

Vetrararbeit hreindýra

Niðurstöður fimm ára vöktunar á fléttupekju og tegundasamsetningu





Vetrararbeit hreindýra

Niðurstöður fimm ára vöktunar á fléttuþekju og tegundasamsetningu

Höfundar
Guðrún Óskarsdóttir og Kristín Ágústsdóttir

Dagsetning
Desember 2025

Lykilsíða

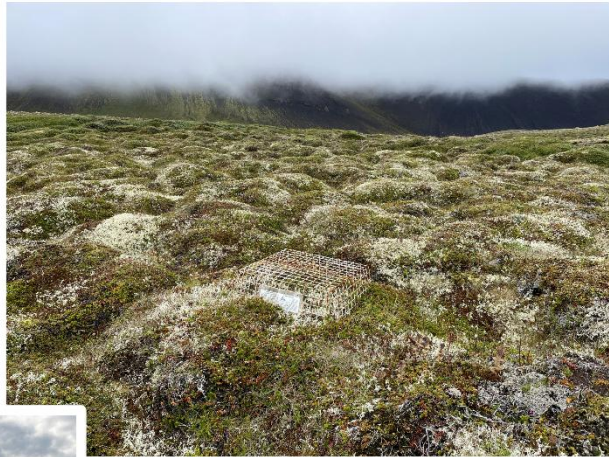
Skýrsla LV nr.	LV-2025-079	Dagsetning	Desember 2025
Fjöldi síðna	27 s.	Upplag	1
Dreifing	<input checked="" type="checkbox"/> Birt á vef LV	<input checked="" type="checkbox"/> Opin innan LV	<input type="checkbox"/> Takmörkuð til [dags.]
Titill	Vetrarþeir hreindýra. Niðurstöður fimm ára vöktunar á fléttupekju og tegundasamsetningu.		
Höfundar/fyrirtæki	Guðrún Óskarsdóttir og Kristín Ágústsdóttir / Náttúrustofa Austurlands		
Verkefnisstjóri	Ásrún Elmarsdóttir		
Unnið fyrir	Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar	—		
Útdráttur	Rannsóknir á vetrarþeirsvæðum hreindýra á Norðausturlandi hófust árið 2018 í kjölfar breytinga á dreifingu hreindýra frá Snæfellsöræfum. Meginmarkmiðið var að kanna möguleg áhrif vetrarþeir hreindýra á gróður og möguleg áhrif gróðurs á dreifingu hreindýra. Mælingar í rannsóknareitum voru endurteknaðar árið 2023. Niðurstöðurnar benda til aukins þeirarlags á nokkrum svæðum sem tengist breytingum á dreifingu hreindýranna.		
Lykilorð	Hreindýr, gróður, vöktun, Fljótsdalssvæði, Kárahnjúkar.		

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Ásrún Elmars

Vetrararbeit hreindýra

Niðurstöður fimm ára vöktunar á fléttupekju og tegundasamsetningu



Guðrún Óskarsdóttir og
Kristín Ágústsdóttir



Unnið fyrir Landsvirkjun



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-250282

Dags: Desember 2025

Dreifing: Opin

Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):

Vetrarþeir hreindýra. Niðurstöður fimm ára vöktunar á fléttuþekju og tegundasamsetningu

Síðufjöldi: 27 með viðaukum

Upplag: aðgengileg á www.na.is

Höfundar: Guðrún Óskarsdóttir og Kristín Ágústsdóttir

Fjöldi viðauka: 1

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Vilt hreindýr eru skilgreind sem lykiltægund í arktískum vistkerfum en eiga víða undir högg að sækja vegna uppbrots og eyðingu búsvæða og eru á heimsválista spendýra. Á Íslandi eru þau eingöngu á Austurlandi og gegna mikilvægu hlutverki í mynd svæðisins sem hefur mótast frá því dýrin voru flutt inn frá Noregi í lok 18. aldar. Skapast hefur menning í kringum dýrin sem snýr að veiðum, náttúruvernd og ferðaþjónustu.

Það sem af er 21. öldinni hefur dreifing hreindýra breyst. Þau finnast nú í minna mæli á Snæfellsöræfum og hefur færslu til norðurs orðið vart, m.a. út fyrir áður skilgreint útbreiðslusvæði. Þessi tilfærsla varð á sama tíma og stofninn stækkaði og miklar framkvæmdir hófust á Snæfellsöræfum vegna byggingar Kárahnjúkavirkjunar. Háslón var myndað á vel þekktum burðarsvæðum dýranna og orsakaði breytingu á dreifingu dýranna á burðartíma. Jafnframt ollu framkvæmdir auknu aðgengi að áður ósnortnum svæðum fyrir veiðimenn, ferðamenn og útivistarfólk. Einnig hefur minnkandi fléttuþekja á Fljótsdalsheiði gefið vísbendingar um aukið beitarálag vegna hreindýra þar að vetri. Aðgangur að fæðu yfir vetrartímann er gjarnan álitinn einn af helstu takmarkandi þáttum við vöxt hreindýrastofna. Fléttur eru víða stór hluti af vetrarfæðu þeirra og rýrnun vetrarþeirarhaga er víða vandamál vegna óhóflegs beitarálags.

Vegna ofantaldra breytinga var ákveðið að hefja rannsókn á áhrifum hreindýrabeitar á nýnumdum og flétturíkum svæðum, áður en áhrifa af hreindýrabeit færi að gæta þar. Meginmarkmið verkefnisins var að kanna möguleg áhrif vetrarþeirar hreindýra á gróður til að geta stuðlað að sjálfbærri nýtingu stofnsins. Er þess vænst að rannsóknirnar, samhliða öðrum rannsóknum, auki skilning á færslu dýra á milli svæða. Verkefnið hófst árið 2018 þegar 22 vöktunareitir voru settir út á sex svæðum, sem voru dreifð frá Fljótsdalsheiði í suðri til Þistilfjarðar í norðri. Hver reitur samanstóð af fimm 0,5 m x 0,5 m smáreitum og af þeim var einn hulin með körfu til að útiloka hreindýrabeit. Þekja allra fléttutegunda innan smáreita var skráð. Árið 2023 voru mælingar endurteknar í öllum reitum og niðurstöður bornar saman við grunnrannsóknir, auk þess sem niðurstöður voru settar í samhengi við upplýsingar um vetrarþeirarhaga hreindýra, sem fengist hafa með hreindýrum sem ganga með GPS tæki. Útreikningar á heimasvæðum hreindýra að vetri byggðu á staðsetningum 24 kúa sem gengu á veiðisvæðum 1 og 2 fyrir og eftir upphaf vöktunar.

Algengustu fléttutegundirnar voru fjallagrös og hreindýrakraókar, en breyskjufléttur, broddskilma og ormagrös komu einnig oft fyrir þó þekja þeirra hafi sjaldnast verið mikil í hverjum reit. Marktækur munur var á breytingu í heildarþekju flétta milli árana 2018 og 2023 milli svæða og eftir því hvort reitir voru varðir fyrir beit eða ekki. Niðurstöður gáfu vísbendingar um aukið beitarálag að vetri til á svæðum í nágrenni Vopnafjarðar, í takt við breytingu á heimasvæðum kúa sem gengið hafa með GPS tæki. Nánari skoðun mælinga á gróðurstuðli (NDVI) á vettvangi frá 2018 gáfu í skyn mögulegt samband hans við þekju flétta sem er í takt við erlendar rannsóknir.

Þrátt fyrir marktækan mun á breytingum á þeim fimm árum sem liðu milli úttekta teljum við að nægjanlegt sé að fara í endurmælingar á 10 ára fresti. Reitirnir sem hafa verið lagðir eru nú þegar orðnir dýrmætir fyrir rannsóknir til lengri tíma. Æskilegt væri að fjölga reitum frekar á svæðum þar sem viðvera dýra hefur aukist en eru ekki vöktuð og að einhverju leyti mætti mögulega samþætta gróðurrannsóknareiti annarra stofnanna, eins og til dæmis Gróðindarverkefni Lands og skóga og gróðurvöktun Náttúrufræðistofnunar til að fá fyllri mynd. Einnig er mikilvægt að þróa aðferðir hér á landi til að nýta fjarkönnun til þess að meta útbreiðslu og mögulega lífmassa flétta á stærra svæði, líkt og gert hefur verið í Noregi.

Lykilorð: Fléttur, GPS hreinkýr, hreindýr, ríkjandi æðplöntur, vetrarþeir hreindýra, vöktun, gróðurstuðull

ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)

ISBN nr: 978-9935-543-32-5 (rafræn útgáfa)

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
1 Inngangur.....	5
2 Aðferðir.....	6
2.1 Uppsetning vöktunar.....	6
2.2 Vettvangsvinna.....	8
2.3 Staðsetningar hreinkúa með GPS senditæki.....	8
2.4 Úrvinnsla gagna.....	8
2.4.1 Gögn úr vettvangsvinnu.....	8
2.4.2 Staðsetningar hreindýra.....	9
2.4.3 Samanburður hreindýrastaðsetninga og fléttuþekju.....	10
3 Niðurstöður og umræður.....	10
3.1 Fléttuþekja í vöktunarreitum 2018 og 2023.....	10
3.2 Hagaganga hreindýra að vetri og fléttuþekja.....	13
3.3 Gróðurstuðull og fléttuþekja 2018.....	14
4 Samantekt og ályktanir.....	15
4.1 Breytingar á fléttuþekju milli athuganna.....	15
4.2 Vetrarvinnuhagur hreindýra á Austurlandi.....	16
4.3 Möguleikar á notkun fjarkönnunar við vöktun flétta.....	17
4.4 Framhald vöktunar.....	17
Heimildir.....	18
Viðauki I – Almenn lýsing á vöktunarsvæðum.....	22

Myndaskrá

1. mynd. Staðsetningar rannsóknarsvæða, ásamt mörkum veiðisvæða (a), uppsetning rannsóknarreits, með beitarvörðum smáreit fyrir miðju og fjórum óvörðum smáreitum (b) og ljósmynd af opnum (óvörðum) smáreit (c) og beitarvörðum smáreit (d). Bakgrunnskort inniheldur gögn úr IS 50V gagnagrunni Landmælinga Íslands ásamt hæðarlíkani (2020a–c). Kort var unnið í QGIS (QGIS Development Team, 2023)..... 7
2. mynd. Meðaltal heildarþekju allra fléttutegunda á hverju svæði árin 2018 og 2023, í beitarvörðum og opnum smáreitum, ásamt staðalskekkju (a) og fiðlugraf þar sem öll svæði eru sameinuð (b). Skali á y-ás er mismunandi milli grafa..... 11
3. mynd. Breyting í heildarþekju flétta milli 2018 og 2023 í hverjum reit. Fyrir opna smáreiti er meðalbreyting sýnd ásamt staðalskekkju, en fyrir beitarvarða smáreiti er aðeins um eitt gildi að ræða. Engin breyting varð í beitarvörðum smáreitum í reitum nr. 7 og 21..... 11
4. mynd. Þekja hverrar fléttutegundar/-tegundahóps í hvorri beitar meðferð árin 2018 og 2023. Fyrir opna smáreiti er meðalþekja í hverjum reit sýnd ásamt staðalskekkju, en fyrir beitarvarða smáreiti er aðeins um eitt gildi að ræða. Í skýringum er tegundum raðað eftir minnkandi mestu þekju..... 12
5. mynd. Meðalfjöldi fléttutegunda í smáreitum á hverju svæði árin 2018 og 2023, ásamt staðalskekkju (a) og fiðlugraf þar sem svæði eru sameinuð (b). Fyrir útreikning meðalfjölda tegunda var þúfubíkar sameinaður með öðrum bikarfléttum, auk þess sem melakræða og mundagrös voru sameinuð með öðrum kræðum/grösum (sjá töflu V2 í Viðauka I). Skali á y-ás er mismunandi milli grafa..... 12
6. mynd. Staðsetning vetrarvannsóknarreita og kjarnasvæði (50%) og jaðarsvæði (95%) allra merktra kúna fyrir september 2018 (t.v) og eftir september 2018 (t.h.). Einnig er sýnt hvar og hvenær kýr sem falla undir hvort tímabilið fyrir sig voru merktar. Bakgrunnskort inniheldur gögn úr IS 50V gagnagrunni fyrrum Landmælinga Íslands ásamt hæðarlíkani (2020a–c). Kort var unnið í QGIS (QGIS Development Team, 2023)..... 13
7. mynd. Breyting í heildarþekju flétta milli 2018 og 2023 í beitarvörðum og opnum smáreitum árin 2018 og 2023, skipt í fernt eftir því hvort reitur hafi verið innan kjarnasvæðis 2018 og utan þess 2023 (t.v.), utan kjarnasvæðis 2018 og innan þess 2023 (t.h.) eða engin breyting orðið m.t.t. staðsetningar utan (miðja t.v.) og innan kjarnasvæðis (miðja t.h.). Beitar meðferðir eru sýndar með mismunandi táknum og svæði í mismunandi litum..... 14
8. mynd. Heildarþekja flétta og gróðurstuðull smáreita árið 2018. Fléttur voru metnar brúnar eða hvítar ef >70% af heildarþekju þeirra í viðkomandi smáreit var í þeim lit. Þekja ógróins yfirborðs í nokkrum þekjuflokkum er sýnd með mismunandi táknum. Svört lína sýnir samband fléttuþekju og gróðurstuðuls samkvæmt beta-líkani og skyggt svæði 95% öryggisbil, reiknað eingöngu fyrir smáreiti þar sem þekja ógróins yfirborðs var <10%..... 15

