að haustlagi er sýnd með svörtum punktum. Lóðréttu línurnar sýna 95% öryggismörk og eru þau víðari eftir því sem nær dregur í tíma vegna þess að talsverður hluti hvers árgangs er enn óveiddur eða hefur ekki enn verið aldursgreindur. – The estimated minimum population size of *Vulpes lagopus* in Iceland in autumn (black dots). The vertical lines show 95% confidence interval limits, which are larger in later years, due to the high proportion of cohorts still unknown.



5. mynd. Miðhálandismörk (svört lína og punktar) þar sem sveitarfélögum er ekki skylt að leita grenja og svæði þar sem refaveiðar eru bannaðar (rauð afmörkun) samkvæmt viðauka í reglugerð nr. 437/1995. Friðlýst svæði og þjóðgarðar eru afmörkuð með gráum skálinum en í þeim síðarnefndu eru refir einungis friðaðir gagnvart veiðum í þjóðgarðinum Snæfellsjökli. Brúna línan sýnir núverandi afmörkun miðhálandisins. – Areas where foxhunting is forbidden according to regulation 437/1995 on fox- and mink hunting (red areas), highland line from 1995 (black line) and national parks (grey diagonal stripes). Foxhunting takes place in Vatnajökull and Þingvellir national parks, but is forbidden in Snæfellsjökull national park. The brown line shows the official periphery of the central highland.



6. mynd. Stofnbreytingar refs á landinu í heild (vinstri) og á Hornströndum (hægri) samkvæmt veiðitölum sem eru til frá þeim tíma þegar veiðar voru þar stundaðar. Efri myndirnar sýna tímabilið 1962–1980 (fækkun) og neðri myndirnar sýna tímabilið 1981–1994 (þegar refum fjölgaði á landsvísi). Á Hornströndum eru meiri sveiflur í gögnum á tímabili fjölgunar og tveir toppar sjást í fjölda veiddra dýra (1984 og 1992). – Hunting statistics reveal similar trends in the number of killed foxes in Iceland (left) and Hornstrandir area (right) in the period before hunting was forbidden in Hornstrandir Nature Reserve in 1995. The upper graphs show harvest numbers in the years 1958–1980 when the number of killed foxes declined. The lower graphs show harvest numbers in the years 1980–1994 when the hunting bag increased in the country as a whole but with fluctuations (two peaks) in the nature reserve. Gögn/Data: Umhverfisstofnun / The Environment Agency of Iceland.

árlega, athuga hvort þau séu í ábúð og meta gotstærð. Stærð svalbarðastofnsins er ekki metin en fjöldi para á flatarmál notaður sem vísir um þéttleika ýmissa svæða.²⁹ Nýlega var birt fjölpætt stofnlíkan refsins á Svalbarða með því að skeyta saman ólíkum gagnasöfnum sem hvert og eitt dugði ekki til en gefa saman ágæta heildarmynd um stofnvistfræði svalbarðarefa.³⁰

Á Íslandi er hefðin fyrir veiðum afar sterk og því er lítið til af annars konar gögnum en þeim sem fengin eru með veiðum, enda fá svæði þar sem refir eru ekki veiddir. Þrátt fyrir að meginregla villidýralaganna sé sú að refir séu friðaðir, á friðun sér almennt ekki stað nema þar sem bann við veiðum er sérstaklega tilgreint (5. mynd). Refaveiðar eru til dæmis stundaðar innan tveggja af þremur þjóðgörðum landsins, Vatnajökulsþjóðgarðs og Þjóðgarðsins á Þingvöllum.

Í lögum um Vatnajökulsþjóðgarð segir m.a. að leita skuli „álits Náttúrufræðistofnunar Íslands á vistfræðilegu þoli þeirra svæða þar sem ætlunin er að veiðar og búfjárbætur verði heimil“.³¹ Ekki hefur verið leitað þessa álits svo

höfundur sé kunnugt um. Í reglugerð um Vatnajökulsþjóðgarð segir jafnframt: „Refaveiðar eru, eins og verið hefur, óheimil á eftirtöldum svæðum: Í Skaftafelli, í Jökulsárgljúfrum og í Esju-fjöllum.“³² Er þar átt við sömu svæði og listuð eru upp í viðauka reglugerðar um refa- og minkaveiðar⁵⁴ (1. innskotsgrein) en veiðar eru að öðru leyti heimil með sama hætti og á öðrum landsvæðum. Þess ber að geta að sveitarfélögum er ekki skylt að leita grenja ofan hálendis-línu, sem er skilgreind í reglugerðinni frá 1995. Sé sú lína hnitúð upp sést að tölurverður munur er á þeirri afmörkun sem nú er í gildi fyrir miðhálendis-línu, eins og hún er skilgreind í lands-skipulagsstefnu Skipulagsstofnunar³³ (5. mynd), og óvíst hvort tekið er tillit til þessa eða hvor línar á við þegar sveitarfélög ákvarða grenjavinnslu á sínum svæðum. Veiðitölur úr Vatnajökulsþjóðgarði liggja ekki fyrir. Þau sveitarfélög sem eiga land í þjóðgarðinum, og ráða refaskyttur til að sinna refaveiðum, aðskilja ekki veiðitölur eftir því hvort veitt var innan eða utan þjóðgarðs.

Samkvæmt lögum um Þjóðgarðinn á Þingvöllum³⁴ getur Þingvallanefnd sett

sérstakar tímabundnar reglur um veiðar dýra og fugla innan þjóðgarðsins. Í reglugerð um Þingvallabjóðgarð eru enn fremur ákvæði um að skotveiði sé óheimil innan þjóðgarðsins³⁵ en Þingvallanefnd er heimilt að „gera ráðstafanir til eyðingar á dýrum eftir því sem þörf krefur vegna friðunar þjóðgarðsins“. Ekki liggur fyrir hvaða reglur Þingvallanefnd hefur sett sér en vegna þess að þar eru af og til veiddir refir má ætla að refaveiðar séu meðal þeirra ráðstafana sem gripið hefur verið til á svæðinu. Tölur um refaveiðar í Þingvallabjóðgarði liggja þó ekki fyrir samkvæmt svörum frá þjóðgarðsverði í mars 2021.

Svo virðist sem ákveðinn ótti sé ríkjandi um afleiðingar þess að hætta refaveiðum, að þá muni refum fjölga óstjórnlega, sjá t.d. í greinargerð með þingsályktunartillögu sem ítrekað hefur verið sett fram um breytt fyrirkomulag refaveiða. Í þingskjalinu á 141. lögjafarþingi segir meðal annars að „friðun ákveðinna landsvæða [hafi] leitt af sér óhóflega stækkun refastofnsins“.³⁶ Því er áhuga-vert að athuga hvort til eru gögn sem gefa tækifæri til að kanna hvort sá ótti eigi við rök að styðjast, með því að meta

LÖG OG REGLUGERÐIR

Landnámsmenn hafa áreiðanlega þekkt refi því melrakkabelgir urðu fljótt lögmætur gjaldmiðill hér á landi. Með mönnum komu húsdýr, meðal annars sauðfé, og fljótt kom rebbi sér í ónád hjá bændum þegar hann lagðist á fé. Í fyrstu lögum Íslands, Þjóðveldislögnum í Grágás sem giltu frá myndun samfélags á fyrsta þriðjungi 10. aldar og fram til um 1270, og lögbókunum sem konungur sendi Íslendingum, Járnsíðu og svo Jónsbók frá um 1281, eru ákvæði um að refir séu réttdræpir á hvers manns landi. Árið 1295 setti Alþingi lög þess efnis að hver sá sem ætti sex eða fleiri kindur á vetrarfóðrum skyldi drepa einn fullorðinn eða tvo unga refi á ári, ella greiða sekt sem var kölluð *refatollur* og jafngilti 4 kílóum af slægðum fiski. Ákvæði þetta var endurnýjað óbreytt árin 1485, 1680, 1789 og 1792. Árið 1872 voru sveitarfélög stofnuð og 1890 tóku þau við fjárhagslegri ábyrgð refaveiða af bændum.⁵¹ Gert var að skyldu að vinna greni og þau jafnframt lögvernduð. Í upphafi 20. aldar varð refaskinn gríðarverðmætt. Á árunum 1920–1930 var hægt að fá allt að árslauna fyrir mórauðan feld. Hér ríkti sannkallað gullæði. Á þessum tíma var þögult samþykki um að sniðganga löginn um grenjavinnslu. Í staðinn var algengt að veiðimenn færu á grenin og tækju yrðlinga á lífi. Þeir voru síðan hafðir í haldi þar til um miðjan vetur þegar verðmæti feldarins var í sem mestum gæðum. Á árunum eftir seinna stríð voru stofnuð refabú og innfluttur refir (og minkar) notaðir til ræktunar í stað villtra refa. Sum þessara framandi dýra (bæði refir og minkar) sluppu út í náttúruna og eftir að verðgildi feldar af villtum ref féll voru þeir aftur orðnir til óþurftar. Sett voru lög um eyðingu refa og minka⁵² og voru báðar tegundir jafnréttdræpar því samkvæmt lögnum skyldi drepa alla refi sem sáust.

Farið skyldi á öll þekkt greni einu sinni eða tvisvar á sumri og þau unnin. Leita skyldi að nýjum og óþekktum grenjum. Eitra skyldi á skilgreindum svæðum og tímum. Skotlaun veiðimanna voru hækkuð verulega og embætti veiðistjóra var sett á lagginnar árið 1958. Refagreni voru þó (og eru enn) strangfríðuð enda auðveldara að vinna greni þegar vitað er um staðsetningu þeirra, og friðun grenjanna tryggði að ný refapör sóttu í að nýta þau eftir að búið var að fjarlægja óðalsdýrin hverju sinni.

Þegar Páll hóf rannsóknir sínar og samstarf við veiðimenn voru refir enn skilgreindir sem meindýr og bar að útrýma þeim samkvæmt lögum sem þá voru í gildi.⁵² Árið 1994 voru refir, ásamt öðrum villtum spendýrum og fuglum, í fyrsta sinn friðaðir með lögum.⁵³ Sú friðun breytti þó ekki miklu fyrir íslenska melrakkann því í 7. grein laganna er ákvæði um að ráðherra geti aflétt friðun tímabundið sé talið að villt dýr valdi tjóni, að fenginni umsögn Umhverfisstofnunar og Náttúrufræðistofnunar Íslands. Reglugerð um framkvæmd refa- og minkaveiða⁵⁴ fylgdi listi yfir svæði þar sem ekki mátti veiða refi (meðferð skotvopna bönnuð). Fyrst þá varð friðun refa að veruleika, þó eingöngu á hinum friðlýstum svæðum sem þar voru talin upp. Svæðin voru alls 26 en fæst mikilvæg fyrir refastofninn nema friðland Hornstranda. Mætti ætla að þessar breytingar og friðun hefðu áhrif á rannsóknir og vöktun íslenska melrakkans, sem eru að miklu leyti byggðar á veiðigögnum. Svo varð þó ekki, veiði jókst til muna eftir að villidýralöginn tóku gildi – enda var í reglugerðinni viðauki um að vinna skyldi greni um allt land, utan friðlýstra svæða.

stofnbreytingar refa innan friðlanda fyrir og eftir friðun og athuga hver þróunin var á landsvísu á sama tíma.

Eiðingis eru til gögn frá tveimur svæðum sem mikilvæg geta talist með tilliti til áhrifa af friðun refa á stofnbreytingar, Þjóðgarðinum Snæfellsjökli og friðlandinu á Hornströndum.

Þjóðgarðurinn Snæfellsjökull er 170 km² að stærð og liggur að sjó. Refaveiðar hafa alfarið verið bannaðar í Þjóðgarðinum frá stofnun hans árið 2001.³⁷ Þar eru þekkt að minnsta kosti 27 refagreni og hafa allt að fimm þeirra verið í ábúð árlega frá því talningar hófust árið 1989. Tíu árum eftir friðun reyndist ekki marktækur munur á ábúðarhlutfalli refagrenja fyrir og eftir friðun.³⁸ Vöktun refa í Þjóðgarðinum stendur enn yfir. Meiri stöðugleiki virðist hafa ríkt hvað varðar hlutfall grenja í ábúð eftir friðun en hlutfallið hefur þó að jafnaði heldur lækkað eftir 2015 (Róbert A. Stefánsson, óbirt gögn).

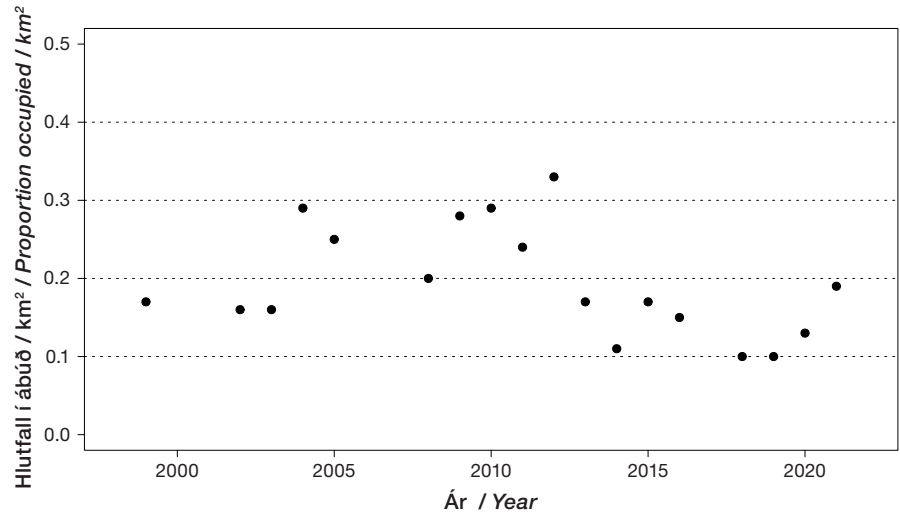
Friðlandið á Hornströndum er um 660 km² að stærð og þar hafa refir verið friðaðir með veiðibanni síðan 1995 (5. mynd).⁵⁴ Ekki hefur verið lagt mat á stofnstærð refa fyrir og eftir friðun en fyrir liggja veiðitölur frá 1958 til 1994 sem hægt er að nota sem vísitölu um stofnstærð, stofnbreytingar og ábúðarbéttleika.²⁰ Skráningar á grenjaleit og -vinnslu eru mjög nákvæmar frá þessum tíma. Nokkuð hefur verið fylgst með refunum á Hornströndum frá friðun. Því eru til nothæf gögn sem gefa til kynna ábúðarbéttleika og breytingar í stofninum frá því fyrir og eftir friðun.

Sumrin 1992 og 1993 var farið með staðkunnugum grenjaskyttum á öll þekkt greni innan friðlandsins sem tilheyrðu gamla Grunnvíkurhreppi. Ferðirnar voru farnar á vegum Veiðistjóraembættisins, og var markmiðið að staðsetja grenin með GPS-tækni. Sumrin 1998 og 1999 var farið í samþættingu ferðir, þá á vegum Háskóla

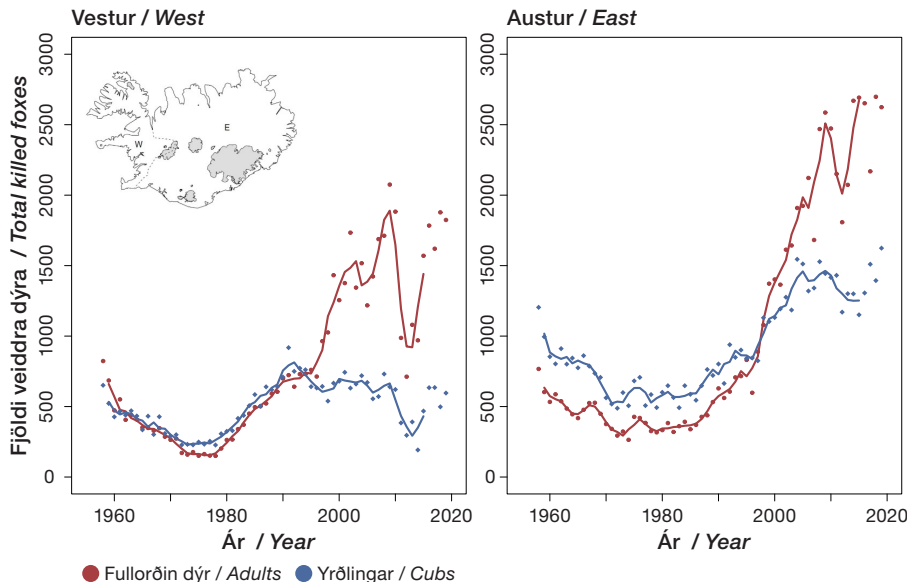
Íslands, Náttúrufræðistofnunar og Náttúrustofu Vestfjarða, á þau greni sem tilheyrðu þeim hlutum gamla Sléttuhrepps og Grunnvíkurhrepps sem voru innan friðlandsins. Jafnframt því að staðfesta staðsetningu þeirra var athugað hvort grenin væru í ábúð, fjöldi yrðlinga talinn og nokkrir tugir þeirra eynamerktir. Gögnin voru meðal annars notuð til að áætla þéttleika refa á svæðinu og bera saman við gögn úr veiðiskýrslum sem til voru þaðan fyrir tímabilið 1958–1994.²¹ Ekki hefur verið farið í heildarúttekt á öllu svæðinu síðan en þess í stað hefur verið farið reglulega á hluta Hornstranda til að meta ábúð, gotstærð og fæðu á grenjum.

Veiðigögn benda til þess að refastofninn á Hornströndum hafi sveiflast í takt við landið í heild meðan veiðar voru þar leyfðar, sérstaklega á tímabili fækkunar. Á tímabili fjölgunar (1980–1995) var samfelld fjölgun á landinu í heild en jafnframt fjölgun komu fram miklar

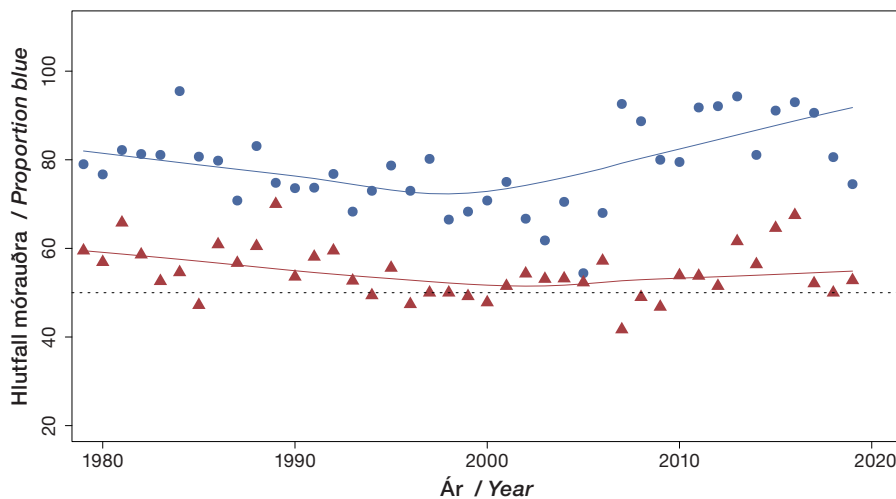
7. mynd. Hlutfall grenja í ábúð á hvern ferkilómetra á Hornströndum norðaustanverðum (Hornvík og Hælavík) á árunum 1999 og 2002–2020. Fjöldi grenja í ábúð segir til um hversu mörg þör eignuðust afkvæmi hvert ár og endurspeglar fjölda gota. – Proportion of occupied fox dens per square km in the northeast region of Hornstrandir (Hornvík and Hælavík) in the years 1999 and 2002–2020. Number of occupied dens represent the number of litters each year.



Mórauð tófa í snjó síðla vetrar. Feldurinn hefur upplitast lítillega af sólinni. – Arctic fox of the blue morph during winter. The fur has bleached a bit by the sun. Ljósmynd/Photo: Einar Guðmann.



8. mynd. Veiði fullorðinna dýra (rauðir punktar) og yrðlinga (bláir punktar) á vestan- og austanverðu landinu. Línurnar sýna þriggja ára keðjumeðaltal. Aukning eftir 1980 hófst fyrr á vestanverðu landinu en stóð lengur og varð meiri austanlands, bæði hvað varðar fullorðin dýr og yrðlinga. – The total number of adult (red dots) and juvenile foxes killed (blue dots) in West (left) and East (right) Iceland. The dotted lines show 3-year running average. The growth after 1980 was more rapid in the west but lasted longer and reached a higher maximum in the east, both for adults and cubs. Gögn/Data: Umhverfisstofnun / The Environment Agency of Iceland.



9. mynd. Hlutfall mórauðra refahræja af vesturhluta landsins (bláir punktar, N=4814) og austurhluta (rauðir þríhyrningar, N=6770). Láréttan línan sýnir 50% hlutfall. Langflest árin voru mórauðir refir í meirihluta en mikill munur er á landshlutum hvað þetta varðar. – Percent of obtained samples/fox carcasses of the blue morph in west (blue dots, N=4814) and east (red triangles, N=6770) Iceland. The horizontal line represents 50%. Most years, blue foxes were more common, but the regions differ as the proportion of blue foxes was lower in the eastern part.

sveiflur í veiðitölum á Hornströndum (6. mynd). Veiðisókn var stöðug á þessum tíma, þ.e. farið var á svæðið árlega til að leita grenja og þau sem voru í ábúð voru unnin, enda lög um útrýmingu refa enn í gildi (sjá 1. innskotsgrein, bls. 104).

Þegar Hornstrandir voru heimsóttar árin 1998 og 1999 var farið á 170 greni og voru 39 af þeim í ábúð, eða 22,9%. Gögnin úr ferðinni 1999, fimm árum eftir friðun, voru borin saman við gögn frá því fimm árum fyrir friðun. Niðurstöður benda til þess að stofninn þar hafi vaxið í fyrstu en síðan hafi stöðugleiki tekið við.²¹ Upp frá þessu hefur verið fylgst reglulega með refunum á Hornströndum, með sérstakri áherslu á Hornvík og Hælavík (þ.m.t. Hlöðuvík) þar sem þekkt eru 42 greni á 72 ferkílómetra svæði.³⁹ Fjöldi grenja í ábúð sem hlutfall af fjölda grenja sem

farið er á hefur haldist nokkuð stöðugur um 24,6% að meðaltali frá árinu 1999 eða að jafnaði 0,19 greni á ferkílómetra (7. mynd).

Svo virðist því sem stofnvöxtur hafi verið minni innan griðlanda þar sem friðun á sér stað en þar sem veiðar voru stundaðar. Refum hélt áfram að fjölga á landsvísu eftir friðun og til ársins 2008 en hvorki í Þjóðgarðinum Snæfellsjökli né í Friðlandi Hornstranda. Ábúðarþéttleiki er í samræmi við geldhlutfall, þ.e. því herra sem hlutfall grenja í ábúð er, þeim mun lægra ætti geldhlutfall að vera, en það er lykkláttur þéttleikaháðrar stofnstýringar hjá óðalsdýrum eins og refum og er vísitala á burðargetu lands.¹² Staerð óðals fer fyrst og fremst eftir framboði fæðu og eftir því sem fæðustofnar stækka er pláss fyrir fleiri óðul, og þéttleiki refa eykst. Að sama

skapi stækka óðulin að flatarmáli, þeim fækkar og þéttleiki rándýra, þ.á m. refa, minnkar þegar fæðuframboðið dregst saman.⁴⁰ Á svæðum þar sem þéttleiki refa er mikill, svo sem á Hornströndum, er geldhlutfall yfirleitt hátt því ekki fá öll kynþroska dýr aðgang að óðali. Veiðar, sérstaklega grenjavinnsla, hafa þau áhrif að samkeppni um óðul verður minni og kynþroska dýr sem annars væru geld fá tækifæri til að tímgastr. Hóflegar veiðar kunna því að geta viðhaldið vaxtarhraða stofns, sérstaklega ef fæðuframboðið er nægilegt að vetri.⁴¹ Nánar verður fjallað um fæðuval og tímgun refa í næstu grein.

Undanfarin ár hefur orðið viðkomubrestur hjá refum á Hornströndum og var ástandið einna verst árið 2019.³⁹ Þá voru mun færri óðul í ábúð en áður og mun færri got voru staðfest. Sama virðist hafa verið uppi á teningnum í Þjóðgarðinum

LITAERFÐIR

Hin mórauðu (ríkjandi) og hvítu (víkjandi) litarafrbrigði melrakkans finnast í þremur erfðasætum: A (Agouti), B (Black) og E (Extention). Erfðavísar (gen) í A-sæti tjá fjölbreytileg litamynstur sem einkennast af ljósum kvið og dökku baki, og A-genið erfið alltaf sem Aw í tófum. Erfðavísar í E-sæti geta verið Ed sem er ríkjandi eða E sem er víkjandi.⁵ Ríkjandi erfðavísirinn Ed hamlar tjáningu A og dýrið fær dökkan lit (áhrif frá B) sem dreifist jafnt um allan skrokkinn. Víkjandi erfðavísirinn E hefur engin áhrif á tjáningu gena í A-sæti.⁵⁵ Því þarf bara eitt Ed (EdEd eða EdE) til

að dýrið verði mórautt (dökkt og jafnlitað) en tvö E (EE) þarf til að dýrið verði hvítt (sjá töflu). Erfðavísar í sæti B eru nær allir ríkjandi í melrökkum en þó finnst víkjandi gen b sem veldur því að dökki liturinn verður ljós og dýrið verður ljósbrúnt. Þessi litur tjáist því aðeins ef báðir foreldrar hafa víkjandi b. Það er afar sjaldgæft en slík dýr finnast þó á öllum útbreiðslu-svæðum tegundarinnar. Hérlandis kallast þessi litur bleikur og stundum „landrover“. Tófur sem eru arfhreinar af víkjandi geni í E-sæti verða tvílit- ar á sumrin og enn ljósari en bleiki refurinn á veturna, þó ekki al-hvítar.⁵



Mórauð tófa í sumarbúningi. Enn má sjá leifar af vetrarfeldi á skotti en hvítu hárin í andlitinu eru varanleg enda eru mórauð dýr afar breytileg að lit þegar grannt er skoðað. – Arctic fox of the blue morph during summer. Remains of the winter coat can still be seen on the tail but the white facial hair is permanent and reflects the variety of the blue colour but has nothing to do with age. Ljósmynd/Photo: Einar Guðmann.

Erfðafræði feldlitar hjá melrökkum. – Fur colour genetics in Arctic foxes.⁵

Litarfar Colour morph	Arfgerð Genetics	Afkvæmi (ef báðir foreldrar hafa sömu arfgerð) Offspring (if both parents have the same gene types)
Arfhreint mórautt dýr / <i>Homozygote blue</i>	A ^w A ^w BB E ^d E ^d	Öll mórauð / <i>All blue (Ed)</i>
Arfblendið mórautt dýr / <i>Heterozygote blue</i>	A ^w A ^w B- EE ^d	Mórauð / <i>Blue (-E^d), hvít / white (EE), bleik / beige (bb)</i>
Arfhreint hvítt dýr / <i>Homozygote white</i>	A ^w A ^w BB EE	Öll hvít / <i>All white (EE)</i>
Arfblendið hvítt dýr / <i>Heterozygote white</i>	A ^w A ^w B- EE	Hvít / <i>White (EE), bleik / beige (bb)</i>
Bleikt dýr / <i>Beige*</i>	A ^w A ^w bb E-	Bleik / <i>Beige (bb E-)</i>

– Þýðir að ekki skiptir máli hvort genið er á móti, afkvæmin verða með sömu litum og lýst er.

– Does not matter which gene is paired with this one, the offspring will be as described.

* Erfðavísirinn b er mjög sjaldgæfur og afar sjaldgæft að báðir foreldrar séu með erfðavísinn.

* A rare ecotype as it is seldom that both parents carry it.



Hvít tófa í sumarbúningi en með leifar af vetrarfeldi á skotti og líkama. – Arctic fox of the white morph during summer but with fragments of the winter fur on body and tail. Ljósmynd/Photo: Einar Guðmann.

Snæfellsjökli að undanfögnu (Menja von Schmalensee og Róbert A. Stefánsson, óbirt gögn). Mögulega er skýringuna að finna í breytingum á fæðuframboði en þetta á eftir að skoða nánar.

Ólík búsvæði

Við úrvinnslu gagna um refi hefur komið fram landfræðilegur munur sem virðist endurspegla tvær meginvistgerðir út frá fæðuvali.^{8,11,12,42} Annars vegar eru þetta dýr sem búa nálægt sjó og hafa aðgang að rekafjöru og/eða sjófuglabbyggð. Hins vegar dýr sem búa inn til landsins og neyta fæðu sem er síður af haf-rænum uppruna. Algengasta búsvæði íslenskra refa er við ströndina og er mikilvægi strandlengjunnar mikið fyrir viðgang stofnsins.

Erfitt er að draga skýra landfræðilega línu til að afmarka þessar tvær vistgerðir, enda skörunin talsverð. Gengið er út frá því að meirihluti refa á vesturhluta landsins (frá Reykjanesi um

Snæfellsnes og Vestfirði) búi að stórum hluta við dæmigerða strandavistgerð, og jafnframt að á austurhlutanum og inn til landsins (í öðrum landshlutum) sé fæða refa mun oft af landrænum uppruna (undantekning t.d. á Langanesi). Þegar hræjum er skilað fylgja þeim nákvæmar lýsingar. Því eru staðsetningar inn-sendra hræja nákvæmari en heildarveiditölur geta gefið til kynna og koma að góðu gagni við að áætla vistgerðir með tilliti til fæðu refa.

Veidigögn frá 1958–2019 sýna að heildarveidi fór þá minnkandi á báðum landshlutum og náði lágmarki í kringum 1980 en eftir það tók refnum að fjölga, hægt í fyrstu en svo með auknum hraða, sérstaklega á austanverðu landinu. Fjöldi veiddra yrðlinga jókst samhliða fjölgun fullorðinna dýra. Eftir 1990 virðist nýliðun þó einkum hafa aukist austanlands en á sama tíma dró úr fjölgun veiddra yrðlinga vestan til. Áfram hefur þó verið rými til fjölgunar

fram yfir aldamótin 2000 á austanverðu landinu en þá fer yrðlingum að fækka í veiðinni þar líka (8. mynd).

Litarfar

Melrakkar eru af tveimur megin-litaafbrigðum, mórauðir og hvítir. Á heimsvísu eru hinir síðarnefndu langtum algengari, yfir 90% af heimsstofnum en 70–75% á Norðurlöndum (að Íslandi undanskildu).⁷ Tófur af hvíta litaafbrigðinu skipta litum eftir árstímum þannig að á veturna eru þær nær allhvítar en á sumrin eru þær tvílitar, mógrábrúnar á baki og ytri hlutum útlíma en hvítleitar á kvið og innan á fótum. Þær mórauðu halda lit sínum en feldurinn lýsist þegar sólin fer að skína í lok vetrar. Hvítur litur er góður felubúningur þar sem snjóalög eru stöðug yfir veturinn. Þar sem ávinningur er augljós af góðum felubúningi kemur ekki á óvart að mórauð dýr séu algengari við sjáv-arsíðuna en þau hvítu frekar að finna á

snjóþungum svæðum.⁴³ Í doktorsritgerð Páls Hersteinssonar er kafla um litarfar og val á maka og er niðurstaðan sú að makaval sé óháð lit.⁵ Ekkert bendir til þess að þetta hafi breyst í seinni tíð og melrakkar virðast enn æxlast óháð lit. Á Íslandi eru refir af báðum litaafrögðum á öllum landsvæðum og virðist hlutfall litanna innan landshluta haldast stöðugt. Árin 1979–1983 var mórauður litur yfirgnæfandi á vesturhluta landsins⁴⁴ þar sem strandlengjan er hlutfallslega löng miðað við flatarmál lands, en hvíti liturinn algengari austur og inn til landsins. Þessi munur virðist lítið sem ekkert hafa breyst frá þeim tíma (9. mynd) og bendir til sambands milli litarfars og vistgerðar. Á Vestfjörðum er hlutfall mórauðra refa með hæsta móti (78,4% að jafnaði) en talsvert hátt hlutfall dýra virðast þó bera hvíta arfgerð (2. innskotsgrein, bls. 107) þar sem got blandast nokkuð oft. Mikil afföll hvítra yrðlinga á fyrsta vetri á Hornströndum bendir til þess að hvítar tófur eigi erfiðara uppdráttar að vetrarlagi en þær mórauðu á strandsvæðum (Ester Unnsteinsdóttir, óbirt gögn).

Erfðabreytileiki milli landsvæða

Þar sem hlutföll feldlitar af austur- og vesturhluta landsins haldast svo stöðug er mögulegt að slíkur munur endurspeglar í öðrum erfðafraeðilegum þáttum. Í samanburðarrannsókn á sýnum úr refum frá ólíkum svæðum á Íslandi kom í ljós nokkuð skýr landfræðilegur munur á erfðasamsetningu.⁴⁵ Í refum af Vestfjarðarkjálkanum fundust arfgerðir sem voru mjög frábrugðnar þeim sem voru í refum annars staðar á landinu. Var munurinn svo mikill að hann samsvaraði um 100–200 kynslóða einangrun. Helsta skýringin var talin landfræðilegar hindranir, svo sem hin þrönga landbrú milli Vestfjarða og „meginlandsins“ sem spannar aðeins um 10 kílómetra milli botna Gilsfjarðar og Bitrufjarðar. Einnig bentu niðurstöðurnar til að tófur á austurhluta landsins hafi um langa hríð verið nokkuð einangraðar frá öðrum landsvæðum. Stórflyót, svo sem norðan og sunnan Vatnajökuls, hafa að líkindum takmarkað ferðir refa og þar með flæði erfðafnis.⁴⁵ Erlendis hefur verið sýnt fram á að refir ferðast óhindrað um ísbreiður norðurhjarans, sérstaklega þar sem læm-

ingjar eru meginuppistaða fæðunnar.⁴⁶ Strandarefir virðast ekki fara eins langar vegalengdir og læmingjarefirnir, og er skyldleiki minni milli stofna melrakka af strandsvæðum en þeirra sem lifa á læmingjum, jafnvel þótt miklar vegalengdir skilji þá síðarnefndu að.¹ Svipað gæti verið uppi á teningnum hér á landi þar sem íhaldssöm erfðasamsetning endurspeglar mögulega ólíkar vistgerðir refa af mismunandi landsvæðum. Samanburðarrannsókn á hvítum og mórauðum refum á Grænlandi bendir til þess að melrakkar sem koma yfir hafísinn af læmingjasvæði í Kanada setjist allajafna ekki að og tímgest á strandsvæði á Grænlandi þar sem ekki eru læmingjar og fæðan af haf-rænum uppruna.⁴⁷ Þannig virðist gæta einhverrar tregðu eða skorts á hæfni til að tileinka sér nýjungar í fæðuvali, setjast að og finna sér maka af annarri fæðuvistgerð. Sé þetta raunin má leiða að því líkur að erfðafraeðilegur munur sé ekki eingöngu af völdum landfræðilegra hindrana heldur geti félagslegir þættir og lærd hegðun einnig verið mikilvæg atriði hvað þetta varðar. Nánar verður fjallað um þetta í næstu greinum. Nýlegt dæmi um langt ferðalag strandarefs frá Svalbarða til læmingjasvæðis í Kanada sýnir þó fram á að engin regla er algild. Tófa þessi, ung mórauð læða, fékk á sig senditæki í júlí 2017 og í mars 2018 lagði hún af stað í langferð. Á þremur vikum gekk hún 1.512 kílómetra leið, að mestu á hafís, og var komin til Grænlands hinn 16. apríl. Hún hélt áfram för sinni og 1. júlí var hún komin til Ellesmere-eyju í Kanada. Alls gekk hún rúma 3.500 kílómetra á 76 dögum.³ Þessi læða ferðaðist til heimskautaeysju í Kanada þar sem refir lifa aðallega á læmingjum. Er þetta eina þekkt dæmið um að refir skipti á milli fæðuvistgerða en óvist er hvernig læðunni reiddi af í hínu nýja og framandi umhverfi þar sem rafhláðan kláraðist í senditækinu. Ferð svalbarðatófunnar er þó í samræmi við niðurstöður rannsókna sem sýnt hafa fram á mikilvægi hafíss fyrir flæði erfðafnis milli afskekktara útbreiðslusvæða tegundarinnar.^{48,49}

NIÐURLAG

Refurinn er eina upprunalega landspendýrið á Íslandi og nam land löngu áður en menn settust hér að.⁵⁰ Hafís gegnir

mikilvægu hlutverki fyrir samgang milli fjarlæggra norræna refastofna og viðhald erfðafjölbreytileika. Þar sem enginn hafís liggur að Íslandi á veturna hafa íslenskar tófur að mestu verið einangraðar frá öðrum tófustofnum frá lokum ísaldar.

Tófan hefur verið skilgreind sem flöggunartegund sem sérstaklega er fylgst með til að greina áhrif loftslagsbreytinga á dýr á norðurslóðum.¹⁴ Vegna legu landsins og einangrunar íslenska stofnsins hefur íslenski melrakkinn lykilstöðu í samanburðarrannsóknnum við önnur svæði umhverfis norðurheimskautið.

Þær langtímarannsóknir á íslenska refastofninum sem nú fara fram hófust árið 1979 þegar Páll Hersteinsson tók að safna efniviði til að geta lagt mat á stærð íslenska stofnsins. Refaskyttur um land allt eru mikilvægir samstarfsmenn við vöktun refastofnsins. Þeir útvega sýni af felldum refum til mælinga og aldursgreiningar og skila að auki nákvæmum veiðiskýrslum. Gögn úr vöktun refastofnsins eru umfangsmikil heimild sem gagnast við að svara mikilvægum spurningum og varpa ljósi á lífríki í íslenskum vistkerfum á tímum mikilla breytinga og hlýnunar loftslags.

Veiditölur benda til þess að íslenski refastofninn hafi fallið úr óþekktu hámarki á sjötta áratugnum niður í sögulegt lágmark um það bil sem Páll vann fyrsta stofnmat sitt um 1980. Á því riflega þrjátíu ára tímabili sem rannsóknir Páls spanna fór refastofninn úr rúmlega 1.200 dýrum upp í riflega 9.000 dýr árið 2008. Eftir það féll stofninn en var nokkuð stöðugur og er talinn hafa verið um 7–9.000 dýr að jafnaði árin 2011–2018.

Refir eru eins og önnur villt dýr friðaðir í náttúrulegu umhverfi sínu samkvæmt lögum um vernd, friðun og veiðar á villtum fuglum og villtum spendýrum.⁵³ Ráðherra hefur gefið undanþágur frá friðun til varnar tjóni. Veiðar eru því stundaðar um allt land, að mestu á kostnað sveitarfélaga og með framlagi ríkisins, undir eftirliti Umhverfisstofnunar. Fjölgun refa hafði í för með sér eflingu refaveiða og hvatt var til aukinnar sóknar. Hvorki hefur þó verið lagt mat á hið meinta tjón né árangur veiðanna, og enn skortir markmið með veiðum í samhengi við tjón í tíma og rúmi, í

samræmi við ákvæði laganna. Friðun nær eingöngu til nokkurra friðlanda og hluta þjóðgarða og þar af er friðland Hornstranda eitt helsta griðland refa á Íslandi. Á þeim svæðum, þar sem refir eru friðaðir frá veiðum, ræður náttúrulegt fæðuframboð að vetri mestu um afkomu dýra en að sumri ræður framboð fæðu stærð óðala og fjölda yrðlinga sem komast á legg. Allt bendir til þess að stofnvöxtur innan tveggja friðlanda á Íslandi sé hægari en heildarstofnbreytingar á svæðum þar sem veiðar eru stundaðar í því skyni að „halda niðri“ refastofninum.

Þar sem refastofninn hefur risið og hniðið á víxl, þrátt fyrir nokkuð mikið veiðiálag annars vegar og friðun hins vegar, er ljóst að veiði er ekki ráðandi ástæða fækkunar og fjölgunar. Stofnbreytingar virðist fremur mega rekja til breytinga á umhverfi og lífsskilyrðum sem hafa ýmist verið óhagstæð eða mjög góð og þá sérstaklega hagstæð meðan hlýnun varð sem hröðust. Í næstu grein verður fjallað um fæðuval, viðkomu og vanhöld, sem og aðra þætti sem telja má líklegt að hafi haft áhrif á íslenska refastofninn.

SUMMARY

The Arctic fox of Iceland **Part I: Population dynamics, hunting and conservation**

Climate change with rapidly increasing temperature is already affecting arctic wildlife and ecosystems. The Arctic fox is a flagship species in research on this topic and the isolation of the Icelandic fox population makes it ideal for comparative studies. Knowledge on the biology and ecology of the species is therefore vital. Fortunately, there is considerable data available that can be used to shed a light on the status of the species in Iceland and to compare to other areas in the species' circumpolar range. This review article is the first in a series of three, which focus on the main results of studies on the Icelandic Arctic fox. Most of the knowledge is based on late professor Páll Hersteinsson's (1951–2011) work for over 30 years, in addition to more recent data. It is also based on hunting statistics from the period 1958 until today, which suggest that the population declined from the late 1950's to 1980. When Hersteinsson began his studies in 1979, the fox pop-

ulation was therefore at its lowest but increased manyfold and reached a peak in 2008, after which it declined again to intermediate levels. The Arctic fox gained protection by the Wildlife act in 1994 but hunting continued in most areas, even in national parks, to prevent the damage that the foxes are thought to have on livestock. Den occupancy has been monitored in two sanctuaries and surprisingly, population increase ceased there while the population grew in hunted regions. Two main ecotypes have been observed in the Icelandic population, coastal and inland; the former being more likely to be of the blue morph and feed on marine resources, but the other is likely to be white and feed on inland resources. Geographical barriers seem to limit gene flow between areas. It is possible that foxes adapt to local ecotypes and the food resources that they find instead of dispersing to explore and settle new hunting grounds. This will be considered in the next article.

ÞAKKIR

Höfundur kemur hér með á framfæri kærnum þökkum til þeirra fjölmörgu sem hafa lagt sitt af mörkum til þeirra rannsókna sem hér er fjallað um. Sérstakar þakkir til Páls heitins Hersteinssonar og samstarfsmanna hans, auk þeirra veiðimanna sem hafa sent refahræ og veiðigögn í gegnum tíðina. Bestu þakkir til þeirra sem hafa aðstoðað við vinnslu þessarar greinar, útvegað ljósmyndir og önnur gögn. Síðast en ekki síst ber að þakka vinum og kollegum, ritstjóra og prófarkarlesara, sem og ónefndum ritrynum sem hafa komið með ýms góð ráð og ábendingar við greinaskrifin.

HEIMILDIR

- Dalén, L., Fuglei, E., Páll Hersteinsson, Kapel, C.M.O., Roth, J.D., Samelius, G., Tannerfeldt, M. og Angerbjörn, A. 2005. Population history and genetic structure of a circumpolar species: The arctic fox. *Biological Journal of the Linnean Society* 84. 79–89.
- Geffen, E., Waidyaratne, S., Dalén, L., Angerbjörn, A., Vila, C., Páll Hersteinsson, Fuglei, E., White, P.A., Goltsman, M., Kapel, C.M.O. & Wayne, R.K. 2007. Sea ice occurrence predicts genetic isolation in the Arctic fox. *Molecular Ecology* 16. 4241–4255. Doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03507
- Fuglei, E. & Tarroux, A. 2019. Arctic fox dispersal from Svalbard to Canada: One female's long run across sea ice. *Polar Research* 38. <https://doi.org/10.33265/polarv38.3512>
- Mellows, A., Barnett, R., Dalén, L., Sandsoval-Castellanos, E., Linderholm, A., McGovern, T.H., Church, M.J. & Larson, G. 2012. The impact of past climate change on genetic variation and population connectivity in the Icelandic arctic fox. *Proceedings of the Royal Society* 279. 4568–4573.
- Páll Hersteinsson 1984. The behavioural ecology of the arctic fox (*Alopex lagopus*) in Iceland. Doktorsritgerð við University of Oxford, Englandi.
- Páll Hersteinsson, Angerbjörn, A., Frafjord, K., Kaikusalo, A. 1989. The arctic fox in Fennoscandia and Iceland: Management problems. *Biological Conservation* 49. 67–81. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(89\)90113-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(89)90113-4)
- Angerbjörn, A., Páll Hersteinsson & Tannerfeldt, M. 2004. Arctic foxes: Consequences of resource predictability in the Arctic fox – two life history strategies. Bls. 163–172 í: *Biology and Conservation of Wild Canids* (ritstj. Macdonald, D.W. & Sillero-Zubiri, C.), Oxford University Press, Oxford.
- Páll Hersteinsson & Macdonald, D. 1996. Diet of arctic foxes (*Alopex lagopus*) in Iceland. *Journal of Zoology* 240(3). 457–474.
- Grágás. Lagasafn íslenska þjóðveldisins 2001. Útg. Gunnar Karlsson, Kristján Sveinsson & Mörður Árnason. Mál og menning, Reykjavík. 567 bls. (Um refa-dráp bls. 349; um verðmæti bls. 45,156,476).
- Páll Hersteinsson 2010. Tófan. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar. Umhverfisstofnun, Reykjavík.
- Snæbjörn Pálsson, Páll Hersteinsson, Ester R. Unnsteinsdóttir & Ólafur K. Nielsen 2016. Population limitation in a non-cyclic arctic fox population in a changing climate. *Oecologia* 180. 1147–1157.
- Ester R. Unnsteinsdóttir, Páll Hersteinsson, Snæbjörn Pálsson & Angerbjörn, A. 2016. The fall and rise of the Icelandic Arctic fox (*Vulpes lagopus*): A 50year demographic study on a noncyclic Arctic fox population. *Oecologia* 181. 1129–1138.
- Ester Rut Unnsteinsdóttir 2021. Refastofninn réttir úr sér. Fréttatilkynning frá Náttúrufræðistofnu Íslands, 5. maí 2021. Slóð (sótt 1.9.2021): https://www.ni.is/sites/ni.is/files/atoms/files/frettatilkynning_stofnmat-a-refum_mai-2021.pdf
- Foden, W. & Stuart, S. 2009. Species and climate change: More than just the Polar bear. IUCN Species Survival Commission (SSC). Gland, Sviss. 46 bls.
- Theodór Gunnlaugsson 1955. Árefaslóðum. Búnaðarfélag Íslands, Reykjavík. 383 bls.
- Páll Hersteinsson 1987. Útreikningar á stærð íslenska refastofnsins. Fréttabréf veiðistjóra 3(1). 25–54.