1 Inngangur

Villt hreindýr eru með stærstu spendýrum norðurheimskautsins og eru skilgreind sem lykiltegund í arktískum vistkerfum (Falldorf o.fl., 2014). Þau eiga víða undir högg að sækja vegna uppbrots og eyðingar búsvæða (Tømmervik o.fl., 2012) og hreindýr eru á heimsválista spendýra (Gunn, 2016). Aðgangur að fæðu yfir vetrartímann er einn af helstu takmarkandi þáttum fyrir lifun dýra og vöxt stofna (Heggberget o.fl., 2002). Ólíkt flestum öðrum beitar-dýrum geta hreindýr nýtt sér fléttur til fæðu, fyrir tilstuðlan sérstakra örvera í meltingarveginum sem hjálpa til við niðurbrot þeirra (Sundset o.fl., 2004). Fléttutegundir eru þó misauðmeltanlegar, fjallagrös, maríugrös og hreindýrakrókar eru meðal flétta sem hreindýr eiga auðvelt með að melta, á meðan breyskjutegundir eru tormeltari (Storeheier o.fl., 2002a). Fléttur eru víða stór hluti af vetrarfæðu hreindýra, sem þau treysta á þegar gróður er að mestu í dvala (Tømmervik o.fl., 2014). Rýrnun vetrarvæðinga er víða vandamál vegna óhóflegs beitarálags í bland við ýmsar athafnir mannfólks sem geta haft bæði bein áhrif á gæði beitarlands, s.s. framkvæmdir hvers konar, eða óbein áhrif t.d. vegna loftslagsbreytinga (Bjerke, 2011; Kjörstad o.fl., 2017; Tømmervik o.fl., 2012). Þar sem hreindýrabúskapur eða einhvers konar stýring á hreindýrastofnum er stunduð veitir vöktun á fléttum því mikilvægar upplýsingar fyrir viðgang stofnsins (Falldorf o.fl., 2014; Tømmervik o.fl., 2014).

Á Íslandi eru hreindýr eingöngu á Austurlandi og gegna mikilvægu hlutverki í ímynd svæðisins sem hefur mótast frá því dýrin voru flutt inn frá Noregi í lok 18. aldar (Skarphéðinn G. Þórisson, 2018). Skapast hefur menning í kringum dýrin sem snýr að veiðum, náttúruvernd og ferðaþjónustu. Hreindýr á Snæfellsöræfum hafa verið talin að sumarlagi í yfir 50 ár og var það lengi vel skilgreint kjarnasvæði í útbreiðslu hreindýra. Það sem af er 21. öldinni hefur dreifing hreindýra breyst og hafa hreindýrin minna sést á Snæfellsöræfum í sumartalningum á sama tíma og færslu til norðurs hefur orðið vart, m.a. út fyrir áður skilgreint útbreiðslu-svæði (Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014; Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarinsdóttir, 2015). Þessi tilfærsla varð á sama tíma og dýrunum fjölgaði á svæðinu og miklar framkvæmdir hófust á Snæfellsöræfum vegna byggingar Kárahnjúkavirkjunar (Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014). Þá var Háslón myndað í hjarta best þekktu burðarsvæðis hreindýra á Snæfellsöræfum sem olli breytingu á dreifingu dýranna á burðar-tíma (Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021). Loks má nefna að nýir vegir víðs vegar um svæðið sam-fara framkvæmdum við virkjun hafa auðveldað aðgengi veiðimanna og ferðamanna að áður ósnortnum svæðum. Einnig gaf minnkandi fléttuþekja í reitum á Fljótsdalsheiði milli 2008 og 2016 vísbendingar um aukið beitarálag vegna hreindýra þar að vetri og þar með mögulega færslu dýra frá Vesturöræfum á Fljótsdalsheiði á tímabilinu (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2024).

Vegna þessara breytinga, annars vegar á færslu dýra sífelld norðar á nýjar lendur og hins vegar vegna vísbendinga um mögulegt aukið beitarálag að vetri á Fljótsdalsheiði var ákveðið að hefja rannsókn á áhrifum hreindýrabeitar á nýnum dómum og flétturíkum svæðum, áður en áhrifa af hreindýrabeit færi að gæta. Meginmarkmið verkefnisins var að kanna möguleg áhrif vetrarvæðinga hreindýra á gróður og möguleg áhrif gróðurs á dreifingu hreindýra til að geta stuðlað að sjálfbærri nýtingu stofnsins. Er þess vænst að rannsóknirnar samhliða öðrum rannsóknum auki skilning á færslu dýra á milli svæða. Verkefnið hófst árið 2018 þegar 22 vöktunarreitir voru settir út á sex svæðum, sem voru dreifð frá Fljótsdalsheiði í suðri til Þistil-fjarðar í norðri (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019). Vöktuninni var komið af stað í samstarfi við norsku Náttúrufræðistofnunina, Norsk institutt for naturforskning (NINA), en vetrarvæðing-hagar hreindýra hafa verið vaktaðir í Noregi síðan fyrir aldamót, undir þeirra stjórn (Tømmervik o.fl., 2014).

Í Noregi hefur um tíma verið unnið að því að nota fjarkönnun sem mest við vöktun vetrar-
beitarhaga (Erlandsson o.fl., 2022; 2023; Falldorf o.fl., 2014). Til þess er aðallega notast við
NDVI gróðurstuðul (e. Normalized Difference Vegetation Index). Stuðullinn er mælikvarði á
blaðgrænu og þar með grósku gróðurs, með gildum frá -1 til +1 þar sem neikvæð gildi tákna
engan gróður (t.d. vatn og jökull) á meðan hækkandi jákvæð gildi tákna meiri grósku (Myneni
o.fl., 1995). Gildi frá 0,3–0,8 eru algeng fyrir gróið land á Íslandi yfir hásumar (Raynolds o.fl.,
2015). Á meðan samband milli gróðurstuðuls og æðplöntugróðurs er jákvætt er sambandið
sem fundist hefur við þekju flétta í vetrarbeitarhögum hreindýra neikvætt, enda jafnan lítið
um æðplöntugróður á svæðum þar sem fléttur eru ríkjandi (Erlandsson o.fl., 2023).

Auk gróðurstuðuls getur fjarkönnun, með notkun GPS senditækja á hreindýrum, nýst við
beitarrannsóknir með því veita mikilvægar upplýsingar um hvar dýrin halda sig hverju sinni.
Tækin hafa eingöngu verið sett á hreinkýr, m.a. vegna þess að þær halda sig að mestu leyti í
hópum á meðan tarfarnir eru oftast einir eða fáir saman á ferð og því gefa kýr upplýsingar um
ferðir stærri hópa dýra en tarfar (Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014). GPS
senditæki voru fyrst sett á hreinkýr á Íslandi á tímabilinu 2009–2011 (Skarphéðinn G. Þóris-
son og Kristín Ágústsdóttir, 2014; Skarphéðinn G. Þórisson, 2018). Eftir það leið nokkur tími
þar til merkingar hófust að nýju en frá árinu 2018 hafa um 50 kýr verið merktar og sumar
þeirra endurmerktar (Náttúrustofa Austurlands, óbirt gögn; Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021;
Skarphéðinn G. Þórisson o.fl., 2021; 2022; Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarinsdóttir,
2020; 2022). Mismunandi er hversu lengi hver kýr gekk með senditæki, allt frá um mánuði
upp í tæplega tvö ár. Senditækin (Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014),
aðrar rannsóknir (Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021) og reynsla á veiðitíma hafa sýnt að a.m.k. frá
2010 hafi dýrin verið að færa sig norður eftir Austurlandi, sem varð til þess að mörk veiði-
svæðis 1 til norðurs voru færð norðar en verið hafði frá upphafi (Skarphéðinn G. Þórisson og
Rán Þórarinsdóttir, 2015).

Þó möguleikar fjarkönnunar, bæði með mælingum á gróðurstuðli og með GPS senditækjum,
fyrir vöktun vetrarbeitarhaga hreindýra séu skoðaðir í þessu verkefni, var megináherslan hér
sem áður lögð á niðurstöður flétturannsókna í föstum vöktunarreitum rannsóknarinnar.
Sumarið 2023 voru mælingar endurtekna í öllum vöktunarreitum, fimm árum eftir að þeir
voru settir út. Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum þeirra mælinga og þær bornar saman við
niðurstöður grunnrannsókna. Leitast var við að sjá hvort breytingar hafi orðið í þekju og
tegundasamsetningu flétta það sem af er vöktunartímanum og hvort þær gefi vísbendingar
um nýtingu hreindýra á fléttuhögum Austurlands, í sambandi við breytingar á hagagöngu
þeirra sl. ár.