17. Fry, F.E.J. 1949. Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics* 5. 26–67.
18. Fry, F.E.J. 1957. Assessment of mortalities by use of the virtual population. Proceedings of Joint Scientific Meeting of the ICNAF (International Commission for Northwest Atlantic Fisheries), ICES (International Council for the Exploration of the Sea), and FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) on Fishing Effort, the Effects of Fishing on Resources and the Selectivity of Fishing Gear.
19. Skalski, J.R., Ryding, K.E. & Millspaugh, J.J. 2005. *Wildlife demography, analysis of sex, age, and count data*. Elsevier Academic Press, London o.v. 636 bls.
20. Umhverfisstofnun e.d. Veiditölur. Á vefsetri stofnunarinnar, slóð (sótt 20.2.2021): <http://umhverfisstofnun.is/veidi/veiditolar/>
21. Páll Hersteinsson, Þorvaldur Þ. Björnsson, Ester Rut Unnsteinsdóttir, Anna Heiða Ólafsdóttir, Hólmfríður Sigþórsdóttir & Þorleifur Eiríksson 2000. Refir á Hornströndum: Greni í ábúð og flutningur út úr friðlandinu. *Náttúrufræðingurinn* 69. 131–142.
22. Reglugerð um breytingu á reglugerð nr. 437/1995, um refa- og minkaveiðar nr. 207/1997.
23. Ester Rut Unnsteinsdóttir 2014. Íslenski refastofninn á niðurlæið. Fréttatilkynning frá Náttúrufræðistofnun Íslands, 22. október 2014. Slóð (sótt 19.2.2021): https://www.ni.is/sites/ni.is/files/atoms/files/Stofnmat-a-refum_oktober-2014.pdf
24. Ester Rut Unnsteinsdóttir 2018. Refastofninn stendur í stað. Fréttatilkynning frá Náttúrufræðistofnun Íslands, 26. janúar 2018. Slóð (sótt 19.2.2021): <https://www.ni.is/frettir/2018/01/refastofninn-stendur-i-stad>
25. Swenson, J.E., Bjørge, A., Kovacs, K., Syvertsen, P.O., Wiig, Ø. & Zedrosser, A. 2010. Pattedyr Mammalia. Bls. 431–455 í: *Norsk Rødliste for arter 2010 / The 2010 Norwegian Red List for Species* (ritstj. Kålås, J.A., Viken, A., Henriksen, S. & Skjølseth, S.). Kunnskapsbank for naturforhold / Norwegian Biodiversity Information Centre, Bråndheimi.
26. Henttonen, H., Ollila, T. & Niemimaa, J. 2017. Is there hope for the arctic fox in Finland? Ágrip fyrirlesturs, bls. 43 í: 5th International Conference in Arctic Fox Biology. Université du Québec à Rimouski, Kanada.
27. Karlsson, B. 2021. Lagesrapporter. Á vefsetri Zoologiska institutionen, Stockholms Universitet, slóð (29.11.2021): <https://www.su.se/zoologi/forskning/fj%C3%A4llr%C3%A4vsprojektet/1%C3%A4gesrapporter-1.393586>
28. Ulvund, K., Wallén, J. & Eide, N.E. 2020. Overvåking av fjellrev i Norge og Sverige 2020 / Inventering av fjällräv i Norge och Sverige 2020. Bestandsstatus for fjellrev i Skandinavia NR:2 / Bestandsstatus för fjällräv i Skandinavien 2020. Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Naturhistoriska riksmuseet (NRM)
29. Fuglei, E. 2020. Fjellrev / Njálja. Moduler. Um refinn á Svalbarða á vefsetri COAT. Slóð (sótt 11.3.2021): <https://www.coat.no/Fjellrev/Svalbard>
30. Gamelon, M., Nater, C.R., Baubet, É., Besnard, A., Touzot, L., Gaillard, J.M. & Gimenez, O. 2021. Efficient use of harvest data: A size-class-structured integrated population model for exploited populations. *Ecography* 44(9). 1296–1310.
31. Lög um Vatnajökulsþjóðgarð nr. 60/2007.
32. Reglugerð um Vatnajökulsþjóðgarð nr. 300/2020.
33. Skipulagsstofnun 2016. Landskipulagsstefna 2015–2026 ásamt greinargerð.
34. Lög um þjóðgarðinn á Þingvöllum nr. 47/2004.
35. Reglugerð um þjóðgarðinn á Þingvöllum, verndun hans og meðferð nr. 848/2005.
36. Þingskjal nr. 84/2012–2013. Tillaga til þingsályktunar um breytta framtíðarskipan refaveiða á Íslandi. Flutningsmenn Ásmundur Einar Daðason o.fl. Slóð: <https://www.althingi.is/altext/141/s/0084.html>
37. Reglugerð um þjóðgarðinn Snæfellsjökul nr. 568/2001.
38. Róbert A. Stefánsson & Menja von Schmalensee 2011. Áhrif friðunar refs á ábúðarhlutfall grenja. Útdráttur veggspjalds á líffræðiráðstefnu Líffræðifélags Íslands og Íslenskrar erfðagreiningar, Öskju, 11.–12. nóvember 2011.
39. Ester Rut Unnsteinsdóttir 2020. Refir á Hornströndum: Áfangaskýrsla um vöktun árið 2019. Í samvinnu við Melrakkasetur Íslands. Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ–20001), Garðabæ. Slóð (sótt 1.9.2021): <https://utgafa.ni.is/skyrslur/2020/NI-20001.pdf>
40. Macdonald, D.W. 1983. The ecology of carnivore social behaviour. *Nature* 301. 379–384.
41. Meijer, T.B., Elmhagen, B., Eide, N.E. & Angerbjörn, A. 2013. Life history traits in a cyclic ecosystem: A field experiment on the Arctic fox. *Oecologia* 173(2). 439–447.
42. Páll Hersteinsson 2001. Demography of the arctic fox (*Alopex lagopus*) population in Iceland. Bls. 954–964 í: *Wildlife 2001: Populations* (ritstj. McCullough, D.R. & Barrett R.H.). Elsevier, London.
43. Vibe C. 1967. Arctic animals in relation to climatic fluctuations. *Meddelelser om Grønland* 170. C.A. Reitzel, Kaupmannahöfn. 227 bls.
44. Páll Hersteinsson 2004. Tófa. Bls. 74–85 í: *Íslensk spendýr* (ritstj. Páll Hersteinsson). Vaka-Helgafell, Reykjavík.
45. Norén, K., Angerbjörn, A. & Páll Hersteinsson 2009. Population structure in an isolated Arctic fox, *Vulpes lagopus*, population: The impact of geographical barriers. *Biological Journal of the Linnean Society* 97(1). 18–26.
46. Lai, S., Bêty, J. & Berteaux, D. 2015. Spatio-temporal hotspots of satellite-tracked arctic foxes reveal a large detection range in a mammalian predator. *Movement Ecology* 3. 37. <https://doi.org/10.1186/s40462-015-0065-2>.
47. Pagh, S. & Páll Hersteinsson 2008. Difference in diet and age structure of blue and white Arctic foxes (*Vulpes lagopus*) in the Disko Bay area, West Greenland. *Polar Research* 27(1). 44–51.
48. Norén, K., Carmichael, L., Fuglei, E., Eide, N.E., Páll Hersteinsson & Angerbjörn, A. 2011. Pulses of movement across the sea ice: Population connectivity and temporal genetic structure in the arctic fox. *Oecologia* 166. 973–984. doi: 10.1007/s00442-011-1939-7
49. Norén, K., Carmichael, L., Dalén, L., Páll Hersteinsson, Samelius, G., Fuglei, E., Kapel, C.M.O., Menyushina, I., Strobeck, C. & Angerbjörn, A. 2011. Arctic fox *Vulpes lagopus* population structure: Circumpolar patterns and processes. *Oikos* 120. 873–885. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18766.x>
50. Páll Hersteinsson, Nyström, V., Jón Hallur Jóhannsson, Björk Guðjónsdóttir & Margrét Hallsdóttir 2007. Elstu þekktu leifar melrakka á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 76(1–2). 13–21.
51. Páll Hersteinsson 1980. Refir. Bls. 65–79 í: *Vilt spendýr* (ritstj. Árni Einarsson). Rit Landverndar 7. Landvernd, Reykjavík. (Abstract in English).
52. Lög um eyðingu refa og minka nr. 56/1949.
53. Lög um vernd, friðun og veiðar á villtum fuglum og villtum spendýrum nr. 64/1994.
54. Reglugerð um refa- og minkaveiðar nr. 437/1995.
55. Stefán Adalsteinsson, Páll Hersteinsson & Eggert Gunnarsson 1987. Fox colors in relation to colors in mice and sheep. *Journal of Heredity* 78. 235–237.

UM HÖFUNDINN



Ester Rut Unnsteinsdóttir (f. 1968) lauk BSc-prófi í líffræði við Háskóla Íslands 1999 og kennsluréttindum í náttúrufræðum frá Kennaraháskóla Íslands árið 2005. Árið 2014 lauk hún doktorsnámi í líffræði við Háskóla Íslands undir leiðsögn Páls Hersteinssonar prófessors og var viðfangsefnið stofnvistfræði hagamála. Ester sinnti kennslu í náttúrufræðum á grunnskólastigi árin 1999–2002 og var stundakennari við Líf- og umhverfisvísindasvið HÍ á tímabilinu 2002–2013. Árið 2007 stofnaði hún Melrakkasetur Íslands í Súðavík, sem opnað var almenningi árið 2010, og starfaði hún þar til ársins 2013 þegar hún hóf störf á Náttúrufræðistofnun Íslands. Ester hefur fylgst með refum á Hornströndum frá árinu 1998 og borið ábyrgð á vöktun íslensku refastofnsins frá árinu 2012.

PÓST- OG NETFANG HÖFUNDAR / AUTHOR'S ADDRESS

Ester Rut Unnsteinsdóttir
Náttúrufræðistofnun Íslands
Urriðaholtsstræti 6–8
210 Garðabæ
Ester.R.Unnsteinsdottir@ni.is

Guðný Rut Pálsdóttir og Karl Skírnisson

Ásætumítlar á humludrottningum á Íslandi

MEÐ AUKNUM FJÖLDA humlutegunda hérlendis hefur athygli almennings í æ meira mæli beinst að mítlum sem eru oft áberandi á humludrottningum á ferð að vori og hausti þegar þær koma úr vetrardvala eða eru á leið í dvala. Spurningar kvikna oft í framhaldinu um hvaða dýr hér séu á ferðinni og hvort þau hafi skaðleg áhrif á fluguna. Þessar spurningar voru kveikjan að því að ráðist var í þessa fyrstu athugun, með það að markmiði að greina mítlana til tegundar, kanna lífsferil þeirra og möguleg áhrif á humlur og bú.

Tengsl humla og ásætumítla eru margvísleg. Ýmist eru mítlarnir sníkjudýr, stunda nytjastuld (e. kleptoparasites) innan búsinns eða samskipti tegundanna flokkast sem gistilífi (e. commensalism) eða samhjálp (e. mutualism). Mítlarnir éta frjókorn, blómasafa og byggingarefni humlanna inni í búnum en geta á sama tíma gert gagn með því að hreinsa búin og taka til, fjarlægja til dæmis úrgang frá liffum og halda skaðlegum sveppagróðri og ýmsum óæskilegum lifverum í skefjum.

Ásætumítlum (Acari) var safnað af 53 drottningum þriggja algengra humlutegunda (*Bombus* spp.) á Íslandi vorið 2017. Flestar drottninganna voru fangaðar á Reykjavíkursvæðinu. Allar drottningarnar báru ásætumítla, allt upp í fjórar tegundir hver. Tvær tegundir ásætumítla voru áður þekktar hér á landi en þrjár nýjar eru staðfestar í fyrsta sinn í þessari rannsókn.

Ein tegundanna sem fannst, *Pneumolaelaps marginopilosa*, er talin stunda hreinan nytjastuld inni í búnum. Þegar á heildina er litið flokkast samskipti hinna tegundanna fjögurra við humlurnar líklega undir samhjálp og hafa því óveruleg áhrif á humlubúin.

INNGANGUR

Humlur, *Bombus* (Latreille, 1802), mynda sérstaka ættkvísl innan býflugnaættarinnar (Apidae). Að minnsta kosti 258 tegundir eru þekktar í heiminum¹ og gegna þær mikilsverðu hlutverki sem frjóberar við frævun blómplantna. Útbreiðslan er að mestu leyti bundin við tempruð landsvæði, einkum fjalllendi ofan skógarmarka, en sums staðar á norðurhveli nær útbreiðslan inn á heimskautssvæðin.^{2,3}

Humlur eru félagsskordýr sem stofna til tiltölulega faliðaðra búa – með nokkrum tugum upp í nokkur hundruð einstaklinga í hverju – og byggir hver drottning einungis eitt bú á ári. Framan af sumri eru afkomendurnir ókynþroska kvendýr. Þau taka fljótlega við rekstri búsinns, sjá um drottninguna og annast umönnun ungvíðisins í búinu sumarlangt.² Í lok sumars klekjast í búinu karldýr og tilvonandi drottningar næsta árs (e. gyne). Kynin makast, ókynþroska

kvendýr og karldýr drepast og búið leysist upp.³ Tilvonandi drottningar lifa áfram, taka til við að safna fituforða fyrir veturinn og leita að hentugu fylgsni neðanjarðar þar sem þær liggja í dvala fram á vor.

Árið 2016 birtist yfirlitsgrein um humlufánu Íslands þar sem greint var frá því sem þekkt var um landnáms sögu og útbreiðslu þeirra sex tegunda sem staðfestar hafa verið hér á landi.⁴ Í greininni er auk þess að finna ýtarlegar upplýsingar um líffræði og ýmiss konar aðlögun tegundanna. Þar kemur fram að móhumlan *Bombus jonellus* (Kirby) (1. mynd a) er útbreidd um land allt og er tegundin talin hafa lifað öldum saman á Íslandi. Húshumlan *B. lucorum* (L.) (1. mynd b) fannst fyrst í Reykjavík 1979. Síðan hefur hún náð að breiðast út um allt land og er nú (2021) algeng í öllum landshlutum. Tvær humlutegundir hafa aldrei farið út fyrir suðvesturhluta landsins, garðhumla, *B. hortorum* (L.), og rauðhumla, *B. hypnorum* (L.) (1. mynd c). Garðhumla var fyrst staðfest hér á landi 1959.⁵ Hún hvarf að mestu á níunda áratugnum en eftir 2009 tók stofninn að rétta úr kútnum.⁶ Rauðhumla var fyrst staðfest í námunda við Keflavíkurlugvöll árið 2008. Síðan hefur tegundin náð umtalsverðri útbreiðslu suðvestanlands. Ryðhumla, *B. pascuorum* (Scopoli), fannst fyrst í Hveragerði 2010 og hefur einnig náð útbreiðslu á Akureyri. Sjötta tegundin, *B. pratorum* (L.), sem við leggjum til að verði nefnd *engjahumla*, fannst sumarið 2010 á Eskifirði.⁴ Frá árinu 1994 hefur ein tegund til viðbótar, *B. terrestris* (L.),



1. mynd. Þrjár humlutegundir (*Bombus* spp.) á Íslandi voru rannsakaðar með tilliti til ásætumítla vorið 2017. A. Móhumla (*B. jonellus*). B. Húshumla (*B. lucorum*). C. Rauðhumla (*B. hypnorum*). Ásætumítillinn *Parasitellus fucorum* er áberandi á flestum humlum að vorlagi og sést með berum augum. Smávaxnari ásætumítla finnst við leit á flugunum undir víðsjá. – Three bumblebee species (*Bombus* spp.) were surveyed with the emphasis on their phoronts in the spring of 2017. A. Heath bumblebee (*B. jonellus*). B. White-tailed bumblebee (*B. lucorum*). C. Tree bumblebee (*B. hypnorum*). The large *Parasitellus fucorum* is seen with the naked eye, the smaller species are detected under the stereomicroscope. Ljósmynd: A. Páll B. Pálsson. B. Erling Ólafsson. C. Páll M. Skúlason.

verið notuð sem frjódreifari í gróðurhúsum hér á landi og hefur hún verið flutt inn reglulega í því skyni. Raunar telja Prýs-Jones og félagar⁴ líklegt að hún hafi þegar náð fótfestu í íslenskri náttúru. Þeir álíta að allar tegundirnar hafi borist til landsins fyrir tilverknað mannsins. Móhumlan hafi borist til landsins þegar á landnámsöld með skipum sem fluttu hingað vörur, svo sem hey, en hinar tegundirnar hafi borist í farangri eða með vörum sem fluttar voru til landsins með skipum eða flugvélum.⁴

Staðsetning búanna er mismunandi. Sumar humlutegundirnar gera sér bú neðanjarðar, eða nálægt yfirborði jarðar, og nýta oft gamlar músarholur, þykkann mosa, grjót eða gróður sem skýli fyrir búin. Aðrar kjósa nábyli við manninn og velja búinu stað inni í holum húsveggjum, undir sólpöllum eða gangstéttarhellum, inni á háaloftum og í yfirgefnum fuglshreidrum uppi í trjám.^{4,6,7}

Mítlar (Acarina) mynda stærsta hópinn í flokki áttfætlna (Arachnida) og eru tegundirnar rúmlega 48 þúsund.⁸ Mikil fjölbreytni einkennir hópinn (sjá innskotsgrein) og finnst mítlar nánast hvar sem er í heiminum, allt frá túndrusvæðum heimskautanna til eyðimerkursanda og dýpstu ála heimshafanna. Þeir lifa einnig í húð manna og jafnvel í augnhárasekkjum. Fjölmargar mítlategundir hafa tekið upp snikjulífi og hrjá þær velflestar tegundir hryggdýra, hryggleysingja og plantna,⁹ og eru humlurnar engin undantekning. Í búunum lifa fjölmargar tegundir mítla nábyli við humlur¹⁰ en gegna þar marg-

víslegu hlutverki, stundum til góðs fyrir humlurnar, stundum til tjóns.

Þegar sól hækkar á lofti og hlýna tekur í veðri vakna humludrottningar af vetrardvala og hefja leit að hentugum stað fyrir búskapinn á komandi sumri. Drottningarnar fara víða í leit sinni og eru oft þaktar mítlum, sem margir veita athygli og velta fyrir sér hvaða hlutverki þeir kunni að gegna. Sumir þeirra eru samt það smávaxnir að þeir sjást ekki berum augum. Til þessa hafa óverulegar rannsóknir verið gerðar á humlumítlum hér á landi. Þýski mítlafræðingurinn Max Sellnick¹¹ greindi fjölda brynju- og ránmítla frá Íslandi á fjórða áratug síðustu aldar. Tegundina *Pneumolaelaps marginipilosa* fann hann í yfirgefnum hagamúsarholu við bæinn Gröf í Skaftártungu og lýsti tegundinni fyrstur manna. Hún er vel þekktur fylgiskur humla víða um heim.¹² Kristján Kristjánsson¹³ nefnir ógreinda humlumítla á móhumludrottningum í ritgerð árið 1983 og árið 2016 tilgreinir Erling Ólafsson¹⁴ á vef Náttúrufræðistofnunar að tegundin *Parasitellus fucorum* (De Geer, 1778) finnst á hús-, ryð- og rauðhumlum hér á landi. Tegundina nefndi hann *humlumítill* sem er ágætt samheiti fyrir mítla sem finnst á humlum. Þar sem tegundirnar eru margar bíður það verkefni framtíðarinnar að gefa öllum tegundunum sem hér finnst íslensk heiti.

Markmið verkefnisins sem hér er fjallað um var að safna ásætumítlum af humludrottningum sem nýlega voru vaknaðar úr vetrardvala, greina tegundirnar, telja einstaklingana og skrá hvar á

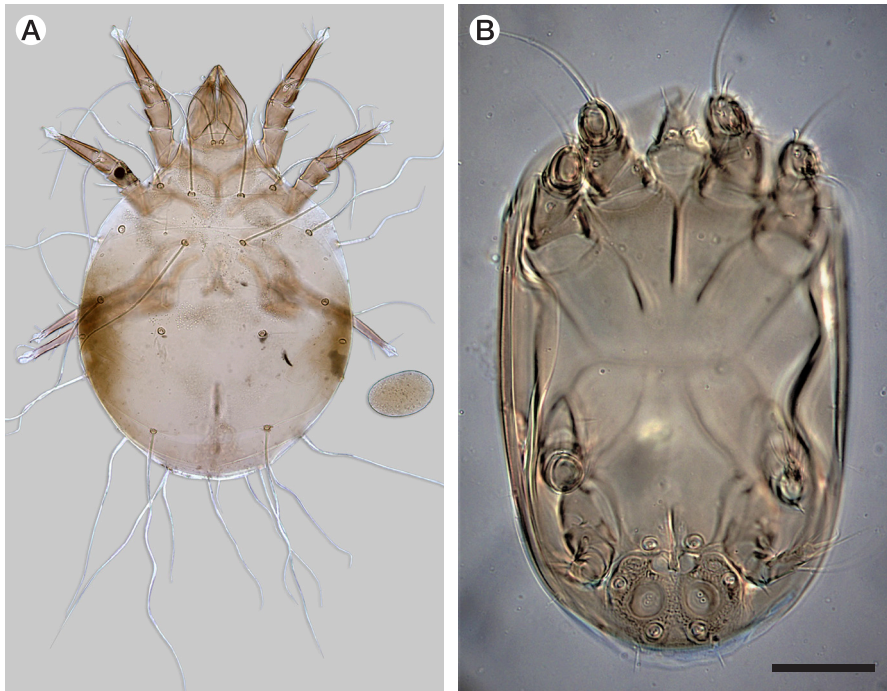
líkama flugnanna viðkomandi tegundir fundust, kanna erlendar heimildir um lífshætti tegundanna og ræða í framhaldinu möguleg áhrif tegundanna á búskap humlanna. Í því skyni voru drottningar fangaðar á vordögum 2017 á nokkrum stöðum á landinu. Viðlíka rannsóknir hafa ekki áður farið fram hér á landi.

EFNIVÍÐUR OG AÐFERÐIR

Söfnun og tegundargreining humla

Humludrottningum, 53 talsins, var safnað á tímabilinu 30. apríl til 24. maí 2017 (1. mynd). Flestar, 42, voru fangaðar dagana 4.–6. maí á þremur aðskildum stöðum á höfuðborgarsvæðinu, 14 við Tilraunastöðina á Keldum, 17 í Þverási í Árbæjarhverfi og 11 í Kópavogsdal. Samtals voru þetta 22 rauðhumludrottningar, 15 húshumlur og 5 móhumlur. Móhumludrottningarnar voru allar fangaðar í Kópavogsdalnum. Næstflestar komu frá Egilsstöðum, 8 húshumlur sem voru fangaðar þar á tímabilinu 3.–24. maí. Að auki var fönguð húshumla á Svignaskarði 30. apríl, önnur 6. maí á Selfossi, og ein rauðhumla 16. maí í Laugarási í Biskupstungum.

Drottningarnar voru oftast fangaðar í léttan háf þar sem þær sátu á blómum eða á víðireklum, en drottningarnar úr Þveráshverfinu (13 húshumlur, 4 rauðhumlur) voru teknar flögrandi á gleri í gróðurhúsi eftir að hafa flogið inn um opinn glugga. Hver drottning var strax færð í 12 ml glerglas (með þéttum tappa) sem áður hafði verið hálfyllt af 70% etanóli. Ásætur sem losnuðu



2. mynd. Fitumítillinn *Kuzinia cf. laevis* (Astigmata) er algengur í búum íslenskra humlategunda. Þar lifa öll þroskastig tegundarinnar meðal annars á frjókornum, blómasafa og byggingarefnum búsins. A. Fullorðinn mítill. B. Dreifingarform tegundarinnar, gyðlustig númer tvö, sem lifir hina köldu mánuði ársins áfast drottningum í vetrardvala og berst með þeim inn í búið þegar það er byggt vorið eftir. Gyðlan er flatvaxin, munnlimir og fætur óþroskaðir. Sogskálar hjálpa til við að halda dýrinu föstu á drottningunum. – *Kuzinia cf. laevis* is a common mite in bumblebee nests in Iceland where all developmental stages of the life cycle live and feed on pollen, nectar, cocoon material and organic refuse. A. Adult mite. B. The dorso-ventrally flattened deutonymph, the so-called hypopus is the dispersal stage. It overwinters attached to the queens and enters with them into a new nest next spring. Ljósmynd./Photo: A. Pavel Klimov, Bee Mite ID (idtools.org/id/mites/beemites). B. Karl Skírnisson & Guðný Rut Pálsdóttir. Stærð A er óþekkt. Bjálki/scale bar á B = 50 µm.



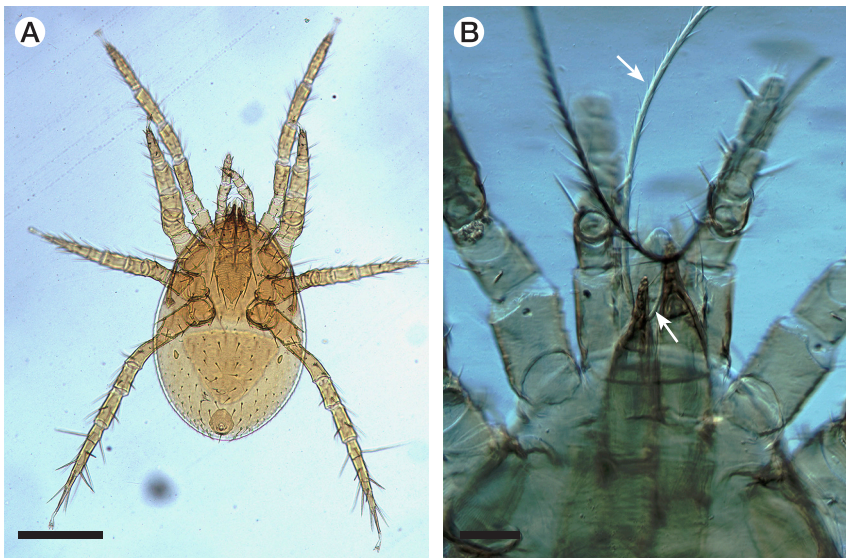
3. mynd. Tvö misstór fullorðin kvendýr flosmítillsins *Scutacarus acarorum* (Prostigmata). Kvendýrin festa sig með öflugum krókum við drottningar áður en þær leggjast í vetrardvala. Þegar vorar og humlurnar fara á flug fylgja mítlarnir drottningunum inn í nýja búið. Þar gerir þessi flosmítill gagn með því að éta skaðlegan sveppagróður. – *Scutacarus acarorum* (Prostigmata), two different-sized adult females. In the autumn the females use powerful claws to grasp onto wintering queens, in spring they join them into the new nest where they primarily feed on fungi and can be beneficial by cleaning the nest. Bjálki/scale bar = 100 µm. Ljósmynd./Photo: Karl Skírnisson & Guðný Rut Pálsdóttir.



4. mynd. Kvendýr ránmítillsins *Pneumolaelaps marginepilosa* (Mesostigmata). Mítillinn fannst á húshumlu (*Bombus lucorum*). Frjóduft og hunang laða þessa tegund að humlubúum. – *Pneumolaelaps marginepilosa* (Mesostigmata) females were found to be attached to *Bombus lucorum*. Pollen and honey serve as the main food source. Bjálki/scale bar = 250 µm. Ljósmynd./Photo: Karl Skírnisson & Guðný Rut Pálsdóttir.



5. mynd. Kvendýr ránmítillsins *Proctolaelaps longisetosus* (Mesostigmata) fundust á öllum humlutegundunum í rannsókninni. Lítið er vitað um fæðuvenjur mítillsins í humlubúum en tannleysi klóskeranna bendir til þess að tegundin stundi ekki ránlífi heldur lifi á frjódufti. – *Proctolaelaps longisetosus* (Mesostigmata) females were found to be attached to all bumblebee species examined in the survey. The feeding habits are uncertain but stout edentate chelicerae suggests it feeds on pollen instead of being predatory. Bjálki/scale bar = 250 µm. Ljósmynd./Photo: Karl Skírnisson & Guðný Rut Pálsdóttir.



6. mynd. Mítillinn *Parasitellus fucorum* (Mesostigmata) var algengasti ásætumítillinn í rannsókninni. A. Gyðlustig númer tvö (deutonymph) er dreifingarstigið í lífsferlinum. B. Klóskæri gyðlunnar halda dýrinu föstu með því að grípa fast utan um hár (hvítar örvar) á loðnum búk humlunnar. Mikill fjöldi áhangandi mítla getur komið niður á flughæfni humlunnar. – *Parasitellus fucorum* (Mesostigmata) was the most frequently found mite in the study. A. Deutonymphs are the dispersing stage in the life cycle. B. The mites attach themselves firmly to the bumblebee using the chelicerae (dark brown) to grasp to body setae (white arrows). Photo A: Bjálki/scale bar = 500 μ m. Photo B: Bjálki/scale bar = 100 μ m. Ljósmynd: Karl Skírnisson & Guðný Rut Pálsdóttir.

af þeim söfnuðust fyrir í geymsluvökvanum. Glösin voru jafnóðum merkt með hlaupandi númerum, söfnunarstað, dagsetningu og upplýsingum um hver safnaði. Þessar upplýsingar voru skráðar á sérstakt eyðublað fyrir hverja flugu. Þar voru niðurstöður greininga og talninga skráðar og upplýsingarnar að endingu færðar í Excel-skjal.

Drottningarnar voru greindar til tegundar eftir greiningarlykli Prýs-Jones og Corbet¹⁵ en einnig var stuðst við upplýsingar frá Erling Ólafssyni á vef Náttúrufræðistofnunar Íslands.⁶

Söfnun og tegundargreining ásætumítla

Leitað var að mítlum á hverri drottningu við 10–25 falda stækkun í viðsjá eftir að flugunni og innihaldi söfnunarglassins hafði verið hvolft niður í litla glerskál (20 ml). Staðsetning mítla á flugunni var skráð og þeir síðan losaðir niður í geymsluvökvan með finni sprautunál (þvermál 0,5 mm, lengd 25 mm) sem fest hafði verið á skaft þannig að hægt var að beita nálinni eins og hárbeittum hnífi. Þegar allir mítlar höfðu verið losaðir voru þeir gróflega flokkaðir eftir útliti, færðir á eitt eða fleiri smásjargler

og steypdir þar inn í Hoyer-innsteypingarefni undir þekjugleri.¹⁶ Smásjarglerið var í framhaldinu þurrkað í hitaskáp yfir nótt við 60°C.

Ekki var tiltækur öruggur greiningarlykill fyrir ættkvíslina *Kuzinia* en talið er að þar sé á ferðinni tegundin *Kuzinia* cf. *laevis* (Dujardin, 1849) (Astigmata: Acaridae) (2. mynd). Greining *Scutacarus acarorum* Goeze, 1780 (Prostigmata: Scutacaridae) (3. mynd) byggist á greiningarlykli Khaustovs.¹⁷ *P. marginopilosa* (Sellnick, 1938) (Mesostigmata: Laelapidae) (4. mynd) var greindur erlendis (sjá neðar). Við greiningu *Proctolaelaps longisetosus* (Postner in Westerboer, 1963) (Mesostigmata: Ascidae) (5. mynd) var stuðst við myndir og lýsingar Klimovs og félaga¹⁸ og við greiningu *P. fucorum* (Mesostigmata: Parasitidae) (6. mynd) var stuðst við greiningarlykil eftir Hyatt.¹⁹ Eintök af ásætumítlategundum voru send Barry M. OConnor, mítla-sérfræðingi við háskólann í Michigan í Bandaríkjunum, sem aðstoðaði höfunda við greiningu og staðfesti greiningar þeirra. Að greiningarvinnu lokinni voru mítlar einstakra tegunda taldir til að ákvarða fjölda á hverri flugu fyrir sig.

Smitskilgreiningar

Smithlutfall er hlutfall einstaklinga sem bera mítla í úrtaki og meðalsmitmagn er meðalfjöldi mítla á hvern einstakling (1. tafla). Staðalfrávik (SD) meðalsmitmagns var reiknað í forritinu Excel.

Ljósmyndun

Höfundar tóku smásjármyndir af ásætumítlum á Tilraunastöðinni á Keldum með stafrænni myndavél (Nikon DS-V11). Hún var fest á DMLB Leica-smásjá sem útbúin var með skerpaukandi linsum (Nomarski Interference Contrast). Getið er um ljósmyndara drottninganna í myndatextum.

NIÐURSTÖÐUR

Humlutegundir

Drottningar þriggja humlutegunda náðust til rannsóknna (1. mynd). Hlutföll húshumlur og rauðhumlu í aflu voru svipuð (25 á móti 23). Móhumlur fundust einungis í Kópavogsdal. Allar drottningarnar frá Egilsstöðum voru húshumlur, og sama er að segja um stöku flugurnar frá Selfossi og Svignaskarði. Staka flugan úr Laugarási var rauðhumla.

1. tafla. Yfirlit um ásætumítlategundir á 53 drottningum þriggja humlutegunda (*Bombus* spp.) þegar þær fóru að fljúga um í leit að ákjósanlegum bústöðum eftir vetrardvala vorið 2017, ásamt upplýsingum um smíthlutfall, meðalsmitmagn (ásamt staðalfrávik) og mesta fjölda einstakra mítlategunda á viðkomandi humlutegund. – Phoretic mite species attached to three bumblebee species (*Bombus* spp.) in Iceland searching for nest site after the hibernation phase in spring 2017 with information on the prevalence of infection, mean abundance (with standard deviation) and the maximum number of mites found on the respective bumblebee species.

Mítlategund Mite species	<i>Kuzinia laevis</i>	<i>Scutacarus acarorum</i>	<i>Pneumolaelaps marginepilosa</i>	<i>Proctolaelaps longisetosus</i>	<i>Parasitellus fucorum</i>
Hópur Group	Fitumítill Astigmata	Flosmítill Prostigmata	Ránmítill Mesostigmata	Ránmítill Mesostigmata	Ránmítill Mesostigmata
Móhumla – <i>Bombus jonellus</i> (n=5)					
Smíthlutfall – prevalence of infection (%)	100	0	0	60	80
Meðalsmitmagn – mean abundance (±SD)	119 (±100)	0	0	2 (±1)	2 (±2)
Mesti fjöldi á flugu – max number per fly	233	0	0	3	2
Húshumla – <i>Bombus lucorum</i> (n=25)					
Smíthlutfall – prevalence of infection (%)	92	56	8	40	96
Meðalsmitmagn – mean abundance (±SD)	264 (±304)	35 (±74)	7 (±8)	2 (±1)	71 (±126)
Mesti fjöldi á flugu – max number per fly	1102	284	12	3	576
Rauðhumla – <i>Bombus hypnorum</i> (n=23)					
Smíthlutfall – prevalence of infection (%)	52	17	0	9	100
Meðalsmitmagn – mean abundance (±SD)	43 (±67)	29 (±48)	0	2 (±1)	55 (±63)
Mesti fjöldi á flugu – max number per fly	239	108	0	3	225

Tegundir og algengi ásætumítla

Fimm tegundir mítla af þremur mismunandi ættbálkum fundust í rannsókninni, ein af ættbálki fitumítla (Astigmata, *K. cf. laevis*), ein af ættbálki flosmítla (Prostigmata, *S. acarorum*) og þrjár tegundir af ættbálki ránmítla (Mesostigmata, *P. marginepilosa*, *P. longisetosus* og *P. fucorum*) (1. tafla).

Algengasta tegundin var *P. fucorum*. Mítillinn fannst á öllum drottningum í rannsókninni nema á einni móhumlu og einni húshumlu. Heildarsmittiðnin var 96,2%. Meðalsmitmagn var mest á húshumlu (71 ±126, mesti fjöldi á flugu 576 mítlar). Næst kom rauðhumla (55 ±63, mesti fjöldi á flugu 225 mítlar) en minnst var á móhumlu (2 ±2, flestir fundust 2 mítlar á flugu) (1. tafla).

Næstalgengasti ásætumítillinn í rannsókninni var *K. cf. laevis*. Sá fannst á öllum móhumlum (100%), öllum húshumlum nema tveimur (92%) og ríflega helmingi rauðhumlanna (52%). Heildarsmittiðnin var 75,5%. Meðalsmitmagn var mest á húshumlu, (264 ±304, mesti fjöldi á flugu 1.102 mítlar), næst kom móhumla (119 ±100, mesti fjöldi á flugu 233) en fæstir mítlar fundust á rauðhumlu (meðalsmitmagn 43 ±67, flestir mítlar á flugu 239) (1. tafla).

Þriðji algengasti var *S. acarorum*. Mítillinn var algengari á húshumlu (56%) en rauðhumlu (17%) en fannst ekki á

móhumlu. Heildarsmittiðnin var 34% og meðalsmitmagnið heldur hærra hjá húshumlu (35 mítlar, mesti fjöldi á flugu 284) en hjá rauðhumlu (29 og 108) (1. tafla).

Í fjórða sæti var *P. longisetosus*. Hann fannst á þremur móhumlum (60%), 10 húshumlum (40%) og 2 rauðhumlum (9%). Heildarsmittiðnin var 28,3%. Meðalsmitmagnið var hið sama hjá öllum humlutegundunum, tveir mítlar hjá hverri, og aldrei fundust fleiri en fjórir mítlar tegundarinnar á drottningu.

Sjaldgæfastur var *P. marginepilosa*. Hann fannst einungis á húshumlum frá Egilsstöðum. Þar fannst hann á tveimur drottningum; tólf mítlar á annarri, einn á hinni.

Fjöldi ásætutegunda á hverri drottningu

Algengast var að þrjár tegundir ásætumítla væru á hverri drottningu (37,7% flugnanna). 34% drottninganna voru með tvær tegundir ásætumítla og 18,9% með eina ásætutegund. Þrjár drottningar (9,4%) voru með fjórar tegundir.

Hvar sitja mítlarnir á humludrottningum?

Mítlar taka sér bólfestu víða á líkama drottninganna. Stórvöxnu ránmítlategundirnar (Mesostigmata) hanga á hárum víða um líkama drottning-

anna, einkum þó á stöðum þar sem þær ná ekki að krefsa mítlana af með fótunum. Mítlarnir í rannsókn okkar sátu hvað þéttast á hliðum, bæði á fram- og afturbol; stundum einnig ofanvert á haus og afturbol (1. mynd). Smávöxnu tegundirnar, *K. cf. laevis* og *S. acarorum*, sátu fyrst og fremst á hárlausa svæðinu á bakplötum og á mótum fram- og afturbolsins, og á styrktarlistum neðst á vængjunum, nánar tiltekið þar sem þessir smávöxnu mítlar ná að festa sig við slétt undirlag.

UMRÆÐUR

Landnám humla og mítla

Eins og fram kom í inngangi er talið er að allar humlutegundirnar hafi borist með mönnum til Íslands⁴ og er talið fullvíst að ásætumítlarnir hafi fylgt þeim á því ferðalagi.

Algengi humlutegundanna

Tiltölulega jafnt hlutfall húshumlu og rauðhumlu (25:23) í söfnun drottninga á Reykjavíkursvæðinu í maí 2017 bendir til þess að tegundirnar hafi þá verið álíka algengar á söfnunarstöðunum. Móhumla virðist aftur á móti hafa verið heldur sjaldgæfari. Hún hefur átt í harðri samkeppni við sér stærri tegundir og hrakist úr gördum.⁶ Móhumlan fannst einungis á

FLOKKUN OG LÍFSFERLAR MÍTLA

Mítlar (Acari) eru fjölbreyttur hópur áttfætlna (Arachnida) sem skipt er upp í nokkrar flokkunarfræðilegar einingar eftir útliti og líkamsbyggingu, meðal annars því hvar öndunarop (*stigma*) eru á líkamnum (Pro- og Mesostigmata) eða hvort þau vantar (Astigmata). Sérfræðingar hafa áætlað að einungis sé búið að lýsa um 5% þeirra mítlategunda sem taldar eru lifa í heiminum. Þar er því mikið verk enn óunnið. Á vefnum Fauna Europea⁴⁰ er mítlum skipt í sex ættbálka. Erling Ólafsson skordýrafræðingur hefur gefið fimm þeirra íslensk heiti og eru þau notuð í þessari samantekt.⁴¹ Ættbálkinn Astigmata nefndi hann *fitumítla*, Oribatida *brynjumítla*, Prostigmata *flosmítla*, Ixodida *blóðmítla* og Mesostigmata *ránmítla*. Ættbálkurinn Notostigmata hefur enn ekki hlotið íslenskt nafn.

Lífsferlar mítla eru margbreytilegir. Þeir endurspeglar langa þróun og sérlega fjölbreytta aðlögun að breytilegum lífsskilyrðum. Tímgunin fylgir samt ákveðnu grunnstefi. Fullorðnir mítlar eru sérkynja og oft er verulegur útlitsmunur á kynjunum. Eftir mökun verpa kvendýrin eggjum sem þroskast þar til úr þeim skríður sexfætt lifra. Lirfan getur fært sig um set og byrjar strax að nærja sig í námunda við varpstaðinn. Eftir ákveðinn tíma þroskast hún í áttfætta gyðlu (e. protonymph). Sú þroskast yfirleitt áfram í annars stigs gyðlu (e. deutonymph) (2. mynd) sem síðan verður annaðhvort að karl- eða kvenmítli. Fjöldi gyðlukynslóða getur verið breytilegur. Sjaldnast er gyðlustigið bara eitt. Brynjumítlarnir (Oribatida) hafa þrjú gyðlustigi (þriðja stigið e. tritonymph). Kynslóðartíminn er mjög breytilegur. Hjá sumum flos- og ránmítlum tekur lífsferillinn aðeins tvo til þrjá daga en hjá sumum brynjumítlum rúm t.ár.⁹

Ásætumítlar á humlum hér á landi tilheyra þremur ofangreindra ættbálka. Ættkvíslin *Kuzinia* tilheyrir fitumítlunum (Astigmata), *Scutacarus* er flosmítill (Prostigmata) og eru fulltrúar þessara ættkvísla báðir smávaxnir. Stórvöxnu ásæturnar *Pneumolaelaps*, *Proctolaelaps* og *Parasitellus* tilheyra allir ránmítlættbálkinum Mesostigmata.

Hjá mítlum er yfirleitt aðeins eitt þroskastig í lífsferlinum sérhæft til að taka sér far. Þessi stig eru annaðhvort fullvaxta kvendýr eða gyðlustig númer tvö.⁹ Innan ættkvíslanna *Scutacarus*, *Pneumolaelaps* og *Proctolaelaps* eru það fullorðin kvendýr sem festa sig við humlurnar. Þau hafa makast áður en þær fara á flakk og geta því verpt þar sem nýja búinu hefur verið valinn staður. Innan ættkvíslanna *Kuzinia* og *Parasitellus* eru það annars stigs gyðlur sem festa sig við flugurnar. Mikill fjöldi einstaklinga er yfirleitt fastur á humlunum og í nýja búinu þroskast þeir annaðhvort í karldýr eða kvendýr sem makast og halda þannig lífsferli tegundarinnar áfram. Annars stigs gyðla tegundarinnar *K. cf. laevis* er um margt sérstæð og er hún oft nefnd flökkugyðla (e. phoretic deutonymph).

einum af þremur söfnunarstöðunum, í blómstrandri hrossaffilbreiðu (*Petasites hybridus*) á bakka Kópavogslækjar. Þar náðust auk þess nokkrar húshumlur en engin rauðhumla.

Engar garðhumlur náðust til rannsóknna vorið 2017. Sú tegund hefur þó verið í afturbata undanfarin ár eftir að stofn hennar hafði verið í lægð áratugum saman fram til ársins 2009.⁶

Tegundir ásætumítla á humlum

Mítlategundirnar fimm sem fundust í þessari rannsókn eru allar þekktar ásætur á humlum erlendis og finnast í humlubúum um allan heim.^{12,17,20-27}

Ein tegundanna, *P. longisetosus*, finnst einnig í hreiðrum nagdýra¹⁸ og *Scutacarus*-mítlar eru ekki eingöngu háðir búsetu í humlubúum því vitað er þeir geta einnig lifað á engjum og í skóglendi.²⁸

Fæðuval og áhrif mítla í humlubúum

Fæðuval mítla í humlubúum er mjög misjafnt. Þetta á ekki einungis við um ólíkar tegundir heldur einnig um lífsform sömu tegundar. Hér má sjá afleiðingar langrar þróunar og „málamiðlana“ þar sem báðir aðilar hafa náð að aðlagast aðstæðum þannig að þeir geti lifað í sátt og samlyndi. Klimov og félagar¹⁸ skrifuðu nýlega yfirlit um fæðuval og samskiptaform mítla og humla.

Fæðuval *K. cf. laevis* er afar fjölbreytt. Mítlarnir nærast á frjókornum og blómasafa sem flugurnar bera inn í búin en einnig leggja mítlarnir sér til munns ýmsan lífrænan úrgang í búinu, byggingarefni búsin og sveppi og þráðormma sem geta valdið skaða.²⁹⁻³¹ Þegar upp er staðið er tegundin ekki talin skaða humlurnar. Mítlarnir valda tjóni með því að éta frjóduft og blómasafa frá lirlfum sem eru í uppvexti í búinu. Á

móti étur mítillinn þráðormma og sveppi og hefur með því jákvæð áhrif.

S. acarorum étur aðallega smásæjan sveppa- og myglugróður innan búsin^{23,32} þannig að þegar á heildina er litið skaða þessir mítlar ekki humlurnar, og er tilvist þeirra frekar af hinu góða þar sem þeir éta skaðlega myglu.

Fæða *P. fucorum* í humlubúum er breytileg eftir lífsstigum og kyni. Kvendýr og annað gyðlustigið kjósa helst að éta sykrað ysta lag frjókorna sem humlurnar hafa borð inn í búin, og valda þar með ákveðnum skaða.³³ Á hinn bóginn gera fullorðin karldýr, lirlfur og fyrsta stigs gyðlur verulegt gagn með því að lifa ránlífi innan búsin. Þau veida sér skordýr sér til matar og éta egg þeirra. Heildaráhrifin eru því talin vera í jafnvægi.

P. marginipilosa lifir á frjókornum og blómasafa í humlubúum. Öll stig í lífs-

FERJUN, FARÞEGAR OG FERJUR



7. mynd. Tvö fullorðin kvendýr flosmítillsins *Scutacarus acarorum* (Prostigmata) (sjá 3. mynd) föst á haus annars stigs gyðlu mítillsins *Parasetellus fucorum* sem sjálf hékk föst á búkhári humlu. Á innföldu myndunum sést hvernig *S. acarorum* krækir öflugum krókum á fremsta fótapari utan um hár á *P. fucorum*-gyðlu. – Two adult *Scutacarus acarorum* females attached to the head of *Parasetellus fucorum* deutonymph removed from a bumblebee. Example of hyperphoretic behaviour. Claws of tarsus on leg I hold fast onto body setae of the phoretic mite. Bjálki/scale bar = 500 μ m. Ljósmynd./Photo: Karl Skirnisson & Guðný Rut Pálsdóttir.

Hugtakið ferjun (e. phoresy) er notað um tengsl lífvera þar sem farþegi (e. phoront), til dæmis humlumítill, festir sig tímabundið við aðra lífveru, svonefnda ferju, til dæmis humlu, og ferðast áfastur henni milli staða án þess þó að lifa á henni sníkjulífi. Sníkjulífi felur aftur á móti í sér að sníkjudýrið lifir á eða inni í annarri lífveru, svonefndum hýsli. Þar lifir sníkjudýrið á kostnað hýsilsins, langoftast með því að ræna hann næringu eða valda honum öðrum skaða og óþægindum. Skilin milli ferjunar og sníkjulífis geta orðið óljós, svo sem þegar fjöldi stórvaxinna mítla sem hangir utan á humlu er orðinn svo mikill að flughæfni flugunnar (ferjunnar) skerðist vegna þyngdaraukningar og skertrar hreyfigetu. Hér skiptir fjöldi farþega á hverjum tíma máli.

Orðið *phóresis*, sem stendur að baki alþjóðaorðinu um ferjun (e. phoresy, fr. phoresie, þ. Phoresie o.s.frv.), er grískt og dregið af sögninni *phérō*, að bera. Ferjun gegnir margvíslegu hlutverki í viðgangi tegunda þar sem þessi aðferð hefur þróast, svo sem að auka útbreiðslu farþegategundarinnar, flytja hana til nýrra búsvæða og einnig að koma í veg fyrir innræktun. Það gera sumir ásætumítlar með því að sleppa taki sínu á hárinu sem gripið hafði verið utan um í búi humlunnar og láta sig falla niður í blóm sem flugan heimsækir til að safna þar næringu og bera í leiðinni frjókorn milli blóma. Í blóminu getur mítillinn nefnilega skipt um ferju. Hann festir sig þá við flugu úr öðru búi, fylgir henni heim á leið og ber þannig nýtt erfðaefti inn í búið séu fleiri hans líkar þar fyrir.

Farþegar eru flokkaðir eftir sérhæfingu. (1) Ósérhæfðir farþegar nýta líkamsparta sem þegar eru til staðar, til dæmis klóskæri á haus eða króka á fótum, til að halda sér í ferjuna. Þessir líkamspartar eru svipaðir útliti hjá öllum lífsstigum tegundanna (gyðlum jafnt sem fullorðnum karl- og kvendýrum) og hafa margvíslegan annan tilgang en að festa sig við ferjuna, svo sem við fæðuöflun eða hreyfingu. Dæmi um ósérhæfða farþega eru stórvöxnu tegundirnar, ránmítlarnir *P. fucorum*, *P. longisetosus* og *P. marginepilosa*, sem hafa öflug klóskæri til að grípa utan um hár sem standa út úr bók humlanna.¹⁸ Ljósmynd náðist af mítili sem hélt fast um hár humlu (6. mynd). (2) Hjá sérhæfðum farþegum er sérstakt gyðlustig nýtt til ferjunarinnar, flökkustigið. Það er að útliti frábrugðið öðrum lífsformum tegundarinnar, og er lagað sérstaklega að ferjuninni, svo sem með öflugu fyrsta fótapari til að hanga með, sogskálum á neðra borði eða þannig að límkennt efni, seytt úr kirtlum á afturendanum, límir gyðluna við sléttan flöt á ferjunni.^{9,37} Fitumítillinn smávaxni *Kuzinia* cf. *laevis* (2. mynd) er ágætt dæmi um sérhæfðan farþega. Hann festir sig tryggilega við ferjuna á hárlitlum eða sléttum líkamspörtum með sogskálum sem hann ber á afturhluta líkamans. Fullorðinsstig tegundarinnar lifir í humlubúinu og er gjörólíkt flökkustiginu í útliti (2. mynd). Hin smávaxna tegundin á Íslandi, *S. acarorum*, notar aftur á móti sérstaka króka á fyrsta fótapari til að krækja utan um hár á bók humlanna.^{42,43} Merkileg aðlögun hefur orðið hjá þessari tegund, því að auk þess að festa sig við hár á sjálfri humlunni nýtir hún stundum mítla eins og *P. fucorum* til ferjunar í stað flugunnar. Þá festir hún sig á hár hans þegar hann er farþegi á flugu. Þessi hegðan er vel þekkt og nefnist á ensku *hyperphoresy*.^{17,23,26,30} Í rannsókn okkar sáum við þetta stundum og náðum af því ljósmyndum (7. mynd).

ferli tegundarinnar halda sig í námunda við geymslustaði þessa góðgætis inni í búunum og þar er setið að gnægtaborði. Aðrar tegundir ættkvíslarinnar eru taldar nærast með því að drekka blóðvökva úr særðum humlum.³⁴ Ekki er getið um nein jákvæð áhrif af veru mítlanna í búinu þannig að á heildina litið virðast samskipti tegundanna einungis neikvæð fyrir humlurnar. Flokkast þau því sem hreinum nytjastuldur (e. kleptoparasitism).^{34,35}

Lítið er vitað um fæðuval mítilsins *P. longisetosus*. Áhrif tegundarinnar innan humlubúa eru því að mestu ókunn en lögun munnlimanna hefur þótt benda til þess að tegundin sé að flysja frjókorn og éta utan af þeim fremur en að veiða skordýr.³⁶

Hvaða stig í lífsferlinum taka sér far með humlum?

Í lífsferli mítla festa tvö mismunandi þroskastig sig við humlur (sjá innskotsgrein), (1) annars stígs gyðlur og (2) fullorðin kvendýr sem tilbúin eru að verpa eggjum þar sem þau hreiðra um sig þegar ferjunni sleppir. Í fyrri hópnum eru annars vegar flökkugyðla *K. cf. laevis*³⁷ (2. mynd) og hins vegar annað gyðlustig *P. fucorum*^{38,39} sem eru stórvaxnir og áberandi mítlar (1. mynd) en þó ekki fullorðinsstigið í lífsferlinum (sjá innskotsgrein). Seinni hópinn mynda fullvaxta kvendýr tegundanna *S. acarorum*, *P. longisetosus* og *P. marginpilosa*.

LOKAORÐ

Af ofansögðu má ráða að samskipti ásætumítla og humla hér á landi eru fjölbreytileg. Ein tegundin (*P. marginpilosa*) er tvímælalaust skadleg fyrir humlur. Þegar reikningar eru gerðir upp virðist tilvist hinna tegundanna inni í búunum ekki skipta búskap humlanna máli. Tegundirnar þakka fyrir verðmætt fóður með því að stunda þrifabjónustu, éta myglu og drepa og éta smádýr sem sækja í búid. Ekki þarf þó mikið til að raska jafnvæginu. Fjölgi mítlum úr hófi fram innan búsinu geta þeir haft neikvæð áhrif. Þau ná ekki einungis til búsinu heldur getur mikill fjöldi mítla á humliferju haft áhrif á flughæfni hennar og hreyfgetu, sem veldur því að hún verður auðveldari bráð fyrir afræningja en ella.

Erlendis hefur verið sýnt fram á að fjölgun mítla í búunum á sér helst stað á haustin, þegar búskap humlanna er að ljúka og búid er að byrja að sundrast þannig að áhrifin verða í raun óveruleg fyrir búin.³⁰ Líklegt er að svipað sé uppi á teningnum hér á landi.

Hér er á ferðinni fyrsta rannsókn sinnar tegundar héraðs þar sem áherslan var ekki hvað síst lögð á að greina tegundir ásætumítla á algengustu humlutegundum í þéttbýli hér á landi vorið 2017. Verðugt framtíðarverkefni væri að halda þessum athugunum áfram og rannsaka í því sambandi ásætumítla á öllum humlutegundum sem hér hafa numið land. Viðbúid er að fleiri tegundir ásætumítla finnist við slíkar rannsóknir og að auki gætu slíkar athuganir varpað ljósi á smitbreytileika meðal humlutegundanna hér á landi. Í leiðinni væri tvímælalaust einkar áhugavert að skoða aðstæður niðri í sjálfum humlubúunum.

SUMMARY

On mites of bumblebee queens in Iceland

Three common bumblebee species (*Bombus* spp.), altogether 53 queens, sampled in the spring of 2017 in Iceland, were examined for the presence of phoretic mites (Acari); 25 white tailed bumblebees (*B. lucorum*), 23 tree bumblebees (*B. hypnorum*) and five heath bumblebees (*B. jonellus*). Most queens (42) were captured in the Reykjavík area, eight *B. lucorum* originated from Egilsstaðir, East-Iceland, the three remaining queens were *B. hypnorum* and *B. lucorum* originating from South and West Iceland. All mites found were mounted in Hoyer's medium, identified and counted. All queens carried at least one, but up to four phoretic mite species were noticed. The large-sized deutonymphs, the dispersing stage of the mesostigmatan mite *Parasitellus fucorum*, was the most common phoront and found on 96% of the queens. Second in this comparison was the astigmatan *Kuzinia cf. laevis* with a prevalence of infection of 76%, third was the prostigmatan *Scutacarus acarorum* (34%) followed by the mesostigmatan *Proctolaelaps longisetosus* (28%). The rarest phoront in our survey was the mesostigmatan *Pneumolaelaps marginpilosa* (4%) and exclusively detected from *B.*

lucorum sampled in Egilsstaðir. This species was originally described new to science after being detected in the nest of *B. jonellus*, located in an old underground wood mouse nest on a farm in southeast Iceland. *P. marginpilosa* and *P. fucorum* were previously confirmed to occur in Iceland but the other three are new species records to Iceland.

Wild bumblebee species detected in Iceland are believed to have been imported to the country with goods in ships or airplanes. Same applies to the phoronts detected in the survey.

The interaction between bumblebees and their phoronts is complicated. Phoretic mites can act as kleptoparasites, mutualists, commensals or even parasites. In the nest they usually feed on bumblebee's food (pollen, nectar, cocoon material). However, at the same time the beneficial mites provide sanitary or cleaning services to developing larvae such as removing harmful fungi and other microorganisms. In our survey *P. marginpilosa* was the only species considered to be harmful in the nest through its kleptoparasitic behaviour. The other phoronts pay for their food and accommodation with activities that are regarded to act positively for the welfare of the nest, so in the end both the bumblebees and the phoronts benefit through their cooperation.

In spring, not least on cold days, the weight of large-sized phoronts attached to bumblebee queens may affect their abilities to fly or walk around and escape predators. In the survey up to 576 deutonymphs of dispersing *P. fucorum* were found to be attached to an exhausted *B. lucorum*.

ÞAKKIR

Við þökkum Halldóri W. Stefánssyni, Maríu B. Guðnadóttur, Ólafi S. Andrésyni, Skarphéðni Þórisyni, Páli B. Pálssyni og Páli M. Skúlasyni fyrir veitta aðstoð við söfnun humlanna. Tveimur hinna síðastnefndu er jafnframt þakkað fyrir að láta okkur í té ljósmyndir af móhumlu og rauðhumlu. Barry M. OConnor, mítlasérfræðingur við háskólann í Michigan í Bandaríkjunum aðstoðaði höfunda dyggilega við greiningu tegundanna. Matthíasi Alfreðssyni er þakkað liðsinni við heimildaöflun. Erling Ólafssyni er sérstaklega þakkað fyrir rannsóknir á humlufánu landsins undanfarna áratugi. Sú verðmæta þekking sem hann hefur aflað er öllum aðgengileg á vef Náttúrufræðistofnunar Íslands og myndar traustan grunn fyrir rannsóknir eins og þær sem hér voru kynntar. Tveimur ritrynum eru þakkaðar ágætтар ábendingar.

HEIMILDIR

- ITIS og Smithsonian Institution. Án dagsetningar. Integrated Taxonomic Information System. <https://itis.gov> (skoðað 19.6. 2019).
- Goulson, D. 2003. Bumblebees: Their behaviour and ecology. Oxford University Press, Oxford. 317 bls.
- Michener, C.D. 2007. The bees of the world. 2. útg. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 953 bls.
- Prýs-Jones, O.E., Kristján Kristjánsson & Erling Ólafsson 2016. Hitchhiking with the Vikings? The anthropogenic bumblebee fauna of Iceland – past and present. *Journal of Natural History* 50(45–46). 2895–2916. <https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1234655>
- Prýs-Jones, O.E., Erling Ólafsson & Kristján Kristjánsson 1981. The Icelandic Bumble bee fauna (*Bombus* Latr., Apidae) and its distributional ecology. *Journal of Apicultural Research* 20(3). 189–197. <https://doi.org/10.1080/00218839.1981.11100496>
- Erling Ólafsson. 2018. Býflugnaætt (*Apidae*). Á vef Náttúrufræðistofnunar Íslands. Slóð (skoðað 19.6. 2019): <https://www.ni.is/biota/animalia/arthropoda/hexapoda/insecta/hymenoptera/apidae>
- Ævar Petersen og Sverrir Thorstensen 1991. Hunangsflugubú í hreiðrum spörflugla. Bliki 10. 1–10.
- OConnor, B.M. 2009. Mites. Bls. 643–649 (169. kafli) í: *Encyclopedia of Insects*. 2. útg. Ritstj. V.H. Resh og R.D. Cardé. Academic Press, Burlington, San Diego og London.
- Krantz, G.W. & Walter, D.E. (ritstj.) 2009. A manual of Acarology. 3. útg. Texas Tech University Press., Lubbock. 815 bls.
- Eickwort, G.C. 1990. Associations of mites with social insects. *Annual Review of Entomology* 35(1). 469–488. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.002345>
- Sellnick, M. 1940. Die Milbenfauna Islands. *Elander, Gautaborg*. 129 bls.
- Kontschán, J. 2015. First record of three mite species (Acari) in Greece collected on commercial bumblebee (Hymenoptera: Apidae: *Bombus terrestris* Linnaeus, 1758). *Ecologica Montenegrina* 2(2). 158–161. doi: 10.37828/em.2015.2.21
- Kristján Kristjánsson 1983. Líffræði íslenskra hunangsflugna (Hym., Apidae). Fjórða árs framhaldsnámsritgerð við Líffræðiskor Háskóla Íslands. 55 bls.
- Erling Ólafsson. 2016. Humlumítill (*Parasitellus fucorum*). Á vef Náttúrufræðistofnunar Íslands. Slóð (skoðað 19.6. 2017): <https://www.ni.is/biota/animalia/arthropoda/chelicerata/arachnida/acari/mesostigmata/humlumitill-parasitellus-fucorum>
- Prýs-Jones, O.E., Corbet, S.A. 1987. Bumblebees. *Naturalists' Handbooks* 6. Cambridge University Press, Cambridge. 130 bls.
- Anderson, L.E. 1954. Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for bryophytes. *The Bryologist* 57(3). 242–244.
- Khaustov, A.A. 2008. Mites of the family Scutacaridae of Eastern Palaearctic. *Akadempériodika, Kænugarði*. 291 bls.
- Klimov, P.B., OConnor, B.M., Ochoa, R., Bauman, G.R. & Scher, J. 2016. Bee mite ID: Bee-associated mite genera of the world. Á vefsetri USDA APHIS Identification Technology Program (ITP). Slóð (skoðað 8.9. 2017): <http://id-tools.org/id/mites/beemites/index.php>
- Hyatt, K.H. 1980. Mites of the subfamily Parasitinae (Mesostigmata: Parasitidae) in the British Isles. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* 38. 237–378.
- Chmielewski, W. & Baker, R.A. 2008. Mites (Acarina) phoretic on some common bumblebee species (*Bombus* spp.) from the Puławy area (south-eastern Poland). *Journal of Apicultural Science* 52 (1). 37–47.
- Husband, R.W. 1966. Acarina associated with Michigan Bombinae. *Doktorsritgerð við Háskólann í Michigan* (Michigan State University). 185 bls. <https://doi.org/10.25335/M5G15TF9R>
- Maggi, M., Lucia, M. & Abrahamovich, A.H. 2011. Study of the acarofauna of native bumblebee species (*Bombus*) from Argentina. *Apidologie* 42(3). 280–292. doi: 10.1007/s13592-011-0018-8
- Schousboe, C. 1986. On the biology of *Scutacarus acarorum* Goeze (Acarina: Trombidiformes). *Acarologia* 27(2). 151–158.
- Schousboe, C. 1987. Deutonymphs of *Parasitellus* phoretic on Danish bumble bees (Parasitidae, Mesostigmata; Apidae, Hymenoptera). *Acarologia* 28(1). 37–41.
- Schwarz, H.H., Huck, K. & Schmid-Hempel, P. 1996. Prevalence and host preferences of mesostigmatic mites (Acari: Anactinochaeta) phoretic on Swiss bumble bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 69(4). 35–42.
- Schwarz, H.H. & Huck, K. 1997. Phoretic mites use flowers to transfer between foraging bumblebees. *Insectes Sociaux* 44. 303–310. <https://doi.org/10.1007/s000400050051>
- Witaliński, W. & Jensen, J.-K. 2017. The bumblebee mite *Parasitellus fucorum* (De Geer, 1778) (Acariformes: Parasitidae) – a new species for the Faroe Islands. *Entomologiske Meddelelser* 85(1/2). 13–16.
- Ebermann, E. 1995. *Scutacarus acarorum* (Goeze, 1780); Heterostigmata, Scutacaridae – an example for the interrelationship between phoresy and polymorphism in mites. Bls 193–196 í: *The Acari: physiological and ecological aspects of Acari-host relationships* (ritstj. Kropczynska, D., Boczek, J. og Tomczyk, A.). Oficyna DABOR, Varsjá.
- Chmielewski, W. 1969. Observations on the biology of the species *Kuzinia laevis* (Dujardin, 1849) (Acarina, Acaridae), new in Polish acarofauna. *Polskie Pismo Entomologiczne / Polish Journal of Entomology* 39(3). 603–617. [Á pólsku með ensku ágrípi.]
- Chmielewski, W. 1971. The mites (Acarina) found on bumble-bees (*Bombus* Latr.) and in their nests. *Ekologia polska* 19(4). 57–71.
- Chmielewski, W. 1991. Bumble-beophilous mite *Kuzinia laevis* (Duj.) (Acarida, Acaridae) – Development and oviposition on pollen collected by bees. *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 35. 75–82. [Á pólsku með ensku ágrípi.]
- Jagersbacher-Baumann, J. & Ebermann, E. 2013. Methods for rearing scutacarid mites (Acari, Heterostigmata) and the influence of laboratory cultures on morphometric variables. *Experimental and Applied Acarology* 59(4). 447–462. doi:10.1007/s10493-012-9621-2
- Koulianos, S. & Schwarz, H.H. 1999. Reproduction, development and diet of *Parasitellus fucorum* (Mesostigmata: Parasitidae), a mite associated with bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Zoology* 248(2). 267–269. doi: 10.1111/j.1469-7998.1999.tb.01202.x
- Hunter, P.E. & Husband, R.W. 1973. *Pneumolaelaps* (Acarina: Laelapidae) mites from North America and Greenland. *The Florida Entomologist* 56(2). 77–91. <https://doi.org/10.2307/3493231>
- Royce, L.A., & Krantz, G.W. 1989. Observations on pollen processing by *Pneumolaelaps longanalis* (Acari: Laelapidae), a mite associate of bumblebees. *Experimental & Applied Acarology* 7(2). 161–165. <https://doi.org/10.1007/BF01270436>
- Lindquist, E.E. & Evans, G.O. 1965. Taxonomic concepts in the Ascidae, with a modified setal nomenclature for the idiosoma of the Gamasina (Acarina: Mesostigmata). *The Memoirs of the Entomological Society of Canada* 97 (suppl. 47). 5–66. <https://doi.org/10.4039/entm9747fv>
- Houck, M.A. & OConnor, B.M. 1991. Ecological and evolutionary significance of phoresy in the Astigmata. *Annual Review of Entomology* 36. 611–636. <https://doi.org/>
- Richards, L.A. & Richards, K.W. 1976. Parasitid mites associated with bumblebees in Alberta, Canada (Acarina: Parasitidae; Hymenoptera: Apidae), II. Biology. *The University of Kansas Science Bulletin* 51. 1–18.
- Eickwort, G.C. 1994. Evolution and life-history patterns of mites associated with bees. Bls. 218–251 í: *Mites: Ecological and evolutionary analysis of life history patterns* (ritstj. M.A. Houck). Chapman & Hall, London. doi: 10.1007/978-1-4615-2389-5_9
- Fauna Europea. 2021. Slóð (skoðað 1.5. 2021): https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/fce26c4a-b985-4a87-8b3f-225413b0cbaf
- Erling Ólafsson. 2017. Mítlar (Acari). Á vef Náttúrufræðistofnunar Íslands. Slóð (skoðað 19.6. 2017): <https://www.ni.is/biota/animalia/arthropoda/chelicerata/arachnida/mitlar-acari>
- Ebermann, E. 1991. Das Phänomen Polymorphismus in der Milbenfamilie Scutacaridae (Acari, Heterostigmata, Tarsonemina, Scutacaridae). *Zoologica* 141. 1–76.
- Baumann, J. 2018. Tiny mites on a great journey – a review on scutacarid mites as phoronts and inquilines (Heterostigmata, Pygmephoroida, Scutacaridae). *Acarologia* 58(1). 192–251. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184238>

UM HÖFUNDA

Guðný Rut Pálsdóttir (f. 1984) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 2008 og meistaraprófi við Kaupmannahafnarháskóla árið 2012. Frá 2016 hefur Guðný verið í fullu starfi við Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum við rannsóknir á sníkjudýrum en áður hafði hún verið þar í hlutastarfi um nokkurra mánaða skeið.



Karl Skírnisson (f. 1953) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 1977, BS 120-prófi við sama skóla árið 1979 og doktorsprófi frá Háskólanum í Kiel í Vestur-Þýskalandi árið 1986. Karl vann á Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum 1979–1981 og hefur starfað þar við rannsóknir á sníkjudýrum og dýrasjúkdómum frá 1987.

**PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA
/ AUTHORS' ADDRESSES****Guðný Rut Pálsdóttir**

Tilraunastöð Háskóla Íslands
í meinafræði að Keldum
Keldnavegi 3
IS-112 Reykjavík
gudnyrut@hi.is

Karl Skírnisson

Tilraunastöð Háskóla Íslands
í meinafræði að Keldum
Keldnavegi 3
IS-112 Reykjavík
karlsk@hi.is

Jónbjörn Pálsson, Guðjón Már Sigurðsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir,
Klara B. Jakobsdóttir, Nicholas Hoad, Valur Bogason og Jón Sólmundsson

Brislingur, *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), ný fisktegund við Íslandsstrendur



ÁRIÐ 2017 veiddist brislingur (*Sprattus sprattus*) í fyrsta sinn á Íslandsmiðum svo vitað sé. Á næstu árum fjölgaði brislingum sem veiddust við landið og í rannsóknarleiðangri í mars 2021 fengust alls 375 brislingar, einkum fyrir Suður- og Vesturlandi. Í leiðöngurum haustið 2021 fengust um 300 brislingar, nokkrir við Suðurland og í Faxaflóa en flestir í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Með auknu innflæði hlýs sjávar á Íslandsmið síðan árið 1996 hafa nýjar tegundir veiðst við Ísland og talið er líklegt að uppgangur brislings hér við land tengist hærri sjávarhita undanfarin ár. Ekki er enn vitað hvernig hann kom til Íslands en flestir brislingar sem hafa verið kynþroskagreindir hér við land voru kynþroska. Staðfest er að brislingur hrygndi við Ísland sumarið 2021 og það kann að auka líkurnar á því að þessi smávaxna fisktegund sé komin til að vera. Tíminn leiðir síðan í ljós hvort brislingur festir sig í sessi og verður mikilvæg tegund í vistkerfi Íslandsmiða.

1. mynd (t.v.). Brislingur (*Sprattus sprattus*) (ofar) og smásíld (*Clupea harengus*) (neðar), báðir fiskar um 15 cm langir. Brislingurinn er fjögurra ára gamall en síldin eins árs. Brislingur er auðgreindur frá síld á þunni kviðrönd með þunnum snarptentum kili (stækkað svæði) og á því að rætur kviðugga eru undir eða rétt framan við upphaf bakugga í stað þess að vera undir honum miðjum eins og á síld (sjá örvar). Þá er stirtlan á brislingi hlutfallslega hærri en á síld. Einnig eru kvarnir brislings (efst til vinstri) og síldar (um miðja mynd til vinstri) nokkuð ólíkar, hér sýndar mikið stækkaðar. – Sprat (*Sprattus sprattus*) (above) and small herring (*Clupea harengus*) (below), both fish around 15 cm in length. The sprat was four years old, however the herring was one year. Sprat is distinguished from herring by the strong keel of scutes (enlarged area) and that the insertion of pelvic fin is under or in front of the dorsal fin origin (see arrows). The caudal peduncle is also relatively higher. The otoliths of sprat (top left) differ from those of herring (centre left), shown here enlarged. Ljósmynd./Photos, fiskar/fishes: Svanhildur Egilsdóttir; kvarnir/otoliths: Guðrún Finnbogadóttir

INNGANGUR

Í hafinu við Ísland mætast kaldir norðlægir hafstraumar og hlýrri straumar sunnan úr höfum. Hlutfallsleg útbreiðsla og styrkur þessara strauma er breytileg eftir árum og skiptast á köld og hlý tímabil í Norður-Atlantshafi.¹ Þegar lítið er til síðustu 100 ára má segja að tímabilið 1925–1964 hafi verið hlýtt, þá tóku við hafísárin 1965–1971 og síðan tímabilið 1972–1995 þar sem sjávarhiti var breytilegur eða í lægri kantinum, en frá árinu 1996 hefur verið hlýtt. Þessum breytingum í sjávarhita fylgdu ýmsar breytingar á lífríki sjávar og útbreiðslu margra sjávarlífvera, enda er hitastigi talið einn af meginþáttum sem móta útbreiðslu tegunda.^{2,3}

Nokkuð ýtarlegar upplýsingar liggja fyrir um áhrif hlýnunar sjávar upp úr 1925 á fiskistofna við Ísland^{4,5} og sömuleiðis um áhrif hafísáranna sem fylgdu í kjölfarið 1965–1971.⁶ Í kjölfar hlýnunar og sterkara innflæðis Atlantsjávar eftir 1996 urðu miklar breytingar á magni og útbreiðslu fisktegunda við landið. Almenn má segja að magn suðlægra tegunda á landgrunninu hafi aukist en ýmsar norrænar tegundir hafi átt erfiðara uppdráttar.^{7–9} Þá hafa nokkrar nýjar sjávarlífverur náð fótfestu og aukinni útbreiðslu við landið. Má þar meðal annars nefna flundru (*Platichthys flesus*),¹⁰ sandrækju (*Crangon crangon*)¹¹ og grjótkrabba (*Cancer irroratus*),¹² en tegundirnar eru fleiri.¹³

Haustið 2017 bættist ný tegund við hóp þeirra fisktegunda sem fundist hafa innan 200 sjómílna lögsögu við Ísland. Það er tegundin brislingur, *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), sem er mjög algengur við strendur meginlands Evrópu allt suður til Afríku.¹⁴ Síðan hafa

fleiri brislingar veiðst í rannsóknnum Hafrannsóknastofnunar við sunnan- og vestanvert landið. Hér verður gerð grein fyrir þeim og fjallað nánar um þennan smávaxna torfufisk.

LÝSING TEGUNDA RINNAR

Brislingur er smávaxinn uppsjávarfiskur af síldaætt, fremur þunn- og langvaxinn líkt og síld en þó hærri um sig miðjan (1. mynd). Neðri skoltur nær lítið eitt fram fyrir efra skolt. Í efra skolti eru sjaldnast tennur á plógbeini. Afturbúr tálkna loka er slétt, bogadregin og án nokkurra sepa, engar geislagárur eru á tálkna lokum.¹⁴ Bak- og raufaruggar eru án broddgeisla, en í bakugga eru liðgeislar 13–21 og í raufarugga eru þeir 12–23. Rætur kviðugga, sem hefur sjö (stundum átta) geisla, eru undir eða rétt framan við upphaf bakugga. Litur á baki er blá- eða grænleitur, hliðar eru silfraðar, engir dökkir blettir. Á kviðrönd er þunnur snarptentur kjölur, ólíkt síldinni.

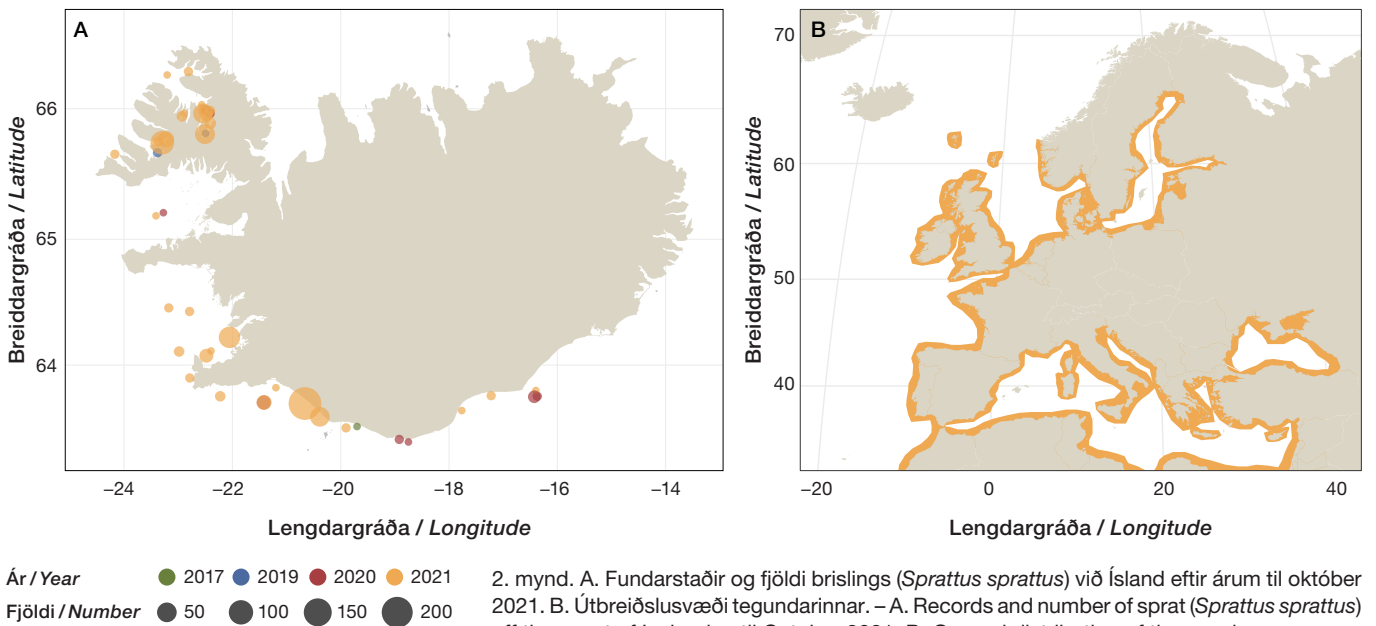
ALMENNT UM BRISLING

Útbreiðsla brislings er víðáttumikil á landgrunni Evrópu og Norður-Afríku, einkum á minna en 50 m dýpi (2. mynd B). Hún nær frá Atlantshafsströnd Marokkós og norður í Norðursjó að strönd suðurhluta Noregs og inn í Eystrasalt. Brislingur finnst allt í kringum Bretlandseyjar og útbreiðslusvæðið teygir sig norður til Færeyja þar sem hann finnst í nokkru magni inni á fjörðum og vikum. Þá finnst hann í Miðjarðarhafi, Adríahafi og Svartahafi.¹⁴ Brislingur getur náð 19 cm heildarlengd, en uppistaðan í afla í Eystrasalti og Norðursjó þar sem brislingurinn er helst veiddur er á bilinu 11,5–14,5 cm á

lengd.¹⁵ Við tíu cm lengd er um helm-ingur hrygna í Eystrasalti og Norðursjó orðinn kynþroska (L_{50}) en hængar ná þessu hlutfalli um níu cm langir, og eru fiskarnir þá orðnir tveggja til þriggja ára.¹⁶ Í Eystrasalti er aldursdreifing brislings í afla oft frá eins til sex ára, en eldri fiskar finnast í aflanum.¹⁵ Veiðarnar byggjast þó einkum á tveggja og þriggja ára fiski, en aldursdreifingin er breytileg eftir stærð árganga.¹⁷

Brislingur er torfufiskur sem heldur sig einkum á grunnsævi, oft nærri ströndum og jafnvel í árósum þar sem hann þolir vel seltulítinn sjó, en hann finnst einnig dýpra. Í Eystrasalti heldur hann sig í djúpunum á veturna en heldur síðan grynna í fæðuleit á sumrin.¹⁸ Hann er oft við fæðuleit nálægt yfirborði á nóttinni en dýpkar á sér á daginn. Fæðan er svo til eingöngu dýrasvif, einkum krabbaflær.¹⁹ Hins vegar er þekkt að á sumum svæðum á ákveðnum árstíma étur brislingur umtalsvert magn af eggjum nytjafiska, svo sem þorsks²⁰ og skarkola,²¹ og hefur hugsanlega áhrif á nýliðun þeirra stofna. Sjálfur er brislingur mikilvæg fæða ýmissa fiska, sjófugla og sjávarspendýra og er hann því þýðingarmikill hlekkur milli svifdýra og dýra ofar í fæðukeðjunni.²²

Brislingur hrygnir mest á 10–20 m dýpi, oftast nærri ströndinni. Hann hrygnir ekki öllum hrognunum í einu, heldur skiptist hrygningin í lotur og getur staðið í nokkra daga eða jafnvel mánuði.²³ Egginn er sviflæg og kjörhiti fyrir klak er 6–12°C.¹⁷ Hrygning getur farið fram allt árið, en meginhrygningin í Eystrasalti er frá maí og fram í júlí.^{24,25} Við vesturströnd Skotlands fer hrygning fram í febrúar til júlí, en meginhrygningin er í mars til maí.²⁶



Samkvæmt hefð er brislingi skipt í þrjár undirtegundir eftir útbreiðslusvæði og meðalfjölda kjaltanna aftan kvíðugga (e. postpelvic scutes), sem eru plötur úr þykkara hreistri: *Sprattus sprattus sprattus* í Norðursjó og Ermasundi, *Sprattus sprattus balticus* í Eystrasalt og *Sprattus sprattus phalerius* í Svartahafi og Miðjarðarhafi.¹⁴ Rannsóknir síðari tíma á erfðaefni brislings á útbreiðslusvæðinu hafa leitt í ljós að erfðafræðileg tengsl hinna ýmsu stofna eru flóknari en þessi þrískipting undirtegunda gefur til kynna.^{27–30}

Miklar veiðar eru stundaðar á brislingi og fer stærstur hluti aflans í mjöl og lýsi, en lítilsháttar markaður er fyrir hann til mannelis, ýmist ferskan, reyktan eða niðursoðinn. Eins og búast má við af fremur skammlífum torfufiski hafa nýliðum og afli, bæði í Norðursjó og Eystrasalti, verið sveiflukennð.^{31,32} Heimsafli brislings var 46 þúsund tonn árið 1950 en jókst síðan nokkuð hratt og var nær ein milljón tonn árið 1975. Eftir það fór aflinn minnkandi, var kominn niður í 220 þúsund tonn árið 1985 og ársafllinn var síðan undir 500 þúsund tonnum allt til ársins 1994 (3. mynd).³² Frá árinu 1994 hefur ársafllinn yfirleitt verið 600–700 þúsund tonn, með umtalsverðum frávikum árin 2012 og 2013. Lang stærstur hluti aflans er veiddur undan ströndum Norðvestur-Evrópu og eru Danir þar stórtækastir;

veiddu um 37% heildaraflans á árunum 2010–2018.³³ Þar á eftir komu Svíar með 14% og Pólverjar með 12%.

BRISLINGUR VIÐ ÍSLAND

Við Ísland veiddist brislingur í fyrsta sinn svo vitað sé í lok ágúst árið 2017 í leiðangri Hafrannsóknastofnunar á 20 m dýpi undan Eyjafjallasandi (2. mynd A, viðauki). Fiskurinn var 14,6 cm langur og því líklega fullorðinn og kynþroska. Enginn brislingur fékkst árið 2018, en haustið 2019 tók rannsóknarmaður á Hafrannsóknastofnun eftir tor-kennilegum kvörnum sem teknar höfðu verið úr smáum síldfiskum, milli 9 og 16 cm á lengd, sem veiddust í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Við nánari athugun kom í ljós að kvarnirnar voru úr tveimur brislingum.

Haustið 2020 fundust síðan brislingar í þremur leiðongrum Hafrannsóknastofnunar, fyrst í byrjun september þegar einn fiskur veiddist rétt undan Hjörleifshöfða og tveir austan við Reynisdranga. Þessir fiskar voru 11–12 cm langir og veiddust á 14–29 m dýpi. Í leiðangri á Vestfjörðum um mánaðamótin september-október veiddust síðan fjórir fiskar, allir innarlega í Ísafjarðardjúpi, og voru þeir milli 8 og 12 cm langir. Þessir fiskar veiddust á 66–83 m dýpi. Síðar um haustið veiddust 29 fiskar á fjórum stöðum við suðurströndina og í Breiðafirði (2. mynd A,

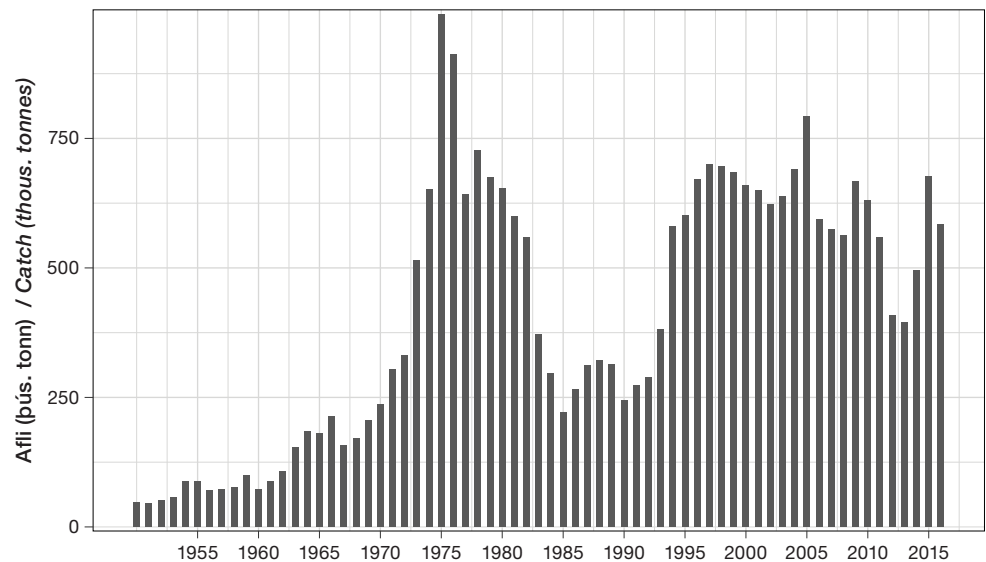
viðauki). Þessir fiskar voru 12–15 cm langir og veiddust á 71–135 m dýpi.

Í leiðongrum í mars 2021 veiddust alls 375 brislingar víða fyrir Vestur- og Suðurlandi, frá Patreksfjarðarflóa suður um og allt austur í Meðallandsbug. Oftast veiddust 1–2 brislingar í tog, en í þremur togum veiddist töluverður fjöldi. Í mynni Kollafjarðar í Faxaflóa veiddust 68 fiskar, undan Landeyjasandi 52 og undan Rangársandi fengust 225 fiskar (2. mynd A, viðauki). Alls voru 118 fiskar frystir um borð og færðir í land til nánari rannsókna.

Sá brislingur sem var frystur um borð í rannsóknaskipum í mars 2021 var síðan þíddur í landi og tekinn til nánari rannsókna. Fiskarnir voru mældir nákvæmlega og kyn- og kynþroskagreindir. Við þá greiningu var notað sama kerfi og fyrir síld,³⁴ og miðað við átta stig í kynþroska þar sem stig 3 merkir að kynkirtlar fylla um það bil helming kvíðarholis, stig 4 merkir að kynkirtlar fylla um það bil 2/3 af kvíðarholi og stig 5 merkir að kynkirtlar fylla kvíðarholið. Þá var kvörnum til aldursgreiningar safnað úr 23 brislingum.

Í þeim þremur togum þar sem flestir brislingar veiddust var lengdar-dreifingin innbyrðis mjög ólík. Einkum skáru brislingarnir í mynni Kollafjarðar sig frá hinum tveimur stöðunum (4. mynd A). Í mynni Kollafjarðar var brislingurinn aðallega 14,5–

3. mynd. Heimsafli brislings (*Sprattus sprattus*) eftir árum. FAO 2021.³² – World landings of sprat (*Sprattus sprattus*) by years. FAO 2021.³²



16 cm á lengd, en í togunum tveimur undan Suðurströndinni var hann mest 11–12,5 cm langur. Hlutfall kynja var ójafnt, hrygnur voru 79% fiskanna sem kyngreindir voru en hængar 21%. Það virðist lítið samband milli kynjahlutfalls og lengdarflokks í þessum sýnum (4. mynd A).

Allir brislingar sem færðir voru að landi úr leiðöngrum í mars 2021 voru kynþroska, nema einn sem var einungis 7,6 cm langur (4. mynd B). Hrygnur voru mest á þroskastigi 3 og 4, hængar á stigi 4 og 5. Alls var kvörnum safnað til aldursgreiningar úr 21 hrygnu og 2 hængum (4. mynd C). Þar kemur fram að brislingar sem voru 15 cm eða stærri voru flestir fjögurra ára gamlir (einn fimm ára), flestir úr toginu í mynni Kollafjarðar. Minni brislingar voru nær allir tveggja ára.

Frá mars til ágúst 2021 var sýnum safnað úr meðafla síldfiska í rækjuveiðum í Ísafjarðardjúpi og fengust nokkrir tugir brislinga í þeim sýnum (óbirt gögn). Í leiðöngrum Hafrannsóknastofnunar í október 2021 fengust rúmlega 300 brislingar. Í Arnarfirði veiddust 122 fiskar á 51–85 m dýpi, í Ísafjarðardjúpi fengust 152 fiskar, flestir á 32–68 m dýpi og við Suðurland og í Faxaflóa alls 29 fiskar á 85–140 m dýpi (2. mynd A, viðauki). Lengd þessara fiska var svipuð og áður hafði sést hér við land. Úrvinnslu gagna er ekki lokið

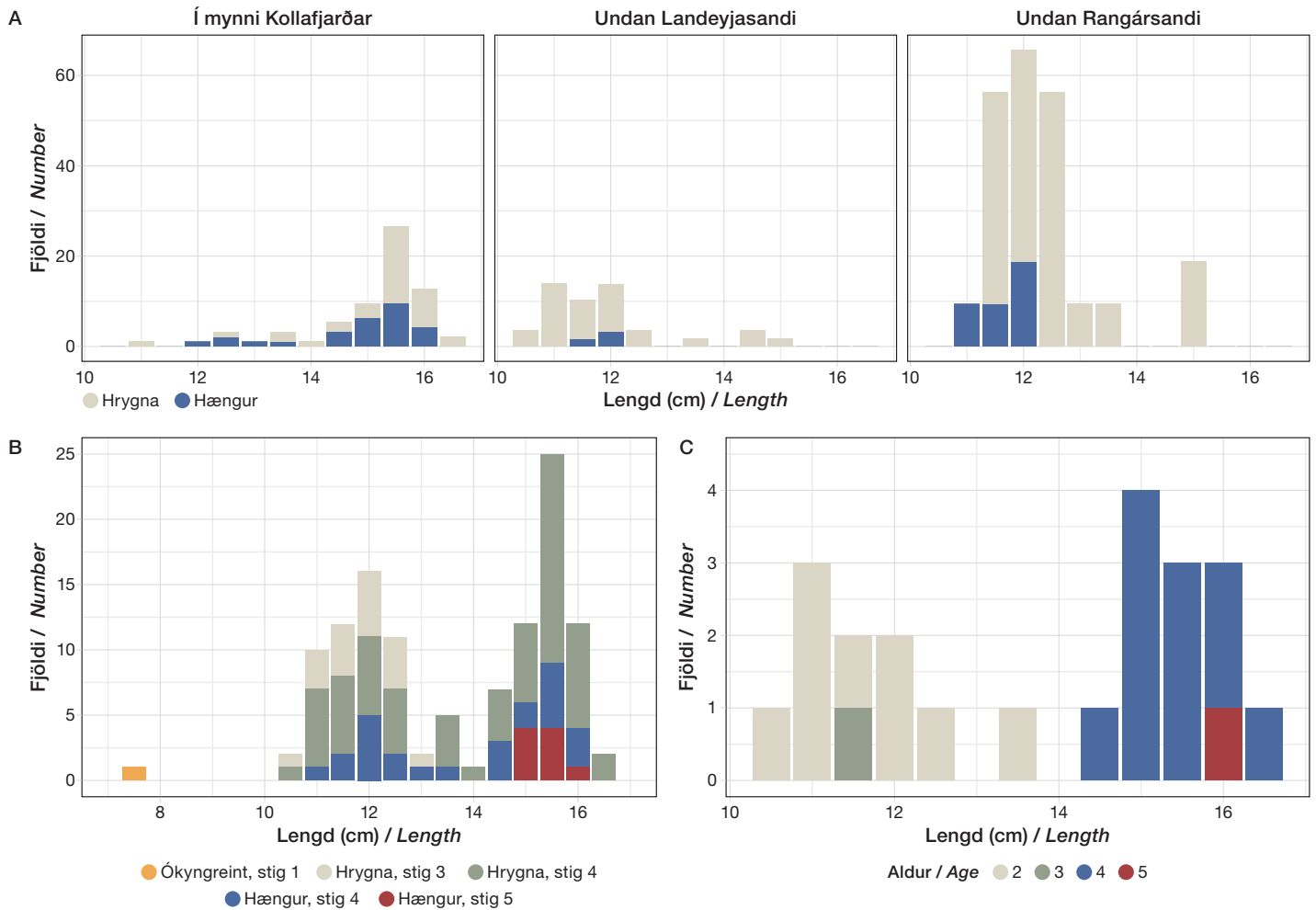
en skoðun á kynþroska sýndi að fiskarnir höfðu langflestir hrygnt um sumarið og fyrstu niðurstöður staðfesta að brislingur hrygndi í Ísafjarðardjúpi sumarið 2021 (óbirt gögn).

UMRÆÐA

Það telst til tíðinda þegar nytjafiskur eins og brislingur tekur sér bólfestu á nýjum hafsvæðum og stækkar þar með útbreiðslusvæði sitt. Nokkrar nytjategundir á Íslandsmiðum virðast hafa hagnast á þeim umhverfisbreytingum sem urðu í lok síðustu aldar og má þar nefna ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*), gullkarfa (*Sebastes norvegicus*), langlúru (*Glyptocephalus cynoglossus*), þykkvalúru (*Microstomus kitt*), löngu (*Molva molva*) og skötusel (*Lophius piscatorius*) auk makrils (*Scomber scombrus*).^{35–37} Sama má segja um ýmsar smáaxnar suðlægar tegundir sem ekki eru nýttar en fást í stofnmælingum.⁹ Ekki var þó í öllum tilfellum um stöðuga eða viðvarandi aukningu að ræða og misjafnt er eftir tegundum hvenær þeim fór að fjölga og hversu lengi sú uppsveifla stóð. Sem dæmi má nefna svartgömu (*Helicolenus dactylopterus*), litlu brosmu (*Phycis blennoides*), urrara (*Eutrigla gurnardus*) og loðháf (*Etmopterus spinax*), sem fóru að fást í vaxandi mæli á sunnanverðu landgrunninu í kringum 2005 og hafa verið algengar síðan. Trjúnuhali (*Coelor-*

inchus caelorhincus) fékkst fyrst við landgrunnsbrúnina árið 2009 og hefur verið árviss síðan þótt honum fari nú aftur fækkandi. Hið smáaxna silfurkóð (*Gadiculus thori*) fékkst í miklu magni árin 2011–2014 en sást varla fyrir eða eftir það tímabil.

Ekki er ljóst um atburðarásina við komu brislings á Íslandsmið. Hugsanlegt er að brislingur hafi birst á miðunum einhverjum árum fyrir 2017, en sú staðreynd að brislingur er mjög áþekkur síld í útliti gæti hafa gert það að verkum að tegundin uppgötvaðist seinna en ella hér við land. Þar sem tegundin er fremur strandlæg er ólíklegt að fyrstu fiskarnir hafi synt hingað frá Færeyjum eða Norðursjó. Líklegra er að egg eða seiði sem eru sviflæg hafi rekið hingað með hafstraumum. Aðalhafstraumarnir milli Íslands og Skotlands eru greinar úr Norður-Atlantshafsstraumnum og falla til norðausturs á því svæði, en straumakerfið er talsvert flóknara. Þannig falla hafstraumar sem eiga upptök sín bæði sunnan og norðan Færeyja norðvestur til Íslandsmiða, einkum síðari hluta árs.³⁸ Í nýlegri grein um rekstefnur sviflægra lirfa frá ýmsum svæðum í Norðaustur-Atlantshafi kemur fram að lirfurek geti átt sér stað frá hafsvæðinu milli Færeyja og Hjaltlandseyja til sunnanverðra Íslandsmiða.³⁹ Stofngerð brislings í Atlantshafi er vel rannsökuð og erfðafræðileg rannsókn á



4. mynd. A. Lengdardreifing brislings (*Sprattus sprattus*) í þremur togum í rannsóknarleiðangri í mars 2021; í mynna Kollafjarðar (N=68), undan Landeyjasandi (N=52), og undan Rangársandi (N=225). Fjöldi mældra er uppreiknaður með heildarfjölda í viðkomandi togi. B. Lengdardreifing brislings eftir kyni og kynþroska í þremur togum í leiðangri í mars 2021. Fjöldi mældra er uppreiknaður með heildarfjölda í hverju togi. C. Aldursdreifing 21 brislingshrygnu sem voru aldursgreindar úr sýni frá mars 2021. Tveir hængur voru í sýninu, báðir fjögurra ára (15 og 15,5 cm langir). – A. Length distribution of sprat (*Sprattus sprattus*) in three tows in the groundfish survey in March 2021, one at the west coast (N=68) and two at the south coast (N=52 and 225). The number of measured fish has been corrected by the total number caught in each tow. B. Length distribution of sprat by sex and sexual maturity stage in three tows in the groundfish survey in March 2021. The number of measured fish has been corrected by the total number caught in each tow. C. Age distribution of 21 female sprat in the groundfish survey in March 2021. Two males were also in the sample, both four years old (15 and 15.5 cm long).

stofngerð gæti að einhverju marki upplýst um uppruna brislings við Ísland. Söfnun erfðaefnis úr íslenskum brislingi hefur þegar farið fram með þennan möguleika í huga.