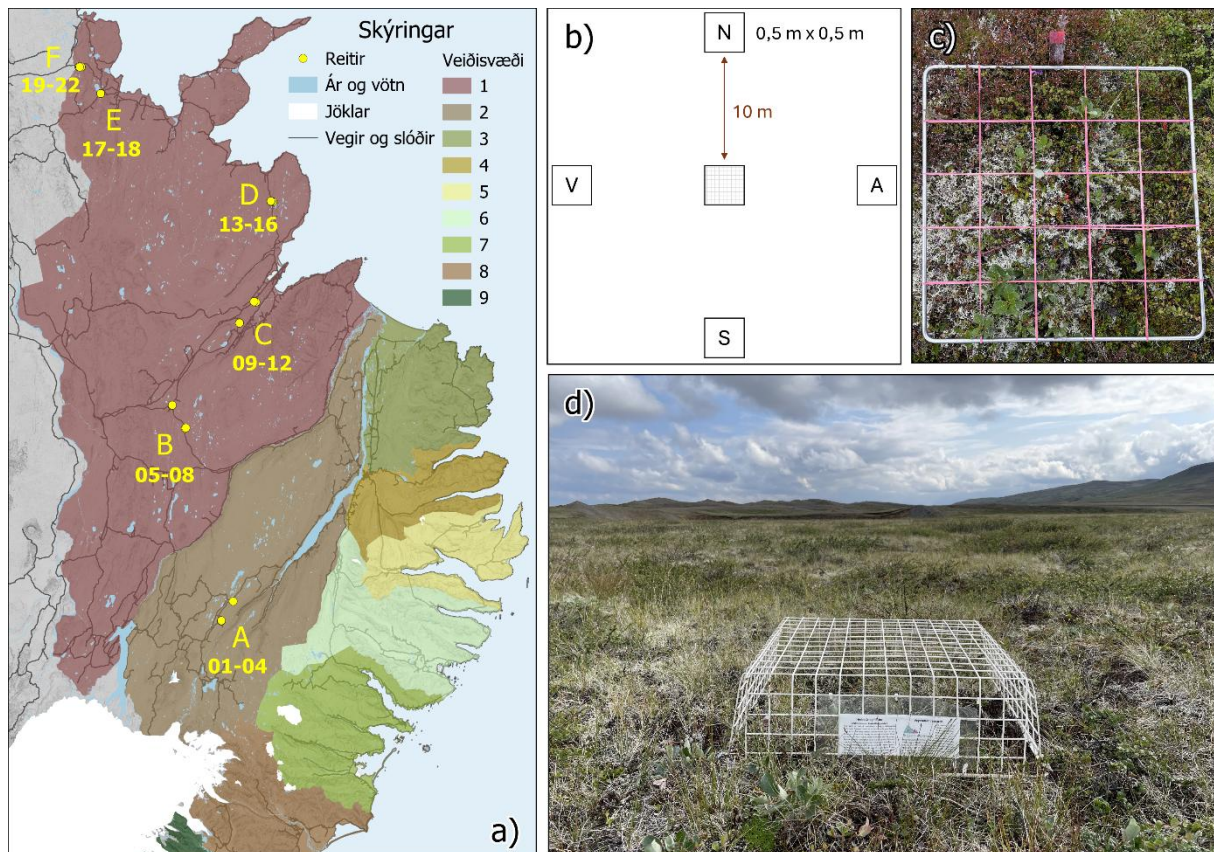
2 Aðferðir

2.1 Uppsetning vöktunar

Við upphaf vöktunar haustið 2018 voru 22 reitir settir niður á sex svæðum frá Fljótsdalsheiði
í suðri til Pistilfjarðar í norðri, merkt með bókstöfum frá A til F (1. mynd a). Á Fljótsdalsheiði
(svæði A) og Jökuldalsheiði (svæði B) hafa hreindýr lengi haldið til árið um kring, en eftir
aldamót og sérstaklega sl. 15 ár hefur dreifing dýra í auknum mæli færst frá Snæfellsöræfum,
m.a. til norðurs (Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021; Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarins-
dóttir, 2015). Við upphaf vöktunar voru dýrin m.a. farin að nýta svæði á Hofshálsi í Vopna-
firði (svæði C) og á Sandvíkurheiði (svæði D) í meira mæli en áður og voru reitir settir niður
m.t.t. til þess í þeirri von að ná að fanga mögulegar breytingar á gróðri með tilkomu hrein-

dýra á þessum svæðum. Þegar reitirnir voru settir upp árið 2018 höfðu dýr sjaldan sést í Þistilfirði (svæði E og F) en m.v. breytingu á dreifingu dýra var talið líklegt að þau myndu nýta svæði þar meira á komandi árum (Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021). Þannig var leitast við láta vöktunina ná yfir sem mestan svæðisbreytileika hvað varðaði hagagöngu hreindýra fram að upphafi hennar auk mögulegra framtíðarhaga. Við val svæða var tekið tillit til landslags og gróðurfars, þannig að fléttur væru bæði áberandi í sverði og sem aðgengilegastar hreindýrum að vetrum, þ.e. staðsett þar sem snjór er ólíklegur til að safnast fyrir í sköflum.

Á hverju svæði voru settir niður fjórir reitir, nema á svæði E þar sem eingöngu voru settir niður tveir reitir (1. mynd a). Hver reitur samanstóð af fimm 0,5 m x 0,5 m smáreitum og af þeim var einn hulin með körfu til að útiloka hreindýrabeit (1. mynd b–d). Hinir fjórir voru jafnan lagðir út í 10 m fjarlægð frá körfunni, hver í eina af höfuðáttunum. Þeir reitir voru merktir með tréhælum en voru óvarðir fyrir beit (1. mynd c). Undantekning á þessu var í reitum 3 og 4 á Fljótalsheiði sem voru staðsettir innan eins af gróðurvöktunarreitum Náttúrustofunnar (Gerður Guðmundsdóttir, 2009). Sá reitur var lagður út árið 2008 og var 10 x 10 m að stærð, með tíu 0,5 x 0,5 m smáreitum sem settir voru út skv. tilviljanatölum í upphafi þeirrar vöktunar. Tveir þeirra smáreita voru beitarvarðir með körfum haustið 2018 en hinir átta voru óvarðir, líkt og þeir höfðu áður verið.



1. mynd. Staðsetningar rannsóknarsvæða, ásamt mörkum veiðisvæða (a), uppsetning rannsóknarreits, með beitarvörðum smáreit fyrir miðju og fjórum óvörðum smáreitum (b) og ljósmynd af opnum (óvörðum) smáreit (c) og beitarvörðum smáreit (d). Bakgrunnskort inniheldur gögn úr IS 50V gagnagrunni Landmælinga Íslands ásamt hæðarlíkani (2020a–c). Kort var unnið í QGIS (QGIS Development Team, 2023).

2.2 Vettvangsvinna

Í upphafi vöktunar, í byrjun september 2018, var þekja allra fléttutegunda innan smáreita skráð, fyrir utan fléttur á steinum sem hreindýr nýta ekki (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019). Í þeim tilvikum þar sem erfitt var að greina fléttur til tegunda voru þær greindar til ættkvísla. Beitarummerki og þekja ógróins yfirborðs, þar sem fléttur og gróður gætu numið land, var einnig skráð, sem og þekja stórgrýtis, þar sem ekki var talið líklegt að landnám ætti sér stað. Að lokum var gróðurstuðull (NDVI) hvers smáreitar mældur með handhægum mæli (Trimble Greenseeker Handheld Crop Sensor), sem haldið var í um 90 cm hæð yfir jörðu og mæliflötur var því u.þ.b. 38 cm í þvermál (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019).

Dagana 31. júlí til 2. ágúst 2023 voru allar mælingar, utan mælinga á gróðurstuðli, endurteknar í öllum reitum. Merkingum og körfum var skipt út eftir þörfum. Vettvangsvinnu unnu Guðrún Óskarsdóttir og Kristín Ágústsdóttir.

2.3 Staðsetningar hreinkúa með GPS senditæki

Hér voru nýttar staðsetningar 24 dýra sem merkt voru á veiðisvæðum 1 og 2 á tímabilinu 2009–2024, þar af staðsetningar átta kúa fyrir september 2018 þegar fyrsta úttekt á vetrarþeiti fór fram, staðsetningar 11 kúa eftir september 2018 og staðsetningar 5 kúa sem gengu á þessum veiðisvæðum á báðum tímabilunum. Gögnin voru tekin saman með það markmið að kanna hvort og þá hvernig breyting hafi orðið á dreifingu dýranna yfir vetrartímamann frá því að vöktun á vetrarþeitarhöfum hófst í september 2018. Því var eingöngu unnið með staðsetningar á tímabilinu sem skilgreint hefur verið sem vetur í lífi hreindýra, þ.e. frá 16. október til 15. apríl ár hvert (Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014). Alls reyndust staðsetningar fyrir september 2018 vera 9.433 og eftir voru þær 12.292. Þó skal tekið fram að flestar staðsetningarnar (8.713) fyrir september 2018 voru frá tímabilinu 2009–2011.

2.4 Úrvinnsla gagna

Öll tölfræðiúrvinnsla fór fram í forritinu *R* (R Core Team, 2023), í viðmóti *Rstudio* (Posit Team, 2024). Öll kortavinnsla fór fram í forritinu QGIS (QGIS Development Team, 2023).

2.4.1 Gögn úr vettvangsvinnu

Fyrir tölfræðiúrvinnslu fléttuþekjugagna var heildarþekja flétta í hverjum smáreit bæði árin reiknuð og þekja ársins 2018 var síðan dregin frá þekju ársins 2023. Þannig fékkst eitt gildi fyrir breytingu í heildarþekju flétta á tímabilinu fyrir hvern smáreit. Til að bera þau gildi saman milli beitar meðferða og svæða (og kanna samspil þessara tveggja skýribreyta) var blandað línulegt líkan notað, í pakkanum *glmmTMB* (Brooks o.fl., 2017). Reitir, þrepaskiptir (e. nested) innan svæða, voru notaðir sem slembibreytur. Marktækni skýribreyta var könnuð með ANOVA type II prófi, sem er aðgengilegt í *car* pakkanum (Fox og Weisberg, 2019). Í kjölfarið, til þess að bera saman meðaltöl hvers og eins hóps skýribreyta, voru áætluð jaðar-meðaltöl (e. estimated marginal means; EMMs) reiknuð, í pakkanum *emmeans* (Lenth, 2024). Ekki er við að búast eins miklum og hröðum breytingum milli ára í tegundasamsetningu flétta eins og þekju þeirra og því var munur á fjölda fléttutegunda milli beitarvarinna og opinna smáreita kannaður fyrir hvort ár sér, með blönduðu Poisson líkani, í pakkanum *glmmTMB* (Brooks o.fl., 2017). Líkt og áður voru reitir, þrepaskiptir (e. nested) innan svæða, notaðir sem slembibreytur og marktækni skýribreyta könnuð með ANOVA type II prófi. Gröf voru útbúin í pakkanum *ggplot2* v3.5.0 (Wickham, 2016).

Ekki stóð til að mæla gróðurstuðul (NDVI) við vettvangsvinnu árið 2023 en ákveðið var að vinna frekar úr mælingum frá 2018 til að skoða hvort hægt væri að spá fyrir um fléttuþekju

út frá gróðurstuðli. Ef hægt væri að skilgreina slíkt samband væri komin grundvöllur til að meta fléttuþekju á mun stærri svæðum með gervitunglagögnum eingöngu (Erlandsson o.fl., 2022). Mögulegt samband heildarfléttuþekju smáreita 2018 og gróðurstuðuls sem mælt var það sama ár var kannað með beta-líkani, í pakkanum *betareg* (Cribari-Neto og Zeileis, 2010). Samspil gróðurstuðuls og litar flétta (aðallega brúnar eða aðallega hvítar, þ.e. >70%, eða blandaðar) var einnig kannað, þar sem endurkast fjallagrasa (oftast brúnleit) er t.d. nokkuð frábrugðið endurkasti hreindýrakra (hvítir) (Kuusinen o.fl., 2020), en þessar tvær tegundir eru með þeim mest áberandi í vöktunarreitunum (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019). Af öðrum tegundum sem höfðu nokkra þekju í einhverjum reitum voru mundagrös og kræður flokkaðar með brúnum fléttum en maríugrös og broddskilma með hvítum. Vert er að taka fram að nýlegar rannsóknir frá Noregi hafa einblínt á hvítar fléttur (Erlandsson o.fl., 2022; 2023), en vegna stærðar gagnasetts þessarar vöktunar var ákveðið að nota það allt en taka tillit til litar flétta með þessum hætti. Breytur sem höfðu ómarktækt vægi í beta-líkaninu voru felldar út með afturábak úrfellingu (e. backwards elimination) til einföldunar og til þess var notað líkindahlutfallspróf (e. likelihood ratio test), í pakkanum *lmtest* (Zeileis og Hothorn, 2002). Vegna vel þekkt sambands gróðurstuðuls við þekju gróðurs (t.d. Reynolds o.fl., 2015) var sams konar úrvinnsla gerð á þeim hluta gagnasettsins þar sem ógróið yfirborð var <10%.

2.4.2 Staðsetningar hreindýra

Staðsetningar hreindýra voru hreinsaðar út frá gæðum eða áreiðanleika þeirra, en hverri staðsetningu fylgja ýmsar upplýsingar sem gefa mynd af nákvæmni. Þetta eru gæði staðsetninga, svokallað HDOP (e: Horizontal Dilution of Precision), en rannsóknir sýna að gildi lægri en 2.0 gefi til kynna mjög góða nákvæmni staðsetningarna (Breili og Lund, 2025). Þá hefur fjöldi gervitungla sem nýtt eru við að skilgreina staðsetningu hverju sinni áhrif á nákvæmnina og er oft miðað við að nota einungis staðsetningar þar sem að lágmarki 4 gervitungl hafa verið nýtt (Rempel o.fl., 1995). Loks skiptir máli hversu langan tíma tekur að skrá staðsetninguna. Almenn er talið að staðsetningar sem skrásettar eru innan 1 mínútu séu af ásættanlegum gæðum (Frair o.fl., 2010). Út frá þessum viðmiðum var allt gagnasettið hreinsað og þær staðsetningar sem ekki uppfylltu þessi skilyrði fjarlægðar.