Tíminn einn getur leitt í ljós hvort brislingur á eftir að festa sig í sessi á Íslandsmiðum, verða mikilvæg stærð í vistkerfinu og jafnvel nytjategund. Í því samhengi skiptir máli að sjávarhiti á Íslandsmiðum er víða innan þeirra marka sem telst kjörhiti fyrir klak brislings, þ.e. 6–12°C.¹⁷ Því gæti tegundin haft búsetu hér til frambúðar, ekki síst ef sjávarhiti helst hár eða heldur áfram að hækka. Hugsanlega veldur lægri sjávarhiti fyrir norðan og austan land

því að ólíklegt sé að brislingur stækki útbreiðslusvæðið varanlega til þeirra svæða, að minnsta kosti enn sem komið er.

Með tilkomu brislings á Íslandsmið má ætla að við mat á stofnstærð ungsildar þurfi að taka tillit til þess að brislingur gæti einnig verið á svæðinu. Velta má fyrir sér hvort líklegt sé að brislingur veiti einhverjum nytjategundum við landið samkeppni. Það er ólíklegt að brislingur lendi í samkeppni um hrygningarsvæði við síld eða loðnu, því að báðar þessar tegundir líma egg sín við botn en egg brislingsins eru sviflæg.¹⁸ Hins vegar virðist fæðuvali brislings svipa mjög til fæðuvals ungsildar þannig að

samkeppni um fæðu gæti átt sér stað á svæðum þar sem tegundirnar skarast.¹⁹ Stundum skarast fæðuval brislings og ungsildar þó aðeins að hluta til, sem stafar meðal annars af því að brislingur er ekki fær um að sía fæðu úr sjónum líkt og síld, heldur er háður því að grípa einstaka fæðubita.^{40,41} Annars staðar í Atlantshafi getur brislingur myndað stóra stofna og því gæti frekari uppgangur hans haft töluverð áhrif á vistkerfi sjávar við Ísland. Í ljósi þessa er nauðsynlegt að fylgjast grannt með viðkomu brislings við strendur landsins til að öðlast skilning á þeim breytingum í vistkerfi sjávar sem hann kann að valda.

ENGLISH SUMMARY***Sprat, Sprattus sprattus (Linnaeus, 1758), a new species of fish in Icelandic waters***

Sprat (Figure 1) was caught for the first time in Icelandic waters in August 2017 at 20 m depth off the south coast (Figure 2A, Appendix). The fish was 14.6 cm long and probably a sexually mature individual. In autumn 2019, two more sprat were caught in the Westfjords. In autumn of 2020, sprat was caught during three research cruises. Three fishes, 11–12 cm long, were caught at 14–29 m depth off the south coast in early September, and four more, 8–12 cm long, were caught in Ísafjarðardjúp at 66–83 m depth about a month later. During a fish survey in late October 2020, a total of 29 sprat were caught at three stations off the south coast and one in Breiðafjörður. These fishes were 12–15 cm long and were caught at 71–135 m depth.

In March 2021, a total of 375 sprat were caught at several stations off the west and south coast during a fish survey. In most cases only one or two fish were caught in each haul with a few exceptions; in a single haul within Faxaflói 68 specimens were caught and in two further hauls off the south coast 52 and 225 fishes were caught. Of these, 118 fishes were frozen aboard the research vessel and brought ashore for further investigation.

In the three hauls in the March fish survey of 2021 where most of the sprat were caught, there was a difference in the length distribution between hauls. Particularly, sprat caught within Faxa-

flói differed from those caught off the south coast (Figure 4A). In Faxaflói most sprat were 14.5–16 cm long, however, off the south coast they were 11–12.5 cm. Sex ratio in the samples was uneven, with females representing 79% of sexed fishes, but that difference seems unrelated to length groups (Figure 4B).

All sprat brought ashore from the March fish survey of 2021 were sexually mature fish except for one 7.6 cm long specimen (Figure 4B). Most females were at maturity stage 3 and 4, but males on stage 4 and 5, which indicates that the fish were preparing for spawning. Otoliths were collected from 23 fish, 21 female and 2 males (Figure 4C). All sprat 15 cm long or larger were four years of age except one that was five years. Fish in the smaller group were almost all two years old.

In research surveys in October 2021, about 300 sprat were caught south, southwest, and northwest of Iceland. The size of these fish was similar to that already observed in Icelandic waters, and sexual maturity staging showed that most the fish had spawned in the preceding summer. Samples collected in Ísafjarðardjúp in March–August 2021 confirm that sprat spawned in the area in the summer of 2021.

It is unknown how sprat arrived in Icelandic waters. It is possible they drifted as eggs/larvae with currents from Faroe Islands or the North Sea. Time will tell whether sprat will remain in Icelandic waters over the coming years but that highly depends on temperature remaining similar or increasing.

ÞAKKIR

Við þökkum fjölmörgum samstarfsmönnum fyrir aðstoð við gagnasöfnun og undirbúning þessarar greinar. Guðrún Finnbogadóttir og Ragnhildur Ólafsdóttir aldursgreindu og leiðbeindu við kynþroskagreiningu. Guðrún Finnbogadóttir tók myndir af kvörnum. Svanhildur Egilsdóttir tók myndir af fiskum og vann 1. mynd. Samstarfsmenn á Hafrannsóknastofnun söfnuðu brislingi og greindu hann í nokkrum rannsóknarleiððingum. Hjálta Karlssyni þökkum við fyrir söfnun brislings í Ísafjarðardjúpi. Þá fá tveir óþekktir ritrynar þakkir fyrir mikilsverðar ábendingar.

HEIMILDIR

- Hanna, E., Trausti Jónsson, Jón Ólafsson & Héðinn Valdimarsson 2006. Icelandic coastal sea surface temperature records constructed: Putting the pulse on air-sea-climate interaction in the northern North Atlantic. Comparison with HadISST1 open ocean surface temperatures and preliminary analysis of long-term patterns and anomalies of SST around Iceland. *Journal of Climate* 19. 5652–5666.
- Lehodey, P., Alheit, J., Barange, M., Baumgartner, T., Beaugrand, G., Drinkwater, K., Fromentin, J.-M., Hare, S.R., Ottersen G., Perry, R.I., Roy, C., van der Linger, C.D. & Werner, F. 2006. Climate variability, fish and fishery. *Journal of Climate* 19(20). 5009–5030.
- Payne, N.L., Smith, J.A., van der Meulen, D.E., Taylor, M.D., Watanabe, Y.Y., Takahashi, A., Marzullo, T.A., Gray, C.A., Cadiou, G. & Suthers, I.M. 2016. Temperature dependence of fish performance in the wild: Links with species biogeography and physiological thermal tolerance. *Functional Ecology* 30. 903–912.
- Bjarni Sæmundsson 1934. Probable influence of changes in temperature on the marine fauna of Iceland. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 86. 1–6.
- Árni Friðriksson 1949. Boreo-tended changes in the marine vertebrate fauna of Iceland during the last 25 years. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 125. 30–32.
- Hjálmar Vilhjálmsson 1997. Climatic variations and some examples of their effects on the marine ecology of Icelandic and Greenland waters, in particular during the present century. *Rit fiskideildar* 15(1). 8–29. Hafrannsóknastofnun, Reykjavík. 29 bls.
- Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson & Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES Journal of Marine Science* 69. 816–825.
- Campana, S.E., Ragnhildur B. Stefánsdóttir, Klara Jakobsdóttir & Jón Sólmundsson 2020. Shifting fish distributions in warming sub-Arctic oceans. *Scientific Reports* 10. 16448 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73444-y>
- Jón Sólmundsson, Haney, G, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Höskuldur Björnsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir, Kristján Kristinsson & Valur Bogason 2021. Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 2021 – framkvæmd og helstu niðurstöður. Haf- og vatnarannsóknir (HV 2021-24). Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður. 38 bls.
- Gunnar Jónsson, Jónbjörn Pálsson & Magnús Jóhannsson 2001. Ný fisktegund, flundra, *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758), veiðist á Íslandsmiðum. *Náttúrufræðingurinn* 70(2–3). 83–89.
- Björn Gunnarsson, Þór H. Ásgeirsson & Agnar Ingólfsson 2007. The rapid colonization by *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) (Eucarida, Caridea, Crangonidae) of Icelandic coastal waters. *Crustaceana* 80. 747–753.
- Óskar Sindri Gíslason, Jónas Páll Jónasson, Jörundur Svavarsson & Halldór Pálmar Halldórsson 2013. Merkingar og þéttleikamat á grjótkrabba við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 83(1–2). 39–48.
- Karl Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir & Óskar Sindri Gíslason 2015. Framandi sjávarlífverur við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 85(1–2). 4–14.
- Whitehead, P.J.P. 1985. *FAO Species Catalogue 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies, and wolf-herrings.* *FAO Fisheries Synopsis* 125(7/1). 1–303. FAO, Róm. (Sjá bls. 49–50). <http://www.fao.org/3/ac482e/ac482e10.pdf>
- Anon. 1991. Report of the Working Group on assessment of pelagic stocks in the Baltic. *ICES Document, CM 1991/Assess*: 18. 142 bls.
- Vitale, F., Mittermayer, F., Krischansson, B., Johansson, M. & Casini, M. 2015. Growth and maturity of sprat (*Sprattus sprattus*) in the Kattegat and Skagerrak, eastern North Sea. *Aquatic Living Resources* 28. 127–137.
- Lassen, H., Devitt, S., Zoltner, S. & Rios, J. 2017. LFPO pelagic trawl sprat (*Sprattus sprattus*). Public certification report. Bureau Veritas Iberia. 237 bls.
- Aro, E. 1989. A review of fish migration patterns in the Baltic. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 190. 72–96.
- Casini, M., Cardinale, M. & Arrhenius, F. 2004. Feeding preferences of herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the southern Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 61. 1267–1277.
- Neumann, V., Köster, F.W., Schaber, M. & Eero, M. 2014. Recovery in eastern Baltic cod: Is increased recruitment caused by decreased predation on early life stages? *ICES Journal of Marine Science*, 71(6). 1382–1392.
- Plirú, A., van der Kooij, J., Engelhard, G.H., Fox, C.J., Milligan, S.P. & Hunter, E. 2012. Sprat feeding behaviour, selective predation, and impact on plaice egg mortality. *ICES Journal of Marine Science*, 69(6). 1019–1029.
- Falkenhaus, T. & Dalpadado, P. 2014. Diet composition and food selectivity of sprat (*Sprattus sprattus*) in Hardangerfjord, Norway. *Marine Biology Research* 10(3). 203–215.
- Murua, H. & Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species in the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33. 23–31.
- George, M.R. & Alheit, J. 1987. Ovarian maturation cycle of sprat, *Sprattus sprattus*. *ICES CM 1987/H*: 47. 8 bls.
- Kraus, G. & Köster, F.W. 2001. Duration, frequency and timing of sprat spawning in the Central Baltic: An analysis based on gonadal maturity. *ICES CM 2001/J*:25. 16 bls.
- de Silva, S.S. 1973. Aspects of the reproductive biology of the sprat, *Sprattus sprattus* (L.) in inshore waters of the west coast of Scotland. *Journal of Fish Biology* 5(6). 689–705.
- Debes, P.V., Zachos, F.E. & Hanel, R. 2008. Mitochondrial phylogeography of the European sprat (*Sprattus sprattus* L., Clupeidae) reveals isolated climatically vulnerable populations in the Mediterranean Sea and range expansion in the northeast Atlantic. *Molecular Ecology* 17. 3873–3888.
- Limborg M.T., Pedersen, J.S., Hemmer-Hansen, J., Tomkiewicz, J. & Bekkevold, D. 2009. Genetic population structure of European sprat *Sprattus sprattus*: Differentiation across a steep environmental gradient in a small pelagic fish. *Marine Ecology Progress Series* 379. 213–224.
- Glover, K.A., Skaala, Ø., Limborg, M., Kvamme, C. & Torstensen, E. 2011. Microsatellite DNA reveals population genetic differentiation among sprat (*Sprattus sprattus*) sampled throughout the Northeast Atlantic, including Norwegian fjords. *ICES Journal of Marine Science* 68(10). 2145–2151.
- McKeown, N.J., Carpi, P., Silva, J.F., Healey, A.J.E., Shaw, P.W. & van der Kooij, J. 2020. Genetic population structure and tools for the management of European sprat (*Sprattus sprattus*). *ICES Journal of Marine Science* 77(6). 2134–2143.
- Bailey, R.S. 1980. Problems in the management of short-lived pelagic fish as exemplified by North Sea sprat. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 177. 477–488.
- Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758). FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation. Special Fact Sheets. Slóð (skoðað 3.6. 2021): <http://www.fao.org/fishery/species/2102/en>
- Marine Landings. OECD Statistics. Slóð (skoðað 3.6. 2021) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=FISH_LAND
- Bucholtz, R.H., Tomkiewicz, J. & Dalskov, J. 2008. Manual to determine gonadal maturity of herring (*Clupea harengus* L.). DTU Aqua-report 197-08, Charlottenlund: National Institute of Aquatic Resources. 45 bls.
- Jón Sólmundsson, Einar Jónsson & Höskuldur Björnsson 2010. Phase transition in recruitment and distribution of monkfish (*Lophius piscatorius*) in Icelandic waters. *Marine Biology* 157. 295–305.
- Ólafur S. Ástþórsson, Héðinn Valdimarsson, Ásta Guðmundsdóttir & Guðmundur J. Óskarsson 2012. Climate-related variations in the occurrence of mackerel (*Scomber scombrus*) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 69. 1289–1297.
- Hreiðar Þ. Valtýsson & Steingrímur Jónsson 2018. Impacts of a changing climate on Icelandic marine stocks. *Bls. 1–29 í: Impacts of a changing environment on the dynamics of high-latitude fish and fisheries* (ritstj. F.J. Mueter, M.R. Baker, S.C. Dressel & A.B. Hollowed). Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. <https://doi.org/10.4027/icedhlf.2018.01>
- Xu, W., Miller, P.I., Quartly, G.D. & Pingree, R.D. 2015. Seasonal and interannual variability of the European Slope Current from 20 years of altimeter data compared with in situ measurements. *Remote Sensing of Environment* 162. 196–207.
- Gary, S.F., Fox, A.D., Biastoch, A., Roberts, J.M. & Cunningham, S.A. 2020. Larval behaviour, dispersal and population connectivity in the deep sea. *Scientific Reports* 10. 1–12.
- Peck, M.A., Baumann, H., Bernreuther, M., Clemmesen, C., Herrmann, J.-P., Haslob, H., Huwer, H., Kanstinger, P., Köster, F.K., Peterreit, C., Temming, A. & Voss, R. 2012. The ecophysiology of *Sprattus sprattus* in the Baltic and North Seas. *Progress in Oceanography* 103. 42–57.
- Möllmann, C., Kornilovs, G., Fetter, M. & Köster, F.W. 2004. Feeding ecology of central Baltic Sea herring and sprat. *Journal of Fish Biology* 65. 1563–1581.

UM HÖFUNDA



Jónbjörn Pálsson (f. 1949) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 1973 og MS-prófum frá University of Southern Mississippi, Bandaríkjunum, árið 1979 og University of Guelph, Ontario, Kanada, 1982. Jónbjörn starfaði á Hafrannsóknastofnun á árunum 1983–2019.



Guðjón Már Sigurðsson (f. 1984) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 2007, MS-prófi frá sama skóla árið 2009 og doktorsprófi frá University of New Brunswick, Saint John, Kanada árið 2021. Guðjón starfar á Hafrannsóknastofnun.



Ingibjörg G. Jónsdóttir (f. 1972) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 1996, cand. scient.-prófi í sjávarlíffræði við Kaupmannahafnarháskóla árið 2000 og doktorsprófi í fiskavistfræði við Háskóla Íslands árið 2007. Ingibjörg starfar á Hafrannsóknastofnun.



Klara B. Jakobsdóttir (f. 1968) lauk diplóma-prófi í líffræði frá Háskólanum í Regensburg, Þýskalandi, árið 1994 og doktorsprófi við Háskóla Íslands árið 2013. Klara starfar á Hafrannsóknastofnun.



Nicholas Hoad (f. 1991) lauk BS-hon.-prófi í dýrafræði við Swansea University árið 2013 og MS-prófi í umhverfisfræðum við sama skóla árið 2014. Nicholas stundar meistaranám í auðlindastjórnun (MRM) við Háskólasetur Vestfjarða.



Valur Bogason (f. 1965) lauk BS-prófi í líffræði árið 1992 við Háskóla Íslands. Valur starfar á Hafrannsóknastofnun.



Jón Sólmundsson (f. 1966) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 1991 og MS-prófi í fiskavistfræði við sama skóla árið 2003. Jón starfar á Hafrannsóknastofnun.

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA
/ AUTHORS' ADDRESSES

Jónbjörn Pálsson
Bæjarlind 5
201 Kópavogi
jonbjornp@gmail.com

Guðjón Már Sigurðsson
Hafrannsóknastofnun
Fornubúðum 5
220 Hafnarfirði
gudjon.mar.sigurdsson@hafogvatn.is

Ingibjörg G. Jónsdóttir
Hafrannsóknastofnun
Fornubúðum 5
220 Hafnarfirði
ingibjorg.g.jonsdottir@hafogvatn.is

Klara B. Jakobsdóttir
Hafrannsóknastofnun
Fornubúðum 5
220 Hafnarfirði
klara.jakobsdottir@hafogvatn.is

Nicholas Hoad
Háskólasetur Vestfjarða
Suðurgata 12
400 Ísafjörður
nicholas20@uw.is

Valur Bogason
Hafrannsóknastofnun
Ægisgötu 2
900 Vestmannaeyjum
valur.bogason@hafogvatn.is

Jón Sólmundsson
Hafrannsóknastofnun
Fornubúðum 5
220 Hafnarfirði
jon.solmundsson@hafogvatn.is

Viðauki. – Appendix.

Listi yfir fundarstaði og fjölda brislinga (*Sprattus sprattus*) sem fengist hafa í leiðöngurum á Íslandsmiðum (*lengd fiska óþekkt). Staðsetningar sýna hvar tog hófst (A) og endaði (B). Að auki hafa um 100 brislingar fundist í meðafla rækjuveiða í Ísafjarðardjúpi á tímabilinu mars-ágúst 2021 (óbirt gögn). – Locations and numbers of sprat (*Sprattus sprattus*) caught in fish and shrimp surveys in Icelandic waters (*length of fish unknown). Additionally, about 100 sprat were registered as bycatch in the commercial shrimp fishery in Ísafjarðardjúpi in March-August 2021 (unpublished data). Bjálkatroll = Beam trawl, Rækjuvarpa = Shrimp trawl, Botnvarpa = Bottom trawl.

Dags Date	Staður Place	Staðs. A Location A	Staðs. B Location B	Dýpi (m) Depth (m)	Lengd (cm) Length (cm)	Fjöldi N	Veiðarfæri Fishing gear
26. ágúst 2017	Undan Eyjafjallasandi	63°29.89'N 19°41.92'V	63°29.10'N 19°37.54'V	20	15	1	Bjálkatroll
2. október 2019	Geirþjófsfjörður í Arnarfirði	65°40.00'N 23°23.00'V	65°40.38'N 23°25.67'V	65	*	1	Rækjuvarpa
8. október 2019	Ísafjarðardjúp	65°48.88'N 22°29.69'V	65°49.67'N 22°28.41'V	52	*	1	Rækjuvarpa
9. september 2020	Undan Hjörleifshöfða	63°22.23'N 18°44.99'V	63°22.44'N 18°49.42'V	20–29	11	1	Bjálkatroll
9. september 2020	Austan við Reynisdranga	63°23.51'N 18°55.14'V	63°23.65'N 19°00.00'V	14–18	11–12	2	Bjálkatroll
30. september 2020	Ísafjarðardjúp	65°57.96'N 22°24.71'V	65°55.99'N 22°24.42'V	68–83	8–12	2	Rækjuvarpa
1. október 2020	Ísafjarðardjúp	65°59.49'N 22°29.84'V	65°59.09'N 22°28.68'V	66–67	12	2	Rækjuvarpa
21. október 2020	Út af Ingólfshöfða	63°44.78'N 16°22.23'V	63°47.63'N 16°23.70'V	73–90	15	2	Botnvarpa
21. október 2020	Út af Ingólfshöfða	63°44.54'N 16°25.52'V	63°45.65'N 16°32.30'V	71–92	12–13	10	Botnvarpa
23. október 2020	Suður af Porlákshöfn	63°41.72'N 21°25.25'V	63°41.51'N 21°31.88'V	95–110	12–15	16	Botnvarpa
28. október 2020	Breiðafjörður, Bjarneyjaáll	65°12.40'N 23°16.47'V	63°13.96'N 23°10.44'V	95–135	13	1	Botnvarpa
9. mars 2021	Faxaflói út af Kollafirði	64°13.41'N 22°03.26'V	64°12.21'N 21°54.24'V	30–41	12–17	68	Botnvarpa
9. mars 2021	Faxaflói, Garðsjór	64°06.86'N 22°23.68'V	64°05.95'N 22°32.75'V	32–35	17	1	Botnvarpa
9. mars 2021	Faxaflói, Garðsjór	64°04.53'N 22°28.83'V	64°00.35'N 22°27.45'V	29–32	13–16	15	Botnvarpa
9. mars 2021	Miðnessjór	64°06.57'N 22°59.05'V	64°02.56'N 22°59.51'V	75–85	12–17	4	Botnvarpa
10. mars 2021	Út af Sandvík, Reykjanesskaga	63°53.73'N 22°47.24'V	63°49.89'N 22°45.55'V	61–73	12–13	2	Botnvarpa
11. mars 2021	Suður af Stokkseyri	63°44.99'N 21°11.79'V	63°47.28'N 21°03.72'V	61	14	1	Botnvarpa
11. mars 2021	Út af Rangársandi	63°41.22'N 20°39.59'V	63°38.35'N 20°33.01'V	30–35	11–15	225	Botnvarpa
11. mars 2021	Undan Landeyjasandi	63°34.70'N 20°23.05'V	63°32.01'N 20°16.02'V	18–20	11–15	52	Botnvarpa
11. mars 2021	Breiðafjörður, Bjarneyjaáll	65°10.95'N 23°24.61'V	65°12.40'N 23°15.77'V	118–136	16	1	Botnvarpa
12. mars 2021	Undan Eyjafjallasandi	63°29.23'N 19°54.10'V	63°29.20'N 19°45.00'V	47–78	12	2	Botnvarpa
13. mars 2021	Meðallandsbugur	63°37.76'N 17°45.82'V	63°40.98'N 17°40.22'V	40–42	15	1	Botnvarpa
13. mars 2021	Meðallandsbugur	63°45.08'N 17°13.32'V	63°45.26'N 17°04.37'V	63–67	14–15	2	Botnvarpa

Viðauki, frh. – Appendix, cont.

Dags Date	Staður Place	Staðs. A Location A	Staðs. B Location B	Dýpi (m) Depth (m)	Lengd (cm) Length (cm)	Fjöldi N	Veiðarfæri Fishing gear
15. mars 2021	Patreksfjarðarflói	65°39.35'N 24°10.21'V	65°40.57'N 24°16.83'V	28–47	11	2	Botnvarpa
2. október 2021	Arnarfjörður	65°46.09'N 23°13'53'V	65°45.05'N 23°14.75'V	70	10–13	27	Rækjuvarpa
2. október 2021	Arnarfjörður	65°44.61'N 23°17.72'V	65°44.23'N 23°21.94'V	51–85	11–13	92	Rækjuvarpa
2. október 2021	Arnarfjörður	65°45.23'N 23°21.98'V	65°45.42'N 23°17.57'V	70–71	11–12	3	Rækjuvarpa
4. október 2021	Ísafjarðardjúp	66°16.64'N 22°48.70'V	66°16.43'N 22°43.73'V	94–97	11	2	Rækjuvarpa
5. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°57.65'N 22°28.11'V	65°57.35'N 22°27.42'V	62–68	9–13	19	Rækjuvarpa
5. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°48.53'N 22°30.34'V	65°49.34'N 22°28.95'V	45–54	9–14	55	Rækjuvarpa
5. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°59.06'N 22°24.65'V	65°59.93'N 22°25.87'V	52–60	11–12	3	Rækjuvarpa
5. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°53.36'N 22°24.38'V	65°51.54'N 22°26.26'V	52–58	10–13	6	Rækjuvarpa
6. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°58.63'N 22°33.40'V	65°59.09'N 22°33.09'V	40	11	1	Rækjuvarpa
6. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°59.75'N 22°32.32'V	65°57.80'N 22°33.39'V	51–53	11–12	3	Rækjuvarpa
6. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°57.87'N 22°32.47'V	65°58.36'N 22°32.10'V	32–45	11–13	54	Rækjuvarpa
6. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°57.17'N 22°27.54'V	65°56.78'N 22°26.82'V	35–45	12	2	Rækjuvarpa
8. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°56.52'N 22°55.97'V	65°56.81'N 22°55.00'V	52–56	11–12	4	Rækjuvarpa
8. október 2021	Ísafjarðardjúp	65°57.99'N 22°53.24'V	65°58.49'N 22°52.90'V	38–42	12	1	Rækjuvarpa
9. október 2021	Ísafjarðardjúp	66°01.78'N 22°34.01'V	66°03.26'N 22°36.95'V	67–83	12	1	Rækjuvarpa
10. október 2021	Ísafjarðardjúp	66°15.13'N 23°12.23'V	66°16.60'N 23°15.53'V	115–122	14	1	Rækjuvarpa
17. október 2021	Út af Ingólfshöfða	63°47.63'N 16°23.77'V	63°44.60'N 16°22.37'V	72–89	16	1	Botnvarpa
19. október 2021	Suður af Grindavík	63°44.78'N 22°13.49'V	63°44.91'N 22°20.04'V	112–120	13–14	4	Botnvarpa
19. október 2021	Suður af Þorlákshöfn	63°41.76'N 21°24.81'V	63°41.50'N 21°31.73'V	95–112	12–16	20	Botnvarpa
22. október 2021	Faxaflói	64°27.55'N 23°10.48'V	64°26.98'N 23°03.70'V	120–140	15–16	2	Botnvarpa
22. október 2021	Faxaflói	64°25.83'N 22°47.44'V	64°22.87'N 22°48.96'V	85–86	16–17	2	Botnvarpa

Sauðfé étur kríuegg og unga



1. mynd. Ær með tvö lömb við kríu á hreiðri. Rétt eftir að myndin var tekin sást annað lambið hnippa í fuglinn og kasta honum af hreiðrinu. Síðan átu kindurnar eggin. Myndin er tekin á Pálsvelli í Flatey á Breiðafirði. – Ewe with her two lambs at an Arctic tern nest. Just after this photo was shot one of the lambs tossed the adult tern off the nest with its muzzle and the eggs were eaten. Flatey in Breiðafjörður. Ljós./Photo: Kane Brides, 11.06.2019.

SUMARIÐ 2019 sást til kinda í Flatey á Breiðafirði sem ýttu kríu *Sterna paradisaea* af hreiðri sínu og átu síðan egg hennar. Síðar sama sumar fundust bæði lifandi og dauðir kríuungar með hluta vængjar eða allan vænginn afstýfðan, svo og dauðir hauslausir ungar. Fyrstu dauðu kríuungarnir fundust um miðjan júlí. Einnig fannst hauslaus stelksungi og síðar fleiri kríuungar. Alls fundust 17 hauslausir og vængstýfðir kríuungar þetta sumar. Kindur voru rétt hjá en engir aðrir hugsanlegir orsakavaldar. Sumrin 2020 og 2021 fundust einnig dauðir hauslausir ungar og lifandi ungar sem á vantaði hluta vængjar. Hér segir nánar frá þessu og rifjuð eru upp önnur tilvik hér á landi sem okkur eru kunnug um kindur sem urðu uppvísar að eggja- eða ungaáti.



2. mynd. Flatey á Breiðafirði. Örnefni sem nefnd eru í greininni. – Flatey in Breiðafjörður. Local names mentioned in the Icelandic text.

INNGANGUR

Búfænaður hefur bæði bein og óbein áhrif á villta fugla, útbreiðslu þeirra og fjölda.^{1,2} Þrátt fyrir það virðast litlar rannsóknir hafa farið fram á þessum áhrifum hér á landi, sem geta verið margvísleg og flókin. Bein áhrif eru meðal annars dráp á fuglum og eggjaát. Þá getur búfé troðið niður hreiður eða lagst á hreiður óafvitandi. Óbein áhrif geta verið breytt gróðurfar vegna beitar, sem hefur áhrif á fuglalíf.

Einn þáttur í samskiptum búfænaðar og villtra fugla er afrán af völdum sauðfjár. Hér á landi hafa örfá tilvik verið skráð um slíkt afrán en ætla má að það sé algengara en þau tilvik sýna. Afrán sauðfjár á eggjum og ungum villtra fugla er einnig þekkt erlendis.^{3,4}

Hér er skýrt frá tilvikum þar sem ljóst er að kindur hafa étid egg og unga kríu *Sterna paradisaea* í Flatey á Breiðafirði, og öðrum stöðum á landinu sem við höfum spurnir af.

ATHUGANIR

Kríuvarpið í Flatey hefur tekið talsverðum breytingum á undanförunum áratugum. Á árunum 1975 til 1978 urpu um 2.000 kríupör í eygni.⁵ Árið 1990 hafði þeim fjölgað í 3.000 pör en síðan fækkaði þeim á ný og á árunum 2009 til 2016 var fjöldinn breytilegur, frá um 500 til 1.500 pör.⁶

Flatey 2019

Sumarið 2019 urðum við vitni að því að ær og tvö lömb hennar umkringdu kríu á hreiðri (1. mynd). Fuglinn sat sem fastast uns annað lambið hnippti í hann þannig að krían þeyttist af hreiðrinu og tók flugið. Tóku kindurnar sig þá til og átu eggin. Á meðan renndi fuglinn sér í kindurnar eins og kríur eiga vanda til en þær létu ekki segjast.

Ýmis örnefni í Flatey sem nefnd eru í greininni má sjá á 2. mynd.

Sumarið 2019 var fylgst með kríuvarpi í 10 daga á svæði þar sem kindum var haldið til beitar (Pálsvöllur – Innstabæjarmýri). Áberandi var hve kríum og hreiðrum þeirra fækkaði ört á þessum tíma. Hinum megin girðingar (í Klausturhólamýri) voru engar kindur. Varpárangur þar var metinn sumarið 2019. Hann reyndist óvenjugóður (1,1 ungi á hreiður þegar ungar voru komnir rétt undir flug) og engin merki sáust um afrán (ÆP & ST, óbirt gögn). Í rannsókn á kríuvarpi á Snæfellsnesi 2008–2011 voru sambærilegar tölur 0,05 til 0,51.⁷

Fyrstu merki um hauslausa unga eru frá 17. júlí 2019. Þá fundust fimm kríuungar og einn stelsungi *Tringa totanus* á Lundabergsmóum og flugvelli austur að Mjósundum. Síðar um sumarið fundust lifandi kríuungar sem á vantaði hluta af væng (3. mynd). Þetta var í sama beitarhólfi og kindur sáust éta egg fyrr um sumarið.



3. mynd. Í Flatey á Breiðafirði. Kríuungi sem búið er að bíta af hálfan vænginn. – Arctic tern chick with half of the wing cut off. Flatey in Breiðafjörður. Ljós./Photo: Ævar Petersen, 23.07.2019.



4. mynd. Hauslausir kríuungar í Flatey á Breiðafirði. Sést í blóðugan strjúpann. – Beheaded Arctic tern chicks, with bloody neck. Flatey in Breiðafjörður. Ljós./Photo: Ævar Petersen, 23.07.2019.

Einnig fundust tveir nýdauðir hauslausir ungar á svæði sem hafði verið skodað um hálf tíma áður án þess að dauðir ungar sæjust (4. mynd). Rétt áður saúst kindur á nákvæmlega sama stað.

Engar líkur eru á að fuglarnir hafi misst væng eða haus við það að fljúga á rafmagnsvíra eða girðingar enda ungarnir enn ófleygir. Hauslausu ungarnir voru sumir nýdauðir; blóð lak úr strjúpanum eða var nýstorknað. Ummerkin voru eins og vængur eða haus hefðu verið rifnir frá búkunum.

Flatey 2020

Kindur saúst ekki éta kríuegg í júní 2020. Hins vegar var áberandi þá tíu daga sem dvalist var í Flatey hve kríum með hreiður fækkaði mikið á sama svæði og kindur saúst éta egg og vængstýfðir eða hauslausir ungar fundust sumarið áður.

Í júlí 2020 fundust fimm vængstýfðir ungar og sjö hauslausir á sama svæði og sumarið 2019, þ.e. á Pálsvelli og í Innstabæjarmýri.

Þrjú kríuhreiður voru í Steinabrekku á Flatey 5. júní 2020. Fylgst var með hreiðrunum daglega og 10. júní var eitt hreiður eftir með eggjum. Nokkrum kindum var haldið til beitar í hólfi á þessu svæði og er talið að þær hafi étid eggin úr tveimur hreiðranna. Kindurnar saúst ídulega fast við hreiðrin og létu sér fátt um finnast þegar kríurnar tóku dýfu niður að þeim og hjuggu þær jafnvel í hausinn.

Flatey 2021

Í júlí 2021 fannst stakur ungi í Alheimsmýri. Hafði hausinn verið stýfður af og var strjúpinn alblóðugur. Greinilegt var að ungin hafði verið drepinn rétt áður (5. mynd). Unginn fannst alveg

við girðinguna við Pálsvöll þar sem ungar fundust afhausaðir á fyrri árum. Kindur voru stutt frá og var ekki hægt að draga aðra ályktun en að þær hefðu bitið í haus kríuungans og dregið fram af hálsinum.

Flatey almennt

Hér er einungis um fá stök tilvik að ræða og lítið vitað um áhrif á fuglastofna, dreifingu þeirra eða varþrangur eftir svæðum, enda ekki sérstaklega verið að fjalla um samspil sauðfjár og fugla. Þrátt fyrir áratugarrannsóknir á fuglum í Flatey hefur ekki áður orðið vart við kindur éta egg eða unga, meðal annars á þeim svæðum sem getið er að ofan. Sauðfé gengur um nær alla ey núorðið, meðal annars víða þar sem er æðarvarp, nema hvað túnum (nýræktum) á austurhluta eyjunnar er haldið fjárlausum. Áður fyrr,



5. mynd. Afhauaður kríuungi. Fundinn nýdauður í Alheimsmýri í Flatey á Breiðafirði. – Arctic tern chick that had been beheaded, found newly dead. Flatey in Breiðafjörður. Ljós./Photo: Ragnar Helgi Ólafsson, 19.07.2021.

Þegar sauðfé Flateyjarbænda var töluvert fleira, voru kindurnar fluttar úr eyggi og upp á land áður en langt var liðið á sumar. Vissulega hafa kríuungar margoft fundist dauðir af öðrum orsökum í kríuvarpinu í Flatey.⁵

ÖNNUR TILVIK Á LANDINU

Okkur er kunnugt um fjögur tilvik annars staðar af landinu þar sem sauðfé át egg eða unga villtra fugla.

1. Flatey á Skjálfanda, Suður-Þingeyjarsýslu.

Stórt kríuvarp hefur lengi verið í Flatey á Skjálfanda.⁸ Árið 1964, þegar þar var ennþá heilsársbyggð, varð fólk vart við hauslausa kríuunga. Vegsummerki voru alveg eins og lýst hefur verið í Flatey á Breiðafirði, þ.e. hausinn virtist hafa verið slitinn eða bitinn af, og voru kindur þar staðnar að verki.⁹

2. Engidalur, Bárðardal, Suður-Þingeyjarsýslu.

Kristlaug Pálsdóttir í Engidal hefur merkt fugla um langt árabil, ekki síst vaðfuglaunga. Hún var mikið á ferli um móana og fann þá mörg hreiður vaðfugla, svo sem heidlóu *Pluvialis apricaria* og spóa *Numenius phaeopus*. Hafði hún auga með hvenær ungar skriðu úr eggjum og merkti þá áður en þeir yfirgáfu hreiðrið. Á árunum 1983–1985 tók Kristlaug eftir því þegar hún var að reka kindur að sumar þeirra tóku á rás að stöðum þar sem fuglar flugu upp, leituðu að eggjum og átu. Kristlaug greinir frá þessu í tímaritinu Blika.¹⁰

3. Hesteyri, Mjóafirði, Austfjörðum.

Árið 1996 (6. júlí) voru Þórey Ketilsdóttir, Sólveig Bergs og tveir höfunda (ST og ÆP) að merkja kríuunga við Hesteyri í Mjóafirði á Austfjörðum.

Fyrst fóru merkingar fram utan tún-girðingar í nánd við bæinn en síðar var leitað inn á túnið þar sem var talsvert kríuvarp en einnig sauðfé á beit. Þar fundust fjölmargir hauslausir kríuungar og var varla hægt að draga aðra ályktun en þá að kindurnar hefðu drepitð ungana. Þó komu hundar einnig til greina. Þórey ræddi við ábúanda jarðarinnar, Önnu Mörtnu Guðmundsdóttur, sem bjó ein á bænum (sjá ævisögu hennar eftir Rannveigu Þórhallsdóttur¹¹). Anna átti tvo hunda en sagði þá aldrei hlaupa um túnin eftir kindunum. Þegar henni var sagt frá dauðu kríuungunum sagði Anna að þar væri komin skýring á því að sumar kindur hennar væru blóðugar um kjammann.

4. Suðurland.

Við rannsóknir á spóum á Suðurlandi 2010–2013 kom í ljós afrán bæði kinda og hesta á eggjum fuglanna. Þetta sást glögglega í myndavélum sem settar voru upp í grennd við hreiður. Niðurstaðna er getið í að minnsta kosti þremur ritgerðum og einu ráðstefnuspjaldi þar sem fjallað er um varpárangur spóa og hverjir væru valdir að eggjahvarfi.^{12–15}

UMRÆÐA

Eflaust eru tilvik um eggja- eða ungaát sauðfjár fleiri en hér eru tilgreind þótt þau hafi ekki verið skráð eða okkur kunnugt um þau. Fækkun í vaðfuglastofnum í Evrópu hefur verið tengd við tap á kjörflendum þeirra vegna landbúnaðar.¹⁶ Sjófuglar verða einnig fyrir barðinu á búfánaði.^{3,4} Sama á við hér á landi.

Hvers vegna étur sauðfé egg og unga villtra fugla?

Óljóst er hversu víðtækt það er að sauðfé eti egg eða unga. Ef til vill hafa einungis ákveðnar kindur tekið upp á þessu atferli á svipaðan hátt og einstaka svartbakar *Larus marinus* taka æðarunga *Somateria mollissima*. Þeir koma sér fyrir á útsýnisstað og hafa vakandi auga með æðarkollum með unga.¹⁷

Sú skýring hefur verið nefnd á fuglaáti kinda að þær vanti steinefni.³ Í Flatey þar sem vart varð við eggja- og ungaát voru kindurnar í girðingu og komust ekki í fjöru. Kindur í Breiðafjarðareyjum hafa löngum leitað í fjörubeit þar sem þær innbyrða salt með þangi.^{18,19} Sauðfé getur einnig vantað steinefni

vegna þess að því er haldið á of litlum afgirtum svæðum. Það virðist samt ekki vera algild skýring enda sést sauðfé oft á þjóðvegum landsins sleikja salt sem notað er til rykbindingar á malarvegum, en vegsalt er að mestu natríumklóríð, þ.e. venjulegt matarsalt.²⁰

Búfé getur haft ýmis önnur áhrif á villta fugla en að éta egg og unga. Þannig eru hreiður troðin niður og egg brotin.²¹ Samband er á milli áhrifa á fugla og fjölda húsdýra, og hversu lengi dýrin eru í ákveðnu hólfi.^{1,22} Varp mófugla, svo sem hrossagauka *Gallinago gallinago* í Flatey misferst iðulega vegna átroðnings, eins og fjölmargar skráningar vitna um (ÆP & ST, óbirtar uppl.).

Áhrif búfjár eru eflaust breytileg eftir því hvaða búfánaður á í hlut. Þannig gengur hrossabeit oft nærri landi í litlum beitarrhólfum. Sýnt hefur verið fram á að varpþéttleiki vepju *Vanellus vanellus* er ekki eins mikill þar sem búfánaði er beitt og meiri hætta er á afráni.²³ Hér er ekki svigrúm til að kafa djúpt í þetta viðfangsefni en full ástæða er til að benda á að áhrif búfánaðar á fugla eru enn lítt könnuð á Íslandi.^{24–27} Þau geta bæði verið neikvæð og jákvæð.

SUMMARY

Predation of sheep on wild bird eggs and chicks in Iceland

In 2019 to 2021 sheep were noted eating Arctic tern *Sterna paradisaea* eggs, as well as beheading chicks and cutting off part of their wings, on the island of Flatey in Breiðafjörður, W-Iceland (Figs 1–5). One Redshank chick *Tringa*

totanus was also found beheaded. The reason for this behaviour is unknown but may possibly be related to mineral deficiency in the sheep.

Recorded observations of this kind are rare in Iceland. Here is a summary in chronological order of other incidental observations when livestock were either seen or inferred to have taken wild bird eggs or killed unfledged young.

The first such observation is from 1964 when sheep were seen eating Arctic tern eggs on the island of Flatey in Skjálfandi bay, N-Iceland.

The second example is from 1983–1985 when domestic sheep were observed predated on various wader eggs, such as Golden Plover *Pluvialis apricaria* and Whimbrel *Numenius phaeopus* at the farm Engidalur in N-Iceland.

The third example is from 1996 when sheep in Mjóifjörður, E-Iceland, were inferred having predated Arctic tern chicks, which were found headless and some of the sheep in same enclosure were found to have blood on their muzzle.

During 2010–2013, in a breeding biology study of Whimbrel *Numenius phaeopus* in S-Iceland, using camera traps, sheep and horses were recorded predated eggs.

The effects of sheep or other livestock on wild birds is still poorly studied in Iceland, but these can be both negative and positive for the birds.

ÞAKKIR

Ragnar Helgi Ólafsson lagði til mynd sem höfundar þakka fyrir.

HEIMILDIR

- Beintema, A.J. & Müskens, G.J.D.M. 1987. Nesting success of birds breeding in Dutch agricultural grasslands. *Journal of Applied Ecology* 24(3). 743–758.
- Sharps, E., Smart, J., Mason, L.R., Jones, K., Skov, M.W., Garbutt, A. & Hiddink, J.G. 2017. Nest trampling and ground nesting birds: Quantifying temporal and spatial overlap between cattle activity and breeding Redshank. *Ecology and Evolution* 7(16). 6622–6633.
- Furness, R.W. 1988. The predation of tern chicks by sheep. *Bird Study* 35(3). 199–202.
- Furness, R.W. 1988. Predation on ground-nesting seabirds by island populations of red deer *Cervus elaphus* and sheep *Ovis*. *Journal of Zoology* 216(3). 565–573.
- Ævar Petersen 1979. Varpfuglar Flateyjar á Breiðafirði og nokkurra nærliggjandi eyja. *Náttúrufræðingurinn* 49(2–3). 229–256.

- Ævar Petersen 2018. Arctic terns in Iceland. Fyrirlestur 13. mars 2018 á fundinum CBird meeting í Cambridge, Englandi. 21 bls. https://www.researchgate.net/publication/356504421_erindi-2018-03-13-Kria-CBird_22_-Cambridge
- Freydís Vígfúsdóttir, Tómas G. Gunnarsson & Gill, J.A. 2013. Annual and between-colony variation in productivity of Arctic tern in West Iceland. *Bird Study* 60(3). 289–297.
- Ævar Petersen 2010. Fuglalíf í Flatey á Skjálfanda. Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ-10001, Reykjavík. 44 bls.
- Sigurður Gunnarsson 2000. Höfuðlausir kriúungar. *Bliki* 20. 65.
- Kristlaug Pálsdóttir 1992. Eggjaát hjá kindum. *Bliki* 12. 55–56.
- Rannveig Þórhallsdóttir 2008. Ég hef nú sjaldan verið algild. *Hólar, Akureyri*. 279 bls.
- Borgný Katrínardóttir 2012. The importance of Icelandic riverplains as breeding habitats for Whimbrels *Numenius phaeopus*. MS-ritgerð við Háskóla Íslands. 50 bls.
- Tómas G. Gunnarsson & Borgný Katrínardóttir 2014. Sauðfé étur egg og unga. *Bændablaðið* 20. nóvember, 51.

14. Borgný Katrínardóttir, Alves, J.A., Hrefna Sigurjónsdóttir, Páll Hersteinsson & Tómas G. Gunnarsson 2015. The effects of habitat type and volcanic eruptions on the breeding demography of Icelandic Whimbrels *Numenius phaeopus*. PLoS ONE 10(7). e0131395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131395>
15. Lilja Jóhannesdóttir, Tómas G. Gunnarsson, Gill, J.A. & Alves, J.A. 2015. Is the farmer's dream a wader's nightmare? Future developments of agriculture in Iceland. International Wader Study Group Annual Conference 1–5 Oct. 2015, Iceland. Veggspjald, 47. <https://www.waderstudygroup.org/article/7654>
16. Macdonald, M.A. & Bolton, M. 2008. Predation on wader nests in Europe. Ibis 150 (Suppl. 1). 54–73.
17. Ævar Petersen 1998. Íslenskir fuglar. Vaka-Helgafell, Reykjavík. 312 bls.
18. Bergsveinn Skúlason 1967. Um eyjar og annes. Ferðaþættir og minningar frá Breiðafirði II. Fróði, Reykjavík. 293 bls. (Um fjörubeit bls. 199).
19. Bergsveinn Skúlason 1970. Áratog. Þættir úr atvinnusögu Breiðfirðinga. Leiftur, Reykjavík. 302 bls. (Um fjörubeit bls. 89–93).
20. Skúli Þórðarson 2013. Nýting á úrsalti í vetrarþjónustu og rykbindingu. Vegsýn, Hafnarfirði. 13 bls.
21. Ottvall, R. 2005. Böoverlevnad hos strandängshäckande vadare: Den relativa betydelsen av predation och trampskador av betesdjur. Ornis Svecica 15. 89–96.
22. Loe, L.E., Mysterud, A., Stien, A., Steen, H., Evans, D.M. & Austrheim, G. 2007. Positive short-term effects of sheep grazing on the alpine avifauna. Biology Letters 3. 110–112. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0571>
23. Hart, J.D., Milsom, T.P., Baxter, A., Kelly, P.F. & Parkin, W.K. 2002. The impact of livestock on Lapwing *Vanellus vanellus* breeding densities and performance on coastal grazing marsh. Bird Study 49(1). 67–78.
24. Bryndís Marteinsdóttir, Barrio, I.C. & Ingibjörg S. Jónsdóttir 2017. Assessing the ecological impacts of extensive sheep grazing in Iceland. Icelandic Agriculture Sciences 30. 55–72.
25. Lilja Jóhannesdóttir 2017. Links between agricultural management and wader populations in sub-arctic landscapes. Doktorsritgerð við Háskóla Íslands. 129 bls.
26. Lilja Jóhannesdóttir, Gill, J.A., Alves, J.A., Sigmundur H. Brink, Ólafur Arnalds, Méndez, V. & Tómas G. Gunnarsson 2019. Interacting effects of agriculture and landscape on breeding wader populations. Agriculture, Ecosystems and Environment 272. 246–253.
27. Sigurður B. Alfreðsson 2018. The effects of shrub encroachment on avian communities in lowland Iceland. MS-ritgerð við Háskóla Íslands. 56 bls.

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA / AUTHORS' ADDRESSES

Ævar Petersen

Brautarlandi 2
IS-108 Reykjavík
aevar@nett.is

Sverrir Thorstensen

Lönguhlíð 9a
IS-603 Akureyri
sth@akmennt.is

Scott Petrek

WWT Slimbridge Wetland Centre
Slimbridge, Glos, GL2 7BT
UK – Bretlandi
scott.petrek@wwt.org.uk

Kane Brides

WWT Conservation Evidence Department
Slimbridge, Glos, GL2 7BT
UK – Bretlandi
kane.brides@wwt.org.uk

UM HÖFUNDA



Ævar Petersen (f. 1948) lauk BS-Honours-prófi í dýrafræði frá Aberdeen-háskóla í Skotlandi 1973 og doktorsprófi í fuglafræði frá Oxford-háskóla á Englandi 1981. Ævar er nú á eftirlaunum.



Sverrir Thorstensen (f. 1949) lauk kennaraprófi 1970. Hann var kennari og skólastjóri í Stórutjarnaskóla í Ljósavatnsskarði og síðan kennari í Glerárskóla á Akureyri en er nú á eftirlaunum. Sverrir hefur stundað merkingar og rannsóknir á fuglum frá árinu 1979.



Scott Petrek (f. 1989) er Breti sem unnið hefur að náttúruverndarmálum frá 17 ára aldri. Hann vinnur nú við stjórnun verndarsvæðis, m.a. að endurbótum kjörlanda fyrir fugla, móttöku gesta og vöktun fuglastofna. Stundar enn fremur fuglamerkingar og aðstoðar við rannsóknir á vaðfuglum og öðrum votlendisfuglum.



Kane Brides (f. 1989) er breskur vistfræðingur sem sérhæfir sig í stofnvöktun votlendisfugla, vistfræði þeirra og farhátum.

Þóra Hrafnisdóttir, Þorgerður Þorleifsdóttir

Skötuormurinn og listamaðurinn – ferðasaga



1. mynd. Skötuormur (*Lepidurus arcticus*) á botni Skálanefstjarnar í Veiðivötnum. Skötuormar verða allt að 25 mm langir að halaþráðunum tveimur sem eru álíka langir og búkurinn. – Arctic tadpole shrimp (*Lepidurus arcticus*) in pond Skálanefstjörn in Veiðivötn lake area, South Iceland. It grows to 25 mm in length, excluding the tail-like caudal rami which are about the same length as the rest of the animal. Ljósmynd./Photo: Wim van Egmond.

SÍÐSUMARS 2019 gerðu greinarhöfundar sér ferð í Veiðivötn á Landmannafrétti ásamt hollenska listamanninum og ljósmyndaranum Wim van Egmond. Ferðin var farin á vegum Náttúruminjasafns Íslands í því skyni að taka ljósmyndir og kvikmyndir til fræðslu um vatnadýr sem fáir hafa augum litið. Vatnadýrið sem um ræðir er skötuormur. Hann lifir í vötnum og tjörnum, einkum til fjalla, og segja má að hann sé einkennisdýr vatna á hálendinu. Þetta er í fyrsta skipti svo vitað sé að skötuormur er myndaður á heimaslóð og í náttúrulegu umhverfi sínu hér á landi í þeim tilgangi að búa til fræðslufni. Ferðasöguna prýða nokkrar af myndunum sem teknar voru í leiðangrinum.

SKÖTUORMURINN

Skötuormur (*Lepidurus arcticus*) er krabbadýr af ættbálki barðskjöldunga (Notostraca) og langstærsti hryggleysingi í ferskvatni á Íslandi (1. mynd, rammagrein).¹ Hann er eini barðskjöldungurinn sem lifir hérlendis, en að minnsta kosti 14 aðrar tegundir eru þekktar um heim allan og skiptast þær í tvær ættkvíslir, *Lepidurus* og *Triops*.² Barðskjöldungar eru oft kallaðir lifandi steingervingar því útlit þeirra hefur lítið breyst síðastliðnar 200–250 milljónir ára, eða frá því á trías-tímabilinu.^{3–5} Þetta sýna steingervingar sem fundist hafa í jarðlögum frá þessum tíma og eru sláandi líkir núlifandi dýrum.

Heimkynni skötuorms eru á norðurlöndum, allt í kringum Norðurpólinn.^{6–8} Á kaldtempurðum svæðum, svo sem í Skandinavíu og á Íslandi, lifir hann nær eingöngu til fjalla. Skötuormur er ein af fáum arktískum tegundum hér á landi.⁹ Líklegt er að hlýnandi veðurfar hafi neikvæð áhrif á útbreiðslu og lífs-sögu skötuorms og er því mikilvægt að vernda búsvæði hans eins og kostur er. Tegundin er á valista í Finnlandi og Svíþjóð en ekki talin í útrýmingarhættu í Noregi. Verndarstaðan hefur ekki verið metin hér á landi.^{10–12}

Skötuormar lifa í vötnum og tjörnum um land allt, einkum á hálendinu.^{13,14} Þá er helst að sjá í grunnum tjörnum, en einnig í djúpum og meðaldjúpum stöðuvötnum þar sem þeir finnast sjaldan lifandi heldur koma fram sem fæða í silungamögum. Skötuormar halda sig jafnan við botninn, líða áfram eða synda í sprettum og eru kyrrir þess á milli. Einnig eiga þeir það til að synda upp í vatnsbolinn og hringsnúast síðan til botns aftur. Þeir hafast aðallega við á mjúkum og lífríku leðjubotni, en þrífast einnig á hörðum, lífsnaudum sandbotni. Skötuormar eru rándýr og tækifærissinnar sem éta allt sem að kjafti kemur, bæði lifandi og dautt, svo sem þörungur, vatnaflær og rykmýslirfur.^{15,16} Þeir eru jafnframt eftirsótt fæða silungs og vatnafugla.^{8,15,17}

Lífssaga og vistfræði skötuorms er ekki vel þekkt, hvorki hér á landi né í öðrum heimkynnum hans, en allt bendir til að hann sé einær og einungis egginn lifi veturinn af.^{14,15} Eftir að ísa leysir á vorin klekkast örsmáar lirfur úr eggjunum, vaxa hratt og taka fljótt á sig mynd fullorðna dýrsins.¹⁸ Skötuormurinn heldur áfram að vaxa með endurteknum hamskiptum allt sumarið og fram á haust. Svo virðist sem líkams-

stærð, ekki árstími, ráði því hvenær hann verður kynþroska, og hefst eggjaframleiðsla þegar skjöldurinn er orðinn um 7 mm langur, sem yfirleitt er um og upp úr miðju sumri.^{19,20} Þegar varp hefst verpir skötuormurinn viðstöðulaust á hverjum degi, allt frá tveimur til ellefu eggjum og verpir hvert dýr að meðaltali 18 eggjum.²¹ Dýrið losar eggin úr eggjasekkjum og festir á mosa eða steina þar sem þau hvíla yfir veturinn og klekkast næsta vor þegar hlýna tekur.

Æxlunarmáti skötuorms er ekki þekktur til hlítar. Hann er ýmist talinn fjölga sér með sjálfsfrjógvun eða kynæxlun. Langflest dýr eru tvíkynja, karldýr þekkjast en eru sjaldséd.^{6,7,22} Nýlegar rannsóknir á Svalbarða benda til að fæð karldýra stafi af því að kven-dýrin éti þau hreinlega, enda eru karldýrin idulega minni.²³

Íslenskar rannsóknir á skötuormi eru ekki margar og er höfundum aðeins kunnugt um tvær. Annars vegar kannaði Árni Einarsson líffræðingur fæðu skötuorms með því að skoða magainnihald nokkurra dýra úr Mývatni, Ljótapolli og tjörnum á Vesturöræfum.¹⁵ Hins vegar fór viðameiri rannsókn á vistfræði, fæðu- og varpatferli skötuorms fram í Veiðivötnum 1994–1996.¹⁴ Að henni



2. mynd. Leiðangursmenn frá sjónarhóli skötuormsins. Frá vinstri: Þóra Hrafnadóttir líffræðingur, listamaðurinn Wim van Egmond og Þorgerður Þorleifsdóttir líffræðingur. – The team from a tadpole shrimp's viewpoint. From left: biologist Þóra Hrafnadóttir, artist and photographer Wim van Egmond and biologist Þorgerður Þorleifsdóttir. Ljósmynd: Wim van Egmond.

stóðu líffræðingarnir Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir og Hilmar J. Malmquist. Einnig unnu Þorgerður Þorleifsdóttir og Finnur Ingimarsson sitt námsverkefnið hvort úr gögnum sem safnað var í verkefninu.²¹

LISTAMAÐURINN

Hollenski listamaðurinn og ljósmyndarinn Wim van Egmond (2. mynd) sækir innblástur og viðfangsefni í náttúruna og hefur sérhæft sig í smásjár- og þrívíddarljósmyndun af smásæjum ferskvatns- og sjávarlífverum. Hann gengur lengra í vísindalegum vinnubrögðum en flestir aðrir listamenn og notar eitt helsta tæki vísindamannsins, smásjárana, til að fanga á mynd hið smásæja í ferskvatni og sjó. Þannig tvinnar hann saman listina og vísindin og veitir innisýn í heim sem flestum er hulinn – heim sem á sér engan líkan í margbreytileika sínum.

Wim kom að undirbúningi sýningar Náttúruminjasafns Íslands, *Vatnið í náttúru Íslands*, sem opnuð var í Perlunni í Reykjavík 1. desember 2018. Einnig átti hann mikinn þátt í gerð sýningar á eina örverusafni heims, Micropia, í Amsterdam, þegar það var opnað árið 2014 (www.micropia.nl).

Nú síðast vann Wim, í samvinnu við örverufræðinginn Henk Bolhuis, myndbandsverkið BIOFILM um smásætt líf í örveruþekju leirunnar á hollensku eyjunni Texel í Vaðlahafi. Megnið af hafsvæðinu og leirum þess er á heimsminjaskrá UNESCO. Verkið sýnir kvikar og litríkar örverur, aðallega blágrænu-bakteríur (e. cyanobacteria), og er sett saman úr röð ljósmynda sem teknar voru af örveruþekjunni á 15 mínútna fresti í níu mánuði samfleytt.²⁴ Myndir og myndverk Wims hafa birst víða, meðal annars í bókum og tímaritum og á list- og leiksýningum.

Wim van Egmond hefur unnið til margra verðlauna fyrir myndir sínar. Hann hefur 35 sinnum hlotið verðlaun og viðurkenningar í helstu myndasamkeppni fyrir smásjármyndir, Nikon Small World Competition, og tvisvar hreppt fyrsta sætið.²⁵

Gefum Wim van Egmond orðið (í þýðingu höfunda): „Ljósmyndun er óvenjuleg blanda af tækni og skynjun. Myndavélin er eins konar staðgengill augans, vélrænt skoðunartæki sem gerir okkur kleift að fanga mynd. Ég er sérstaklega hrifinn af þeirri hlið ljósmyndunar sem er frábrugðin daglegri skynjun okkar. Það er meðal annars

þess vegna sem ég hef kannað og þróað ljóstæknilegar aðferðir sem nota má til að dýpka sjónskyn okkar. Vísindin og myndheimur þeirra hefur alltaf heillað mig. Ég kys að starfa einhvers staðar mitt á milli lista og vísinda.“²⁶

LEIÐANGURINN

Tilgangur leiðangursins var að taka ljósmyndir og kvikmyndir af skötuormum í náttúrulegu umhverfi sínu. Ferðin var farin á vegum Náttúruminjasafns Íslands og leiðangursmenn voru greinarhöfundar og listamaðurinn Wim van Egmond (2. mynd). Wim er okkur á Náttúruminjasafni Íslands að góðu kunnur og því afréðum við að fá hann til landsins til að taka myndir af skötuormum til fræðsluefnis á vegum safnsins. Fáir hafa séð þessi einkennisdýr vatna á hálendinu með eigin augum.

Veidiðvötn í Landmannaafreitti urðu fyrir valinu sem vettvangur myndatöku vegna þess að þar er skötuormur algengur og vötnin mörg sem hann lifir í. Því gerðum við ráð fyrir að nokkuð auðvelt yrði að finna skötuorm. Einnig er gistiástaða á staðnum sem sparadi okkur bæði ferðatíma og daglegan akstur meðan á dvölinni stóð.



3. mynd. Skálanefstjörn í Veiðivötnum þar sem skötuormur var myndaður í ágúst 2019. Horft í norðvestur. Lágt eiði skilur að tjörnina og Stóra-Skálavatn. – Skálanefstjörn, a pond in the Veiðivötn area, where Arctic tadpole shrimps were captured on camera in August 2019. Looking northwest, a low strip of land separates the pond from the Stóra-Skálavatn lake. Ljósmynd: Þorgerður Þorleifsdóttir.

Að mörgu var að hyggja við undirbúning leiðangursins. Meðal annars þurfti að safna saman nauðsynlegum búnaði fyrir myndatökuna, að ógleymdu öllu því sem gæti komið að góðum notum og torvelt yrði að útvega svo langt frá þéttbýli. Þetta voru til dæmis ílát af öllum stærðum og gerðum, lampi og ljósaperur, fjöltengi og límband, snæri, skæri, tangir og pípettur, klemmur og vatnslitapenslar, álpappír og regnhlíf, og síðast en ekki síst háfar og gildirur til að veiða í dýrin. Ekki mátti heldur gleyma kosti, svefnpokum, ullarnærfötum, regnfatnaði og ljósmyndabúnaðinum sem Wim hafði meðferðis. Öllu var pakkað niður og hlaðið í hálendisjeppann, og var þá plássið fullnýtt.

Lagt var af stað úr Reykjavík um hádegisbil 27. ágúst 2019. Við keyrðum sem leið lá í Veiðivötn, stöldrúðum við

á nokkrum stöðum á leiðinni og nutum fallegrar náttúru. Þegar við höfðum komið okkur fyrir í skálanum Ampa, sem við leigðum af Veiðifélagi Landmannaafreittar, og átt spjall við veiðiverðina, Bryndísi H. Magnúsdóttur og Rúnar Hauksson, fórum við um svæðið og kíktum eftir skötuormum á stöðum þar sem við höfðum fengið ábendingu um að þá væri að finna. Skötuormar eru svo samlitir tjarnarbotni sínum að þegar skimað er eftir þeim er ekki auðvelt að koma auga á þá fyrsta kastið. Þegar horft er eftir einkennandi slóð sem þeir skilja eftir sig í botnleðjunni líður þó ekki á löngu þar til fyrsta dýrið finnst og eftir það er leikurinn auðveldur. Engu að síður höfðum við ekki erindi sem erfiði í þetta sinn, og í lok dags örlaði á eilítili spennu yfir því hvað morgundagurinn bæri í skauti sér. Við vorum jú komnar

um langan veg og listamaðurinn um enn lengri veg – og ætlaði skötuormurinn þá að bregðast okkur með því að láta ekki sjá sig?

Næsti dagur rann upp heldur hráslagalegur; lágskýjað og súld, hiti 8°C og gjóla. Þá komu ullarnærföt og regnfatnaður að góðum notum. Við héldum að Skálanefstjörn við sudausturenda Stóra-Skálavatns (3. mynd). Lágt eiði skilur að tjörnina og vatnið. Tjörnir er grunn á parti og ekki mikill gróður í henni og því vandalaust að skima botninn frá bakkanum, en nú gáradí gjólan vatnið. Við gáfumst ekki upp, rýndum fastar og eftir nokkra stund komum við auga á skötuorma þar sem þeir liðu yfir botn tjarnarinnar í leit að æti. Við prisuðum okkur sæl og fannst við hafa náð stórum áfanga – að hafa fundið aðalviðfangsefni ferðarinnar!

Nú tók gleðin völd og Wim hófst handa við að taka bæði ljósmyndir og myndskleið af skötuormum á botni tjarnarinnar (4. mynd). Hlutverk okkar greinarhöfundar var að koma auga á nýja skötuorma og hafa auga með þeim þangað til Wim vantaði nýja fyrirsætu. Með þessu móti gat hann myndað nokkurn veginn viðstöðulaust. Fljótlega kom þó í ljós að skilyrði til myndatöku voru óhagstæð þar sem birtan var ekki ákjósanleg og vatnsgárurnar trufluðu. Við þetta bættist að örðugt var að fylgja skötuormum eftir með myndavél á tjarnarbotni, enda eru þeir kvikir í hreyfingum og stöðugt á ferðinni. Því brugðum við á það ráð að safna nokkrum dýrum í ker með leðju af botni tjarnarinnar. Þar með var myndatakan flutt heim í skála þar sem dýrin voru mynduð í kerinu eftir að hafa fengið þar frið í nokkra stund til að aðlagast nýju umhverfi (5. mynd).

Á þriðja degi lét sólin sjá sig í fyrsta sinn í ferðinni. Léttist þá heldur á okkur brúnin og við huguðum að því að mynda fleiri vatnalífverur. Í því skyni héldum við gangandi að lítilli tjörn í hraundæld sunnan við Skeifupyttlu þar sem við höfðum séð vatnabjöllur og fallegan vatnagróður tveimur dögum áður. Veður var stillt, himinninn spegladist í tjörninni og í morgunkyrrðinni gafst tækifæri til að fylgjast með fádæma

sundfimi tjarnatítna (*Arctocorisa carinata*) og vatnabjallna (Dytiscidae). Það var með hálfum hug að við söfnuðum nokkrum þeirra til að mynda við uppsettar aðstæður innandyra seinna um daginn (6. mynd). Á botni tjarnarinnar mátti jafnframt sjá slorpunga (*Nostoc*), sem eru hnöttótt, hlaupkennd sambýli blágrænubaktería, og haustbrúðu (*Callitriche hermaphroditica*) sem er sjaldgæf vatnaplanta.²⁷

Þegar dagur var að kvöldi kominn, og Wim sáttur við myndefnið sem hann hafði náð, ákváðum við að halda heim daginn eftir, þó með viðkomu í Skálanefstjörn til að svala þessari knýjandi þörf okkar allra til að gera sífellt betur, að ná ef til vill ennþá betri myndum. Til byggða héldum við að lokum með farteskið fullt af myndefni af skötuormum og öðrum vatnalífverum og sæl eftir dvölinu í kyrrð Veiðivatna.

Aðdáunarvert var að fylgjast með vinnubrögðum Wims, sjá hvernig hann nálgadist viðfangsefnið af innsæi listamannsins og kunnáttu ljósmyndarans, engu síður en náttúrufræðingsins, enda hafði hann kynnt sér vel skötuorma og atferli þeirra og spurt margs, og hafði auðheyrilega einnig góða þekkingu á öðrum vatnalífverum. Af mikilli hugkvæmni og þolinmæði leysti Wim eitt vandasamasta viðfangsefni ljósmyndunar við frumstæðar aðstæður

í Veiðivötnum – að ná rétttri lýsingu á myndefnið, smádyr á sífelltri hreyfingu. Jafnframt var allur aukabúnaður sem Wim notaði við myndatökurnar athyglisverður, í senn einfaldur og að hluta til heimatilbúinn (4. og 6. mynd). Við tókurnar notaði Wim nokkrar gerðir af myndavélum og aðdráttarlinsum, meðal annars vatnshelda makró-gleiðlinsu (Laowa 24 mm, f/14 2X Macro Probe) (sjá 5. mynd a) og vatnshelda myndavél (Olympus TG-6) til að taka myndir neðan vatnsborðs, ásamt löngustöng (e. selfie stick).

LOKAORÐ

Afurðir leiðangursins, að eftirvinnslu myndefnis lokinni, voru hátt á annað hundrað ljósmyndir og myndskleið af skötuormum og fleiri vatnalífverum í náttúrulegu umhverfi sínu. Mikil ánægja er með myndirnar og úr nægu að móða til útgáfu prentaðs og raf-ræns fræðsluefnis á vegum Náttúru-minjasafns Íslands. Myndefnið hefur þegar verið nýtt í fræðslu á vegum safnsins, meðal annars á Vísindavöku Rannís 2019, í innslagi um skötuorma í sjónvarpsþættinum Nýjasta tækni og vísindi á RÚV 28. september 2020 og í fræðslumola á vefsetri, fésbókarsíðu og Instagram-síðu safnsins.^a

4. mynd. Wim van Egmond að taka myndir af skötuormum í Skálanefstjörn í Veiðivötnum í ágúst 2019. – Wim van Egmond, artist and photographer, filming and photographing Arctic tadpole shrimps in Skálanefstjörn pond, Veiðivötn lake area, August 2019. Ljós./Photo: Þorgerður Þorleifsdóttir.





5. mynd a. Skötuormar myndaðir í kerri í Veiðivötnum í ágúst 2019. Regnhlífir skýlir myndavélina og kemur í veg fyrir gárur á vatninu. Takið eftir ljósgjafanum fremst á myndavélalinsunni og penslinum sem var notaður til að fjarlægja loftbólur af dýrunum. – Photographing Arctic tadpole shrimps in a tank, Veiðivötn lake area, August 2019. An umbrella shelters the camera and prevents rippling of the water surface. Note the light source on the tip of the camera lens, and the brush used to remove air bubbles from the animals. Ljós./Photo: Þorgerður Þorleifsdóttir.



5. mynd b. Skötuormur í kerri bíður eftir að tókur hefjist. – Arctic tadpole shrimp in a tank, waiting for shooting to start. Ljós./Photo: Wim van Egmond.



6. mynd a. Undirbúningur fyrir myndatöku vatnalífvera í Veiðivötnum í ágúst 2019. Í litlu ílátunum þremur eru vatnaplöntur og vatnaskordýr sem bíða myndatöku. Ílátin eru heimatilbúin og úr plexigleri. – Preparing to photograph aquatic organisms, Veiðivötn lake area, August 2019. The three small tanks contain aquatic plants and insects, waiting to be captured on camera. The tanks are homemade, from plexiglass. Ljós./Photo: Þorgerður Þorleifsdóttir.



6. mynd b. Wim við myndatöku vatnaskordýra innandyrna. Aukabúnaðurinn var einfaldur og litlu ílátin heimatilbúin. – Wim van Egmond photographing aquatic insects indoors. Basic accessories were used, and a homemade plexiglass tank. Ljós./Photo: Þorgerður Þorleifsdóttir.

ENGLISH SUMMARY

Shooting Arctic tadpole shrimps – a field trip of photography and filming

In late summer 2019, the authors went with the Dutch artist and photographer Wim van Egmond on a field trip to the Veiðivötn lakes in the South Iceland highlands, an area popular with anglers. The trip was unusual in that the intention was to photograph and film a freshwater animal that only few people have seen: the Arctic tadpole shrimp (*Lepidurus arcticus*) which lives in lakes and ponds around Iceland, primarily

in the highlands. For the first time in Iceland, the Arctic tadpole shrimp was filmed and photographed in its natural habitat and some of the photos are included in this article. The field trip was made under the auspices of the Icelandic Museum of Natural History.

The noted Dutch artist and photographer Wim van Egmond specialises in photomicrography and stereoscopy of small freshwater and marine organisms and describes his vision thus: “Photography is an unusual mixture of technique and perception. The camera acts as a

surrogate eye, a mechanical observation-device that [...] enables us to capture an image. I am particularly intrigued by those aspects of photography that differ from day to day perception. This is one of the reasons why I have studied and developed optical techniques that can be used to increase the scope of our human vision. I have always been inspired by science and scientific imagery. I like to operate in a field somewhere in between art and science.”²⁶

SKÖTUORMUR

LEPIDURUS ARCTICUS

Líkamsbygging og einkenni

Skötuormurinn minnir um margt á skötu í útliti; flatvaxinn, breiður um miðju og afturbolurinn líkur hala, og er heitið sennilega sprottið til af þessum líkindum. Væntanlega á Jón lærði Guðmundsson (1574–1658) við skötuorma þegar hann segir að „vatnslúður og skötur kvikn[i] hér á sumar af sólarverma, í grunnum tjöfum sem upp þorna og vara ekki lengi“ í riti sínu um náttúru Íslands sem talið er að Jón hafi ritað á árunum 1640–1644.²⁸ Elsta dæmi um skötuormsheitið í Ritmálssafni Orðabókar Háskólans er hins vegar úr Fiskafræði Jóns Ólafssonar úr Grunnavík (1705–1779) frá 1737.^{29,30} Má ætla að heitið skötuormur sé nokkuð gamalt í málinu og að Íslendingar hafi þekkt til dýrsins hér áður fyrr.



Einkennandi fyrir skötuorminn er breiður og hvelfdur skjöldur sem hylur fætur og megnið af liðskiptum bolnum svo að aðeins hluti afturbols stendur út undan skildinum líkt og hali. Aftan úr honum standa tveir halapræðir. Angar sem líkjast fálmurum gægjast framundan skildinum að framan, sinn hvorum megin. Þeir tilheyra fremsta fótaparínu. Eiginlegir fálmarar eru stuttir og ekki áberandi. Augun tvö eru nýrnalaga og næstum samvaxin og þar fyrir aftan er lítið bikarauga. – The Arctic tadpole shrimp is characterised by a broad, domed carapace that covers its legs and most of its articulated body, so only part of the abdomen protrudes like a tail from beneath the carapace. Flagellae, which resemble antennae and project on either side of the carapace at the front, belong to the foremost pair of legs. The real antennae are short and inconspicuous. The two eyes are almost conjoined and kidney-shaped, with a small ocellus to the rear of them. Ljósmynd./Photo: Wim van Egmond.



Skjöldurinn er samvaxinn höfðinu en laus frá bóknum að öðru leyti. Skötuormurinn verður allt að 5 cm langur með halapræðunum, sem eru álika langir og búkur dýrsins. – The carapace is conjoined with the head but otherwise not attached to the body. The Arctic tadpole shrimp can be up to 5 cm long, including its tail-like caudal rami which are as long as the animal's body. Ljósmynd./Photo: Wim van Egmond.



Spaðalaga fætturnir eru notaðir til sunds og fæðuöflunar. Fjöldi fóta er breytilegur eftir einstaklingum, allt frá 40 pörum upp í 46 pör.^{6,31} Á 11. fótapari sjást stundum eggjasekkir sem dýrið ber eggin í þar til þau eru losuð og fest á mosa eða stein. – The spade-shaped legs are used for swimming and food gathering. The number of legs varies between individuals, from 40 and up to 46 pairs.^{6,31} Some individuals have brood pouches on their 11th pair of legs, in which the eggs are carried until they are released and attached to moss or a stone. Ljósmynd./Photo: Wim van Egmond.



Skötuormur rötur í botnleðjuni eftir æti og stendur þá strökurinn aftur af honum. – An Arctic tadpole shrimp roots for food in the sediment, leaving a plume of silt behind. Ljósmynd./Photo: Wim van Egmond.

ÞAKKIR

Greinarhöfundar þakka Wim van Egmond gefandi og skemmtilega samvinnu og samveru. Veidiverðirnir í Veidivötnum, Rúnar Hauksson og Bryndís H. Magnúsdóttir, fá bestu þakkir fyrir aðstoðu og aðstoð. Þorleifur Eiríksson fær þakkir fyrir aðstoð og upplýsingar um fundarstaði. Náttúruverndarsjóður Pálma Jónssonar styrkti verkefnið og eru sjóðnum færðar bestu þakkir.

HEIMILDIR

- Helgi Hallgrímsson 1975. Íslenskir vatnakrabbar III. – V. Æðri spaðfætlur, skelkrebbs og marflær. Týli 5(2). 41–49.
- Brendonck, L., Rogers, D.C., Olesen, J., Weeks, S. & Hoeh, W.R. 2008. Global diversity of large branchiopods (Crustacea: Branchiopoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595. 167–176. doi: 10.1007/s10750-007-9119-9
- Vanschoenwinkel, B., Pinceel, T., Vanhove, M.P.M., Denis, C., Jocque, M., Timms, B.V. & Brendonck, L. 2012. Toward a global phylogeny of the “living fossil” crustacean order of the Notostraca. *PLoS ONE* 7: e34998. doi: 10.1371/journal.pone.0034998
- Mathers, T.C., Hammond, R.L., Jenner, R.A., Hänfling, B. & Gómez, A. 2013. Multiple global radiations in tadpole shrimps challenge the concept of ‘living fossils’. *PeerJ* 1: e62. doi: 10.7717/peerj.62
- Lidgard, S. & Love, A.C. 2018. Rethinking living fossils. *BioScience* 68. 760–770. doi: 10.1093/biosci/biy084
- Longhurst, A.R. 1955. A review of the Notostraca. *Bulletin of the British Museum of Natural History* 3. 1–57.
- Hessen, D.O., Rueness, E.K. & Stabell, M. 2004. Circumpolar analysis of morphological and genetic diversity in the Notostracan *Lepidurus arcticus*. *Hydrobiologia* 519. 73–84.
- Lakka, H.-K. 2013. The ecology of a freshwater crustacean: *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda; Notostraca) in a High Arctic region. MS-ritgerð við Department of Arctic Biology, University Centre in Svalbard and Department of environmental sciences, University of Helsinki. 151 bls. Slóð: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41586>
- Snorri Baldursson 2014. Lífríki Íslands. Vistkerfi lands og sjávar. Forlagið og Opna, Reykjavík. 407 bls.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (ritstj.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2019. / The 2019 Red List of Finnish Species. Umhverfissráðuneytið og Umhverfisstofnun Finnlands, Helsinki. 703 bls.
- SLU Artdatabanken 2020. Rödlister arter i Sverige 2020. Fjällsköldbladfooting *Lepidurus arcticus*. Slóð (skoðað 24.9. 2020): <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/lepidurus-arcticus-101191>
- Artsdatabanken 2015. Skjöldkreps *Lepidurus arcticus* (Pallas, 1793). Slóð (skoðað 24.9. 2020): <https://artsdatabanken.no/taxon/Lepidurus%20arcticus/120144>
- Þorleifur Eiríksson, Þorgerður Þorleifsdóttir, Hrefna Sigurjónsdóttir og Hilmar J. Malmquist 2021. Hulduðýr á heiðum uppi – útbreiðsla skötuorms á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 91(3–4). 146–165.
- Þorleifur Eiríksson, Hilmar J. Malmquist & Hrefna Sigurjónsdóttir 1996. Skötuormurinn. Lesbók Morgunblaðsins, 10. ágúst, s. 11.
- Árni Einarsson 1979. Fáein orð um skötuorm (*Lepidurus arcticus* (Pallas)). Náttúrufræðingurinn 49. 105–111.
- Christoffersen, K. 2001. Predation on *Daphnia pulex* by *Lepidurus arcticus*. *Hydrobiologia* 442. 223–229.
- Jeppesen, E., Christoffersen, K., Landkildehus, F., Lauridsen, T., Amsinck, S.L., Riget, F. & Søndergaard, M. 2001. Fish and crustaceans in northeast Greenland lakes with special emphasis on interactions between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Lepidurus arcticus* and benthic chydorids. *Hydrobiologia* 442. 329–337.
- Borgström, R. & Larsson, P. 1974. The first three instars of *Lepidurus arcticus* (Pallas). (Crustacea: Notostraca). *Norwegian Journal of Zoology* 22. 45–52.
- Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir & Hilmar J. Malmquist 1999. Útbreiðsla, stofnstærðarbreytingar, eggjaframleiðsla og atferli skötuormsins (*Lepidurus arcticus*). Veggsþjald á afmælissráðstefnu Líffræðifélags Íslands, Hótel Loftleidum, nóvember 1999.
- Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir & Hilmar J. Malmquist 1999. Útbreiðsla, vöxtur, eggjaframleiðsla og atferli skötuormsins (*Lepidurus arcticus*). Í: (Ritstj. Sigurður S. Snorrason & Róbert A. Stefánsson) Líffræðirannsóknir á Íslandi. Ráðstefna 18.–20. nóvember 1999. Reykjavík, Háskóli Íslands, s. 92.
- Þorgerður Þorleifsdóttir 2018. Egg laying strategies in the Arctic tadpole shrimp (*Lepidurus arcticus*). BS-verkefni við Líf- og umhverfissvísindadeild Háskóla Íslands, Reykjavík. 17 bls. Slóð: <https://skemman.is/handle/1946/29523>
- Wojtasik, B. & Brylka-Wolk, M. 2010. Reproduction and genetic structure of a freshwater crustacean *Lepidurus arcticus* from Spitsbergen. *Polish Polar Research* 31. 33–44. doi: 10.4202/ppres.2010.03
- Lakka, H.-K. 2015. Description of the male *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda: Notostraca) and the potential role of cannibalism in defining male form and population sex ratio. *Journal of Crustacean Biology* 35. 319–329. doi: 10.1163/1937240X-00002324
- van Roekel, A. 2019. The secret lives of microbes. *EuroScientist*. 1.8. 2019. Slóð (skoðað 19.9.2020): <https://www.euroscientist.com/the-secret-lives-of-microbes/>
- Nikon Small World Competition. Slóð (skoðað 19.9. 2020): <https://www.nikon-smallworld.com/galleries/photomicrography-competition>
- Wim van Egmond. Inngangstexti á vefsetri listamannsins. Slóð (skoðað 18.9. 2020): <https://diatoms.org/contributor/WimvanEgmond>
- Hörður Kristinsson 2010. Íslenska plöntuhandbókin. Mál og menning, Reykjavík. 364 bls.
- Halldór Hermannsson 1924. Jón Guðmundsson and his natural history of Iceland. *Islandica* XV. Cornell University Library, Ithaca. 28 bls.inng. + 40 bls. + 9 myndasíður.
- Jón Ólafsson úr Grunnavík 2007. Náttúrufræði: Fiskafræði. Steinafræði. Guðrún Kvaran og Þóra Björk Hjartardóttir. Góðvinir Grunnavíkur-Jóns, Reykjavík. 150 bls.
- Ritmalssafn Orðabókar Háskólans. Stofnun Árna Magnússonar í íslenskum fræðum. Slóð (skoðað 21.9. 2020): <https://ritmalssafn.arnastofnun.is/>
- Rogers, D.C. 2001. Revision of the Nearctic *Lepidurus* (Notostraca). *Journal of Crustacean Biology* 21. 991–1006.

UM HÖFUNDA



Þóra Hrafnisdóttir (f. 1963) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1988 og MS-prófi í vatnalíffræði við Hafnarháskóla 2003. Þóra hefur starfað við rannsóknir á Líffræðistofnun HÍ, Náttúrufræðistofnun Íslands og Náttúrufræðistofnu Kópavogs. Nú starfar hún á Náttúru-minjasafni Íslands.



Þorgerður Þorleifsdóttir (f. 1992) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 2018 og fjallaði í BS-verkefni sínu um varpatferli skötuorms. Hún starfar hjá Náttúru-minjasafni Íslands og rannsókn- og ráðgjafarfyritækinu RORUM. Þorgerður hefur einnig lokið diplómánámi í safnafræði við Háskóla Íslands.

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA / AUTHORS' ADDRESSES

Þóra Hrafnisdóttir
Náttúru-minjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
thora.k.hrafnisdottir@nmsi.is

Þorgerður Þorleifsdóttir
Náttúru-minjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
thorgerdur.thorleifsdottir@nmsi.is

Þorleifur Eiríksson, Þorgerður Þorleifsdóttir,
Hrefna Sigurjónsdóttir og Hilmar J. Malmquist

Huldudýr á heiðum uppi – útbreiðsla skötuorms á Íslandi

GERÐ ER GREIN FYRIR útbreiðslu skötuorms (*Lepidurus arcticus* (Pallas, 1793)) á Íslandi og athugaðir fundarstaðir krabbadýranna með tilliti til hæðar yfir sjávarmáli, landshluta og dýpi vatna sem dýrin fundust í. Gögnin ná yfir tímabilið 1780–2020 og taka til rannsókna höfunda auk munnlegra upplýsinga og gagna í margvíslegum ritheimildum. Alls voru skráðir 237 fundarstaðir skötuorma. Skötuormurinn hefur aðallega fundist í tjörnum og grunnum vötnum á miðhálandinu í meira en 400 m h.y.s. Dýrin finnast í öllum landshlutum en eru misalgeng, tíðust á Norður- og Suðurlandi en fátíðust á Vesturlandi. Skötuormur og silungur fundust saman í mörgum vatnanna og í þeim langflestum var skötuormur í mögum fiskanna. Margt bendir til að útbreiðsla skötuorma á landsvísu mótist helst af hitastigi og er það í samræmi við niðurstöður rannsókna í Noregi og víðar á norðurhveli. Dýrin eru einær og til að þroskast til fulls og vaxa þurfa eggj mjög lágan hita yfir veturinn, en tiltölulega háan hita yfir sumarið. Þörf er frekari rannsókna á skötuormum til þess meðal annars að varpa skýrara ljósi á þátt hitastigs og hlýnunar á vistfræði dýranna.

INNGANGUR

Skötuormur (*Lepidurus arcticus* (Pallas, 1793)) hefur um langan aldur verið hálf-gert huldudýr á Íslandi. Fáir hafa heyrt um þetta krabbadýr og enn færri séð það þrátt fyrir að það sé stærsti hrygg-leysinginn í ferskvatni hér á landi, allt að 5 cm langur og um 1 cm á breidd (1. og 2. mynd). Skötuormurinn hefur þó verið þekktur hér á landi í nokkrar aldir. Jón lærði Guðmundsson (1574–1658) er sennilega sá fyrsti sem getur hans þegar hann ræðir um „vatnslúður og skötur“ sem „kvikna hér á sumrin, af sólarvarma, í grunnum tjörnum, sem upp þorna og vara ekki lengi“ – í umfjöllun um „vatnsmakyn“ í riti sínu *Ein stutt undirrétting um Íslands aðskiljanlegar náttúru* sem skrifað var á árunum 1640–1644.¹

Næstelsta ritheimild sem okkur er kunnugt um er bók dansk-færeyska náttúrufræðingsins Nicolai Mohr um náttúru Íslands sem kom út árið 1786. Þar greinir höfundurinn frá því að hann hafi fundið skötuorm í Engidal á Hólsfjöllum.² Þá er að finna heimild um skötuorm á Íslandi í skrifum Henriks Nikolais Krøyers árið 1847,³ einnig í skrifum Carls Jørgens Wesenberg-Lunds árið 1894⁴ og síðast en ekki síst í skrifum Eriks Poulsens árið 1924, í kjölfar rannsóknarferðar hans til Íslands árið 1923. Poulsen getur um fimm fundarstaði í smátjörnum og grunnum vötnum á miðhálandinu í 380–700 m h.y.s.⁵ Í yfirlitgrein um krabbadýr á Íslandi sem Poulsen birti 1939 í *Zoology of Iceland* er getið alls um 21 fundarstað skötuorms, langflesta í grunnum vötnum í smærri kantinum í 350 m h.y.s. og ofar.⁶

Vettvangsrannsókn Eriks Poulsens sumarið 1923 er fyrsta ýtarlega rannsóknin sem gerð er hér á landi með skipulegum hætti á líffræði skötuorms og annarra krabbadýra. Hann ferðaðist um landið og tók sýni í vötnum og tjörnum frá fjöru til fjalls, á 121 stað, mældi og skráði og aflaði ýmissa gagna um aðstæður og nærumhverfi fundarstaðanna. Niðurstöðurnar setti Poulsen fram í vistfræðilegu samhengi þar sem hann athugaði meðal annars útbreiðslu krabbadýranna með tilliti til hæðar yfir sjó, vatns- og lofthita og magns vatnagróðurs og tegundsamsetningar.⁵

Eftir rannsókn Poulsens sumarið 1923 hefur lítið farið fyrir rannsóknum á þessu áhugaverða dýri hér á landi og umfjöllun um tegundina takmörkuð á íslenskum vettvangi í takt við það.



1. mynd. Skötuormur úr Veiðivötnum sumarið 2018. – Arctic tadpole shrimp from Veiðivötn lake cluster in summer 2018. Ljósmynd/Photo: Ragnar Th. Sigurðsson.



2. mynd. Skötuormur í Veiðivötnum sumarið 2020. – Arctic tadpole shrimp in Veiðivötn lake cluster in summer 2020. Ljósmynd/Photo: Wim van Egmond.

Hér ber þó að nefna skrif Helga Hallgrímssonar um útlit og flokkunarfræðileg einkenni skötuorms^{7,8} og almenna lýsingu hans á líffræði dýranna,⁹ sem og grein Árna Einarssonar sem byggðist á könnun hans á fæðu skötuorma í

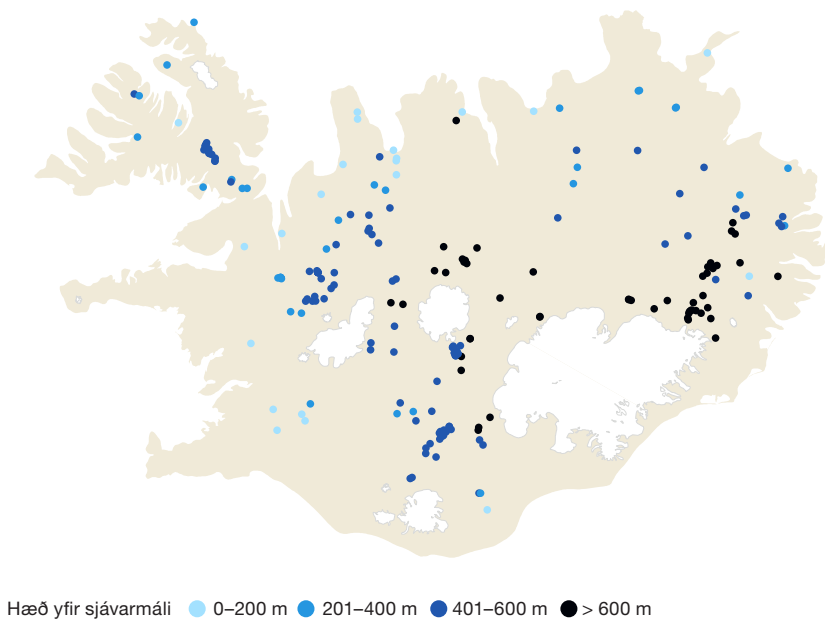
Mývatni og víðar.¹⁰ Það er svo ekki fyrr en um miðjan tíunda áratuginn að ráðist var með skipulegum hætti í rannsóknir á lífnadarháttum og útbreiðslu skötuorms í Veiðivötnum á árunum 1994–1996.¹¹ Þær rannsóknir lutu að vistfræði og lífssögu skötuorma í vötnum og tjörnum í Veiðivatnaklasanum. Meðal annars var búsvæðaval dýranna kannað og tengsl þess við umhverfisbreytur.^{12,13}

Auk þess voru athaganir gerðar á fæduatferli, varpgegðun og eggjaframleiðslu, meðal annars með tilraunum á rannsóknarstofu.^{12–15}

Hér er sjónum beint að útbreiðslu skötuorms á landsvísu og er aðallega byggt á gögnum höfunda úr vettvangsferðum og á ýmiss konar ritheimildum, þar á meðal rannsóknarskýrslum, ásamt munnlegum upplýsingum frá þeim sem

hafa rekist á dýrið og/eða hafa vitneskju frá öðrum um fundarstað. Auk þess var leitað eftir upplýsingum um fund skötuorma á samskiptamiðlinum Facebook.

Meginmarkmiðið er að draga upp heildstæða mynd af útbreiðslu skötuorms á landinu og bregða ljósi á þær umhverfisbreytur sem helst geta skýrt búsvæðaval tegundarinnar og dreifingu hennar á landsvísu. Þekking og skiln-



3. mynd. Útbreiðsla skötuorms á Íslandi með hliðsjón af hæð (m) yfir sjávarmáli. Gögnin taka til alls 237 fundarstaða og ná yfir tímabilið 1780–2020 (sjá 1. viðauka). – Distribution of Arctic tadpole shrimp locations in Iceland (n=237) according to height a.s.l. (m) (Appendix 1). Grunn gögn korts IS50V Landmælinga Íslands. Kort: Adam Hoffritz 2021

ingur á útbreiðslu þessa áhugaverða krabbadýrs er mikilvæg, meðal annars í vistfræðilegu samhengi, svo sem í tengslum við fæðu fiska og fugla^{11,16–18} og í ljósi loftslagsbreytinga og hlýnunar vatna. Vísendingar eru um að tegundin sé viðkvæm fyrir hlýnun.¹⁹

Skötuormar eru af fornum meiði, taldir hafa komið fram í dagsljósið fyrir um 200 milljónum ára og virðast lítið hafa breyst að lögun og útliti.²⁰ Þeir finnast í tjörnum, stöðuvötnum og smálækjum umhverfis allt norðurhvelið, frá 60. til 80. gráðu norðlægrar breiddar.¹⁹ Skötuormurinn er ein af fáum heimskautategundum sem þrífast hér á landi.²¹

Skötuormurinn er einær, klekst sem lirfa úr eggjum á vorin, vex með hamskiptum og nær fullri stærð síðsumars. Hann verpir eggjum allt sumarið og fram á haust, og þá drepst hann áður en vetur gengur í garð. Um líffræði skötuorms almennt, útlit og lífshætti hér á landi er til nánari glöggvunar vísað til greinar Þóru Hrafnisdóttur og Þorgerðar Þorleifsdóttur í þessu tölublaði,¹⁸ umfjöllunar í Lesbók Morgunblaðsins árið 1996,¹¹ greinar Árna Einarssonar í Náttúrufræðingnum árið 1979¹⁰ og rits Snorra Baldurssonar, *Lífriki Íslands, vísferfi lands og sjávar*.²¹

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Útbreiðsla skötuorms á Íslandi var könnuð á grundvelli eigin rannsókna og gagna og með ýtarlegri leit í birtum rannsóknagreinum og -skýrslum, þar með talið samstarfsaðila í verkefninu *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna* sem Náttúrufræðistofa Kópavogs, Háskólinn á Hólum, Háskóli Íslands og Veiðimálastofnun (nú: Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatns) settu á laggirnar árið 1992.^{17,22–24} Einnig var leitað fanga í ferðaritum og frásögnum fyrri tíma, meðal annars í ritverkum Þorvalds Thoroddsens,^{25,26} og aflað upplýsinga um fund skötuorma með skriflegum og munnlegum fyrirspurnum til almennings.

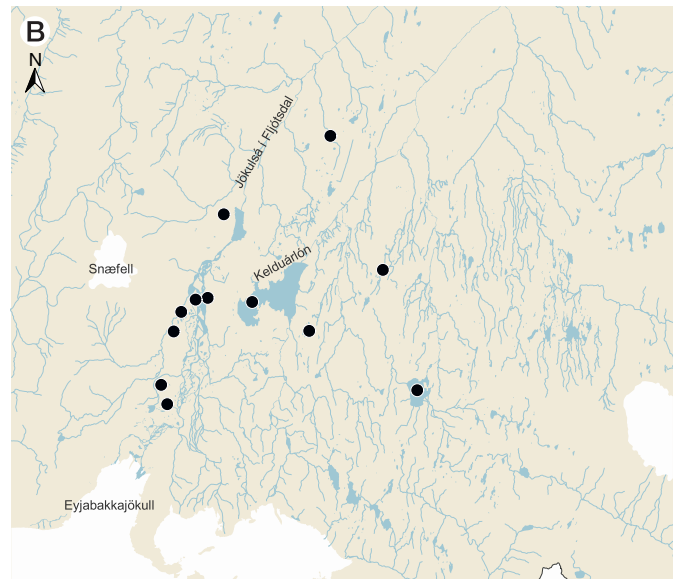
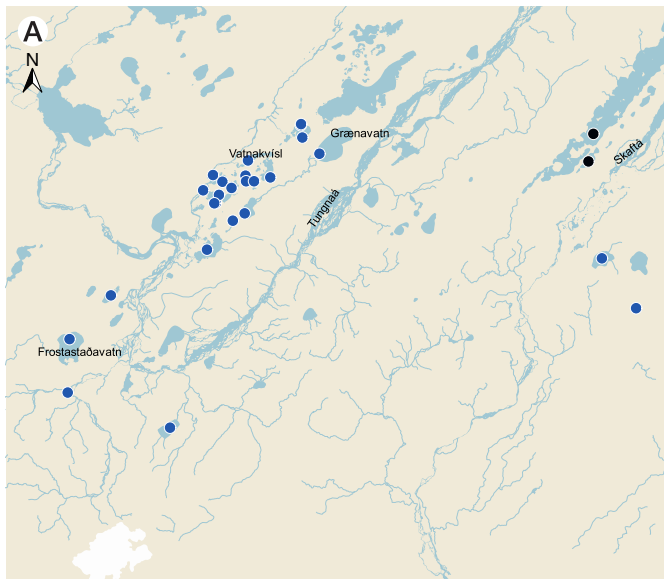
Aðstandendur *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* veittu góðfúslegt leyfi til að nota hluta af gögnum verkefnisins. Um er að ræða skrá með upplýsingum um fæðu silunga í alls 60 stöðuvötnum.