Þegar búið var að hreinsa gögnin var heimasvæði (e: Utility Distribution) reiknað fyrir vetrar-dreifingu allra dýra, annars vegar fyrir og hins vegar eftir upphaf vöktunar 2018. Heimasvæði voru reiknuð með kjarna þéttleikamati (e: Kernel Density Estimation) sem er stiklaus aðferð og þurfa gögnin sem notuð eru því ekki að fylgja fyrirfram lýstum dreifingar formum tölfræðinnar (Silverman, 1986). Þessari aðferð hefur mikið verið beitt í vistfæðirannsóknum til að ákvarða dreifingu dýra og hefur reynst einföld, sveigjanleg og áreiðanleg (Fleming og Calabrese, 2017). Aðferðin byggir á því að nota staðsetningar dýra til að ákvarða líkleg notkunarsvæði þeirra út frá líkindadreifingu (e: probability density surface). Mismunandi jafngildislínur eru reiknaðar sem gefa til kynna líkurnar á því hvaða svæði dýr noti miðað við fyrirliggjandi gögn. Heimasvæðin eða jaðarsvæði eru gjarnan skilgreind sem þau svæði þar sem dýrin dvelja 95% af tíma sínum og kjarnasvæði gjarnan þar sem dýr dvelja 50% tímans (Tamstorf, 2004; Börger o.fl., 2006; Vander Wal og Rodgers, 2012).

Tveir megin gallar eru oft taldir há aðferðinni; viðkvæmni fyrir því hvaða bandvidd (e: bandwidth) er notuð til að reikna þéttleikann og viðkvæmni við sjálffylgni (e: autocorrelation) í tíma og rúmi (Fieberg, 2007) en það á einkum við þegar notaðar eru fleiri en ein til fjórar staðsetningar á dag (Börger o.fl., 2006; Fieberg o.fl., 2007; Fleming og Calabrese, 2017). Til að draga úr áhrifum mögulegrar sjálffylgni var gagnasettið þynnt þannig að einungis ein staðsetning á dag fyrir hverja kú var nýtt. Heildarfjöldi staðsetninga minnkaði því úr 21.725 í

5.596. Þar af voru 4.259 þeirra frá því eftir september 2018 en 1.337 frá því fyrir þann tíma. Taka má fram að samanburður á heimasvæðum með fullu gagnasetti annars vegar og þynntu gagnasetti hins vegar leiddi í ljós mjög litlar breytingar á lögun og staðsetningu heimasvæða. Bandvídd var valin sjálfvirk út frá gögnunum ($h = \text{"href"}$) en hún hefur verið mikið notuð við slíka útreikninga (Silverman, 1986; Walter o.fl., 2015) og er talin endurspegla dreifingu hreindýranna á Austurlandi betur en aðrar bandvíddir sem prufaðar hafa verið (Skarphéðinn Þórisson og Kristín Ágústsdóttir, 2014).

Útreikningar á heimasvæðum voru gerðir í pakkanum *adehabitatHR* (Calenge, 2006). Meðhöndlun og umbreyting gagna í landupplýsingar var gerð pakkanum *sf* (Pebesma, 2018) og pakkin *dplyr* (Wickham o.fl., 2023) var notaður fyrir almenna gagnavinnslu.

2.4.3 Samanburður hreindýrastaðsetninga og fléttuþekju

Til þess að geta kannað möguleg tengsl breytinga á dreifingu GPS kúa og breytinga fléttuþekju á tímabilinu var vöktunarreitum skipt niður í hópa eftir þeim breytingum sem urðu á vetrarstarthögum kúnna á því svæði sem þeir voru staðsettir á. Við skiptinguna var aðeins litið til þess hvort reitir væru innan eða utan kjarnasvæðis hreindýra, til þess að einblína á svæðin sem staðsetningargögnin gáfu til kynna að hreinkýr héldu sig hvað mest á á tímabilunum. Ekki var litið til jaðarsvæða dýranna við samanburðinn.

Rannsóknarreitum var skipt í fjóra hópa til að greina betur mögulega breytingar á fléttuþekju m.t.t. nýtingar hreindýra fyrir og eftir 2018 (sjá 6. mynd í kafla 3.2):

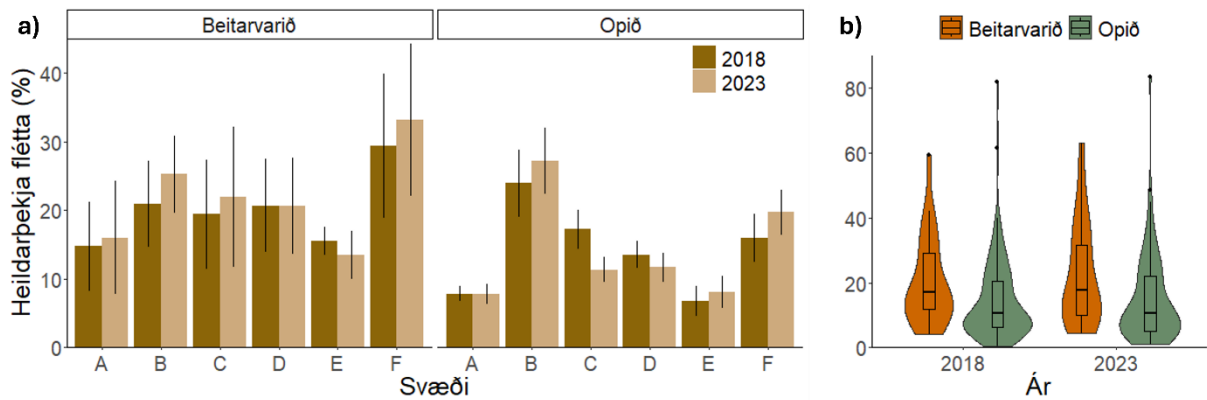
- i)** Reitir þar sem hugsanlega var minni beit á milli tímabila, sem voru innan kjarnasvæðis áður en vöktun hófst en utan þess eftir úttekt 2023.
- ii)** Reiti þar sem beit hefði átt að vera óbreytt og mögulega ekki mikil, sem héldust utan kjarnasvæðis á báðum tímabilunum.
- iii)** Reiti þar sem beit hefði átt að vera óbreytt en mögulega mikil, sem héldust innan kjarnasvæðis á báðum tímabilunum.
- iv)** Reitir þar sem hugsanlega var aukin beit á milli tímabila, sem voru utan kjarnasvæðis áður en vöktun hófst en innan þess eftir úttekt 2023.

Mögulegur munur á breytingu á fléttuþekju milli hópa var síðan kannaður með sams konar blönduðu línulegu líkani og því sem var notað til að kanna mun milli svæða og beitarmeðferða, nema skýribreytunni *svæði* var skipt út fyrir nýju breytuna, *hópur*.

3 Niðurstöður og umræður

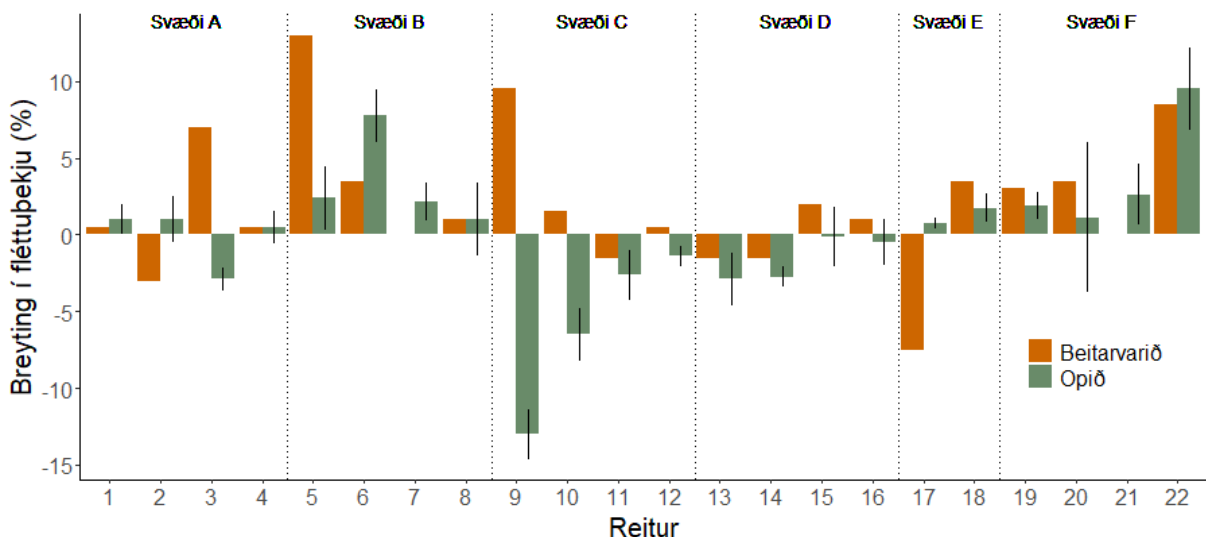
3.1 Fléttuþekja í vöktunarreitum 2018 og 2023

Í flestum reitum var heildarþekja flétta meiri í beitavörðum smáreitum en opnum, bæði árið 2018 og 2023 (2. mynd), enda voru beitavörðir smáreitir lagðir fyrst út í hverjum reit og gæta þurfti þess að teljandi þekja flétta væri innan þeirra til að markmið vöktunar gætu náðst. Opnir smáreitir voru staðsettir um 10 m frá hinum beitavörðum, í hverja af höfuðáttunum (sjá 1. mynd b í kafla 2.1). Staðsetning þeirra var því meira handahófskennd og heildarþekja flétta innan þeirra því líklega meira lýsandi fyrir svæðin í heild en þekja innan beitavarinna smáreita, en talsverður munur var einnig milli svæða (2. mynd).



2. mynd. Meðaltal heildarþekju allra fléttutegunda á hverju svæði árin 2018 og 2023, í beitarvörðum og opnum smáreitum, ásamt staðalskekkju (a) og fjölugraf þar sem öll svæði eru sameinuð (b). Skali á y-ás er mismunandi milli grafa.

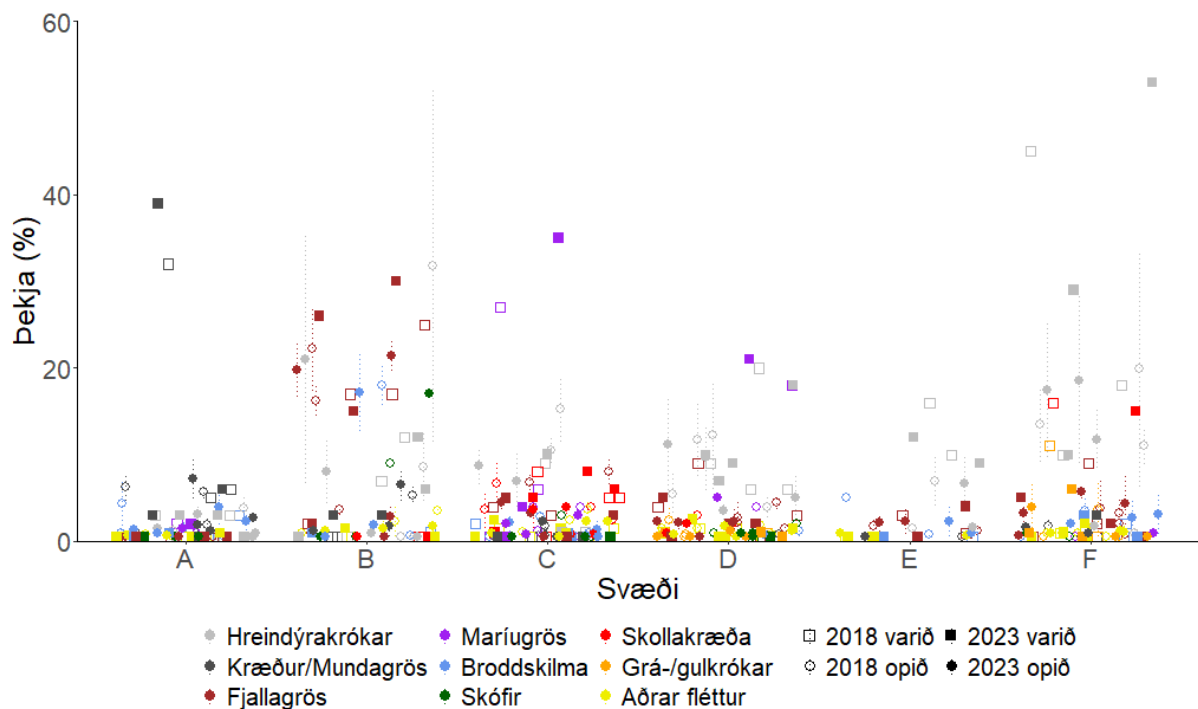
Marktækur munur var á þeirri breytingu sem varð á heildarþekju flétta á tímabilinu milli beitarmeðferða ($\chi^2 = 4,3$; $p = 0,04$; ANOVA type II próf) og svæða ($\chi^2 = 36,5$; $p < 0,001$), en samspil þessara skýribreyta var einnig marktækt ($\chi^2 = 12,4$; $p = 0,03$) sem bendir til þess að munur milli beitarmeðferða hafi verið breytilegur eftir svæðum. Við nánari athugun kom í ljós að eingöngu var marktækur munur milli beitarmeðferða á Hofshálsi (svæði C; $t = 3,8$; SE = 2,2; $p < 0,001$; EMMs), þar sem heildarþekja flétta jókst að meðaltali innan beitarvarinna smáreita en minnkaði utan þeirra (2.–3. mynd). Þegar munur milli svæða var skoðaður fyrir hvora beitarmeðferð fyrir sig kom enginn marktækur munur í ljós fyrir beitarvarða smáreiti en við samanburð opinna var breytingin á Hofshálsi (svæði C) frábrugðin breytingum á öllum öðrum svæðum nema Sandvíkurheiði (svæði D), auk þess sem marktækur munur var á milli þess svæðis (D) og nyrðra svæðinu í Pistilfirði (svæði F) (3. mynd; $p < 0,05$; EMMs). Á 3. mynd má sjá að á þessum tveimur svæðum (C og D) minnkaði meðalflétuþekja í öllum opnum smáreitum, á meðan hún jókst í flestum smáreitum á öðrum svæðum.



3. mynd. Breyting í heildarþekju flétta milli 2018 og 2023 í hverjum reit. Fyrir opna smáreiti er meðalbreyting sýnd ásamt staðalskekkju, en fyrir beitarvarða smáreiti er aðeins um eitt gildi að ræða. Engin breyting varð í beitarvörðum smáreitum í reitum nr. 7 og 21.

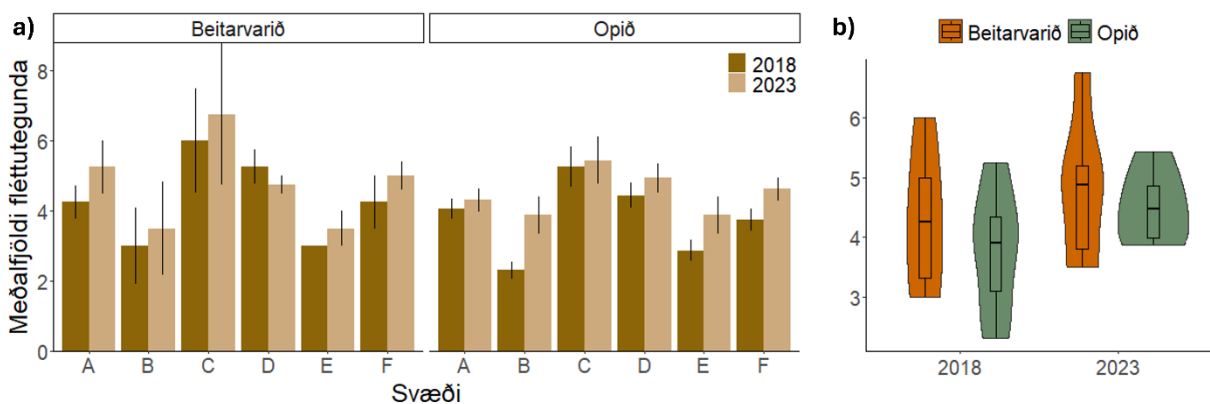
Ef þekja hvernar fléttutegundar er skoðuð, sést að flestar tegundir hafa afar litla þekju í flestum reitum og að meginþorri heildarþekju flétta samanstendur víðast hvar af hreindýra-krókum, en fjallagrös og kræður/mundagrös (tekin saman hér) eru einnig mjög áberandi

syðst á rannsóknarsvæðinu, á Fljótsdalsheiði (svæði A) og Jökuldalsheiði (svæði B) (4. mynd). Til hægðarauka eru tegundir sem alltaf höfðu <5% þekju í smáreitum teknar saman á 4. mynd en nánari skiptingu þekju milli þeirra 2023 má sjá í töflu V2 í Viðauka I og gildi ársins 2018 má sjá í Viðauka fyrstu áfangaskýrslu vöktunarinnar (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019).



4. mynd. Þekja hvernar fléttutegundar/-tegundahóps í hvorri beitarmeðferð árin 2018 og 2023. Fyrir opna smáreiti er meðalþekja í hverjum reit sýnd ásamt staðalskekkju, en fyrir beitavarða smáreiti er aðeins um eitt gildi að ræða. Í skýringum er tegundum raðað eftir minnkandi mestu þekju.

Aðeins fleiri fléttutegundir virtust hafa verið skráðar árið 2023 en árið 2018, bæði innan og utan beitavarnar (5. mynd), en við nánari skoðun gagna kom í ljós að viðbæturnar voru í öllum tilvikum tegundir sem rétt glitti í og því mögulegt að starfsfólki á vettvangi hafi yfirsétt fleiri tegundir fyrra árið en það seinna. Þær tegundir sem um ræðir eru jafnan ekki þekju-myndandi og hafa því eðli málsins samkvæmt ekki teljandi áhrif á beitarrhaga fyrir hreindýr. Bæði árin var afar líttill munur á fjölda fléttutegunda milli beitarmeðferða (2018: $\chi^2 = 1,3$; $p = 0,25$; 2023: $\chi^2 = 0,4$; $p = 0,50$; ANOVA type II próf).

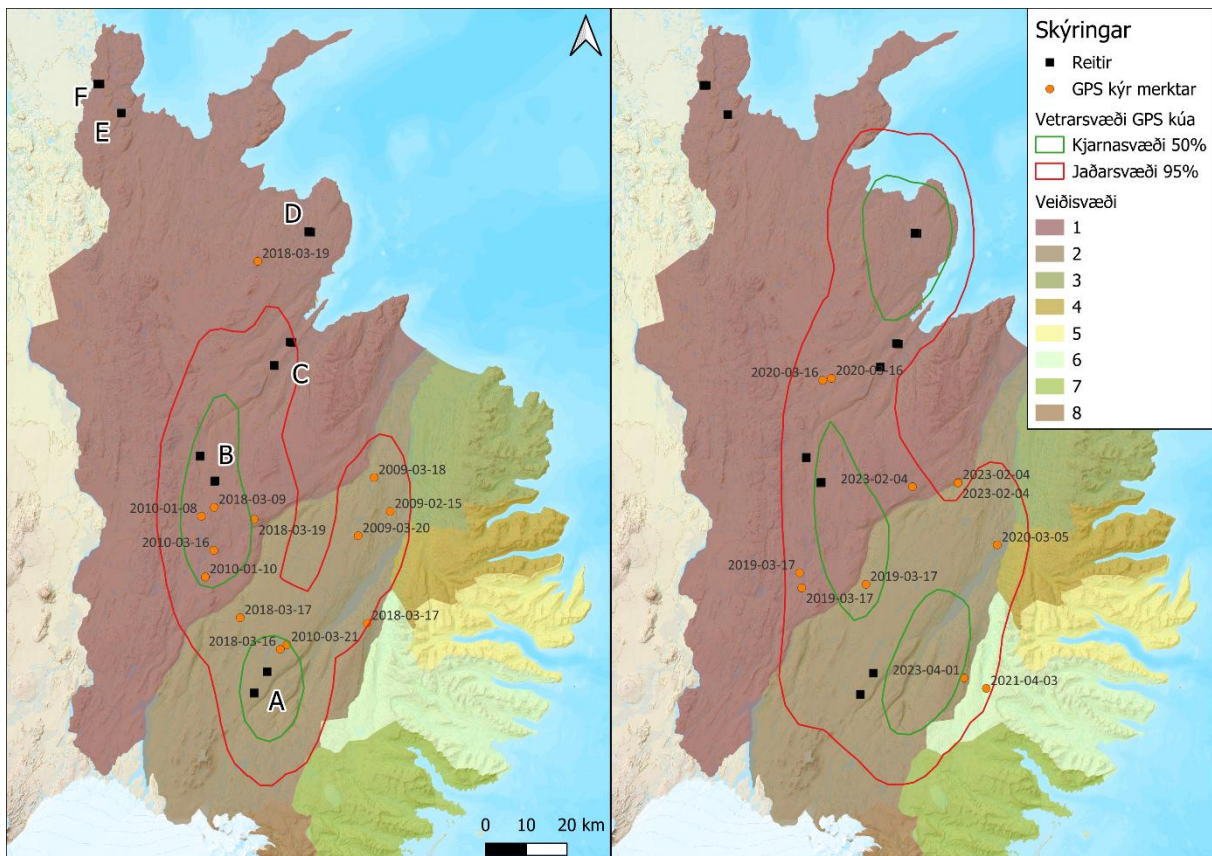


5. mynd. Meðalfjöldi fléttutegunda í smáreitum á hverju svæði árin 2018 og 2023, ásamt staðalskekkju (a) og fiðlugraf þar sem svæði eru sameinuð (b). Fyrir útreikning meðalfjölda tegunda var þúfubikar sameinaður með öðrum bikarfléttum, auk þess sem melakræða og mundagrös voru sameinuð með öðrum kræðum/grösnum (sjá töflu V2 í Viðauka I). Skali á y-ás er mismunandi milli grafa.