Mikið af upplýsingum um fundarstaði skötuorms og tilvist er að finna í rannsóknar- og vöktunarskýrslum í tengslum við virkjanir, einkum fiskirannsóknir Veiðimálastofnunar á vatnsviði Blöndu og Þjórsár.^{27–29}

Eftirgreunslan höfunda hjá almenningsi um fundarstaði skötuorms var gerð í því augnamiði að afla vitneskju um skötuorma sem hefði verið erfitt að fá með öðrum hætti. Fyrst voru settar fram fyrirspurnir af þessu tagi árið 1994 í dagblöðum og útvarpi og nú síðast í október 2020, einnig á Facebook.

Tilkynningar frá almenningsi voru misýtarlegar. Oftast voru gefin upp staðarheiti en í nokkrum tilfellum einnig hnattstaða (lengdar- og breiddargráða, GPS-hnit) og jafnvel loftmynd af fundarstað. Í öðrum tilfellum voru upplýsingar takmarkaðar og óáreiðanlegar, svo sem að sést hefði til skötuorms á tilteknu landsvæði, og var slíkt tilfelli sleppt í þessari samantekt. Í þeim tilvikum þar sem staðsetning fundarstaðar var gefin upp á afmörkuðu landsvæði, til dæmis á heidi, var staðsetningin námunduoð með hnattstöðu sem næst miðju viðkomandi svæðis.

Fundarstaðirnir voru skráðir með heiti vatns eða lýsingu fundarstaðar og staðháttu, landfræðilegri staðsetningu, nafni heimildarmanns, ártali fundar og tilkynningar. Ákvörðun hnattstöðu var gerð á vefsíðu Google Earth og kortagrunni Landmælinga Íslands, þar sem jafnframt var skráð hæð viðkomandi fundarstaðar yfir sjávarmáli.



Hæð yfir sjávarmáli ● 0–200 m ● 201–400 m ● 401–600 m ● > 600 m

4. mynd A og B. Nokkrar þyrpingar gefur að líta þegar lítið er á fundarstaði skötuorms á landsvísu. Gott dæmi um slíkt eru Veiðivötn (A) og Eyjabakkar (B) þar sem 10–20 fundarstaðir eru fyrir hendi á tiltölulega afmörkuðu svæði. – Several clusters of Arctic tadpole shrimp finds occur in the dataset, primarily reflecting suitable habitat with regard to abundance, type and altitude of freshwater. Veiðivötn lake cluster (A) and Eyjabakkar (B) are good examples.

Til að auðvelda greiningu gagna og túlkun þeirra voru fundir og fundarstaðir flokkaðir á eftirfarandi hátt:

- Hæð y.s. (m): 1) 0–200, 2) 201–400, 3) 401–600 og 4) \geq 601 m.
- Landshlutar: 1) Vesturland, frá Reykjaneskaga í miðjan Gilsfjörð, 2) Vestfirðir, frá miðjum Gilsfirði í miðjan Hnútafjörð, 3) Norðurland, frá miðjum Hnútafirði til og með Bakkafirði, 4) Austurland, frá Bakkafirði til og með Lónsvík, 4) Suðurland, frá Höfn í Hornafirði að Reykjaneskaga.
- Breiddargráða (N°): 1) 63,00–64,00, 2) 64,01–64,50, 3) 64,51–65,00, 4) 65,01–65,50, 5) 65,51–66,00, 6) 66,01–66,50.
- Lengdargráða (V°): 1) 13,00–15,99, 2) 16,00–18,99, 3) 19,00–21,99 og 4) 22,00–24,99.
- Vatnsdýpi (áætlað meðaldýpi): 1) tjörn (< 1,0 m), 2) grunnt vatn (1,1–3,0 m), meðaldjúpt vatn (3,1–5,0 m) og 4) djúpt vatn (\geq 5,1 m).

Til að kanna tölfræðilega marktekt í gögnunum var beitt Spearman-fylgni-útreikningum (r_s), Kruskal-Wallis-eins þáttar ferkagreiingu (H), Kolmogorov-Smirnov-marktektarprófi (KS) og kí-kvaðrat-prófum með einhliða útreikningum ($\chi^2 = \sum (O-E)^2/E$, þar sem O táknar raungildi og E væntigildi).

NIÐURSTÖÐUR

Útbreiðsla og búsvæði

Alls voru skráðir 237 fundarstaðir skötuorms á landinu. Upplýsingar um 93 staði eru samkvæmt persónulegum upplýsingum og tilkynningum á Facebook.

Í 70 tilfellum fengust upplýsingarnar bæði með persónulegum upplýsingum og birtum og óbirtum ritheimildum og í 74 tilvikum komu upplýsingarnar einungis úr birtum og óbirtum ritheimildum (3. mynd, 1. viðauki).

Elsta ritheimildin um fundarstað með dagsetningu er frá sumrinu 1780, þegar dansk-færeyski náttúrufræðingurinn Nicolai Mohr var hér á ferð við skráningu á náttúru Íslands og fann nokkra skötuorma í kíl nærri kotinu Hóli í Engidal á Hólsfjöllum á Norðausturlandi.² Nýjasti fundurinn er frá árinu 2020, í Vatnsheiðarvatni (Prestvatni) milli Efstadal- og Miðdalsfjalls á Suðurlandi (1. viðauki).

Þyrpingar fundarstaða eru nokkuð áberandi þegar útbreiðslan er athuguð, og má vel greina 5–6 slík svæði, þ.e. Þorskafjarðarheiði, Arnarvatnsheiði, Hraun og Veiðivötn, Eyjabakka og Þjórsárver (3. mynd). Veiðivötn og Eyjabakkar eru góð dæmi um þyrpingar af þessu tagi (4. mynd a og b).

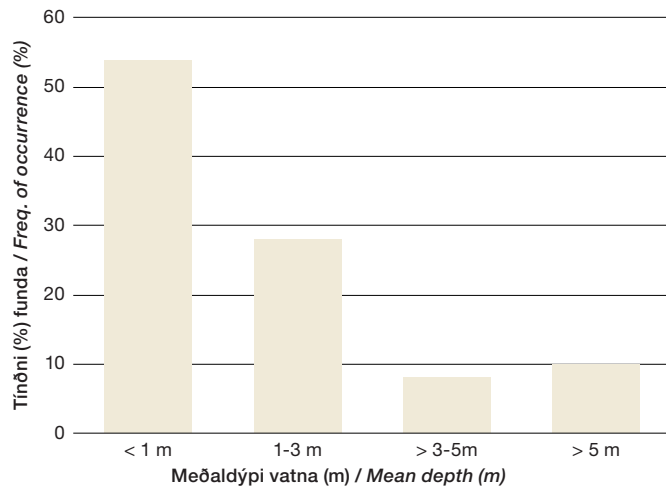
Skötuormur fannst í langflestum tilvikum í tjörnum (53%) og grunnum

vötnum (27%) en mun sjaldnar í meðaldjúpum vötnum (8%) og djúpum vötnum (10%) (1. viðauki, 5. mynd). Í fimm tilfellum (2%) fannst skötuormur í rennandi vatni, þ.e. í litlum lækjum og kvíslum (1. viðauki, fastanr. 5, 39, 164, 176 og 354). Hér er líklega um að ræða að dýrin hafi borist úr nærliggjandi tjörnum eða vötnum, fremur en að þau lifi að staðaldrí í straumvatni.

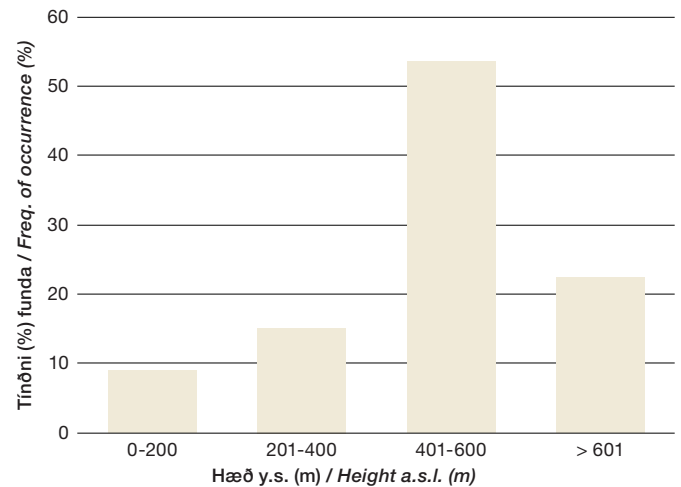
Mesta dýpi sem dýrin fundust á var á 18 m í Tjarnargíg, nálægt Laka, þar sem skötuormar saúst við botn í köfun (1. viðauki). Í Skeifupyttlu í Veiðivatnasklasanum komu upp skötuormar og egg áföst hraungryti með togsleða sem dreginn var á botni gígvatnsins á um 14 m dýpi (eigin gögn).

Umtalsverður munur kom fram í útbreiðslu skötuorms eftir hæð yfir sjávarmáli (6. mynd, $\chi^2 = 111,9$, Ft. = 3, $p < 0,001$). Líðlega þrír fjórðu hlutar allra fundarstaða voru ofar en í 400 m h.y.s., 54% á hæðarbilinu 401–600 m og 22% fyrir ofan 600 m. Um fjórðungur (24%) fundarstaða var við 400 m hæðarmörkin og neðar, þar af 15% í 201–400 m og 9% í 0–200 m (6. mynd).

Hæstu fundarstaðirnir voru í Gæsavötnum, í tveimur grunnum tjörnum í 913 og 915 m h.y.s. við jaðar Dyngjuháls á norðaustanverðu hálendinu. Þar er um að ræða tvær



5. mynd. Tíðni (%) fundarstaða skötuorms í tjörnum og stöðuvötnum (n=232) eftir áætluðu meðaldýpi vatnanna (m). – Frequency of occurrence (%) of Arctic tadpole shrimp locations in tarns and lakes (n=232) by estimated mean depth (m).



6. mynd. Tíðni (%) allra fundarstaða skötuorms (n=237) eftir hæð yfir sjávarmáli (m). – Frequency of occurrence (%) of Arctic tadpole shrimp locations (n=237) by altitude (m a.s.l.).

nýlegar skráningar og er annað tilvikið, síðla sumars árið 2017, í senn forvitnilegt og skemmtilegt því finnandinn, Þórður Halldórsson, náði að festa á mynd lóupræl (*Calidris alpina*) sem tritlaði um í annarri tjörninni og náði upp í sig skötuormi (7. mynd). Að því frátöldu eru engar beinar upplýsingar í okkar gögnum um að fuglar éti skötuorm. Óbeinar upplýsingar eru þær einar að leifar af skötuormi fundust í mögum tveggja ungra hávellukolla sem ánetjuddust í silungunet í Gilsárvatni ytra á Fljótshéiði (1. viðauki).³⁰

Leitni er í þá veru að fundarstaðirnir liggja lægra eftir því sem norðar og vestar dregur á landinu (8. og 9. mynd). Töluverður munur er einnig í útbreiðslu skötuorms eftir landshlutum (10. mynd, $\chi^2 = 87,8$, Ft. = 4, $p < 0,001$). Hér ber þó að hafa í huga að söfnunarátak var ekki staðlað og fór ekki eins fram í öllum landshlutum. Liðlega þriðjungur fundarstaða (68%) er sinn hvorum megin heiða, þ.e. 33% tilvika á Norðurlandi og 35% á Suðurlandi. Fágætastir eru skötuormar á Vesturlandi, 5% tilvika, þá á Vestfjörðum, 11% tilvika, og 16% tilvika á Austurlandi.

Hæð fundarstaða yfir sjávarmáli er nokkuð frábrugðin milli landshluta (1. tafla, H = 56,974, Ft. = 4, $p < 0,001$) og í takti við leitnina sem kom fram við athugun lengdargráðu og breiddargráðu. Marktækur munur var á hæð fundarstaða í samanburði milli landshluta (KS = 0,372–0,846, p:

<0,001–0,016) nema milli Vesturlands og Vestfjarða (KS= 0,349, $p=0,289$). Lægst er meðalhæðin á Vesturlandi, 357 m (104–480 m) og hæst á Austurlandi, 593 m (155–797 m). Lægsti fundarstaður skötuorms var í 7 m h.y.s., í Miklavatni í Aðaldal við Skjálfaflóa árið 1996 (1. viðauki), en hæsti fundarstaður sem fyrr segir í Gæsavötnum á Norðausturlandi í 913–915 m.

Skötuormar og silungar

Silungur kom fyrir í 74 stöðuvötnum og tveimur kvíslum (1. viðauki). Í 57 stöðuvatnanna hafði silungur étið skötuorm (77% tilvika), þar af í 23 grunnum vötnum (40%), 13 meðaldjúpum vötnum (23%) og 21 djúpu vatni (37%).

Mikilvægi skötuorms í fæðu silunga kemur vel fram í gagnagrunni *Yfir-litskönnunar á lífríki íslenskra vatna* (2. viðauki). Af þeim 60 stöðuvötnum sem í var silungur fundust skötuormar í mögum þeirra í 15 vötnum (25% tilvika). Jafnan var tíðni silunga með skötuorma í maga í hverju vatni 2–25% og oftast voru 1–10 skötuormar í hverjum maga. Tvö vötn skera sig úr um skötuormaát silunga, Reyðarvatn á Hofsafrétti og Högnavatn á Þorskafjarðarheiði. Í Reyðarvatni höfðu allar 45 bleikjurnar í úrtakinu étið skötuorm, og voru flestar með 100–170 dýr í maganum, en sú sem át mest hafði gleypst 222 dýr (2. viðauki). Í Högnavatni höfðu 78% bleikjanna étið skötuorm og var fjöldi dýra í maga þeirra á bilinu 1–69.

UMRÆÐA

Hálendisdyr

Þessi rannsókn staðfestir með skýrum hætti að skötuormurinn er fyrst og fremst hálendisdyr á Íslandi (yfir 90% í 200 m h.y.s., eða meira), og er algengastur í tjörnum og grunnum vötnum í um 400 m hæð yfir sjávarmáli eða meira. Dýrið hefur fundist í öllum landshlutum en í mismunandi mæli, mest á norðan- og sunnanverðu miðhálendinu en síst á Vesturlandi. Sérstaklega er áberandi fjarvera dýranna í fjallgarðinum á Snæfellsnesi. Þar eru tjarnir og vötn í 200–600 m h.y.s. sem dýrin virðast við fyrstu sýn geta þrífist í. Svipaða sögu er að segja á Reykjanes-skaga og Hengillssvæðinu þar sem skötuormur hefur ekki fundist svo við vitum til, þrátt fyrir að þar séu tjarnir og vötn í meira en 200 m hæð.

Nokkrar áberandi þyrpingar má sjá í útbreiðslu skötuormsins á landsvísi, svo sem á Arnarvatnsheiði, Þorska-fjarðarheiði og Eyjabökkum, og enn fremur í Veidivötnum og Þjórsárverum. Öll þessi landsvæði eiga það sameiginlegt að liggja fremur hátt, í meira en 400 m h.y.s., og einkennast af ríkulegu votlendi með miklu af tjörnum og vötnum af þeirri gerð sem augljóslega hentar skötuormum. Sum svæðin, eins og Arnarvatnsheiði, Veidivötn og Þjórsárver, eiga það einnig sameiginlegt að vera tiltölulega vel rannsökuð því að þar hafa verið stundaðar vettvangsathuganir og -kannanir af ýmsu tagi á allöngu

1. tafla. Hæð (m) fundarstaða skötuorms yfir sjávarmáli eftir landshlutum (n=237)
– Height (m a.s.l.) of Arctic tadpole shrimp locations by country regions (n=237).

	Vesturland W-Iceland	Vestfirðir Westfjords	Norðurland N-Iceland	Austurland E-Iceland	Suðurland S-Iceland
Meðaltal / Mean	357	399	447	593	530
St.sk. / SEM	37,1	18,0	25,2	19,4	14,8
Miðgildi / Median	420	420	480	628	580
Lággildi / Min	104	140	7	155	53
Hágildi / Max	480	495	915	797	683
Spönn / Range	376	355	908	642	630
n	11	25	79	39	83

tímabili. Veiðivötn eru gott dæmi um þetta. Elsta heimildin frá Veiðivötnum er frásögn Þorvalds Thoroddsens um rannsóknarferð sína árið 1886,²⁶ en þær sem nær okkur standa í tíma eru frá áttunda áratug síðustu aldar,^{31,32} þ.e. fiskirannsóknir á vegum Veiðimálastofnunar sem síðan hafa verið allreglulegar³³ og svo rannsóknir höfunda þessarar greinar.¹¹ Ekki er útilokað að áherslur í rannsóknnum á tilteknum svæðum á landinu kunni að skekkja nokkuð mynd okkar af dreifingu skötuorms í landinu og ber að hafa það í huga.

Útbreiðslumynstur skötuorms á Íslandi virðist að mörgu leyti samþærilegt mynstrinu í Noregi, en þar hafa töluverðar rannsóknir verið gerðar á dýrunum í gegnum tíðina.³⁴ Á Harðangurs-hásléttunni í Suður-Noregi, sem er við 64° norðlægrar breiddar, er útbreiðslan að miklu leyti bundin við 900–1000 m h.y.s. Hæðin minnkar eftir því sem norðar dregur, niður í um 200 m í Finnörku í Norður-Noregi, við 70° breiddargráðu.^{34,35} Útbreiðsla skötuorms í Svíþjóð er með líku sniði og í Noregi; hann finnst ekki á láglendi nema allra nyrst. Þá er hann ekki lengur að finna á Írlandi eða í Skotlandi þar sem dýrin þrífust um tíma eftir að síðustu ísöld lauk fyrir um tíu þúsund árum.^{34,36,37} Á Svalbarða og víðar norðarlega á norðurhveli þrífst skötuormurinn hins vegar í fisklausum vötnum og tjörnum sem liggja mjög lágt, þ.e. í 5–15 m hæð.^{38–41}

Margt bendir til að hiti sé einn helsti umhverfisþátturinn sem takmarkar og mótar útbreiðslu skötuorms, jafnt hér á landi sem annars staðar á norðurhveli.^{19,34} Norður-suður-leitnin í útbreiðslunni er í takt við þá tilhneigingu að umhverfið verði almennt kaldara eftir því sem norðar dregur. Þá benda athaganir á skötuormi til þess að tilvist hans sé að miklu leyti komin undir hitastigi á meðan egginn eru í dvala yfir veturinn. Mjög lágt hitastig virðist vera nauðsynlegt fyrir þroska eggja yfir veturinn og er það hald sumra að egginn verði jafnvel að þorna og/eda frjósa til þess að sviflirfurnar kleikist út þegar hlýnar og ísa leysir.^{34,42} Þessar vísbendingar eru einkum studdar gögnum frá Noregi þar sem rannsóknir gefa til kynna að skötuormar þrífast sérstaklega vel í vötnum þar sem vatnsstaðan er lág yfir veturinn og efsti hluti strandsvæðisins frýs, sem á bæði við um náttúruleg vötn og tjarnir og tilbúin miðlunarlon.^{34,42} Dýrin festa egginn gjarnan á steina og greinar við fjöruborð og -bakka og bendir þetta til að egginn þurfi mjög lágt hitastig og jafnvel að frjósa til að þroskast áfram eftir dvalann.

Eftirsótt fæða

Skötuormur virðist vera eftirsótt fæða hjá bleikju og urriða. Hann finnst í silungsmögum í mörgum stöðuvötnum, aðallega þó í þeim grynri. Skötuormsát silungs í örgrunnum vötnum sem hætt er við að botnfrjósi, eins og Reyðarvatn

á Hofsafrétti er gott dæmi um, kemur þegar betur er að gáð ekki á óvart, enda þótt silungur fái ekki þrífist í slíkum vötnum allt árið um kring. Silungur hefur oft tímabundið aðgengi um ár og læki að slíkum vötnum á þeim árstímum sem nægt vatn er til staðar ófrosið, frá síðsumri og fram á haust.

Mikilvægi skötuorms sem fæða silungs í stöðuvötnum hér á landi hefur áður verið staðfest að nokkru leyti, bæði í náttúrulegum vötnum¹⁷ og miðlunarlonum.^{29,43,44} Rannsóknir í miðlunarlonum eru mjög áhugaverðar að því leyti að þær byggjast á endurteknum rannsóknnum í sama vatni, þ.e. vöktun, og veita því sýn á breytingar í tíma. Rannsóknir hér á landi staðfesta að á meðan miðlunarlon eru ný og vistkerfin eru að jafna sig fyrstu árin eftir rof, þá er hlutdeild skötuorms í fæðu fiskanna oft umtalsverð, en minnkar svo og hverfur jafnvel, að minnsta kosti tímabundið, þegar frá líður. Slíkt mynstur er þekkt í miðlunarlonum í Noregi og hefur verið skýrt með tilvísunum í mikla aðlögunarhæfni skötuormsins, einkum um þol eggja gagnvart hita og þurrki við að nema ný og óstöðug búsvæði. Síðan láta dýrin undan síga þegar rándýr á borð við silung ná fótfestu og halda skötuorminum niðri.^{42,45,46} Ágæt dæmi um mynstur af þessu tagi er að finna í miðlunarlonum á Auðkúluheiði, meðal annars í Blöndulóni,^{29,43,47} og á vatnasviði Þjórsár, svo sem í Hrauneyjalóni, Krókslóni og Sultartangalóni.^{29,44,48–50}



7. mynd. Lóupræll (*Calidris alpina*) tínið upp skötuorm í Gæsavötnum síðsumars 2017. Gæsavötn eru tvær grunnar tjarnir í 913 og 915 m h.y.s. og er það hæsti fundarstaður skötuorms til þessa hér á landi. – Dunlin (*Calidris alpina*) catches Arctic tadpole shrimp in Gæsavötn pond in late summer 2017 at 913–915 m a.s.l., the highest altitude of location recorded for the invertebrate in the study. Ljósmynd/Photo: Þórður Halldórsson.

Þáttur skötuorms í fæðu silunga í miðlunarlónum, sem einkennast af vatnsborðssveiflum og lágru vatnsstöðu á veturna, fellur vel að þeirri tilgátu að egg skötuormsins séu háð mjög lágu hitastigi yfir veturinn og klekist ella vart út um vorið. Fjölmargar urriðarannsóknir í miðlunarlónum í Noregi renna stöðum undir mikilvægi lágrar vatnsstöðu á veturna fyrir þroskun skötuorms og þýðingu hans við afkomu urriða.^{19,42,51,52} Í nokkrum tilvikum er staðfest að myndun miðlunarlóns hefur tryggt tilvist skötuorma þar sem engir skötuormar voru áður.⁴⁶ Jafnframt staðfesta rannsóknir í Noregi að afkoma silungsstofna, einkum urriða, geti verið

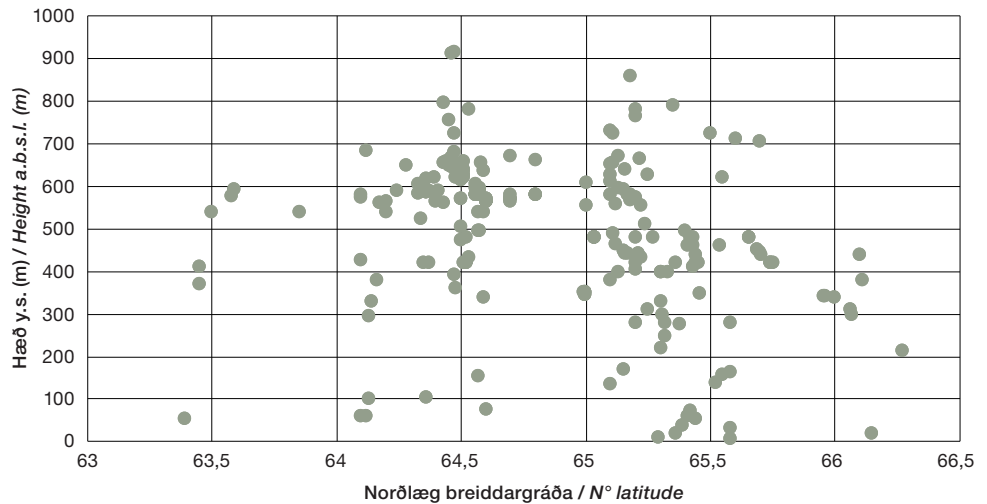
háð framboði skötuorms, sem og að magn skötuorms og framboð kann að stjórna af afráni fiskanna.^{34,46}

Skötuormsát lóuprælsins í Gæsavötnum, sem vikið er að hér að framan, staðfestir að það eru ekki einungis endur sem éta skötuorma, eins og þekkt er á Mývatni,^{16,53,54} heldur einnig vaðfuglar. Hávella (*Clangula hyemalis*), sem telst til kafanda og er einn helsti einkennisfugl hálendisvatna og -tjarna, virðist reida sig mjög á skötuorm sem fæðu og hið sama virðist gilda um hrafnstönd (*Melanitta nigra*), sem einnig er kafönd.^{16,53} Enn fremur hafa komið fram vísbendingar um að stofnstærð hávellu og hrafnandar á Mývatni

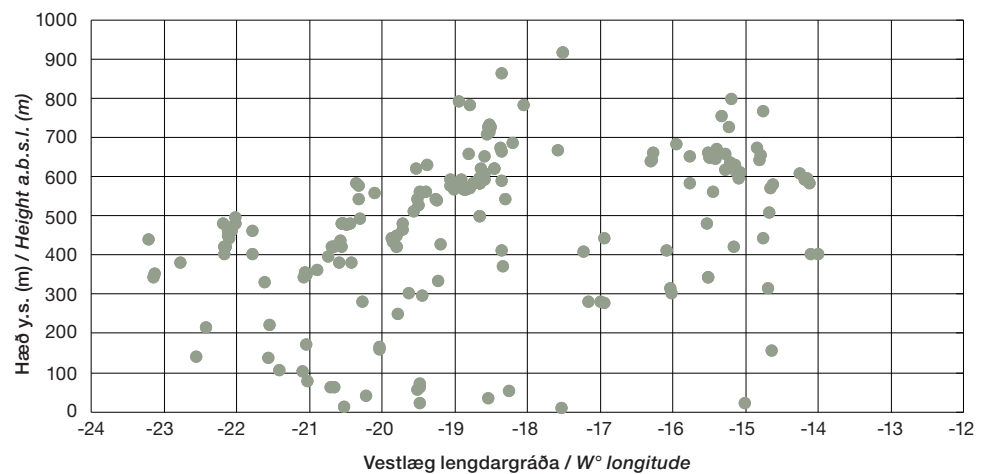
stjórnast af framleiðslu stórvaxinna botnkrabbadýra á borð við skötuorm og kornátu (*Eurycercus lamellatus*).^{16,53} Víða annars staðar á norðurhveli virðast skötuormar vera eftirsótt fæða á meðal and- og vaðfugla, svo sem hjá blikönd (*Polysticta stelleri*), lóupræl og sendlingi (*Calidris maritima*), sem og kríu (*Sterna paradisaea*).¹⁹

HLÝNUN

Sem fyrr segir virðist hitastig hafa veigamikil áhrif á bæði landfræðilega og staðbundna útbreiðslu skötuorms. Gögnin í okkar rannsókn falla almennt vel að þessari skýringu, bæði hvað varðar dreifingu fundarstaða



8. mynd. Hæð allra fundarstaða skötuorms á Íslandi yfir sjávarmáli eftir breiddargráðum (n=237). – Altitude (m a.s.l.) of Icelandic Arctic tadpole shrimp locations (n=237) in relation to N° latitude. $r_s = -0,36$, $p < 0,001$.

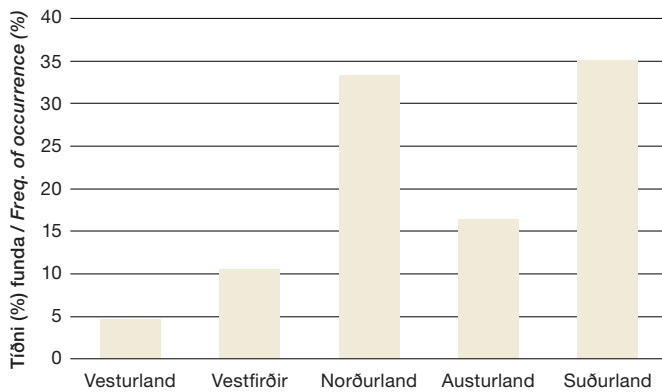


9. mynd. Hæð allra fundarstaða skötuorms á Íslandi yfir sjávarmáli eftir lengdargráðum (n=237). – Altitude (m a.s.l.) of Icelandic Arctic tadpole shrimp locations in relation to W° longitude (n=237). $r_s = 0,56$, $p < 0,001$.

dýranna eftir hæð yfir sjó og leitnina eftir höfuðáttum. Norður-suður-leitnin í útbreiðslu dýranna stemmir við að það er hlýrra sunnanlands en norðan, jafnt að vetri til sem sumri.⁵⁵ Þá fellur lág tíðni fundarstaða dýranna á vestanverðu landinu, einkum sunnan Snæfellsness, vel að hærri sumar- og vetrarhita þar miðað við austanvert landið.⁵⁵ Einnig hefur loftslag á undanförunum 3–4 áratugum hlýnað umtalsvert meira á vestan- og norðvestanverðu landinu en annars staðar á landinu,⁵⁵ sem styður þau rök að hitastig sé ein aðalástæðan fyrir því að skötuormurinn þrífst síður vestanlands, einkanlega á suðvestanlands, en annars staðar.

Ef kaldir vetur og mjög lágt hitastig eru forsenda fyrir tilvist skötuorms, samanber skötuormsrannsóknir í Noregi,^{34,42,46} er vert að velja fyrir sér framtíð dýranna með tilliti til loftslagshlýnunar og afleiðinga hennar fyrir vötn og vatnalífverur. Hér á landi hefur veðurfar farið hlýnandi á síðustu 35–40 árum eða svo⁵⁵ og mælingar staðfesta að stöðuvötn hafa hlýnað á sama tíma.^{56–58} Til dæmis hafa Elliðavatn og Þingvallavatn bæði hlýnað, mest að sumri til og hausti og fram í janúar, en lítið sem ekkert yfir seinni hluta vetrar (febrúar-apríl).^{56–58} Þá er vert að benda á að Þingvallavatn leggur orðið síður vegna hlýnunar.⁵⁷

Gera má ráð fyrir að önnur vötn í landinu, grunn sem djúp, og raunar tjarnir og votlendi almennt, hafi hlýnað líkt og Elliðavatn og Þingvallavatn. Eftir stendur spurningin um hvort hlýnunin er nægileg til að hafa áhrif á skötuorminn. Svarið við þessu er ekki einhlítt. Rannsóknir í Noregi gefa til kynna að hlýnun vatna yfir vaxtartíma dýranna, þ.e. frá því ísa leysir á vorin og lirlfur klekjast úr eggjum og fram í sumarlok eða haustbyrjun þegar dýrin drepast, geti flýtt fyrir vexti og viðgangi dýranna.⁴⁶ Ef hlýnunin er aftur á móti það mikil yfir veturinn að hún hamlar eggþroska þá er tómt mál að tala um bætt vaxtarskilyrði síðar á ævinni.



10. mynd. Tíðni (%) fundarstaða skötuorms eftir landshlutum (n=237). – Frequency of occurrence (%) of Arctic tadpole shrimp locations by country regions (n=237).

Í tengslum við hlýnun vatna í seinni tíð má benda á að skötuormar hafa áður búið við meiri hita en þeir gera nú. Til þessa benda meðal annars rannsóknir á um það bil 7.000 ára gömlu botnseti í stöðuvatni við Kangerlussuaq á Vestur-Grænlandi. Þar fundust leifar skötuorma, og á þessum tíma var sum-arhitinn á Grænlandi umtalsvert hærri en nú tíðkast.⁵⁹ Fornlíffræðirannsóknir á setkjörnum úr Syðri-Flóa í Mývatni, sem spanna um það bil síðustu 2.000 ár, staðfesta að skötuormar voru til staðar í vatninu skömmu eftir að það myndaðist fyrir um 2.000 árum,⁶⁰ en flest bendir til að þá og fram á 6. öld e.Kr. hafi loft-hiti, að minnsta kosti að sumri til, verið hærri hér á landi en nú er.⁵⁵ Jafnframt er talið að á þessum tíma hafi skilyrði í vötnum almennt verið góð enda þótt þá hafi verið hafin sú kólnun veðurfars sem varði fram undir 9. öld þegar hlýna tók á ný.^{55,61} Á 9.-11. öld var fremur hlýtt hér á landi, þó ekki eins og nú,⁵⁵ en þá virðist jafnframt hafa verið mikið af skötuormi í Mývatni. Honum fór svo fækkandi í vatninu undir lok miðalda og fram undir 18. öld,⁶⁰ á sama tíma og kalt var í veðri hérlendis.⁵⁵

Auk beinna áhrifa hlýnunar á skötuorminn þegar hækkandi lofthiti veldur hlýnun í vötnum getur undir tilteknum kringumstæðum einnig verið um óbein áhrif að ræða. Þetta virðist til dæmis eiga við um norsk vötn sem liggja mjög hátt í landi, en þar getur aukin úrkoma verið fylgifiskur hlýnunar.¹⁹ Þetta getur haft í för með sér að vötn kólna á vorin þegar snjóalög minnka og leysingavatn streymir í vötnin. Kólnun vatna á þessum árstíma kann að draga úr vexti og viðgangi skötuorms.^{45,46}

NIÐURLAG

Þessi rannsókn staðfestir að skötuormur er býsna algengur í tjörnum og vötnum upp til heiða og fjalla á Íslandi, einkum á miðhálandinu. Dýrin þrífast við fjölbreyttar aðstæður, í örgrunnum tjörnum og grunnum og djúpum stöðuvötnum, bæði með silungi og án. Útbreiðslumynstrinu hér á landi svipar til þess sem þekktist í Noregi og Svíþjóð og víðar á norðurhveli og bendir margt til þess að hitastig sé sá þáttur sem takmarkar og mótar útbreiðsluna hvað mest.

Vísbendingar eru fyrir hendi í gögnunum um áhrif hlýnandi loftslags á útbreiðslu dýranna. Nauðsynlegt er þó að renna styrkari stoðum undir þann grunn og bæta við upplýsingum, meðal annars með því að fara á marga gamla fundarstaði, sérstaklega þá sem liggja lágt í landi, og athuga hvort dýrin er þar enn að finna. Með þessu móti er einnig unnt að varpa ljósi á stöðugleika í tilvist dýranna í viðkomandi tjörnum og vötnum. Eitt og annað í gögnunum gefur nefnilega tilefni til að ætla að skötuormurinn sé býsna lífseigur og geti aðlagast óstöðugu og erfiðu umhverfi. Að hann skuli þrífast í tjörnum og vötnum með breytilegri vatnsstöðu, vötnum sem kunna að þorna og frjósa, en lifna samt við og blómstra, líkt og Jón Guðmundsson lærði lýsti fyrir hartnær fjórum öldum, það segir sína sögu.

ENGLISH SUMMARY

Distribution of Arctic tadpole shrimps (Lepidurus arcticus) in Iceland

In this study, the distribution of Arctic tadpole shrimps (*Lepidurus arcticus*) in Iceland was mapped in relation to

HEIMILDARMENN UM FUNDARSTAÐI SKÖTUORMS

h1	Agnes Brá Birgisdóttir	2020	h23	Hallvarður Aspelund	1997	h45	Ólafur Sigurgeirsson	2020
h2	Arnór Þórir Sigfússon	1996	h24	Haraldur Geir Eðvaldsson	2020	h46	Óli E. Björnsson	1996
h3	Ágúst Elvar Vilhjálmsson	1996	h25	Haraldur A. Einarsson	2000	h47	Rúnar Eiríksson	1996
h4	Árni Einarsson	2020	h26	Helga Ögmundardóttir	2007	h48	Skúli Skúlason	1995, 2020
h5	Ásgrímur Guðmundsson	2020	h27	Helgi Þorleifsson	1996	h49	Sigurbjörg Ólafsdóttir	2020
h6	Bjarni Jónsson	1995	h28	Héðinn Þorkelsson	2020	h50	Sigurður Björnsson	1997
h7	Bjarni Kristófer Kristjánsson	2020	h29	Ingibjörg Daniëlsdóttir	1996	h51	Sigurður H. Magnússon	2020
h8	Björg Sigurðardóttir	2020	h30	Ingibjörg Kaldal	2020	h52	Sigurður S. Snorrason	2020
h9	Bryndís Skúladóttir	2020	h31	Ívar Eiríksson	1996	h53	Smári Sigurðsson	2020
h10	Böðvar Þórisson	2005, 2020	h32	Jakob Narfi Hjaltason	2020	h54	Sveinn Guðmundsson	1996
h11	Einar Benediksson	1996	h33	Jón Kristjánsson	2020	h55	Sveinn M. Kárason	1996
h12	Einar Þorleifsson	2020	h34	Jón Björn Ólafsson 12 ár,	2020	h56	Sveinn Sigurhallsson	1996
h13	Elín R. Líndal	2012	h35	Jón S. Ólafsson o.fl.	2021 óbirt	h57	Tómas Búi Böðvarsson	1996
h14	Erla Björk Helgadóttir	2020	h36	Jónatan Þórðarson	2020	h58	Tómas Grétar Gunnarsson	2020
h15	Finnur Ingimarsson o.fl.	1998, 2021	h37	Jónas Pálsson	1996	h59	Unnur Þóra Jökulsdóttir	2021
h16	Gísli Már Gíslason	1996, 2020	h38	Kári Kristjánsson	1996	h60	Þorleifur Pálsson	2000
h17	Gísli Vigfússon	2020	h39	Kristinn H. Skarphéðinsson	1997	h61	Þóra Katrín Hrafnisdóttir	2020
h18	Grétar Þór Magnússon	2020	h40	Kristján Friðriksson	2018	h62	Þórður Halldórsson	2018
h19	Guðbjörn Magnússon	1996	h41	Magnús Guðmundsson	2020	h63	Þórir Haraldsson	1996
h20	Guðmundur Jakobsson	1998	h42	Marianna Magnúsdóttir	2020	h64	Örn Óskarsson	2000
h21	Guðni M. Eiríksson	1996	h43	Ólafur Einarsson	1996, 2000			
h22	Halldór Walter Stefánsson	2020	h44	Ólafur Ingólfsson	2020			

several environmental factors, including altitude, depth of lakes and tarns and coexistence with Brown trout and Arctic charr. The data covers a period of almost 250 years, 1780–2020, and is based on the authors' research, other published findings, and information from the general public. Tadpole shrimps were found in 237 locations, primarily (76% of all incidences) in ponds and shallow lakes above 400 m a.s.l. in the central highlands. They occur in most regions of the country, least though in SW- and W-Iceland. Tadpole shrimps and Arctic charr coexist in many lakes and in most of them (77%) the shrimps had been eaten by the fish. The data suggests that the distribution of tadpole shrimps in Iceland is shaped mainly by temperature, requiring cold winters and warm summers, as has been shown in Norway and in the Arctic in general. More studies are needed on the tadpole shrimp, e.g. to improve our knowledge of the role of temperature and climate change on the ecology of this largest freshwater invertebrate in Iceland.

ÞAKKIR

Kærar þakkir til þeirra fjölmörgu sem veittu upplýsingar um fund skötuorma, jafnt munnlega, skriflega og á Facebook. Finni Ingimarssyni á Náttúrufræðistofu Kópavogis er þakkað sérstaklega fyrir margvíslega vinnu og aðstoð við verkefnið. Adam Hoffritz teiknaði útbreiðslukort. Rannís styrkti verkefnið 1994–1996.

HEIMILDIR

Heimildir sem vísað er til í 1. viðauka eru merktar með stjörnu.

- Jón Guðmundsson 1924. Ein stutt undirretting um Íslands adskilianlegar náttúru. Jón Guðmundsson and His Natural History of Iceland. Útg. Halldór Hermannsson. Islandica 15. Cornell University Library, Ithaca. 40 bls. og 9 myndasíður.
- *Mohr, N. 1786. Forsøg til en Islandsk Naturhistorie, med adskillige oekonomiske samt andre Anmærkninger. C.F. Holm, Kaupmannahöfn. 413 bls. (Um *Monoculus apus* bls. 111–112).
- *Krøyer, H. 1847. Karcionlogiske bidrag. Naturhistorisk tidsskrift. 366–446.
- *Wesenberg-Lund, C.J. 1894. Grønlands Ferskvandsentomostraca. I. Phyllozoa branchiopoda et Cladocera. Videnskabelige Meddelelser fra den Naturhistoriske Forening i Kjöbenhavn. 82–264. Sjá: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/32536#page/96/mode/1up>
- *Poulsen, E.M. 1924. Islandske Ferskvandsentomostraker. En økologisk, dyregeografisk Undersøgelse. Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening 78. 81–141.
- *Poulsen, E.M. 1939. Freshwater crustacea. Zoology of Iceland III, Part 35. Einar Munksgaard. Kaupmannahöfn og Reykjavík.
- *Helgi Hallgrímsson 1971. Veröldin í vatninu. Þættir um lífið í Laxá, Mývatni og fleiri vötnum. Heima er bezt 21(3–12). 94–438.
- *Helgi Hallgrímsson 1975. Íslenzkir vatnakrabbar. III.-V. Æðri spaðfæturl, skelkrebba og marflær. Týli, 5 (2), 41–49.
- *Helgi Hallgrímsson 1979. Veröldin í vatninu. Askur, Akureyri. 231 bls.
- *Árni Einarsson 1979. Fáein orð um skötuorm (*Lepidurus arcticus* (Pallas)). Náttúrufræðingurinn 49(2–3). 105–111.
- Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir & Hilmar J. Malmquist 1996. Rannsóknir á Íslandi. Skötuormurinn. Lesbók Morgunblaðsins 10. ágúst. Bls. 11.
- Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir & Hilmar J. Malmquist 1999. Útbreiðsla, vöxtur, eggjaframléiðsla og atferli skötuormsins (*Lepidurus arcticus*). Veggspjald og útdráttur bls. 91. í: Líffræðirannsóknir á Íslandi. Afmælisráðstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar Háskólans (ristj. Sigurður

- S. Snorrason & Róbert A. Stefánsson). Hótel Loftleiðum 18.–20. nóvember 1999. Háskólaútgáfan. Háskóli Íslands. 154 bls.
13. Þorleifur Eiríksson, Hrefna Sigurjónsdóttir & Hilmar J. Malmquist 1999. Behaviour of the Arctic tadpole shrimp (*Lepidurus arcticus*). Poster. The Scandinavian Ethological Society. The 1999 Conference in Iceland. Varmaland. Borgarfjörður. April 30th – 1st May.
 14. Finnur Ingimarsson 1997. Breytileiki í eggjaframleiðslu skötuormsins (*Lepidurus arcticus*). Skýrsla til Nýsköpunarsjóðs námsmanna. 10 bls.
 15. Þorgerður Þorleifsdóttir 2018. Egg laying strategies in the Arctic tadpole shrimp (*Lepidurus arcticus*). Varphegðun skötuorms (*Lepidurus arcticus*). BS-ritgerð við Líf- og umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands. 17 bls. <https://skemman.is/browse?type=author&value=%C3%9Eorger%C3%B0ur+%C3%9Eorleifs-%C3%B3ttir+1992>
 16. *Arnhjór Garðarsson 1991. Fuglalíf við Mývatn og Laxá. Bls. 279–319 í: Náttúra Mývatns (ritstj. Arnhjór Garðarsson & Árni Einarsson). Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík. 372 bls.
 17. Woods, P.J., Skúli Skúlason, Sigurður S. Snorrason, Bjarni K. Kristjánsson, Finnur Ingimarsson & Hilmar J. Malmquist 2013. Variability in the functional role of Arctic charr *Salvelinus alpinus* as it relates to lake ecosystem characteristics. Environmental Biology of Fish. 96(12): 1361–1376. <https://doi.org/10.1007/s10641-013-0114-x>
 18. *Þóra Hrafnadóttir & Þorgerður Þorleifsdóttir 2021. Skötuormurinn og listamaðurinn – ferðasaga. Náttúrufræðingurinn 91(3–4). 138–145.
 19. Lakka, H.-K., Eloranta, A.P., Hesthagen, T., Saksgård, R. & Power, M. 2020. Impacts of reduced *Lepidurus arcticus* availability on brown trout life history traits in a mountain reservoir. Aquatic Sciences 82. Volume 82, Article number: 78.
 20. Fryers, G. 1988. Studies on the functional morphology and biology of the Notostraca (Crustacea: Branchiopoda). Philosophical Transactions of the Royal Society B 321. 27–124. <https://doi.org/10.1098/rstb.1988.0091>
 21. Snorri Baldursson 2014. Lífríki Íslands. Vistkerfi lands og sjávar. Opna og Forlagið, Reykjavík. (Sjá bls. 177, 180, 193, 196, 201).
 22. Hilmar J. Malmquist 1996. Yfirliðskönnun á lífríki stöðuvatna. Lesbók Morgunblaðsins 13. apríl. Bls. 12.
 23. Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason 2003. Vistfræði- og verndarflökkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Náttúrufræðistofa Kópavogs. 33 bls.
 24. Hilmar J. Malmquist, Karst-Riddoch, T.L. & Smo, J.P. 2010. Kísilþörungaflóra íslenskra stöðuvatna. Náttúrufræðingurinn 80(1–2). 41–57.
 25. *Þorvaldur Thoroddsen 1908. Lýsing Íslands 1. Hið íslenska bókmenntafélag, Kaupmannahöfn. 365 bls.
 26. Þorvaldur Thoroddsen 1914. Ferðabók. Skýrslur um rannsóknir á Íslandi 1882–1898 3. Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn. 360 bls.
 27. *Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 1989. Fiskifræðilegar rannsóknir á sjö vötnum á Auðkúluheiði 1988. Skýrsla Veidimálastofnunar (VMST-R/89002), Reykjavík. 43 bls.
 28. *Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 1989. Fiskifræðilegar rannsóknir á fimm vötnum á Auðkúluheiði 1989, og stofnstærðarmat í einu þeirra. Skýrsla Veidimálastofnunar (VMST-R/89033), Reykjavík. 24 bls.
 29. *Guðni Guðbergsson & Þórólfur Antonsson 1997. Bleikja á Auðkúluheiði. Náttúrufræðingurinn 67(2). 105–124.
 30. *Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingí Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen & Sigurður S. Snorrason 2001. Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúka-virkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitu á vistfræði vatnakerfa. Unnið fyrir Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun (LV-2001/025). 254 bls.
 31. Jón Kristjánsson 1976. Fiskirannsóknir í Veidivötnum 1975. Veidimálastofnun, Reykjavík. VMST-R skýrsla. 17 bls.
 32. *Magnús Jóhannsson 1986. Rannsóknir á fiskstofnum Veidivatna sumarið 1986. Veidimálastofnun (VMST-S/86001), Reykjavík. 25 bls.
 33. Magnús Jóhannsson & Benóný Jónsson 2017. Smádyralíf og fæða fiska í Veidivötnum. Bls. 153–163 í: Veidivötn á Landmannaáfrétti og öll Tungnaárgræfin (ritstj. Gunnar Bjarni Guðmundsson) Bókhláða Gunnars Guðmundssonar. 910 bls.
 34. Borgström, R. 2019. Skjoldkreps – eit viktigt næringsdyr i høg fjellsvatn som er sterkt påverka av miljøfaktorar. Vann 1. 33–42.
 35. Rognerud, S. & Qvenild, T. 2013. Orrenen på Hardangervidda. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr. Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport nr. 6553), Oslo. 56 bls.
 36. Mitchell, G.F. 1957. Late-glacial finds of *Lepidurus arcticus* (Pallas) in the British Isles. Nature 180. 513.
 37. Morrison, M.E.S. 1959. *Lepidurus arcticus* in the Irish late-glacial. Nature 184. 739.
 38. Christoffersen, K. 2001. Predation on *Daphnia pulex* by *Lepidurus arcticus*. Hydrobiologia 442. 223–229.
 39. Jeppesen, E., Christoffersen, K., Landkildehus, F., Lauridsen, T., Amsinck, S.L., Riget, F. & Søndergaard, M. 2001. Fish and crustaceans in northeast Greenland lakes with special emphasis on interactions between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Lepidurus arcticus* and benthic chydorids. Hydrobiologia 442. 329–337.
 40. Wojtasik, B. & Brylka-Wolk, M. 2010. Reproduction and genetic structure of a freshwater crustacean *Lepidurus arcticus* from Spitsbergen. Polish Polar Research 31. 33–44. doi: 10.4202/ppres.2010.03
 41. Borgström R., Aas, M., Hegseth H., Dempson J.B. & Svenning M.-A. 2018. *Lepidurus arcticus* (Crustacea : Notostraca); an unexpected prey of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in a High Arctic river. Boreal Environmental Research 23. 149–157.
 42. Aas, P. 1969. Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Institute of Freshwater Research Drottningholm 49. 183–201.
 43. *Guðni Guðbergsson & Eydis Heiða Njarðardóttir 2010. Fiskstofnar í vötnum á Auðkúluheiði. Samanburður á ástandi innan og utan veituleiðar Blönduvirkjunar. Veidimálastofnun (VMST/10046), Reykjavík. 35 bls.
 44. *Benóný Jónsson & Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2020. Vatnalíf í nýmynduðu virkjanalóni: Sporðöldulón 2014–2018. Unnið fyrir Landsvirkjun. Hafnannsóknastofnun (HV 2020-05 / LV-2020-001), Reykjavík. 55 bls.
 45. Borgström, R. 1997. Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. Fagnytt – Naturforvaltning 4(9). 1–4.
 46. Qvenild, T., Fjeld, E., Fjellheim, A., Rognerud, S. & Tysse, Å. 2018. Climatic effects on a cold stenotherm species *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda, Notostraca) on the southern outreach of its distribution range. Fauna norvegica 38. 37–53.
 47. *Guðni Guðbergsson, Sigurður Guðjónsson & Þórólfur Antonsson 1995. Rannsóknir á bleikju í Blöndulóni og seiðamælingar í aðliggjandi ám. Veidimálastofnun (VMST-R/95002), Reykjavík. 18 bls.
 48. *Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 1991. Sultartangalón, Hrauneyjalón og Krókslón. Fiskirannsóknir 1990. Veidimálastofnun (VMST-R/91002X), Reykjavík. 25 bls.
 49. *Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 1991. Rannsóknir á þremur vötnum á Auðkúluheiði 1991. Veidimálastofnun (VMST-R/91024), Reykjavík. 23 bls.
 50. *Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir & Jónína Herdís Ólafsdóttir 2016. Sporðöldulón – framvinda lífríkis í virkjanalóni. Rannsóknir 2014 og 2015. Framvinduskýrsla 1. Veidimálastofnun (VMST/16007), Reykjavík. 29 bls.
 51. Brabrand, A. 2010. Virkning av reguleringshøyde og ulik manøvrering på nærsdyr i reguleringsmagasiner. Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI), Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 281. 40 bls.
 52. Borgström, R. & Museth, J. 2005. Accumulated snow and summer temperature – critical factors for recruitment to high mountain populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecology of Freshwater Fish 14. 375–384.
 53. *Arnhjór Garðarsson 1979. Waterfowl populations of Lake Mývatn and recent changes in numbers and food habits. Oikos 32. 250–270.
 54. *Arnhjór Garðarsson & Árni Einarsson 1991. Lífið á botni Mývatns. Bls. 190–217 í: Náttúra Mývatns (ritstj. Arnhjór Garðarsson & Árni Einarsson). Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík. 372 bls.
 55. Halldór Björnsson, Snijólaug Ólafsdóttir, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snijólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson & Trausti Jónsson 2018. Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi. Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018. Veðurstofa Íslands, Reykjavík. 238 bls.
 56. Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson & Friðjón Árnason 2009. Salmonid fish and warming of shallow Lake Elliðavatn in Southwest Iceland. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 30. 1127–1132.
 57. Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson & Þóra Hrafnadóttir 2020. Hlýnun Þingvallavatns og hitaferlar í vatninu. Náttúrufræðingurinn 90. 80–90.
 58. Jeppesen, E., Mehner, T., Winfield, I.J., Kangur, K., Sarvala, J., Gerdeaux, D., Rask, M., Hilmar J. Malmquist, Holmgren, K., Volta, P., Romo, S., Eckmann, E., Sandström, A., Blanco, S., Kangur, A., Ragnarsson Stabo, H., Tarvainen, M., Ventelä, A.-M., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L. & Meerhof, M. 2012. Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. Hydrobiologia 694. 1–39.
 59. Heggen, M.P., Birks, H.H. & Anderson, N.J. 2010. Long-term ecosystem dynamics of a small lake and its catchment in west Greenland. The Holocene 20. 1207–1222.
 60. *Árni Einarsson 1991. Lífríki Mývatns í 2000 ár. Bls. 320–336 í: Náttúra Mývatns (ritstj. Arnhjór Garðarsson & Árni Einarsson). Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík. 372 bls.
 61. Áslaug Geirsdóttir, Miller, G.H. Þorvaldur Þórðarson & Kristín B. Ólafsdóttir 2008. A 2000 year record of climate variations reconstructed from Haukadalsvatn, West Iceland. Journal of Paleolimnology 41. 95–115. <https://doi.org/10.1007/s10933-008-9253-z>
 62. *Guðni Guðbergsson & Sigurður Már Einarsson 1989. Fiskirannsóknir á Arnarvatnsheiði 1988. Framvinduskýrsla. Veidimálastofnun (VMST-

R/89031X), Reykjavík. 19 bls.