3.2 Hagaganga hreindýra að vetri og fléttuþekja

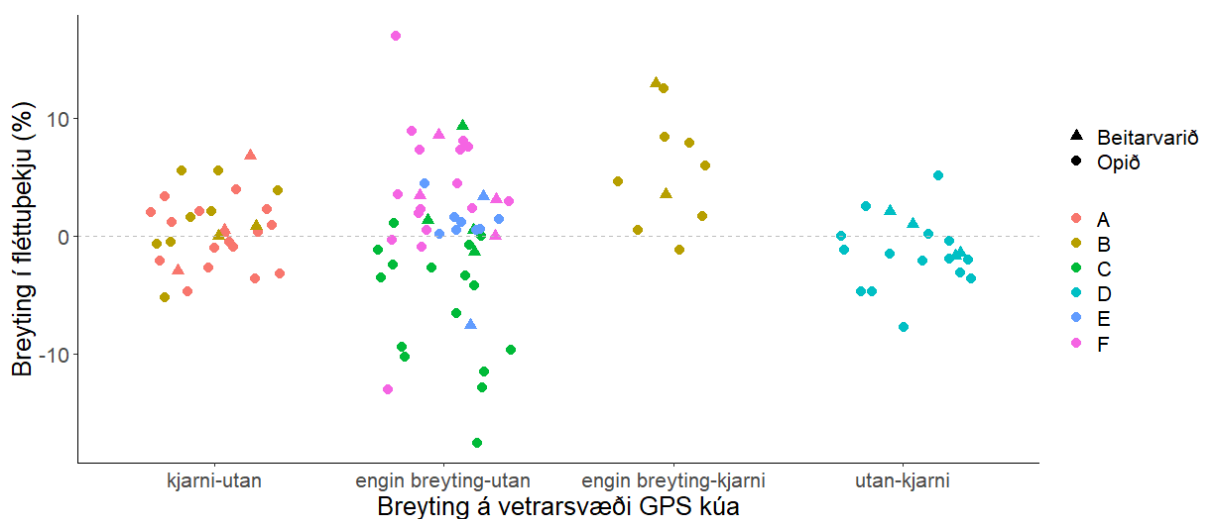
Samkvæmt útreikningum á heimasvæðum þeirra kúa sem báru GPS tæki fyrir og eftir að vöktunin hófst breyttist dreifing dýra að vetri milli þessara tveggja tímabila (6. mynd). Helstu breytingarnar virtust vera á Fljótdalsheiði (svæði A) annars vegar, þar sem megin beitahagar (kjarnasvæði) að vetri færðust frá Fljótdalsheiði og Múla til suðurs í Gilsárdal, Norður- og Suðurdal Fljótsdals og á Sandvíkurheiði (við svæði C) hins vegar þar sem nýtt svæði var skrásett. Heimasvæði getur þó ákvarðast að miklu leyti af því hvar kýr er merkt og eins og sést á 6. mynd var það ekki fyrr en árið 2018 sem kýr var merkt í nágrenni Vopnafjarðar. Svæði á Hofshálsi (C) og þar um kring var innan jaðarsvæða bæði fyrir og eftir 2018 (6. mynd).

Ef við gefum okkur að þessar breytingar á dreifingu hreinkúa með GPS tæki endurspegli dreifingu fleiri dýra á þessum svæðum hefði hugsanlega mátt búast við aukinni fléttuþekju á Fljótdalsheiði (A) með mögulega minni beit en aftur á móti minni fléttuþekju á Sandvíkurheiði (D) með mögulega aukinni beit og hugsanlega meiri mun milli beitavæðis og opinna reita þar en annars staðar. Þá mætti mögulega túlka viðvarandi jaðarsvæði á Hofshálsi (C) og þar í kring bæði fyrir og eftir 2018 sem vísbendingu um viðvarandi beit þar að vetri í lengri tíma, en eins og áður kom fram, varð eingöngu marktæk breyting á fléttum á Hofshálsi (C) milli 2018 og 2023 þar sem heildarþekja flétta jókst að meðaltali innan beitavæðis smáreita en minnkaði utan þeirra (3. mynd). Þá var Sandvíkurheiði (D) eina svæðið þar sem breytingar í fléttuþekju í opnum reitum voru ekki marktækt frábrugðnar Hofshálsi (C), þar sem hún minnkaði mest, sem gæti rímað við GPS gögnin.



6. mynd. Staðsetning vetrarbitarrannsóknareita og kjarnasvæði (50%) og jaðarsvæði (95%) allra merktra kúa fyrir september 2018 (t.v) og eftir september 2018 (t.h.). Einnig er sýnt hvar og hvenær kýr sem falla undir hvort tímabilið fyrir sig voru merktar. Bakgrunnskort inniheldur gögn úr IS 50V gagnagrunni fyrrum Landmælinga Íslands ásamt hæðarlíkani (2020a–c). Kort var unnið í QGIS (QGIS Development Team, 2023).

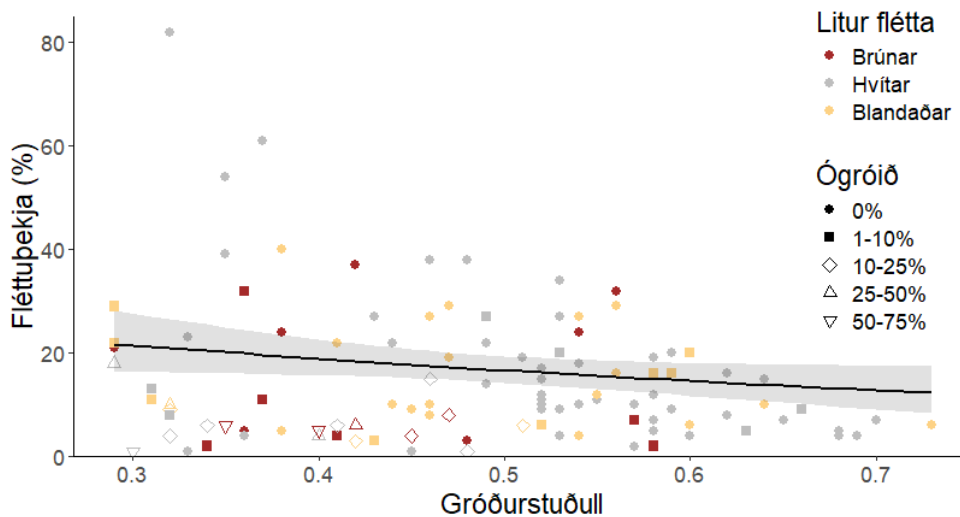
Tölfræðilegur samanburður sýndi ómarktækan mun milli hópanna fjögurra sem gagnasettinu var skipt upp í m.t.t. breytinga á kjarnasvæði (sjá myndatexta við 7. mynd; $\chi^2 = 5,6$; $p = 0,13$; ANOVA type II próf) og samspil milli hópa og beitarmeðferða var ekki marktækt ($\chi^2 = 1,0$; $p = 0,81$). Þær niðurstöður endurspeglast að mestu leyti á 7. mynd, þar sem engan augljósan mun milli úttekta var að sjá í breytingu á fléttupekju milli hópanna sem eru lengst t.v. og lengst t.h. á myndinni. Þó virtist þyrping smáreita í fyrrnefnda hópnum, þar sem beit hefði hugsanlega átt að minnka, vera örlítið meira ofan við núllið grafinu, á meðan þyrpingin í þeim síðarnefnda, þar sem beit hefði hugsanlega aukist, virtist aðeins neðan við núll, en í þeim hópi voru bara fjórir reitir. Athygli vekur að fléttupekja í þeim reitum á Jökuldalsheiði (svæði B) sem héldust innan kjarnasvæðis bæði tímabilin virtist hafa aukist almennt (7. mynd, „engin breyting-kjarni“), en hafa skal í huga að það voru aðeins tveir reitir og þeir voru á miðju kjarnasvæði fyrra tímabilið en alveg í jaðri þess á því seinna. Mesti breytileikinn var milli reita sem voru utan kjarnasvæðis bæði tímabilin og sá hópur hafði jafnframt flesta smáreiti (7. mynd, „engin breyting-utan“). Einungis voru skoðaðar breytingar á kjarnasvæðum en ekki jaðarsvæðum hreinkúnna. Athygli vekur að í þeim hópi (7. mynd, „engin breyting-utan“) virtist fléttupekja í Þistilfirði, sem var utan jaðarsvæðis (svæði E og F) hafa aukist eitthvað í flestum tilvikum, á meðan fléttupekja minnkaði gjarnan á Hofshálsi (svæði C) sem var innan þess (sjá 6. mynd).



7. mynd. Breyting í heildarþekju flétta milli 2018 og 2023 í beitarrörðum og opnum smáreitum árin 2018 og 2023, skipt í fernt eftir því hvort reitur hafi verið innan kjarnasvæðis 2018 og utan þess 2023 (t.v.), utan kjarnasvæðis 2018 og innan þess 2023 (t.h.) eða engin breyting orðið m.t.t. staðsetningar utan (miðja t.v.) og innan kjarnasvæðis (miðja t.h.). Beitarmeðferðir eru sýndar með mismunandi táknum og svæði í mismunandi litum.

3.3 Gróðurstuðull og fléttupekja 2018

Við könnun sambands milli gróðurstuðuls (NDVI) og fléttupekju á vettvangi árið 2018 leiddi einföldun beta-líkans (afturábak úrfelling) á öllu gagnasettinu í ljós að gróðurstuðull, með eða án samspils við lit flétta, gat ekki spáð fyrir um fléttupekju marktækt betur en núll-líkan ($p > 0,05$). Vegna vel þekkts sambands gróðurstuðuls og þekju gróðurs var sams konar úrvinnsla gerð á þeim hluta gagnasettsins sem var vel gróinn, þ.e. þar sem ógróið yfirborð var <10% (sjá fyllt tákni á 8. mynd). Þá skýrði líkanið sem innihélt gróðurstuðul (án samspils við lit flétta) fléttupekjuna marktækt betur en núll-líkan ($\chi^2 = 4,0$; $p = 0,04$). Samkvæmt síðarnefnda líkaninu var samband milli fléttupekju og gróðurstuðuls marktækt ($z = -2,01$; $SE = 0,77$; $p = 0,04$; 8. mynd), en þar sem það skýrði ekki nema rétt um 5% breytileikans í gagnasettinu er ljóst að sambandið var afar veikt og túlka ætti niðurstöðurnar mjög varlega.



8. mynd. Heildarþekja flétta og gróðurstuðull smáreita árið 2018. Fléttur voru metnar brúnar eða hvítar ef >70% af heildarþekju þeirra í viðkomandi smáreit var í þeim lit. Þekja ógróins yfirborðs í nokkrum þekjuflokkum er sýnd með mismunandi táknum. Svört lína sýnir samband fléttuþekju og gróðurstuðuls samkvæmt beta-líkani og skyggt svæði 95% öryggisbil, reiknað eingöngu fyrir smáreiti þar sem þekja ógróins yfirborðs var <10%.

4 Samantekt og ályktanir

4.1 Breytingar á fléttuþekju milli athuganna

Við skoðun á breytingu í heildarþekju flétta fannst aðeins marktækur munur milli beitarmeðferða á Hofshálsi (C), þar sem heildarþekjan jókst innan beitavarnanna smáreita en minnkaði utan þeirra (2.–3. mynd). Ekki voru vísbendingar um samskonar þróun á öðrum svæðum, nema helst á Sandvíkurheiði (D), þar sem smávægilegar breytingar voru skráðar á fléttuþekju milli ára en hún virtist þó almennt aukast meira og minnka minna innan beitavarnanna smáreita en utan þeirra. Á þessum tveimur svæðum (C og D), sem eru bæði í nágrenni Vopnafjarðar, minnkaði fléttuþekja milli ára í opnum smáreitum almennt meira en á öðrum svæðum, sem gæti bent til meiri viðveru hreindýra þar yfir vetrartímamann en áður. Það er í takt við niðurstöður greiningar á landupplýsingagögnum, þar sem kjarnasvæði GPS hreinkúa að vetri náði talsvert norðar eftir upphaf vöktunar en það hafði náð fyrir hana (6. mynd; Rán Þórarinsdóttir o.fl., 2021). Þetta mynstur var mest áberandi í reit 9 (sjá 3. mynd) og endurspegladist í samanburði ljósmynda (sjá V3. mynd í Viðauka I), þar sem sjá mátti að fléttur í opnum smáreitum höfðu rýrnað á tímabilinu og sumir blettir jafnvel verið fjarlægðir (sjá t.d. horn niðri t.h. í norður-reit), á meðan þær urðu meira áberandi í beitavörðum reitnum.