63. *Guðni Guðbergsson & Sigurður Már Einarsson 1988. Fiskirannsóknir á Arnarvatnsheiði 1987. Arnarvatn Litla, Úlfsvatn, Grunnvötn og Stóralón. Veidimálastofnun (VMST-R/88007X), Reykjavík. 19 bls.
64. *Guðmundur Guðjónsson 1988, 17. maí. Margt að gerast. Morgunblaðið. 4 B.
65. *Philipson, G.N. 1972. Studies on a small lake and a pond on the Arnarvatnsheiði, West-Central Iceland. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie 18. 312–319.
66. *Jón S. Ólafsson 2010. Samfélög smádyra í tjörnum. Náttúrufræðingurinn 79(1–4). 37–44.
67. *Árni Einarsson 1985. Botn Mývatns: Fortíð, nútíð, framtíð. Náttúrufræðingurinn 55(4). 153–173.
68. *Scher, O., Dafaye, D., Korovchinsky, N.M. & Thiéry, A. 2000. The crustacean fauna (branchiopoda, Copepoda) of shallow freshwater bodies in Iceland. Vestnik Zoologii 34(6). 11–25.
69. *Hákon Aðalsteinnsson 1985. Fljótsdalsvirkjun. Undirbúningsrannsóknir vegna verkhönnunar. Hefti 1. Orkustofnun (OS-85027/VOD-01), Reykjavík. 109 bls.
70. *Hákon Aðalsteinnsson 1978. Plöntu- og dýralíf í vötnum á Auðkúluheiði. Orkustofnun (OS-ROD 78 06), Reykjavík. 113 bls.
71. *Hálfmán Ómar Hálfmánarson 1980. Afkoma og fæða bleikju í tveim vötnum á Auðkúluheiði. Orkustofnun (OS80014/ROD07), Reykjavík. 46 bls.
72. *Guðni Guðbergsson & Þórólfur Antonsson 1994. Silungsrannsóknir í fjörum vötnum á Auðkúluheiði 1993. Veidimálastofnun (VMST-R/94001X), Reykjavík. 12 bls.
73. *Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 1990. Mjóavatn og V-Friðmundarvatn 1990. Framhald vatnarannsóknna á Aukúluheiði. Veidimálastofnun (VMST-R/91008X), Reykjavík. 16 bls.
74. *Þorgeir 1986. Vatnalífverurnar okkar. Æskan 87(5). 51.
75. *Berglind Þorsteinsdóttir 2011, 8. desember. Niðurstöður skýrslu um áhrif Blönduvirkjunar. Bleikja fyrr kynþroska. Feykir 31(46). 2.
76. *Vígfús Jóhannsson 1984. Fæða fiska í Blöndu, Haugakvísl og Seyðisá. Veidimálastofnun, Reykjavík. 7 bls.
77. *Pálmi Hannesson 1968/1930. Hofsafreitt. Ferðadagbók Pálma Hannessonar frá 1930. Útg. Hannes Pétursson. Skagfirðingabók 3(1). 43–72.
78. *Friðbjófur Árnason & Guðni Guðbergsson 2016. Rannsóknir á vötnum á Víðidalsstunguheiði árið 2015. Veidimálastofnun (VMST/16016), Reykjavík. 14 bls.
79. *Erling Ólafsson 1988. Könnun á smádyrum í Hvannalindum, Fagradal og Grágæsadal. Náttúrufræðistofnun Íslands (Fjölrit 5), Reykjavík.
80. *Ingi Rúnar Jónsson & Hilmar J. Malmquist 2002. Rannsóknir á Þríhryningsvatni 1998. Veidimálastofnun (VMST-R/0202), Reykjavík.
81. *Gunnar St. Jónsson & Úlfar Antonsson 1975. Vatnalífiræðiathuganir á Gilsársvötnum. Náttúrugripasafnið Neskaupstað. 35 bls.
82. *Benóný Jónsson & Karólína Einarisdóttir 2008. Áhrif vegagerðar um Öxi og Berufjarðarbotn á vatnalíf. Unnið fyrir Vegagerðina. Veidimálastofnun, Suðurlandsdeild. VMST/08029, Selfossi, 35 bls.
83. Hákon Aðalsteinnsson 1980. Lífvist í tjörnum og smávötnum á Vesturöræfum, Eyjabökkum og Múla. Orkustofnun (OS-80015 / VOS-05), Reykjavík. 50 bls.
84. *Gísli Már Gíslason 1977. Dýralíf á Eyjabökkum. Forkönnun í ágúst 1975. Í: Eyjabakkar. Landkönnun og rannsóknir á gróðri og dýralífi (Hjörleifur Guttormsson og Gísli Már Gíslason). Orkustofnun, raforkudeild (OS-ROD-7719), Reykjavík. 33 + 2 bls.
85. *Guðni Guðbergsson & Sigurður Guðjónsson 2008. Rannsóknir á urriðastofnum Kvíslaveitu og Þórisvatns 2008. Veidimálastofnun (VMST/08042), Reykjavík. 22 bls.
86. *Guðni Guðbergsson 1990. Rannsóknir á fiski á vatnasvæði Kvíslaveitu. Veidimálastofnun (VMST-R/90023X), Reykjavík. 22 bls.
87. *Gísli Már Gíslason 1999. Áhrif lóns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu. Líffræðistofnun Háskólans (Fjölrit nr. 45 1999), Reykjavík. 10 bls.
88. *Magnús Jóhannsson 1987. Fiskirannsóknir í Hvítárvatni. Veidimálastofnun (VMST-S/87001), Reykjavík. 10 bls.
89. *Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson, Haraldur R. Ingvason, Kristín Harðardóttir & Þóra Hrafnisdóttir 2016. Lífríki vatna á áhrifasvæði Kjalölduveitu í Þjórsá. Náttúrufræðistofa Kópavogs (Fjölrit nr. 1–16). 22 bls. og 4 viðaukar.
90. *Guðni Guðbergsson & Ragnhildur Magnúsdóttir 2000. Kaldakvísl og Sultartangalón. Fiskstofnar og lífríki. Veidimálastofnun (VMST-R/0020), Reykjavík. 24 bls.
91. Guðmundur Kjartansson 1958. Langisjór og nágrenni. Náttúrufræðingurinn 27(4). 145–204.
92. Þórólfur Antonsson & Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2003. Langisjór. Rannsóknir á fiski og hryggleysingjum 2003. Veidimálastofnun (VMST-R/04014x), Reykjavík. 30 bls.
93. *Magnús Jóhannsson 1992. Rannsóknir á vötnum í Vestur-Skaftafellssýslu árið 1991. Veidimálastofnun (VMST-S/92001X), Reykjavík. 25 bls.
94. *Magnús Jóhannsson 1997. Veidivötn á Landmannaafreitti: Fiskirannsóknir árin 1993 til 1996. Skýrsla Veidimálastofnunar (VMST-S/97003), Reykjavík. 48 bls.
95. *Magnús Jóhannsson 1993. Fiskirannsóknir á Veidivötnum 1990, 1991 og 1992. Veidimálastofnun (VMST-S/93001X), Reykjavík. 76 bls.
96. Sturla Friðriksson 1958. Á ferð um Fjallabaksvogi. Eimreiðin 64(2). 119–138.
97. *Einar H. Einarsson 1975. Mýrdalur. Árbók Ferðafélags Íslands. 182 bls.

UM HÖFUNDA



Þorleifur Eiríksson (f. 1956) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands 1982, diplómu í atferlisfræði við Stokkholmsháskóla 1986 og PhD-prófi við sama skóla 1992. Þorleifur hefur unnið að rannsóknum á ýmsum þáttum náttúru Íslands, fyrst hjá Háskóla Íslands, síðan hjá Hólaskóla, en lengst sem forstöðumaður Náttúrustofu Vestfjarða. Nú starfar Þorleifur sem framkvæmdastjóri rannsókn- og ráðgjafar fyrirtækisins RORUM.



Þorgerður Þorleifsdóttir (f. 1992) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands 2018 og fjallaði í lokaverkefni sínu um varpatferli skótuorms. Hún starfar hjá Náttúruminjasafni Íslands og rannsókn- og ráðgjafar fyrirtækisins RORUM. Þorgerður hefur lokið diplómanámi í safnafræði við Háskóla Íslands.



Hrefna Sigurjónsdóttir (f. 1950) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands 1973, viðbótarnámi í líffræði 1974, MS-prófi í vistfræði 1976 við University of Wales í Bangor, PhD-prófi í atferlisvistfræði 1980 við University of Liverpool og kennsluréttindanámi 1982 við Háskóla Íslands. Hún hefur starfað sem háskólakennari frá 1981, í föstu starfi frá 1982 við Kennaraháskóla Íslands (síðar menntavísindasviði HÍ) og verið prófessor frá 1998. Hún hefur kennt kennaranemum og starfandi kennurum ýmsar greinar líffræði og kennslufræði hennar auk umhverfismenntar, og kennt atferlisfræði í líffræðiskor Háskóla Íslands og við Hestafræðideild Háskólans á Hólum. Hún hefur unnið að námsefnisgerð og rannsak að hegðun ýmissa dýra, síðast íslenska hestsins.



Hilmar J. Malmquist (f. 1957) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands 1982, BS-eins árs framhaldsnámi í líffræði við sama skóla 1983, MS-prófi í vatnalífiræði við Hafnarháskóla 1989 og PhD-prófi í vatnavistfræði við sama skóla árið 1992. Hilmar hefur aðallega sinnt rannsóknum í vatnavistfræði, einkum á árunum 1992–2013, þegar hann veitti forstöðu Náttúrufræðistofu Kópavogs. Í seinni tíð hefur Hilmar einnig sinnt rannsóknum í fornlífiræði. Í september 2013 var Hilmar skipaður forstöðumaður Náttúruminjasafns Íslands og skipaður áfram í embættið haustið 2018.

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA / AUTHORS' ADDRESSES

Þorleifur Eiríksson
RORUM
Sundaborg 1
104 Reykjavík
the@rorum.is

Hrefna Sigurjónsdóttir
prófessor emeritus
Menntavísindasviði Háskóla Íslands
v. Stakkahlíð
105 Reykjavík
hrefnas@hi.is

Þorgerður Þorleifsdóttir
Náttúruminjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
thorgerdur.thorleifsdottir@nmsi.is
og:
RORUM
Sundaborg 1
104 Reykjavík
thth@rorum.is

Hilmar J. Malmquist
Náttúruminjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
hilmar.j.malmquist@nmsi.is

1. viðauki. – Appendix 1.

Skrá yfir fundarstaði skötuorma á Íslandi. Hnitsetning og hæð yfir sjávarmáli (m) skv. kortagrunni Landmælinga Íslands. Skyggðir reitir tákna að viðkomandi gildi er áætlað. – Record of known locations of Arctic tadpole shrimps in Iceland. Coordinates and height above sea level (m) according to National Land Survey of Iceland. Shaded fields indicate that the value is estimated.

*Sjá skilgreiningu landshluta í kaflanum Efniviður og aðferðir, bls. 148.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skötuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/eða heimildarmanns / Reference and/or source no.
8	Kleppatjörn, norðan Surtshellis, Hallmundarhrauni	Vesturland	64,795	-20,753	393	<1,0	0	0	5, 6
19	Grunnuvötn nyðri, Arnarvatnsheiði	Vesturland	64,878	-20,680	420	1,0–3,0	X	X	63, 64
20	Grunnuvötn syðri, Arnarvatnsheiði	Vesturland	64,866	-20,700	420	1,0–3,0	X	X	63, 64
54	Tjarnir í Flókadal	Vesturland	64,611	-21,424	104	<1,0	0	0	6
55	Núpatjörn, við Áltfakrök	Vesturland	64,882	-20,450	480	1,0–3,0	X	X	62
67	Tjörn í Laxárdal, Dalasýslu	Vesturland	65,170	-21,565	137	<1,0	0	0	5
101	Tjörn á Holtavörðuheiði	Vesturland	64,995	-21,088	340	<1,0	0	0	5
126	Úlfsvatn	Vesturland	64,894	-20,579	434	1,0–3,0	X	X	25, h15
127	Stóralón, Arnarvatnsheiði	Vesturland	64,868	-20,565	420	1,0–3,0	X	0	65
128	Hagldamóatjörn	Vesturland	64,867	-20,607	422	<1,0	0	0	65
131	Hólmavatn, ofan Þorvaldsstaða	Vesturland	64,802	-20,901	361	<1,0	0	0	eigin gögn
400	Tjarnir á Holtavörðuheiði	Vesturland	64,992	-21,040	351	<1,0	0	0	h35
12	Ísavatn	Vestfirðir	65,503	-22,173	400	1,0–3,0	X	0	h54
16	Heiðarvatn, upp af Gilsfirði	Vestfirðir	65,506	-21,627	330	1,0–3,0	0	0	h21, h56
40	Nónvatn	Vestfirðir	66,018	-23,219	439	>5,0	X	X	h18
41	Fossavatn	Vestfirðir	66,010	-23,147	340	3,0–5,0	X	0	h23
57	Grænavatn, Grunnavík	Vestfirðir	66,198	-22,778	380	1,0–3,0	0	0	h10
58	Vötn/tjarnir ofan við Mjólkársvirkjun, Dynjandisheiði	Vestfirðir	65,771	-23,133	350	<1,0	0	0	h55
59	Vatn á Vatnahjalla, Mókollsdal, utan Hrutagils	Vestfirðir	65,508	-21,560	220	1,0–3,0	0	0	6, h46
99	Högnavatn	Vestfirðir	65,746	-22,165	420	3,0–5,0	X	X	h60, h15
100	Vatn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,695	-22,076	460	1,0–3,0	X	X	h15
154	Vatn milli Miðfells og Kálfatinds, Hornbjargi	Vestfirðir	66,454	-22,425	214	1,0–3,0	0	0	h20, h25
165	Miðheiðarvatn, Tröllatunguheiði	Vestfirðir	65,554	-21,780	400	3,0–5,0	X	0	h15
216	Áttan, Steingrímsfjarðarheiði	Vestfirðir	65,761	-22,155	420	1,0–3,0	X	0	h60
217	Lómavatn, Steingrímsfjarðarheiði	Vestfirðir	65,725	-22,122	460	1,0–3,0	X	X	h60
219	Gedduvatn, Steingrímsfjarðarheiði	Vestfirðir	65,719	-22,188	480	3,0–5,0	X	X	h60
230	Tjarnir á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,674	-22,025	495	<1,0	0	0	66
260	Fremra Selvatn við Hörgshlíð, Mjóafirði	Vestfirðir	65,868	-22,568	140	1,0–3,0	X	X	eigin gögn
376	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,698	-22,105	449	<1,0	0	0	h35
377	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,701	-22,118	451	<1,0	0	0	h35
399	Litlar tjarnir á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,541	-21,790	460	<1,0	0	0	h35
401	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,703	-22,109	440	<1,0	0	0	h35
402	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,751	-22,165	420	<1,0	0	0	h35
403	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,656	-22,026	480	<1,0	0	0	h35
404	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,658	-22,026	480	<1,0	0	0	h35
405	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,741	-22,174	420	<1,0	0	0	h35
406	Tjörn á Þorskafjarðarheiði	Vestfirðir	65,742	-22,172	420	<1,0	0	0	h35
1	Nykurtjörn, í Svarfaðardal	Norðurland	65,921	-18,635	620	>5,0	0	0	8, 25
3	Hvítbjarnarvatn, í Hrutafirði	Norðurland	65,253	-21,055	171	1,0–3,0	0	0	74

1. viðauki, frh. – Appendix 1, cont.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skötuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/leða heimildarmanns / Reference and/or source no.
4	Mývatn	Norðurland	65,637	-16,940	277	3,0–5,0	X	X	10, 67, h4
5	Reyðarkvísl (Runukvísl), undir Reyðarfelli	Norðurland	65,118	-18,560	705	<1,0	X	0	77
10	Svartavatn	Norðurland	65,348	-17,234	406	1,0–3,0	X	0	5
15	Vatnshlíðarvatn	Norðurland	65,517	-19,628	300	1,0–3,0	X	0	h6, h15, h48
17	Tjörn við Hóp	Norðurland	65,487	-20,524	10	<1,0	0	0	6
24	Tjörn í Molduxaskarði	Norðurland	65,710	-19,714	480	<1,0	0	0	h26, h61
31	Tjarnir í Gæsadal, norðan Mývatns	Norðurland	65,736	-16,943	440	<1,0	0	0	h4, h59
33	Gæsavötn nyrðri	Norðurland	64,779	-17,513	915	<1,0	0	0	h53
34	Gæsavötn syðri	Norðurland	64,776	-17,516	913	<1,0	0	0	h53, h62
37	Tjörn við Arnarvatn stóra og Skammá	Norðurland	64,943	-20,358	580	<1,0	0	0	h13, h36
38	Hvammstjörn, Svartárdal	Norðurland	65,414	-19,564	511	<1,0	0	0	h2, h14, h27
39	Grímslækur, á Kili, við veginn	Norðurland	64,857	-19,375	628	<1,0	0	0	h32
56	Stórhólstjörn, ofan Dalvíkur	Norðurland	65,971	-18,549	33	1,0–3,0	0	0	h63
60	Austara-Friðmundarvatn, Auðkúluheiði	Norðurland	65,295	-19,848	441	1,0–3,0	X	X	27, 29, 70, 71, 72
61	Vestara-Friðmundarvatn, Auðkúluheiði	Norðurland	65,279	-19,863	441	1,0–3,0	X	X	28, 49, 70, 72, 73
70	Tjarnir í Hvannalindum	Norðurland	64,859	-16,297	640	<1,0	0	0	h1, h38, h41
74	Tjarnir í Svörtutungum	Norðurland	64,991	-19,520	540	<1,0	0	0	h12
75	Nesvatn, Utanverðunesi, Hegranesi	Norðurland	65,749	-19,521	55	1,0–3,0	0	0	h7, h8, h37
77	Pristikla, Auðkúluheiði	Norðurland	65,197	-20,302	490	>5,0	X	X	29, 72
79	Eiðisvatn, Langanesi	Norðurland	66,263	-15,019	20	1,0–3,0	X	X	10, h33
92	Gilsvatn	Norðurland	65,371	-19,855	432	1,0–3,0	X	0	69
93	Tjörn á Hveravöllum	Norðurland	64,865	-19,539	620	<1,0	0	0	6
94	Tjarnir við Gránunes á Kili, suður af Hveravöllum	Norðurland	64,729	-19,488	560	<1,0	0	0	6
95	Ölvestjarnir	Norðurland	65,967	-20,039	163	<1,0	0	0	h48
102	Tjörn við Þverárdal, Húnavatnssýslu	Norðurland	65,547	-19,785	249	<1,0	0	0	6
103	Tjörn við Marðarnúp, Húnavatnssýslu	Norðurland	65,373	-20,111	556	<1,0	0	0	6
104	Ásbjarnarvatn (stóra)	Norðurland	65,041	-18,792	780	1,0–3,0	X	X	h15
105	Vötn/tjarnir við Heirhól, norðan Hofsjökuls	Norðurland	65,052	-18,945	790	1,0–3,0	0	0	5, 6
106	Fjórðungsvatn	Norðurland	64,890	-18,052	780	1,0–3,0	0	0	h15
108	Reyðarvatn, norðan Hofsjökuls	Norðurland	65,111	-18,522	713	1,0–3,0	X	X	6, 69, h15
110	Miklavatn, Aðaldalshrauni	Norðurland	65,969	-17,534	7	1,0–3,0	X	0	h3
111	Tjörn vestan Ódáðahrauns	Norðurland	65,038	-17,591	665	<1,0	0	0	5, 6
112	Grænavatn, suður af Mývatni	Norðurland	65,543	-17,003	280	1,0–3,0	X	0	6, 8, 10
115	Vötn/tjarnir hjá Hóli, Engidal, Hólsfjöllum	Norðurland	65,720	-16,085	410	<1,0	0	0	2, 6, 8
124	Hólmavatn, við Tungukoll	Norðurland	65,043	-20,557	480	1,0–3,0	X	X	h15
125	Arnarvatn stóra	Norðurland	64,963	-20,318	540	3,0–5,0	X	X	h15
141	Gripdeild, 5 km austan við Ánavatn	Norðurland	65,212	-15,446	558	1,0–3,0	X	0	5, 6
166	Stafsvatn ytra, Hofsafrétti	Norðurland	65,191	-18,818	655	1,0–3,0	0	0	h15
167	Vatn vestur af Stórhóli, Arnarvatnsheiði	Norðurland	64,998	-20,496	474	1,0–3,0	0	0	h15

1. viðauki, frh. – Appendix 1, cont.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skótuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/eða heimildarmanns / Reference and/or source no.
169	Tjarnir í Guðlaugstungum	Norðurland	65,003	-19,472	555	<1,0	0	0	h12
171	Breiðavað, Húnavatnssýslu	Norðurland	65,663	-20,228	40	1,0–3,0	0	0	6
175	Tjörn á Hraunum	Norðurland	64,760	-15,326	754	<1,0	0	0	30
189	Blöndulón	Norðurland	65,210	-19,717	464	1,0–3,0	X	X	43, 47, 75
195	Mjóavatn, Auðkúluheiði	Norðurland	65,259	-19,810	448	1,0–3,0	X	X	43, 72, h15
205	Höskuldsvatn	Norðurland	65,982	-17,164	280	1,0–3,0	X	X	h47
211	Sandvatn við Hegrabjarg, Hegrnesi	Norðurland	65,702	-19,477	72	1,0–3,0	0	0	h37
212	Urriðavatn, Hegrnesi	Norðurland	65,688	-19,481	60	1,0–3,0	X	0	h37
213	Reyðartjörn, Tröllaskaga, nærri Hraunvatni	Norðurland	65,927	-20,034	157	<1,0	0	0	h57
214	Vötn/tjarnir fyrir neðan Glaumbæ, Skagafirði	Norðurland	65,607	-19,477	20	1,0–3,0	0	0	h43
215	Krikatjörn, Hvannalindum	Norðurland	64,855	-16,266	658	<1,0	0	0	79
226	Orravatnsrústir	Norðurland	65,092	-18,501	725	<1,0	0	0	69, eigin gögn
228	Tjörn við enda Lindhrauns, Hvannalindum	Norðurland	64,861	-16,301	636	<1,0	0	0	79
250	Tjörn á Möðrudalsheiði	Norðurland	65,459	-15,526	480	<1,0	0	0	68, eigin gögn
301	Kolgrímsvötn, Víðidalstunguheiði	Norðurland	65,035	-20,319	574	1,0–3,0	X	X	78
354	Haugakvísl	Norðurland	65,171	-20,434	380	<1,0	X	X	76
356	Ástjarnir, í Vatnsdal, í landi Ásbrekku og Saurbæjar	Norðurland	65,339	-20,276	280	1,0–3,0	0	0	h5
358	Urðarvatn syðra	Norðurland	65,182	-18,359	870	3,0–5,0	0	0	h15
359	Tjörn á Búrfellsheiði	Norðurland	66,067	-16,019	300	<1,0	0	0	h35
360	Tjörn á Búrfellsheiði	Norðurland	66,065	-16,035	312	<1,0	0	0	h35
361	Tjörn á Tunguselshaiði	Norðurland	65,959	-15,508	342	<1,0	0	0	h35
362	Tjörn á Tunguselshaiði	Norðurland	65,956	-15,519	341	<1,0	0	0	h35
363	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,033	-20,543	480	<1,0	0	0	h35
364	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,034	-20,546	480	<1,0	0	0	h35
365	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,034	-20,545	480	<1,0	0	0	h35
366	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,033	-20,543	480	<1,0	0	0	h35
367	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,033	-20,544	480	<1,0	0	0	h35
368	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,034	-20,545	480	<1,0	0	0	h35
369	Tjörn á Arnarvatnsheiði	Norðurland	65,034	-20,546	480	<1,0	0	0	h35
370	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,998	-21,050	348	<1,0	0	0	h35
371	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,998	-21,057	353	<1,0	0	0	h35
372	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,997	-21,052	351	<1,0	0	0	h35
373	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,998	-21,050	348	<1,0	0	0	h35
374	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,998	-21,049	348	<1,0	0	0	h35
375	Tjörn á Holtavörðuheiði	Norðurland	64,996	-21,051	353	<1,0	0	0	h35
378	Orravatnsrústir	Norðurland	65,104	-18,526	713	<1,0	0	0	h35
379	Orravatnsrústir	Norðurland	65,101	-18,539	715	<1,0	0	0	h35
18	Gilsárvötn ytri	Austurland	65,048	-15,154	628	1,0–3,0	0	0	30
25	Tjörn í Kringilsárrana	Austurland	64,800	-15,959	680	<1,0	0	0	h34, h44
26	Tjörn við Sandvatn á Héraði	Austurland	65,311	-14,622	579	<1,0	0	0	h15
27	Tjarnir við Eyjafell, Eyjabakkasvæðinu	Austurland	64,736	-15,511	659	<1,0	0	0	h22
35	Vatnsskarðsvatn, milli Héraðs og Njarðvíkur	Austurland	65,563	-13,995	400	1,0–3,0	0	0	h9, h42
36	Lítið vatn norðan við Hólmavatn, Fljótsdalsheiði	Austurland	65,272	-14,815	640	1,0–3,0	0	0	h24
63	Hólmavatn	Austurland	65,015	-15,128	609	1,0–3,0	X	0	81

1. viðauki, frh. – Appendix 1, cont.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skötuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/öða heimildarmanns / Reference and/or source no.
64	Garðavatn	Austurland	65,030	-15,071	610	1,0–3,0	X	0	81
65	Gilsársvötn innri	Austurland	65,026	-15,197	628	1,0–3,0	0	X	3, 81
66	Langavatn, Fljótssdal	Austurland	64,974	-15,273	655	3,0–5,0	X	0	81
135	Puriðarvatn	Austurland	65,602	-15,166	420	>5,0	X	X	h15
136	Tjarnir á Fjarðarheiði	Austurland	65,233	-14,104	400	<1,0		0	h50
137	Skriðuvatn	Austurland	64,956	-14,639	155	3,0–5,0	X	X	82, h15
138	Ódáðavatn (Ódáðavötn)	Austurland	64,943	-14,249	606	3,0–5,0	0	0	h15
139	Tjörn á Vesturöræfum	Austurland	64,844	-15,775	650	<1,0	0	0	10
140	Sandvatn	Austurland	65,308	-14,658	569	3,0–5,0	X	X	h15
142	Tjörn á milli Fljótssdals og Skriðdals	Austurland	65,038	-14,753	765	1,0–3,0	0	0	5, 6
150	Þríhyrningsvatn	Austurland	65,172	-15,766	580	>5,0	X	X	80, h15,
155	Eyrarselsvatn, Fljótssdalsheiði	Austurland	64,990	-15,212	635	1,0–3,0	0	0	30
157	Folavatn, á Hraunum	Austurland	64,777	-15,394	669	1,0–3,0	0	0	30, 57, 85
160	Sauðarvatn, Hraunum	Austurland	64,726	-15,199	797	>5,0	0	0	83
161	Fossársvötn, Múla	Austurland	64,949	-15,100	595	<1,0	0	0	83
162	Kollumúlavatn, Lónsöræfum	Austurland	64,611	-15,150	619	1,0–3,0	0	0	h16, h19
172	Tjörn á Öxi	Austurland	64,844	-14,672	505	<1,0	0	0	82
176	Innri-Sauðá	Austurland	64,790	-15,232	725	<1,0	0	0	30
179	Tjörn á Vesturöræfum	Austurland	64,780	-15,448	650	<1,0	0	0	30
180	Eyjafellsvatn	Austurland	64,726	-15,505	655	1,0–3,0	0	0	84
181	Tangavatn, Eyjabökkum	Austurland	64,764	-15,492	648	<1,0	0	0	84
182	Eyjabakkar, mýrarpollur yst á Snæfellsnesi	Austurland	64,823	-15,423	645	<1,0	0	0	84
183	Tjörn 1 á Þórisey II	Austurland	64,780	-15,463	647	<1,0	0	0	84
184	Tjörn 4 á Háubökkum	Austurland	64,774	-15,482	647	<1,0	0	0	84
202	Heiðarvatn, Fjarðarheiði	Austurland	65,250	-14,180	592	3,0–5,0	X	X	h47
203	Tjarnir á Fjarðarheiði, Seyðisfjarðarmegin	Austurland	65,230	-14,147	595	<1,0	0	0	h47
204	Tjarnir á Vestdalsheiði	Austurland	65,286	-14,121	580	<1,0	0	0	h47
209	Búrfellsvatn, Jökuldalsheiði	Austurland	65,429	-14,692	312	1,0–3,0	0	0	h39, h43
227	Tjörn á Teigarselsheiði	Austurland	65,350	-14,762	442	<1,0	0	0	eigin gögn
270	Álftavatn, Fljótssdalsheiði	Austurland	65,224	-14,840	670	<1,0	0	0	6
350	Sníkilsárvatn, Hraunum	Austurland	64,861	-15,286	615	<1,0	0	0	83
357	Tjörn við gangnakofa við Melstað, Fellaheiði	Austurland	65,206	-14,793	653	<1,0	0	0	h49
2	Tjarnir í Þjórsárverum	Suðurland	64,608	-18,699	585	<1,0	0	0	9
6	Silungsvatn, Skálarheiði	Suðurland	63,762	-18,365	410	1,0–3,0	X	0	h17
7	Vatn á milli Silungs- og Gránuvatns, Skálarheiði	Suðurland	63,761	-18,345	371	1,0–3,0	0	0	h17
9	Tjörn nærri Dalsá við Þjórsá	Suðurland	64,285	-19,403	560	<1,0	0	0	6, 69
11	Vatnsheiðarvatn (Prestvatn)	Suðurland	64,271	-20,601	380	1,0–3,0	0	0	h10, h58
13	Tjörn norður af Uxatindum	Suðurland	64,070	-18,351	589	<1,0	0	0	h11
14	Tjörn norðvestur af Landmannalaugum	Suðurland	63,993	-19,063	592	<1,0	0	0	h31
21	Laugarvatn	Suðurland	64,210	-20,712	62	1,0–3,0	X	X	6, 1
22	Apavatn	Suðurland	64,172	-20,666	61	1,0–3,0	X	X	6, 10, 56
23	Pingvallavatn	Suðurland	64,233	-21,094	101	>5,0	X	X	10
28	Úlfjótssvatn	Suðurland	64,113	-21,033	78	>5,0	X	X	h52
29	Ljótípollur	Suðurland	64,050	-19,005	565	>5,0	X	X	10

1. viðauki, frh. – Appendix 1, cont.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skötuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/eða heimildarmanns / Reference and/or source no.
30	Tjörn á Hvitárnesi á Biskupstungnafrétti	Suðurland	64,632	-19,804	419	<1,0		0	h45
32	Torfavatn, að Fjallabaki	Suðurland	63,848	-19,266	540	3,0–5,0	X	X	h30
43	Skálanefstjörn, við Skálavatn, Veiðivötnum.	Suðurland	64,118	-18,792	570	<1,0	0	0	18, h61, eigin gögn
44	Grænavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,132	-18,727	580	>5,0	X	X	93, 94, eigin gögn
45	Langavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,128	-18,822	570	>5,0	X	X	94, eigin gögn
46	Skeifupyttla, Veiðivötnum	Suðurland	64,119	-18,825	570	3,0–5,0	0	0	eigin gögn
47	Kvostjörn, suður af Skeifupyttlu, Veiðivötnum	Suðurland	64,116	-18,825	570	<1,0	0	0	eigin gögn
48	Stóra-Fossvatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,141	-18,749	580	>5,0	X	X	32, 93, 94
49	Breiðavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,116	-18,856	565	3,0–5,0	X	X	eigin gögn
50	Ónýtavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,097	-18,827	570	>5,0	X	X	eigin gögn
51	Littla-Breiðavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,112	-18,844	565	1,0–3,0	X	0	eigin gögn
52	Ónýtavatn fremra, Veiðivötnum	Suðurland	64,093	-18,843	570	1,0–3,0	X	X	eigin gögn
53	Snjóölduvatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,076	-18,877	565	>5,0	X	X	93, eigin gögn
62	Sultartangalón	Suðurland	64,223	-19,445	295	>5,0	X	X	5, 90
71	Tjarnir í Þjórsárverum, vestan Þjórsár	Suðurland	64,606	-18,684	585	<1,0	0	0	h16
73	Tjarnir við Kerlingarflati, við Kerlingarfjöll	Suðurland	64,580	-19,493	524	<1,0	0	0	h51
78	Hvítárvatn	Suðurland	64,591	-19,808	419	>5,0	X	X	88
82	Nýjavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,103	-18,865	565	>5,0	X	X	94, h15
84	Litla-Skálavatn, Veiðivötnum	Suðurland	64,116	-18,814	570	>5,0	X	X	95
116	Frostastaðavatn	Suðurland	64,024	-19,060	575	1,0–3,0	X	X	96, h29
118	Tjarnir við Dalsá, Þjórsárverum	Suðurland	64,614	-18,692	585	<1,0	0	0	6
119	Dratthalavatn	Suðurland	64,657	-18,464	620	3,0–5,0	X	X	86
120	Hreysislón	Suðurland	64,657	-18,464	620	3	X	X	86
122	Vötn/tjarnir á Landmannaheiði, suður af Tungnaá	Suðurland	63,972	-18,927	577	<1,0	0	0	6
123	Álftavatn, norðan Mýrdalsjökuls	Suðurland	63,853	-19,242	539	>5,0	X	X	97
132	Langisjór	Suðurland	64,142	-18,360	662	>5,0	X	X	92, h15
164	Miðkvísl, sytrar í Þjórsá norðvestur af Kjalvötnum	Suðurland	64,411	-18,912	590	<1,0	0	0	89, h15
168	Pverölduvatn	Suðurland	64,474	-18,587	650	1,0–3,0	0	0	86, h15
173	Sporðöldulón	Suðurland	64,235	-19,229	331	>5,0	X	X	44
193	Kvíslaveitur: Stóraverslón, Svartárlón, Svartárós	Suðurland	65,039	-20,659	420	1,0–3,0	X	X	73, 85
194	Hrauneyjalón	Suðurland	64,182	-19,194	427	>5,0	X	X	48
201	Langisjór, innsta lónið framan Útfalls	Suðurland	64,200	-18,209	683	<1,0	0	0	91
218	Tjarnir í Þjórsárverum, austan Þjórsár	Suðurland	64,617	-18,596	590	<1,0	0	0	h16
221	Tjörn 1, norður af Stóra-Fossvatni, Veiðivötnum	Suðurland	64,149	-18,751	580	<1,0	0	0	eigin gögn
223	Tjörn vestur af Nýjavatni, Veiðivötnum	Suðurland	64,108	-18,861	565	<1,0	0	0	eigin gögn
224	Tjörn norðaustur af Nýjavatni, Veiðivötnum	Suðurland	64,111	-18,882	565	<1,0	0	0	eigin gögn
225	Tjörn suður af Nýjavatni, Veiðivötnum	Suðurland	64,103	-18,867	569	<1,0	0	0	eigin gögn
231	Tjarnir í Púfuveri	Suðurland	64,558	-18,659	584	<1,0	0	0	66
232	Tjarnir í Þjórsárverum	Suðurland	64,607	-18,703	585	<1,0	0	0	87
251	Kvíslavatn	Suðurland	64,554	-18,585	605	>5,0	X	X	85, 86, h40
302	Fljótsbotn	Suðurland	63,664	-18,260	53	3,0–5,0	X	X	93

1. viðauki, frh. – Appendix 1, cont.

Fastanúmer Fixed number	Fundarstaður Location	Landshluti* Region	N° breidd / N° latitude	V° lengd W° longitude	Hæð y.s. Height a.s.l. (m)	Áætlað meðaldýpi Estimated mean depth (m)	Silungur í vatni / Arctic charr and/or Brown trout present	Skötuormur í maga Arctic tadpole shrimp in stomach	Nr. heimildir og/eða heimildarmanns / Reference and/or source no.
303	Tjarnargígur nærri Laka	Suðurland	64,040	-18,306	540	<1,0	0	0	h28
351	Breiðaver, Veiðivötnum	Suðurland	64,120	-18,869	565	<1,0	0	0	h64
352	Pórisvatn, við Grasetanga	Suðurland	64,237	-18,983	580	1,0–3,0	X	X	85
353	Fagralón	Suðurland	64,126	-18,367	670	3,0–5,0	X	X	93
355	Tjörn 2, norður af Stóra-Fossvatni, Veiðivötnum	Suðurland	64,149	-18,751	580	<1,0	0	0	eigin gögn
380	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,566	-18,654	581	<1,0	0	0	h35
381	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,567	-18,655	581	<1,0	0	0	h35
382	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,568	-18,654	582	<1,0	0	0	h35
383	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,568	-18,654	582	<1,0	0	0	h35
384	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,569	-18,655	582	<1,0	0	0	h35
385	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,570	-18,654	583	<1,0	0	0	h35
386	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,569	-18,653	584	<1,0	0	0	h35
387	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,569	-18,652	584	<1,0	0	0	h35
388	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,570	-18,654	583	<1,0	0	0	h35
389	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,570	-18,653	583	<1,0	0	0	h35
390	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,571	-18,655	582	<1,0	0	0	h35
391	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,571	-18,654	583	<1,0	0	0	h35
392	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,571	-18,653	583	<1,0	0	0	h35
393	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,571	-18,654	583	<1,0	0	0	h35
394	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,571	-18,653	583	<1,0	0	0	h35
395	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,572	-18,653	583	<1,0	0	0	h35
396	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,572	-18,652	584	<1,0	0	0	h35
397	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,570	-18,653	584	<1,0	0	0	h35
398	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,572	-18,653	583	<1,0	0	0	h35
407	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,560	-18,665	581	<1,0	0	0	h35
408	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,560	-18,665	581	<1,0	0	0	h35
409	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,567	-18,655	581	<1,0	0	0	h35
410	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,567	-18,653	582	<1,0	0	0	h35
411	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,566	-18,650	583	<1,0	0	0	h35
412	Tjörn í Þúfuveri	Suðurland	64,562	-18,655	580	<1,0	0	0	h35

2. viðauki – Appendix 2.

Útbreiðsla skötuorms skv. gögnum úr „Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna,“ samstarfsverkefni Náttúrufræðistofu Kópavogs, Háskóla Íslands, Háskólans á Hólum, Hafrannsóknastofnunar og Náttúruminjasafns Íslands. – Data from ESIL project (Ecological Survey of Icelandic Lakes).^{17,23,24}

Vatn /Lake*	Árið sem vatn var rannsakað / Year of research	Fisktegund / Fish species**	Fjöldi rann-sakaðra fiska / No. of fish analysed	Fjöldi fiska m. Skötuorm / No. of fish with Lepidurus	Fjöldi skötuorma í maga / No. of Lepidurus in stomach	Lágmarks- og hámarks-fjöldi skötuorma í maga / Min and max no. of Lepidurus in stomach
Elliðavatn (1), Heiðmörk	1993	1	40	0		
		2	20	0		
Galtaból (4), Auðkúluheiði	1992	1	40	0		
Hraunhafnarvatn (7), Melrakkaslétu	1993	1	40	0		
		2	80	0		
Hvítárvatn (8), Biskupstungnaafreйти	1994	1	40	0		
Kötluvatn (9), Melrakkaslétu	1993	1	60	0		
Langavatn (10), Veiðivötnum	1993	1	40	0		
		2	15	0		
Mjóavatn (11), Auðkúluheiði	1992	1	40	6	7	1, 2
Nýjavatn (12), Veiðivötnum	1993	2	40	6	16	1, 9
Selvatn (13), Skagaheiði	1992	1	40	0		
		2	34	0		
Sigurðarstaðavatn (14), Melrakkaslétu	1993	1	48	0		
Skálavatn (15), Veiðivötnum	1993	1	3	0		
		2	40	0		
Stóra-Fossvatn (16), Veiðivötnum	1993	2	40	7	19	1, 11
Stóra-Viðarvatn (17), Fjallgarði		1	60	0		
Svínavatn (19), Svínadal	1993	1	65	0		
		2	30	0		
		3	1	0		
Úlfjóttsvatn (20), Grafningi	1993	1	81	0		
Vestara-Friðmundarvatn (22), Auðkúluheiði	1992	1	40	0		
Ytra-Deildarvatn (23), Ytrihálsi		1	36	0		
		2	39	0		
		3	5	0		
Ölvesvatn (24), Skagaheiði	1992	1	40	0		
		2	22	0		
Baulárvallavatn (27), Vatnaheiði	1994	2	52	0		
Haukadalsvatn (28), Haukadal	1994	1	50	0		
		3	1	0		
Hítarvatn (29), Hítardal	1994	1	50	0		
		2	65	0		
Oddastaðavatn (30), Hnappadal	1994	1	40	0		
		2	41	0		
Vestara-Vatnsholtavatn (31), Staðarsveit	1994	1	50	0		
		2	35	0		
		3	3	0		

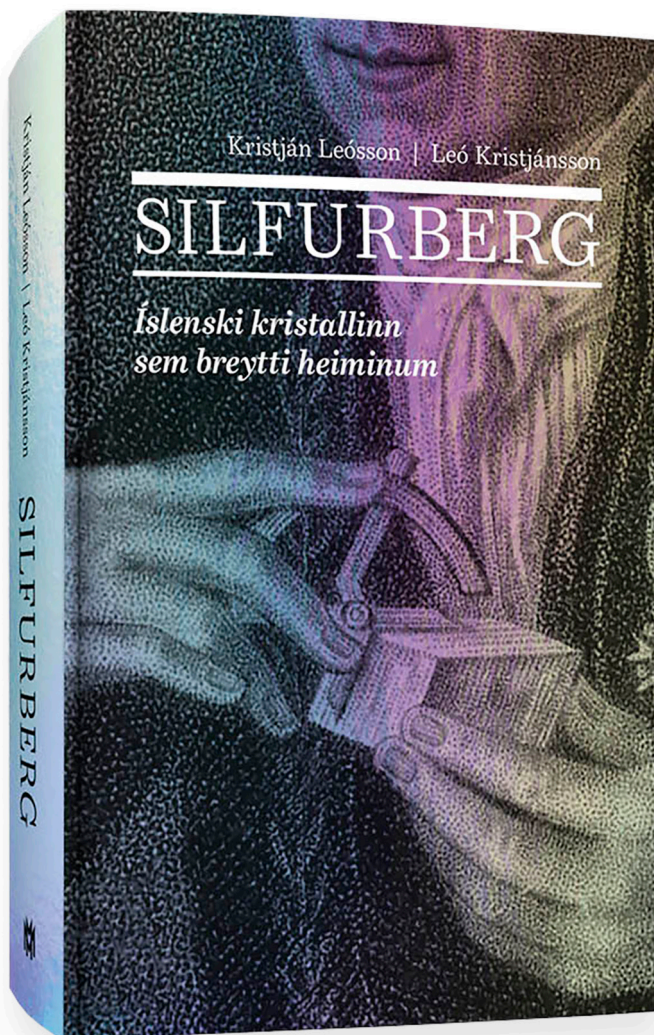
2. viðauki, frh. – Appendix 2, cont.