Á hinn bóginn jókst þekjan í opnum smáreitum gjarnan nokkuð milli ára á Jökuldalsheiði (B), og alveg nýrst á rannsóknarsvæðinu við Stóra-Viðarvatn (E) og vestan Hófaskarðs (F) (3. mynd). Stórt kjarnasvæði GPS hreinkúa að vetri til var á Jökuldalsheiði bæði fyrir og eftir upphaf vöktunar, en fyrir upphaf hennar voru vöktunarreitir staðsettir fyrir miðju kjarnasvæðis en á seinna tímabilinu náði kjarnasvæðið talsvert lengra í suðaustur en á því fyrra, yfir á Fljótaldalsheiði og reitirnir því við jaðar kjarnasvæðisins (6. mynd). Því er mögulegt að vetrarþétt á svæði B hafi verið minni eftir upphaf vöktunar en fyrir það, sem gæti hafa stuðlað að aukinni fléttuþekju í bæði beitavörðum og opnum reitum. Svæðið vestan Hófaskarðs (F) var hins vegar hvorki nálægt kjarnasvæði GPS hreinkúa fyrir né eftir upphaf vöktunar svo ekki er hægt að áætla um áhrif beitar þar út frá þeim gögnum. Þar var fléttuþekja þó með því hæsta sem gerðist árið 2018 og þar sem hér voru skoðaðar breytingar á raunþekju en ekki hlutfallsþekju

má færa rök fyrir því að vænta megi meiri breytileika í tíma þar heldur en þar sem fléttupekja var mjög lítil við upphaf vöktunar.

4.2 Vetrarvorkarhagar hreindýra á Austurlandi

Í Noregi eru fléttur gjarnan meginfæða hreindýra á veturna og hefur framleiðni almennt verið meiri á flétturíkum svæðum en fléttusvæðum (Heggberget o.fl., 2002). Vöktun flétta, samsíða vöktun hreindýrastofna, er því mikilvægur liður í stjórnun og verndun tegundarinnar (Kjørstad o.fl., 2017). Í vetrarvorkarhögum hreindýra á Íslandi er hins vegar mun minna um fléttur en á sams konar svæðum í Noregi (Jón Gunnar Ottóson o.fl., 2016; Tømmervik o.fl., 2014). Í norskum beitarhögum þar sem fléttur eru ríkjandi geta þær verið >80% af magainnihaldi hreindýra að vetri til, á meðan hlutfallið á svæðum þar sem lítið er um fléttur er um 25% (Heggberget o.fl., 2002). Magainnihald hreindýra hér á landi hefur ekki verið rannsakað síðan á árunum 1980–1982, þá hjá dýrum sem gengu á Jökuldalsheiði og Fljótsdalsheiði (Kristbjörn Egilsson, 1983). Mun meira óx af fléttum á fyrrnefndu heiðinni en þeirri seinni og í rannsókn Kristbjörns kom í ljós að á Jökuldalsheiði voru fléttur u.þ.b. helmingur magainnihalds hreindýra frá hausti fram á vor, á meðan hlutfallið á Fljótsdalsheiði var 20% á vorin og haustin og aðeins 3% yfir veturna.

Þó almennt sé álitid að hreindýr velji fléttur þar sem þær er að finna fram yfir aðra fæðu frá hausti og fram á vor þá getur önnur fæða einnig nýst þeim. Allt að 50% næringarefna haldast t.d. í laufum sumra einkimblöðunga þegar þau sölna (Storeheier o.fl., 2002b). Trjákenndur gróður s.s. víðikjarr er líka mikilvæg næring yfir vetrartímam, en víðitegundir á Íslandi halda næringargildi sínu haust og vetur (Ingvi Þorsteinsson, 1981). Stór hluti af magainnihaldi íslenskra hreindýra yfir allt árið voru einkimblöðungar eins og vallarsveifgras, túnvingull og stinnastör og runnar, þá aðallega sauðamergur, holtasóley, krækilyng, fjallavíðir og grasvíðir (Kristbjörn Egilsson, 1983), í svipuðum hlutföllum og birt hafa verið fyrir fléttusvæðum beitelönd í Fennóskandíu (Heggberget o.fl., 2002). Í rannsókn Kristbjarnar Egilssonar (1983) er tekið fram að Fljótsdalsheiði sé rýr af fléttum vegna óhóflegs beitarálags að vetri en að meira sé um fléttur á Jökuldalsheiði. Svo virðist enn vera í dag, þar sem gróðurvöktun á Snæfellsöræfum og á Fljótsdalsheiði á árunum 2006–2017 benti til þess að fléttur væru talsvert bitnar á Fljótsdalsheiði, sem og smárunnar eins og grasvíðir og sauðamergur, sem vitað er að hreindýr bíti yfir veturna (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2024; Kristbjörn Egilsson, 1983).

Tegundasamsetning flétta skiptir einnig máli fyrir gæði beitarhaga, þar sem meltanleiki flétta eins og fjallgrasa, maríugrasa og hreindýrakróka er almennt hærri en t.d. þúfubikars, eðalkróka (*Cladonia stellaris*) og breyskjufletta (Storeheier o.fl., 2002a). Samanlögð þekja þessara þriggja áðurnefndu auðmeltanlegu fléttutegunda var hvað mest á Jökuldalsheiði og Hófa-skarði (svæði B og F), miðlungs á Hofshálsi og Sandvíkurheiði (C og D) en minnst á Fljótsdalsheiði og við Stóra-Viðarvatn (A og E) (Tafla V2 í Viðauka I; 4. mynd). Því virðist ekki ástæða til að ætla að gæði vetrarvorkarhaga m.t.t. þekju auðmeltanlegra flétta á þeim svæðum sem hreindýrin hafa sl. ár nýtt í meira mæli en áður séu mögulega verri en fyrri haga (6. mynd). Þó er áberandi hversu mikið meira er um fjallagrös á Jökuldalsheiði en á hinum svæðunum (4. mynd), sem vekur upp spurningar um mögulegan þátt þeirra í skilgreiningu svæðisins sem stærsta kjarnasvæði GPS merktra hreinkúa yfir vetrartímam bæði tímabil þessarar vöktunar (6. mynd). Fjallagrös voru einmitt mjög stór hluti magainnihalds hreindýra yfir vetrartímam á Jökuldalsheiði á árunum 1980 til 1982 (Kristbjörn Egilsson, 1983).

4.3 Möguleikar á notkun fjarkönnunar við vöktun flétta

Aðferðir til þess að nota landupplýsingagögn (þ.m.t. gróðurstuðul) til þess að meta lífmassa flétta hafa verið þróaðar í Skandinavíu og tilraunir til að heimfæra þær á fléttuhaga í Kanada og Rússlandi hafa borið árangur (Erlandsson o.fl., 2022). Hins vegar er óljóst hvort eins vel gengi að heimfæra aðferðirnar yfir á vetrarvæðinguhaga hreindýra hér á landi, þar sem fléttur eru ekki eins ríkjandi. Í skýrslu Náttúrustofunnar um grunnathugun vöktunarinnar (Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2019) var gert grein fyrir niðurstöðum mælinga á gróðurstuðli (NDVI) í öllum reitum 2018, mælt á staðnum með handmæli. Ekkert augljóst samband milli gróðurstuðuls og fléttuþekju fannst, heldur virtist þekja æðplantna og mosa hafa mest áhrif á stuðulinn, þar sem lítt grónir reitir eða reitir með mikla þekju af þurrum mosa höfðu lág gildi á meðan vel grónir reitir og mosaríkir reitir sem voru mældir stuttu eftir úrkomu höfðu hærri gildi. Í þeirri skýrslu var niðurstöðunum aðeins lýst með lýsandi tölfræði en hér var gerð tilraun til að finna samband milli fléttuþekju og gróðurstuðuls (8. mynd). Þegar allt gagnasettið var notað fannst ekkert samband, enda afar líklegt að stór hluti breytileika í gróðurstuðli hafi verið undir áhrifum af heildargróðurþekju æðplantna. Þegar aðeins sá hluti gagnanna sem var vel gróinn (<10% þekja ógróins yfirborðs) var notaður fannst einungis afar veikt neikvætt samband milli fléttuþekju og gróðurstuðuls (8. mynd). Þekja æðplantna var ekki metin í þessari vöktun en ljósmyndir af smáreitum sýna að í allmörgum þeirra reita þar sem fléttuþekja var lítil var þekja runna og smárunna mikil og því ekki ólíklegt að í reitum þar sem þekja ógróins yfirborðs er lítil fylgi gróðurstuðullinn hlutfallslegri skiptingu milli flétta (lækkandi) og æðplöntugróðurs (hækkandi), a.m.k. að hluta til. Undantekning á þessu gæti verið í reitum þar sem mosar eru áberandi, en þar gæti gróðurstuðull sveiflast umtalsvert með rakastigi.

Samband milli gróðurstuðuls og flétta, annars vegar (neikvætt) og æðplöntugróðurs hins vegar (jákvætt) hefur fundist í vetrarvæðinguhögum hreindýra í Noregi og á Svalbarða (Erlandsson o.fl., 2023). Í grein Erlandsson o.fl. (2023) er samband milli gróðurstuðuls, mælt með sams konar mæli og notaður var í grunnathugun þessarar vöktunar og þekja (ljósra) flétta sýnt fyrir hvert rannsóknarsvæði. Athygli vekur að samband þessara breyta fyrir reitina á Svalbarða virðist mjög svipað mynstrinu sem 8. mynd sýnir, þ.e. í flestum reitum er þekja flétta afar lítil og gróðurstuðull afar breytilegur en í nokkrum reitum er þekja flétta umtalsverð og í þeim er stuðullinn jafnan lágur. Fylgnilína Erlandsson o.fl. (2023) virðist því að mestu fylgja reitum í Noregi, þar sem gróðurstuðull er lágur í reitum með mikilli fléttuþekju og lítilli æðplöntuþekju og öfugt, en þetta mynstur virðist ekki eins áberandi á Svalbarða. Því má færa rök fyrir því að lægri þekja flétta í vetrarvæðinguhögum þessara landa almennt miðað við flétturíkar heiðar Noregs valdi því að samband fléttuþekju og gróðurstuðuls sé þar almennt veikt, þar sem breytileiki gilda stuðulsins sé undir meiri áhrifum annarra þátta á svæðum þar sem fléttur eru ekki eins ríkjandi.

4.4 Framhald vöktunar

Á þeim fimm árum sem liðu milli grunnúttektar og endurmælingar í vöktunareitum komu fram ummerki um þann svæðisbundna breytileika sem er í beitarálagi á fléttum og greina mátti vísbendingar um aukna nýtingu dýranna á svæðum við Vopnafjörð, sem er í takt við færslu dýranna sl. ár. Þrátt fyrir marktækan mun á breytingum í fléttuþekju milli úttekta teljum við að nægjanlegt sé að fara í endurmælingar á 10 ára fresti. Reitirnir sem hafa verið lagðir eru nú þegar orðnir dýrmætir fyrir rannsóknir til lengri tíma. Æskilegt væri að fjölga reitum á svæðum þar sem viðvera dýra hefur aukist en eru ekki vöktuð og að einhverju leyti mætti mögulega samþætta rannsóknarreiði annarra stofnanna, eins og t.d. GróLindarverkefni Lands og skóga og gróðurvöktun Náttúrufræðistofnunar til að fá fyllri mynd.