Vatn /Lake*	Árið sem vatn var rannsakað / Year of research	Fisktegund / Fish species**	Fjöldi rann-sakaðra fiska / No. of fish analysed	Fjöldi fiska m. Skótuorm / No. of fish with Lepidurus	Fjöldi skótuorma í maga / No. of Lepidurus in stomach	Lágmarks- og hámarks-fjöldi skótuorma í maga / Min and max no. of Lepidurus in stomach
Ánavatn (32), Jökuldalsheiði	1994	1	40	0		
Sænautavatn (33), Jökuldalsheiði	1994	1	40	0		
Eiðavatn (34), Eiðþinghá	1994	1	25	0		
		2	15	0		
Urriðavatn (35), Fellum	1994	1	40	0		
Piðriksvallavatn (36), Piðriksvalladal	1995	1	63	0		
		2	64	0		
Högnavatn (37), Þorskafjarðarheiði	1995	1	80	60	681	1, 64
Ónefnt vatn (38), Þorskafjarðarheiði	1995	1	15	4	18	1, 15
Ásbjarnarvatn (39), Hofsafrétti	1996	1	80	6	31	1, 26
Hóp (41), Þingi, V-Hún.	1996	1	40	0		
Vesturhópsvatn (42), Þingi, V-Hún.	1996	1	40	0		
Langavatn (43), Reykjahverfi	1996	1	40	0		
Reyðarvatn (44), Hofsafrétti	1996	1	47	45	4853	1, 336
Frostastaðavatn (48), Rangárþingi ytra	1997	1	40	0		
Hestvatn (50), Grímsnesi	1997	1	70	0		
Hlíðavatn (51), Hnappadal	1997	1	53	0		
Hólmavatn (52), við Tungukoll, Arnarvatnsheiði	1997	1	13	8	100	2, 20
Arnarvatn (53), Arnarvatnsheiði	1997	1	42	1	1	1
		2	31	2	3	1, 2
Úlfsvatn (54), Arnarvatnsheiði	1997	1	41	7	17	1, 5
		2	26	7	12	1, 5
Langisjór (57), Skaftártunguafretti	1998	1	20	8	85	2, 28
		2	15	7	52	1, 28
Skorradalsvatn (58), Borgarfirði	1998	1	103	0	0	
		2	24	0	0	
Lagarfljót (59), Héraði	1998	1	80	0	0	
		2	60	0	0	
Þuríðarvatn (60), Bustarfelli	1998	1	40	8	25	1, 7
Skriðuvatn (62), Skriðdal	1998	1	80	3	4	1, 2
		2	12	0		
Sandvatn (64), Bótarheiði	1998	1	50	4	6	1, 2
Þríhyrningsvatn (65), Langadal	1998	1	65	4	6	1, 3
Vífilsstaðavatn (66), Garðabæ	1998	1	60	0		
		2	34	0		
Hafravatn (67), Mosfellssveit	1998	1	12	0		
		2	40	0		

* Númer í sviga vísar til kóða í Yfirlitskönnuninni / ESIL code in parenthesis

**1 bleikja; 2 urriði; 3 lax / 1 Arctic charr; 2 Brown trout; 3 Atlantic salmon

Saga silfurbergsins frá Helgustöðum



FYRIR NOKKRU barst íslenskum vísindamönnum og fróðleiksfúsum almenningi bókin *Silfurberg – Íslenski kristallinn sem breytti heiminum*^a eftir feðgana Kristján Leósson eðlisfræðing, og Leó Kristjánsson jarðeðlisfræðing. Bókin er afrakstur áratugalangrar vinnu og rannsókna Leós á silfurbergskristallinum, hlutverki hans og samhengi í vísindasögunni. Árið 2016 tóku Leó og Kristján, sonur hans, svo höndum saman við ritun bókarinnar. Leó féll því miður í mars árið 2020 áður en verkinu lauk að fullu en Kristján lauk við það og kom bókin út hjá Máli og menningu síðla árs.

^a Kristján Leósson & Leó Kristjánsson. *Silfurberg – íslenski kristallinn sem breytti heiminum*. Mál og menning, Reykjavík. 286 bls.

INNGANGUR

Fyrir nokkru barst íslenskum vísindamönnum og fróðleiksfúsum almenningi bókin *Silfurberg. Íslenski kristallinn sem breytti heiminum* eftir feðgana Kristján Leósson eðlisfræðing, og Leó Kristjánsson jarðeðlisfræðing. Bókin er afrakstur áratugalangrar vinnu og rannsókna Leós á silfurbergskristallinum, hlutverki hans og samhengi í vísindasögunni. Árið 2016 tóku Leó og Kristján, sonur hans, svo höndum saman við ritun bókarinnar. Leó féll því miður í mars árið 2020 áður en verkinu lauk að fullu en Kristján lauk við það og kom bókin út hjá Máli og menningu síðla árs.

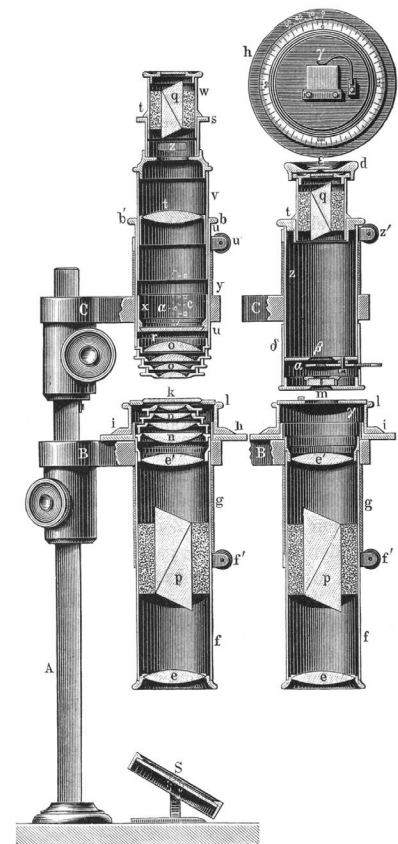
Bókin er yfirlitsrit um áhrif hins kunna silfurbergs frá Helgustöðum við Reyðarfjörð á heimssöguna í gegnum vísindin. Í bókinni er rakin saga silfurbergskristallsins og nám hans við Helgustaði frá uppgötvun um miðja 17. öld og fram á 20. öld, eða yfir um 250 ára tímabil. Á þessum tíma kom silfurberg við sögu mýmargra mikilvægra uppgötvana í ljósfræði og eðlisfræði, sem greint er frá í bókinni. Í lokaorðum bókarinnar er snarpt yfirlit yfir öll fræðasviðin þar sem hið íslenska

silfurberg gegndi hlutverki og er það ótrúlegur listi sem fæstir hafa líklegast haft greinargóða hugmynd um.

Bókin er blanda flestra meginþátta í sögu silfurbergsins en aðalþættirnir eru einkum tveir. Fyrst ber að nefna sjálfa vísindasöguna, hvernig þekking á silfurbergi og eiginleikum þess leiddi sífellt til þróaðri og dýpri þekkingar á eðlisfræði, einkum ljósfræði og rafsegulfræði, og fræðigreina á öðrum sviðum, svo sem matvælafræði, líffræði og læknisfræði. Bókin skilur lesandann í þessu tilliti eftir með góða hugmynd um mikilvægi vísindarannsókna og hvernig hver upp-götvunin hleðst ofan á þá fyrri. Hinn aðalþátturinn er það hvernig nýting silfurbergsins fléttaðist inn í Íslands-söguna sjálfa, þróun samfélagsins, verk-þekkingu og sjálft samband Íslands við umheiminn. Með því að flétta þessa tvo þræði saman við stóratburði heims-sögunnar fæst yfirsýn um samhengi íslenskrar jarðfræði og heimssögu sem vart hefur verið gefin áður, nema ef til vill helst í umfjöllun um Skaftárelda og áhrif þeirra á heimssögulega atburði. Höfundum tekst vel að kasta ljósi á þetta samhengi fyrir lesendur.

EFNISTÖK

Höfundur þessa greinarkorns telur ekki sérstaka ástæðu til að fara yfir efnis-tök hvers kafla bókarinnar. Kaflarnir eru heildstæðir og ramma hver um sig ákveðið umfjöllunarefni á skýran og afmarkaðan hátt. Fyrstu kaflar bókarinnar fanga vísindasögu 17.–18. aldar og setja tóninn, sérstaklega fyrir þá lesendur sem hafa ekki kynnt sér vís-indaframvindu fyrri alda. Sá þráður er gegnumgangandi í bókinni en eftir að lestur hefst kemur fljótt í ljós hve víð-feðm saga silfurbergsins er í vísinda-sögunni og hve nátengt það er ýmsum afkimum eðlisfræðinnar. Ef hratt er lesið verður bókin því eins konar rússí-bani í gegnum stóran hluta vísindasögu síðustu alda, einkum eðlis-, efna- og kristallafræði. En það má líka dóla sér hægar í gegnum bókina, smjatta á köflunum og velta þeim fyrir sér. Fyrir áhugafólk um Íslandssögu kennir hér ýmissa grasa, mörg stef og nöfn eru kunnugleg en annað kemur lesendum á óvart. Sögu Helgustaða við Reyðarfjörð og námunnar þar eru gerð góð skil en bókin vekur eðlilega upp spurningar um sjálfan fundarstaðinn, hvernig á



Þversnið af skautunarsmásjá (þ. Polarisationsmikroskop) frá 1871, til að skoða gegnsærjar þunnisneiðar af bergsýnum. Nicol-prismu (merkt p og q) gerð úr íslensku silfurbergi eru notuð til að skauta ljós í bæði neðri og efri hluta smásjárinnar en með tvískautuðu ljósi má greina á milli mismunandi steinda í bergsýninu. Úr *Physikalische Kristallographie* (1885) e. Paul Groth.



SILFURBERGSNÁMAN VIÐ ESKIFJÖRD.

Verkamenn í silfurbergsnámunni, vopnaðir haka, skóflu og fötu. Ljós. Þjóðminjasafn Íslands.

Því stendur að Helgustaðanámu er ekki haldið betur á lofti en raun ber vitni. Umbúnaður námunnar er Íslendingum til skammar og rýnir veltir því fyrir sér hvort heimssögulega mikilvægum stað eins og Helgustaðanámu væri ekki meiri sómi sýndur í öðrum löndum.

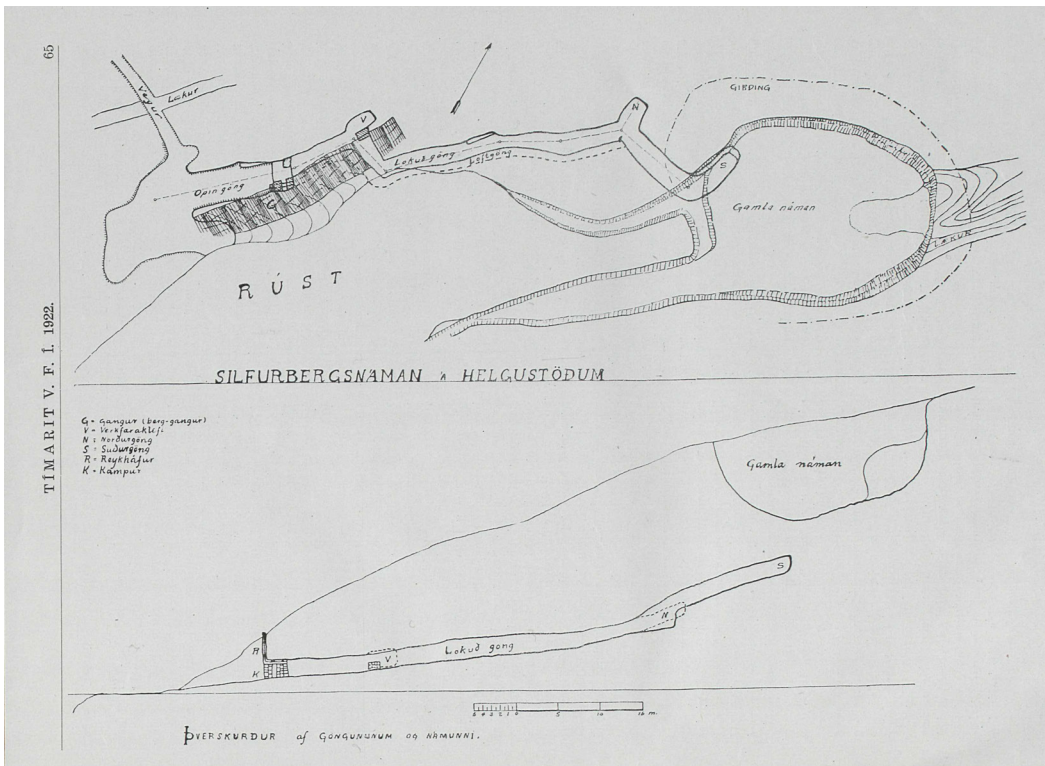
Það sem höfundur saknar helst í efnistökum er jarðfræðin, sjálfur grunnur silfurbergsins. Snemma í bókinni er farið yfir kristalla, steina og berg. Sá kafli er hið ágætasta yfirlit yfir steindafræðina en er satt best að segja nokkuð mikið á dýptina fyrir almenning og gæti þurft tvær yfirferðir fyrir þá sem ekki eru vel inni í ólífrænni efnafræði. Lesendur ættu þó ekki að örvænta þótt ekki sé allt skiljanlegt því það er ekki nauðsynlegt að skilja steindafræðina til hlítar fyrir framhaldið. Burtséð frá steindafræðinni sjálfri hefði hins vegar almenn jarðfræðihlið silfurbergsins, uppruni þess og myndunaradstaður að ósekju mátt taka aðeins meira pláss í frásögninni. Þar verður þó að horfa til þess að jarð- og jarðefnafræðileg umgjörð silfurbergsins á Helgustöðum hefur einhverra hluta vegna lítið verið rannsökuð og er það þekkingarlega

tóm í raun nokkuð vandræðalegt fyrir íslenskt jarðfræðisamfélag. Þar bíður áhugavert og mikilvægt rannsóknarverkefni jarðefna- og steindafræðinga framtíðarinnar.

Umfjöllun um dýpri hluta eðlisfræðinnar, til dæmis um uppgötv-anir í ljósfræði, eru líklegast þungar flestum leikum í eðlisfræði en það kemur einnig merkilega lítið að sök. Undirritaður var nokkuð langt frá því að geta krafað sig fram úr allri eðlisfræðinni í fyrstu atrennu þrátt fyrir mikinn vilja og þokkalega fagþekkingu úr heimi steindafræðinnar. Það háði honum þó ekki. Lesendur ættu að geta skautað hratt yfir þá kafla sem þeir telja þyngsta án þess að tapa þræðinum enda er frásagnarmátinn og uppröðun efnisins þannig að óþarfi er að hafa áhyggjur þótt efnid skiljist ekki allt saman til fullnustu. Frásögnin af silfurberginu er að mestu leyti í beinni tímalínu, frá 17. öldinni fram á þá 20., og er lítið mál að halda áfram án þess að skilja efnid fullkomlega. Gagnrýnandi ætlar jafnvel að gerast svo djarfur að mæla með því að lesendur hoppi einfaldlega yfir kafla

sem reynast helst til brattir. Að sjálf-sögðu er ekki úr vegi að reyna við allt efnid en lesendur eru hér með hvattir eindregið til að hætta ekki lestri þótt brekkur séu á leiðinni.

Helsti styrkleiki bókarinnar felst nefnilega í hárfinni línu sem fetuð er á milli þess að fjalla um mjög djúp fræði, sem er vart á færi almennings að skilja, og að segja almenna og áhuga-verða frásögn af hugsuðum fyrri tíma, mannlífi og þróun nútímasamfélags á tímum gríðarmikilla tækni- og vísinda-framfara. Með slíkt viðfangsefni á sviði eðlisfræði sem silfurbergið er hefðu margir höfundar eflaust fallið í þá gryfju að kaffæra lesendur með þungri nálgun og miklu fræði- og tæknimáli. Ekki að slíkir kaflar séu ófinnanlegir inn á milli í þessari bók en sem fyrr segir þurfa lesendur alls ekki að hafa áhyggjur af því að skilja ekki hverja einustu setningu eða eðlisfræðihugtak. Svo furðulega sem það hljómar nýtur frásögnin sín nefnilega vel án fulls skilnings lesenda, svo framarlega sem lesendur eru meðvitaðir og sáttrir við erfiðleikastig efnistakanna.



Uppdráttur og þverskurður af silfurbergsnámunni á Helgustöðum. Uppdráttirnir birtust í grein Helga H. Eiríkssonar í tímariti Verkfræðingafélags Íslands á árinu 1922.

SAMANTEKT

Bókin er í fallegu bandi og skreytt fjölda mynda. Margar þeirra eru af persónum og leikendum úr sögu silfurbergsins, þekktustu eðlisfræðingum vísindasögunnar sem hrifust af íslensku silfurbergi, áttuðu sig á eiginleikum þess og nýttu í rannsóknum sínum. Má þar meðal annarra nefna Christiaan Huygens, Isaac Newton, Michael Faraday og James Clerk Maxwell. Myndir af tækjum tengdum silfurbergsrannsóknum og eðlisfræðilegar skýringarmyndir eru fyrirferðarmiklar en hlutverk þeirra er í raun fagurfræðilegt þar sem fræðilegt gildi

fer vafalítið að mestu fyrir ofan garð og neðan hjá lesendum utan hóps hörðustu eðlisfræðinga. Óháð hlutverki setur myndefnið allt fallegan og áhugaverðan samtíðarsvip silfurbergsrannsókna á bókina og hug lesenda.

Grundvallarspurning þegar bók sem þessi kemur út er hvert erindi hennar er. Í þessu tilfelli er óhætt að segja að allt efni bókarinnar eigi erindi til lesenda og vel það. Hér er fjallað um einn allramikilvægasta þátt Íslandssögunnar í augum umheimsins, eitt merkasta framlag landsins til heimssögunnar. Eins og segir í inngangi bókarinnar átti silfurberg frá

Íslandi „sinn þátt í að móta þau nútíma-vísindi sem hafa haft grundvallaráhrif á líf flestra jarðarbúa“. Höfundar bókarinnar rökstyðja vel þá tillögu að silfurbergið úr Helgustaðanámu sé einn mikilvægasti kristall mannkynssögunnar. Erindi bókarinnar *Silfurberg – Íslenski kristallinn sem breytti heiminum* er ekki einungis til Íslendinga heldur ekki síður til erlendra fræðimanna og almennings, og vonandi verður bókinn þýdd á erlend mál sem allra fyrst. Hér er á ferð gersemi sem er skyldulesning fyrir áhuga-fólk um vísindasögu, náttúru og samhengi Íslands við umheiminn.

UM HÖFUNDINN



Snæbjörn Guðmundsson (f. 1984) lauk BS-prófi í jarðfræði frá Háskóla Íslands 2009 og stundaði doktorsnám við sama skóla á árunum 2009–2014. Árin 2010–2012 sá hann um kennslu í steindafræði 1. og 2. árs nema við Jarðvísindadeild HÍ. Snæbjörn hefur starfað á rannsóknarstofu Mannvits og kennt grunnskólanemum jarðfræði í Vísindasmíðju HÍ, Háskóla unga fólksins og Háskólalestinni auk kennslu við Endurmenntun. Árið 2015 gaf hann út bókina *Vegvísi um jarðfræði Íslands* hjá Forlaginu og kom hún út í enskri þýðingu ári síðar. Frá 2020 hefur hann starfað sem jarðfræðingur hjá Náttúruminjasafni Íslands.

PÓST- OG NETFANG HÖFUNDAR / AUTHOR'S ADDRESS

Snæbjörn Guðmundsson
Náttúruminjasafni Íslands
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
snæbjorn.gudmundsson@nmsi.is



SVANHILDUR JÓNSDÓTTIR SVANE

Fyrsti íslenski fléttufræðingurinn

– *Minning* –

Svanhildur fæddist í Hrafnsgarði í Fellum, Norður-Múlasýslu, 24. ágúst 1925, en ólst upp á Seyðisfirði og í Reykjavík. Að loknu stúdentsprófi 1946 fór hún til náms í grasfræði við Háskólann í Kaupmannahöfn. Þar lauk hún magisterprófi 1953 með fléttur að sérgrein og hlaut gullpening skólans fyrir prófritgerð sína. Síðan var hún búsett í Danmörku, fyrst í Kaupmannahöfn en frá 1965 í Árósum og nágrenni, kennari við háskóla á báðum stöðum. Hún var gift Gunnari Olaf Svane, prófessor í slavneskum málum. Svanhildur safnaði fléttum víða á Íslandi frá árinu 1949 til aldamóta, líka í Danmörku, Færeyjum, á Grikklandi og víðar, og samdi um þær greinar, flestar með öðrum höfundum. Safn hennar er varðveitt í Botanisk Museum í Kaupmannahöfn. Svanhildur lést á heimili sínu í Lystrup á Jótlandi 12. mars 2016, 91 árs gömul.

Foreldrar Svanhildar voru Jón Sigurðsson (1903–1980), Hrafnsgarði, Fellum, síðast fulltrúi hjá Búnaðarbanka Íslands í Reykjavík, og Anna Sigurbjörg Þórarinsdóttir (1901–2000) frá Gilsárteigi í Eiðabínghá. Foreldrar Jóns voru Sigurður Jónsson frá Skeggjastöðum, bóndi í Hrafnsgarði, og síðari kona hans, Þuríður Hannesdóttir frá Austari-Krókum í Fnjóskadal (Flateyjardal). Hún var systir Áskels bónda þar, föður Jóhannesar kennara og jarðfræðings. Sigurður var dugnaðarbóndi, hreppstjóri, organisti við Áskirkju og virkur í félagsmálum, en varð skammlífur. Sigurður var afabróðir minn, og við Svanhildur því þremmenningar.

Jón og Anna voru bæði í Alþýðuskólanum á Eiðum 1919–21, og þar urðu þeirra fyrstu kynni. Anna var systir Jóns Þórarinssonar tónskálds, sem var í sumardvöl í Hrafnsgarði um sjö ára aldur. Þau Anna og Jón tóku við búi í Hrafnsgarði 1925, með Þuríði móður hans og yngri systkinum, Hannesi og Bergljótu, en hættu búskap 1928 og fluttust til Seyðisfjarðar með börn sín tvö á unga aldri. Tók Þuríður þá aftur við búinu með yngri börnum sínum. Á Seyðisfirði veiktist Jón af lómunarveiki og gat síðan ekki stundað erfiðisvinnu. Þrautaráð þeirra hjóna var þá að flytjast til Reykjavíkur 1936. Þar gekk Jón í Kennaraskólann og lauk kennaraprófi. Hann stundaði eitthvað kennslu, en fékk brátt sumarvinnu við Búnaðarbankann og nokkru síðar fullt starf sem fulltrúi bankastjóra. Hann var vel þekktur meðal viðskiptavina bankans, uns hann lét af störfum fyrir aldurs sakir.

Jón Þórarinsson ritar: „Önnur minning mín frá þessum tíma er bundin Svanhildi, systurdóttur minni, sem þá var í frumernsku. Hún hafði þann háttinn á að hún var tekin að syngja áður en hún talaði – þótti mér það stórmerkilegt.“

Svanhildur var aðeins þriggja ára þegar fjölskyldan fluttist til Seyðisfjarðar, og 11 ára þegar þau fluttust til Reykjavíkur. Hún hóf barnaskólanám á Seyðisfirði og lauk stúdentsprófi frá Menntaskólanum í Reykjavík vorið 1946. Um haustið hélt hún til náms í náttúrufræði við Háskólann í Kaupmannahöfn. Eflaust hefur Jóhannes frændi hennar átt þar hlut að máli, enda var hann náttúrufræðikennari Menntaskólans frá 1932 til dauðadags 1961.



Hrafnsgerði í Fellum. / Ljós. H. Hall. 1985.

Á þessum árum dvaldist Svanhildur oft í Hrafnsgerði ásamt Sigurði bróður sínum, og þar mun hugur hennar hafa beinst að náttúrunni, sem er mjög sérstök á þessum stað. Hannes bóndi, föðurbróðir hennar, var áhugasamur um ræktun og þekkti nokkuð til plantna. Hann átti meðal annars bækur Einars Helgasonar, *Bjarkir* og *Rósir*. Hann hóf fyrstur manna skógrækt á eigin spýtur á Héraði um 1940, og var frumkvöðull bændaskógræktar.²

Árið 1942 byggðu foreldrar mínir nýbýlið Droplaugarstaði rétt innan við Hrafnsgerðisá. Var þá aðeins steinsnar milli bæjanna og alltíð samskipti, en þá var fjölskylda Svanhildar flutt á Seyðisfjörð, og man ég ekki eftir að hafa hitt hana á æskuárum mínum. Hins vegar fregnaðist að hún væri að nema grasfræði í útlöndum og þótti mér mikið til þess koma, enda var ég þá farinn að hneigjast að þeirri fræðigrein og byrjaður að nafngreina plöntur.

Nám og fyrstu rannsóknir

Árið 1957 birtist smágrein í Náttúrufræðingnum um Íslendinga sem nýlega höfðu lokið prófi í náttúrufræði erlendis, en þá var hér enn engin kennsla á háskólastigi í þeirri grein. Þar er getið nokkurra manna er síðar urðu þjóðkunnir náttúrufræðingar. Þar á meðal er þessi klausa: „*Svanhildur Jónsdóttir*, mag. scient., í grasfræði við háskólann í Kaupmannahöfn, 1953. Sérgrein: fléttur (Lichenes). Hlaut gullheildurspening sama háskóla fyrir ritgerð um íslenskar fléttur. Dvelur í Danmörku.“³

Ekki hefur mér tekist að finna titil verðlaunaritgerðar hennar, en í bréfi til mín 26. mars 1963 segir hún, aðspurð um efni í tímaritið Flóru:

Hef ég því ekki annað handhægt en teoretisku ritgerðina mína frá magisterprófinu. Hún fjallaði um systematiska stöðu skófna, en þær eru nú eiginlega horfnar sem sérstakur klasse, enda engin ástæða til að gera symbiose með þörungum að klassakarakter. Ég hef líka safnað talsvert af skófum með sosiologiskum/ökologiskum bakgrunni, en ég hef ekkert skrifað niður um það.

Þetta má skilja svo að Svanhildur hafi í prófritgerð sinni afskrifað fléttur sem sérstaka kerfiseiningu (classis) og sameinað þær sveppakerfinu, þar sem þeim er nú skipað til sætis, og hefur þá verið frumkvöðull á því sviði.

Árið 1964 var 3.–4. hefti 33. árg. Náttúrufræðingsins til-einkað aldarafmæli Stefáns Stefánssonar skólameistara, höfundar *Flóru Íslands*. Þar birtist löng ritgerð eftir Svanhildi og nefnist „Um mosapembugróður“. Í ágrípi á þýsku er höfundur skráður við „Laboratorium für Mikroskopie und Biologie“ við Tækniháskólann í Kaupmannahöfn.⁴

Í upphafi greinar ritar höfundur: „Sumurin 1951 og 1952 ferðaðist ég talsvert um Ísland, í þeim tilgangi að safna efni um mosapembugróðurinn.“ Ritgerðin skiptist í tvo aðalhluta. Í fyrri hluta er greint frá útbreiðslu mosapembu á Íslandi og tengslum hennar við veðráttu. Í síðari hluta er fjallað um



Hér er Svanhildur að leiðbeina um sveppagreiningu í Árósum í sept. 2003. Ljós. Jens H. Petersen.

rannsóknir höfundar og gróðurgreiningar á 12 stöðum í Þingvallahrauni, allt frá Þingvallavatni upp í um 1.060 m hæð í Skjaldbreið. Í viðauka eru birtar töflur yfir tegundir plantna og tíðni þeirra í þremur helstu gróðurlendum hraunanna, þ.e. gamburmosaþembu, lynglendi með grá- og gamburmosa, og graslautum með grámosa. Fram kemur að höfundur hefur auk háplantna nafngreint 30–40 tegundir mosa og álíka margar tegundir af fléttum. Líklega er þetta í fyrsta sinn sem margar tegundir fléttna og mosa voru teknar inn í gróðurgreiningu á Íslandi.

Árið 1953 urðu þáttaskil í lífi Svanhildar, þegar hún lauk magisterprófi og giftist Gunnari Olaf Svane frá Jótlandi, doktor í slavneskum tungumálum. Þau stunduðu síðan bæði kennslu við Háskólann í Kaupmannahöfn, hún líklega einnig við Tækniháskólann. Árið 1965 fluttust hjónin til Árósa, þar sem Gunnar var skipaður prófessor í slavneskum málum og Svanhildur lektor í grasfræði. Þau eignuðust tvo syni, Jón Olaf (f. 1954) og Axel Torstein (f. 1956). Jón er jarðfræðingur að mennt og Axel edlisfræðingur, lektor við Árósháskóla. Þeir kvæntust og áttu báðir fjögur börn.⁵ Axel andaðist 2016, sama ár og móðir hans.

Haustið 1960 var ég nokkra daga í Kaupmannahöfn og heimsótti þau Svane-hjón, sem þá bjuggu í úthverfinu Herlev. Gunnar var þá farinn að skilja og tala íslensku, því hann var mikill málagarður. Eftir að hann hætti störfum fór hann að læra kínversku við háskólann í Árósum og þýddi bók eftir sagnfræðinginn Sima Quiam um elstu sögu Kína.

Jón Ólafur Sigurðsson organisti, bróðursonur Svanhildar, segir í minningargrein um hana:

Fæðingarstaður hennar, Hrafnsgerði í Fellum, var alltaf ofarlega í huga hennar, og fylgdist hún vel með öllu sem þar fór fram og ættingjum sínum fyrir austan, þó hún ætti

þess ekki oft kost að fara austur. Þegar þau hjón komu til landsins, og hægt var að koma því við, þá keyrðu þau vítt og breitt um landið, og notuðu ferðina til að safna sýnishornum af skófum og öðru sem tilheyrði áhugamáli hennar. Sagði hún alltaf að Hrafnsgerði væri hafsjór af sýnishornum á þessu sviði. Eftir að skógurinn fór að vaxa upp, þá fór hún að finna nýjar [skófa]tegundir, auk sveppaflórunnar.⁵

Kennslustarf og sveppafræði

Fléttur og sveppir eru nátengdar lífverur. Fléttur eru að meginhluta sveppir sem hafa tekið þörunga í þjónustu sína og mynda með þeim náð sambýli. Þær eru nú flokkaðar með sveppum. Það er því ekki tilviljun að Svanhildur fór einnig að sinna sveppafræði.

Anne Kristine Mehlsen, sem líklega var nemandi hennar, ritaði í eftirmælagrein um hana:

Hún var einn af fyrstu kennurum við Botanisk Institut þegar til þess var stofnað 1963. Hún var sett „kandidatsinstruktur“ og síðar „ekstern lektor“ og var ábyrg fyrir kennslu um sveppi. Auk þess var hún í mörg ár með vikulangt sumar-námskeið í plöntugreiningum. ... Svanhildur var áhugasöm og vinsæl samstarfskona og kennari. Þrátt fyrir að hún gerði miklar faglegar kröfur var hún í uppáhaldi meðal stúdenta sinna og kollega, og kenndi mörgum stórum hópum á því sviði sem kallað var þelingar (sveppir og þörungar), ásamt Lisbeth Mathiesen. Auk þessara grunnkúrsa hélt hún æfingar fyrir framhaldsnema í sveppa- og fléttufræði þar til í byrjun tíunda áratugarins, og byggði upp vönduð kennslusófn í tengslum við þær. Meðal stúdenta var Svanhildur þekkt fyrir kröfur sínar um einbeitingu og nákvæmni við tegundagreiningar, og með hjálp hennar, leiðsögn og gamansemi náðu flestir auknu sjálfstrausti á því sviði.⁶



Gunnar og Svanhildur Svane, líklega um 2010. Mynd frá Jóni Olaf Svane.

Við Svanhildur skiptumst á fáeinum bréfum vorið 2008 í tengslum við samningu Sveppabókar minnar. Þar segir hún m.a.:

Sjálf hef ég unnið fyrir mér við að kenna grunnatriðin um sveppi, og í því skyni lesið um eðli og sérkenni sveppa, ásamt greiningum þeirra. Strax í lok náms kenndi ég við polytekniska háskólann í Kaupmannahöfn ræktun og greiningar á myglusveppum og lærði þar að rækta þá. Í Árósum kenndi ég grunnatriði og sérkenni sveppa, en út yfir það sem nauðsynlegt var að kunna til að kenna þessi grunnatriði, hef ég eingöngu unnið við skófir.⁷

Í bókinni birtist mynd af henni að leiðbeina við sveppagreiningu í Árósum, og tók hana Jens H. Petersen, samstarfsmaður hennar, haustið 2003. Í eftirmælum Mehlsen segir ennfremur:

Í byrjun sjötta áratugarins tók Svanhildur virkan þátt í að byggja upp tengslanet áhugamanna um sveppafræði á Árósasvæðinu, og var ómissandi lykilpersóna á mánu dagsfundum Sveppafræðifélagsins í húsakynnum háskólans. Hún samdi snemma nokkur drög að greiningarlyklum fyrir þessa fundi, og kom þannig af stað því mikla verki við sveppalykla sem enduðu í bókinni *Danske Storsvampe*. (Kaupmannahöfn 1990).⁶

Fléttusöfnun og rannsóknir

Eins og fyrr segir voru fléttur eða skófir (Lichenes) valgrein Svanhildar við meistaraþróf í Höfn og ávallt síðan var fléttusöfnun og -rannsóknir helsta áhugamál hennar. Þá hafði enginn Íslendingur lagt fyrir sig flétturannsóknir, en Daninn Christian Grønlund o.fl. höfðu kannað fléttuflóru landsins allt frá 1870 og ritað ýmislegt um hana. Lá því beint við að helga

sig þessu vanrækta sérsviði. Áður var getið ritgerðar hennar um mosabembur á Íslandi (1964), þar sem fléttur eru talsverður þáttur í gróðrinum.

Á Íslandi safnaði Svanhildur fléttum hvenær sem færi gafst á árunum 1949 til 1997, og munu íslensk fléttusýni í safni hennar vera um 2000 talsins. Auk þess safnaði hún fléttum í Færeyjum og Danmörku, svo og á ferðum þeirra Gunnars um Balkanskaga þegar hann var að rannsaka slavneskar mállyskur, og meira að segja á Grikklandi og Krít.⁵

Engin skrá hefur fundist um ritgerðir Svanhildar. Hörður Kristinsson hefur grennslast fyrir um þær hjá kollega sínum, Steen N. Christensen, við Botanisk Museum í Kaupmannahöfn. Fram kom að Steen og Svanhildur eru samhöfundar tveggja vísindagreina um fléttur á Krít (2007), og á meginlandi Grikklands (2009) í þýska tímaritinu Willdenowia. Byggjast þær að miklu leyti á söfnun hennar, en Steen mun hafa annast endanlegar nafngreiningar (sjá ritaskrá).

Á meginlandi Grikklands safnaði Svanhildur árin 1976, 1983 og 1991, og á Krít 1987 og 1993. Á Grikklandi voru skráðar 55 nýjar tegundir fyrir landið og 34 nýjar fyrir Krít. Auk þess er Svanhildur höfundur einnar smágreinar og meðhöfundur fimm stuttra greina um fléttuflóru Danmerkur í tímaritinu Graphis Scripta, með Vagni Alstrup, Ulrik Søchting, Steen N. Christensen o.fl., og byggjast þær að líkindum mest á söfnun hennar. Ekki hefur fundist grein með hennar nafni um fléttur í Færeyjum.

Árið 1997 hélt Félag norrænna fléttufræðinga (Nordic Lichen Society) tólfu samkomu sína á Eiðum, dagana 7.–13. ágúst. Þátttakendur voru 21, frá Norðurlöndum og Rússlandi, og þar á meðal var Svanhildur, þá orðin 72 ára. Fyrir fundinn endurbætti Hörður Kristinsson fléttuskrá sína. Svanhildur sendi nokkrar athugasemdir við hana í bréfi 19. apríl 1997, og segir þar meðal annars:

Fyrir utan þetta hef ég talsvert, sem ég þarf að fara í gegnum. Mest eru það gamlar greiningar, sem ég ekki treysti, og svo sterilar tegundir á berki, sem ég hef safnað til að eiga við í ellinni. Ég ætla að reyna að koma svo miklu lagi á íslenska safnið fyrir sumarið, að ég geti haft skrá yfir það handa þér, svo þú vitir hvað hér er að hafa.

Þátttakendur fóru 15 söfnunar- og rannsóknarferðir um Austurland og að Mývatni. Skráðar voru 320 fléttutegundir, um helmingur þekktra tegunda Íslands. Þar af voru 55 nýjar fyrir landið, og auk þess 5 nýjar tegundir fléttusveppa.⁸

Árið 2001 fékk Hörður tíu eintök af kvíslinni *Buellia* að láni úr fléttusafni Svanhildar við Háskólann í Árósum. Af því tilfelli sagði Svanhildur í bréfi til Harðar, dags. 24. febr. 2001:

Já, eg dreg ennþá andann, en mér verður lítið úr verki. Eg er þó ekki alveg hætt. Síðan síðast hef eg lokið við að koma fyrir í safninu gömlum eintökum, sem eg gegnum árin hef safnað og ekki getað sinnt fyrr. Nú er að minnsta kosti hægt að ganga að þeim. Eg hef vonda samvisku af að hafa ekki kastað mér yfir íslensku skófirnar strax, en nú er eg að nálgast það efni. Eg varð að hafa þessa röð á, meðan augun gátu séð litlar svartar skorpur. Næst á prógramminu er að finna koordinata [staðarhnit] fyrir íslensku fundarstaðina. Það er talsverð vinna og leiðinleg, en með góð kort er það hægt, þar sem eg hef merkt staðina inn á kortið.

Eftir að Svanhildur hætti störfum við Árósháskóla upp úr aldamótum var fléttusafn hennar afhent Grasafræðisafni (Botanisk Museum) Háskólans í Kaupmannahöfn, og þar hafa ýmsir fléttufræðingar fengið aðgang að því til frekari rannsóknna.

Þakkir

Ég þakka Herði Kristinssyni, félagamínnum til margra ára, fyrir ómetanlega aðstoð við samningu þessarar greinar, og Jóni Olaf Svane fyrir yfirlestur og öflun mynda.

Heimildir

1. Jón Benedikt Guðlaugsson. Drög að ævisögu Jóns Þórarínssonar. Handrit, varðveitt hjá höfundu. 18–19.
2. Helgi Hallgrímsson 1992. Undir Hrafnsgærðisbjargi. Ársrit Skógræktarfélag Íslands. 91–96.
3. Sigurður Pétursson 1957. Náttúrufræðingar ljúka prófi. Náttúrufræðingurinn 27(1). 40–41.
4. Svanhildur Jónsdóttir Svane 1964. Um mosapembugróður. Náttúrufræðingurinn 33(3–4). 233–263.
5. Jón Ólafur Sigurðsson 2016. Svanhildur Jónsdóttir Svane. [Minningargrein.] Morgunblaðið 26. mars. 34.
6. Anne Kristine Mehlsen 2016. Nekrolog: Svanhildur Jónsdóttir Svane. Institut for Bioscience, Háskólinn í Árósum. Þýðandi Helgi Hallgrímsson.
7. Svanhildur Jónsdóttir Svane 2008. Bréf til höfundar dags. 8. júní.
8. Hörður Kristinsson 1999. The 12th meeting of the Nordic Lichen Society in Eidaar, Iceland 1997. *Graphis Scripta* 11. 13–21.
9. Svanhildur Jónsdóttir Svane & Alstrup, V. 2004. Some lichenicolous fungi from Iceland. *Acta botanica islandica* 14. 53–58.
10. Hörður Kristinsson, Starri Heiðmarsson & Hansen, E.S. 2014. Lichenes from Iceland in the Collection of Svanhildur Svane. *Botanica Lithuanica* 20(1). 14–18.
11. Christensen, S.N. Tölvubréf til Harðar Kristinssonar 22. maí 2016.

Árið 2004 birtist í tímaritinu *Acta botanica islandica* grein eftir Svanhildi og Vagn Alstrup á Botanisk Museum um sveppi á fléttum. Þar er getið 39 tegunda smásveppa sem lifa á fléttum, og voru 18 tegundir nýjar fyrir landið.⁹

Vorið 2008 dvaldist Hörður Kristinsson tvær vikur í Kaupmannahöfn við að kanna þann hluta fléttusafnsins sem safnað var á Íslandi, og fékk nokkur eintök að láni til frekari rannsóknar. Birtust niðurstöður í grein eftir Hörð, Starra Heiðmarsson og Eric Steen Hansen í tímaritinu *Botanica Lithuanica* 2014.¹⁰ Þar er greint frá 11 nýjum tegundum fyrir landið. Þar á meðal er ein geitaskófartegund, *Umbilicaria nylanderina*, sem safnað var á klettum í Hrafnsgærði en hefur ekki fundist annars staðar hér á landi svo vitað sé.

Svanhildur var að námi loknu önnum kafin við heimilisstörf og kennslu. Sitthvað bendir til að hún hafi notið sín betur við að safna og fræða en við smásmugulegar tegundargreiningar, sem líka eru tímafrekar. Hörður segir hana oft hafa verið í vafa með greiningar, en að auki hafi mörg sýni hennar verið lítil og torvelt að greina þau. Þá telur Steen Christensen að hún hafi verið með vott af sjónskekkju sem hafi getað háð henni við greiningar.¹¹

Um 1970 hafði Hörður Kristinsson tekið forystu sem fléttufræðingur landsins. Þá kom einnig til sögunnar ný tækni við fléttugreiningar. Hún byggðist á rannsókn á efnagerð þeirra, svonefndum fléttusýrum, en til þess þurfti nýjan lærdóm og útbúnað sem Svanhildi var líklega ekki tiltækur. Dugnaður hennar við fléttusöfnun er hins vegar aðdáunarverður.

Greinin var samín í maí 2016 og endurrituð í júní 2020.

Helgi Hallgrímsson

Ritaskrá Svanhildar

- Svanhildur Jónsdóttir Svane 1964. Um mosapembugróður. *Náttúrufræðingurinn* 33(3–4). 233–263.
- Svanhildur Jónsdóttir Svane 1989. Lichenological notes from Denmark. *Graphis Scripta* 2(3). 114.
- Alstrup V., Svanhildur Jónsdóttir Svane & Søchting, U. 1988. Notes on the lichen flora of Denmark II. *Graphis Scripta* 2(2). 72–77.
- Alstrup, V., Christensen, S.N., Skytte-Christiansen, M., Jacobsen, P., Poulsen, R., Søchting, U. & Svanhildur Jónsdóttir Svane 1990. Notes on the lichen flora of Denmark IV. *Graphis Scripta* 3(4). 1–11.
- Alstrup, V., Christensen, S.N., Nissen, M., Svanhildur Jónsdóttir Svane & Søchting, U. 1992. Notes on the lichen flora of Denmark V. *Graphis Scripta* 3(4). 127–131.
- Christensen, S.N., Alstrup, V. & SJS 1995. Floristic news from SW Denmark. *Graphis Scripta* 7(2). 87–89.
- Alstrup, V. & Svanhildur Jónsdóttir Svane 1998. Interesting lichens and lichenicolous fungi from Northeast Jutland, Denmark. *Graphis Scripta* 9(1). 23–25.
- Svanhildur Jónsdóttir Svane & Alstrup, V. 2004. Some lichenicolous fungi from Iceland. *Acta botanica islandica* 14. 53–58.
- Christensen, S.N. & Svanhildur Jónsdóttir Svane 2007. Contributions to the knowledge of the lichen flora of Crete (Kriti), Greece. *Willdenowia* 37. 587–593.
- Christensen, S.N. & SJS 2009. New and noteworthy records of lichenised and lichenicolous fungi for mainland Greece. *Willdenowia* 39. 187–198.

Hið íslenska
náttúrufræðifélag
Stofnað 1889

The Icelandic
Natural History
Society

Suðurlandsbraut 24, 108 Reykjavík, Iceland — www.hin.is / hin@hin.is

STJÓRN FÉLAGSINS 2021–2022 / BOARD MEMBERS 2021–2022

stjorn@hin.is

Ester Rut Unnsteinsdóttir
formadur@hin.is

formaður / Chairman
Náttúrufræðistofnun Íslands / The Icelandic Institute of Natural History, Garðabær

Hrefna Sigurjónsdóttir

varaformaður / Vice-chairman
Háskóli Íslands / University of Iceland, Reykjavík

Snæbjörn Guðmundsson
gjaldkeri@hin.is

gjaldkeri / Treasurer
Náttúruminjasafn Íslands / Icelandic Museum of Natural History, Reykjavík

Gróa Valgerður Ingimundardóttir
ritari@hin.is

ritari og vefstjóri / Secretary
Lundarháskóli, Sviþjóð / Lund University, Sweden

Anna Heiða Ólafsdóttir
felagsvordur@hin.is

félagsvörður / Board member
Hafrannsóknastofnun / Marine and Freshwater Research Institute, Reykjavík

Helena Óladóttir
kynning@hin.is

fræðslustjóri / Board member
Háskóli Íslands / University of Iceland, Reykjavík

Guðmundur Björnsson

kynningarstjóri / Board member
Háskóli Íslands / University of Iceland, Reykjavík

Tilgangur félagsins er að efla íslensk náttúruvísindi, glæða áhuga og auka þekkingu manna á öllu er snertir náttúrufræði. Innganga í félagið er öllum heimil.

Einstaklingsárgjald er 5.800 kr. Í því er fólgin áskrift að Náttúrufræðingnum. Hjónaárgjald er 6.500 kr. og nemendagjald 4.000 kr. Annual dues, which include the subscription of the society's journal, are 5.800 ISK.

Yfir vetrarmánuðina stendur félagið fyrir fræðslu- og umræðufundum og verða þeir og aðrir viðburðir, svo sem stuttar gönguferðir og annað sem tengist náttúrunni, auglýstir á heimasíðunni.

Náttúruminjasafn Íslands

Náttúruminjasafn Íslands er eign íslenska ríkisins, höfuðsafn á sviði náttúrufræða og heyrir undir mennta- og menningarmálaráðuneytið. Hlutverk Náttúruminjasafns Íslands eru skilgreind í Náttúruminjasafnslögum nr. 35/2007 og Safnalögum nr. 141/2011. Náttúruminjasafnið er fræðslu- og vísindastofnun, ætlað að gegna miðlægu hlutverki við miðlun þekkingar og upplýsinga um náttúrufræðileg efni og vera ráðgefandi gagnvart öðrum söfnum landsins sem sýsla með náttúruna. Stofnunin byggir starfsemi sína á rannsóknum og gagnaöflun á eigin vegum og í samstarfi við aðra, og á miðlun þekkingar og upplýsinga með staf- og rafrænni útgáfu, ráðgjöf, fyrirlestur og sýningahaldi.

Forstöðumaður Náttúruminjasafns Íslands er dr. Hilmar J. Malmquist.
hilmar.j.malmquist@nmsi.is

The Icelandic Museum of Natural History

The Icelandic Museum of Natural History is the property of the Icelandic state, a public institution appertaining to the Ministry of Education, Science and Culture. The primary roles of the museum are to shed light on Icelandic nature, natural history, use of natural resources and nature conservation, and thereby promote conservation of natural heritage in Iceland and sustainable use of nature. The museum implements its functions by exhibitons, publication and research.

Dr. Hilmar J. Malmquist is director of the Icelandic Museum of Natural History. hilmar.j.malmquist@nmsi.is

Suðurlandsbraut 24, 108 Reykjavík, Iceland — www.nmsi.is / nmsi@nmsi.is

ISSN 0028-0550



9 770028 055009