Heimildir

- Bjerke, J.W. (2011) Winter climate change: Ice encapsulation at mild subfreezing temperatures kills freeze-tolerant lichens. *Environmental and Experimental Botany*, 72, 404–408. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.014>
- Breili, K. og C.W. Lund (2025) Simulation of GNSS Dilution of Precision for Automated Mobility Along the MODI Project Road Corridor Using High-Resolution Digital Surface Models. *Geomatics*, 5, 26. <https://doi.org/10.3390/geomatics5020026>
- Börger, L., N. Franconi, G. De Michele, A. Gantz, F. Meschi, A. Manica, S. Lovari og T. Coulson (2006) Effects of sampling regime on the mean and variance of home range size estimates. *Journal of Animal Ecology*, 75, 1393–1405. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01164.x>
- Brooks, M.E., K. Kristensen, K.J. van Benthem, A. Magnusson, C.W. Berg, A. Nielsen, H.J. Skaug, M. Maechler og B.M. Bolker (2017) glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9, 378–400. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>
- Calenge, C. (2006) The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197, 516–519.
- Cribari-Neto, F. og A. Zeileis (2010) Beta Regression in R. *Journal of Statistical Software*, 34, 1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v034.i02>
- Erlandsson, R., M.K. Arneberg, H. Tømmervik, E.A. Finne, L. Nilsen og J.W. Bjerke (2023) Feasibility of active handheld NDVI sensors for monitoring lichen ground cover. *Fungal Ecology*, 63, 101233. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2023.101233>
- Erlandsson, R., J.W. Bjerke, E.A. Finne, R.B. Myneni, S. Piao, X. Wang, T. Virtanen, A. Räsänen, T. Kumpula, T.H.M. Kolari, T. Tahvanainen og H. Tømmervik (2022) An artificial intelligence approach to remotely assess pale lichen biomass. *Remote Sensing of Environment*, 280, 113201. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113201>
- Falldorf, T., O. Strand, M. Panzacchi og H. Tømmervik (2014) Estimating lichen volume and reindeer winter pasture quality from Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 573–579. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.027>
- Fieberg, J. (2007) Kernel Density Estimators of Home Range: Smoothing and the Autocorrelation Red Herring. *Ecology*, 88, 1059–1066. <https://doi.org/10.1890/06-0930>
- Fleming, C.H. og J.M. Calabrese (2017) A new kernel density estimator for accurate home-range and species-range area estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 571–579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12673>
- Fox, J. og S. Weisberg (2019) *An {R} companion to applied regression* (Third ed.). Sage Publications <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Frair, J.L., E.H. Merrill, D.R. Visscher, D. Fortin, H.L. Beyer og J.M. Morales (2010) Resolving issues of imprecise and habitat-biased locations in ecological analyses using GPS telemetry data. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2187–2200. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0084>
- Gerður Guðmundsdóttir (2009) *Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði með notkun gervitunglamynda og gróðurreita*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2009/121).
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Hans Tømmervik (2019) *Reindeer winter forage. Long-term monitoring research*. Náttúrustofa Austurlands (NA-190194).

- Guðrún Óskarsdóttir, Kristín Ágústsdóttir, Skarphéðinn G. Þórisson, Gerður Guðmundsdóttir og Guðrún Áslaug Jónsdóttir (2024) Decadal vegetation changes in a subarctic-alpine ecosystem: Can effects of Iceland's largest hydropower reservoir, climate change, and herbivory be detected? *Applied Vegetation Science*, 27, e12772. <https://doi.org/10.1111/avsc.12772>
- Gunn, A. (2016) Rangifer tarandus. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*: e.T29742A22167140. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T29742A22167140.en>
- Heggberget, T.M., E. Gaare og J.P. Ball (2002) Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer*, 22, 13. <https://doi.org/10.7557/2.22.1.388>
- Ingví Þorsteinsson (1981) Gróðurskilyrði, gróðurfur, uppskera gróðurlenda og plöntuval búfjár. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir*, 12, 85–99. Sótt í nóvember 2025 á <https://timarit.is/page/7321285?iabr=on#page/n85/mode/2up>
- Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir (ritstj.) (2016) *Vistgerðir á Íslandi*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Kristbjörn Egilsson (1983) *Fæða og beitilönd íslensku hreindýranna. Rannsóknir vegna fyrirhugaðra virkjana í Jökulsá í Fljótsdal og Jökulsá á Dal á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands fyrir Orkustofnun og Rafmagnsveikur ríkisins/Landsvirkjun*. Orkustofnun, OS-83073/VOD-07.
- Kjørstad, M., S.W. Bøthun, V. Gundersen, K. Madslie, A. Mysterud, I.N. Myren, K.H. Røed, O. Strand, T. Tveraa, H. Tømmervik, B. Ytrehus og V. Veiberg (ritstj.) (2017) *Environmental quality standard for wild reindeer - Suggestions from an expert group*. NINA Report 1400, Norsk institutt for naturforskning.
- Kuusinen, N., J. Juola, B. Karki, S. Stenroos og M. Rautiainen (2020) A spectral analysis of common boreal ground lichen species. *Remote Sensing of Environment*, 247, 111955. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111955>
- Landmælingar Íslands (2020a) *IS 50V Transportation*. Landupplýsingar. Sótt í október 2021 á <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/41D3314D-55AF-4FE3-9A9F-B9CB18AC5CAA>
- Landmælingar Íslands (2020b) *IS 50V Vatnafar*. Landupplýsingar. Sótt í október 2021 á <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/83E61CBF-8498-4259-A40C-3B628EA34FB7>
- Landmælingar Íslands (2020c) *ÍslandsDEM útgáfa 1.0*. Landupplýsingar. Sótt í október 2021 á <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/metadata/e6712430-a63c-4ae5-9158-c89d16da6361>
- Lenth, R. (2024) *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.10.0. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Myneni, R.B., F.G. Hall, P.J. Sellers og A.L. Marshak (1995) The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 33, 481–486. <https://doi.org/10.1109/TGRS.1995.8746029>
- Pebesma, E. (2018) Simple features for R: Standardized support for spatial vector data. *The R Journal*, 10, 439–446.
- Posit Team (2024) *RStudio: Integrated development environment for R*. Posit Software, PBC. <https://www.posit.co>
- QGIS Development Team (2023) *QGIS geographic information system*. Open-Source Geospatial Foundation Project <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team (2023) *R: A language and environment for statistical computing*. Version 4.3.2. R Foundation for Statistical Computing. Sótt í september 2023 á: <https://www.r-project.org/>
- Raynolds, M., B. Magnússon, S. Metúsalemsson og S. Magnússon (2015) Warming, Sheep and Volcanoes: Land Cover Changes in Iceland Evident in Satellite NDVI Trends. *Remote Sensing*, 7, 9492–9506. <https://doi.org/10.3390/rs70809492>

- Rán Þórarinsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Hálfán Helgi Helgason (2021) *Burðarsvæði Snæfellshjarðar 2005–2020*. Náttúrustofa Austurlands, NA-210213.
- Rempel, R.S., A.R. Rodgers og K.F. Abraham (1995) Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *Journal of Wildlife Management*, 59, 543–551. <https://doi.org/10.2307/3802461>
- Silverman, B.W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman and Hall. University Press.
- Skarphéðinn G. Þórisson (2018) *Population dynamics and demography of reindeer (Rangifer tarandus L.) on the East Iceland highland plateau 1940–2015*. Meistararitgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands. Sótt í apríl 2024 á <http://hdl.handle.net/1946/30920>
- Skarphéðinn G. Þórisson og Kristín Ágústsdóttir (2014) *Snæfellshjörð. Áhrif náttúru og manna á líf Snæfellshjarðar í ljósi vöktunar síðustu áratugi og staðsetninga hreinkúa með GPS-hálskruga 2009–2011*. Náttúrustofa Austurlands, NA-140140.
- Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarinsdóttir (2015) *Vöktun Náttúrustofu Austurlands 2014 og tillaga um veiðikvóta og ágangssvæði 2015*. Náttúrustofa Austurlands, NA-150145.
- Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarinsdóttir (2020) *Vöktun hreindýra 2019 og tillaga um veiðikvóta og ágangssvæði 2020*. Náttúrustofa Austurlands, NA-200197.
- Skarphéðinn G. Þórisson og Rán Þórarinsdóttir (2022) *Vöktun hreindýra 2021 og tillaga um veiðikvóta og ágangssvæði 2022*. Náttúrustofa Austurlands, NA-220226.
- Skarphéðinn G. Þórisson, Rán Þórarinsdóttir og Fríða Jóhannesdóttir (2022) *Vöktun hreindýra 2022 og tillaga um veiðikvóta og ágangssvæði 2023*. Náttúrustofa Austurlands, NA-220236.
- Skarphéðinn G. Þórisson, Rán Þórarinsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2021) *Vöktun hreindýra 2020 og tillaga um veiðikvóta og ágangssvæði 2021*. Náttúrustofa Austurlands, NA-210206.
- Storeheier, P.V., S.D. Mathiesen, N.J.C. Tyler og M.A. Olsen (2002a) Nutritive value of terricolous lichens for reindeer in winter. *The Lichenologist*, 34, 247–257. <https://doi.org/10.1006/lich.2002.0394>
- Storeheier, P.V., S.D. Mathiesen, N.J.C. Tyler, I. Schjelderup og M.A. Olsen (2002b) Utilization of nitrogen- and mineral-rich vascular forage plants by reindeer in winter. *The Journal of Agricultural Science*, 139, 151–160. <https://doi.org/10.1017/S0021859602002344>
- Sundset, M.A., I.K.O. Cann, S.D. Mathiesen og R.I. Mackie (2004) Rumen microbial ecology in reindeer - adaptations to a unique diet. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13, 717–720. <https://doi.org/10.22358/jafs/74100/2004>
- Tamstorf, M.P. (2004) Analyse af vegetation i satellitmærkede rensdyrs kerneområder. Í: Aastrup, P. (ritstj.) 2004. *Samspillet mellem rensdyr, vegetation og menneskelige aktiviteter i Grønland*. Pinngortitaleriffik, Grønlands Naturinstitut, teknisk rapport nr. 49. Sótt í nóvember 2025 á <https://natur.gl/wp-content/uploads/2002/01/49-Samspillet-mellem-rensdyr-vegetation-og-menneskelige-aktiviteter-i-Vestgroenland.pdf>
- Tømmervik, H., J.W. Bjerke, E. Gaare, B. Johansen og D. Thannheiser (2012) Rapid recovery of recently overexploited winter grazing pastures for reindeer in northern Norway. *Fungal Ecology*, 5, 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2011.08.002>
- Tømmervik, H., J.W., Bjerke, K., Laustsen, B.E., Johansen og S.-R. Karlsen (2014) *Monitoring of winter grazing areas for reindeer in inner parts of Finnmark 2013. Results of the field surveys*. NINA Report 1066, Norsk institutt for naturforskning.
- Vander Wal, E. og A.R. Rodgers, (2012) An individual-based quantitative approach for delineating core areas of animal space use. *Ecological Modelling*, 224, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.10.006>

- Walter, W.D., D.P. Onorato og J.W. Fischer (2015) Is there a single best estimator? Selection of home range estimators using area-under-the-curve. *Movement Ecology*, 3, 10.
<https://doi.org/10.1186/s40462-015-0039-4>
- Wickham, H. (2016) *ggplot2. Elegant graphics for data analysis*. Berlin: Springer-Verlag.
<https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H., R. François, L. Henry og K. Müller (2023) *dplyr: A grammar of data manipulation*. R package version 1.1.4. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Zeileis, A. og T. Hothorn (2002) Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News*, 2, 7–10.
<https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>

Viðauki I – Almenn lýsing á vöktunarsvæðum

Öll vöktunarsvæðin voru í mólendi, en breytileiki þess vistlendis er mikill og nokkur munur var á ríkjandi gróðri milli svæða, þó víðast hvar hafi algengar mólendistegundir eins og krækilyng, fjalldrapi, bláberjalyng og sauðamergur verið áberandi (Tafla V1). Á sumum svæðum var einnig nokkur munur á gróðurfari milli reita.

Fljótsdalsheiði (svæði A) var í mestri hæð yfir sjávarmáli (um 600 m). Í reitum 1 og 2 var hraungambri áberandi, æðplöntugróður mjög lágvaxinn og mest um stinnastör, krækilyng og holtasóley (Tafla V1). Fléttur höfðu almennt litla þekju en þó fundust þar ýmsar tegundir, algengastar voru kræður, broddskilma og hreindýrakraókar (Tafla V2; V1. mynd; V2. mynd). Reitir 3 og 4 voru öðruvísi uppsettir en aðrir reitir rannsóknarinnar, staðsettir innan eldri gróðurvöktunarreit Náttúrustofunnar. Líkt og á hinum reitunum á Fljótsdalsheiði einkenndi lágvaxinn heiðagróður reitina, þar sem stinnastör og krækilyng voru mest áberandi (Tafla V1). Hraungambri var hins vegar ekki eins ríkjandi í reitum 3 og 4, en lífræn jarðvegsskán hafði talsverða þekju í flestum smáreitum. Algengustu fléttutegundir voru kræður, munda-grös, hreindýrakraókar og broddskilma (V2. mynd), en líkt og á hinum reitunum á Fljótsdalsheiði var þekja hveggjar tegundar jafnan lítil (Tafla V2) og fléttur almennt mjög lágvaxnar.

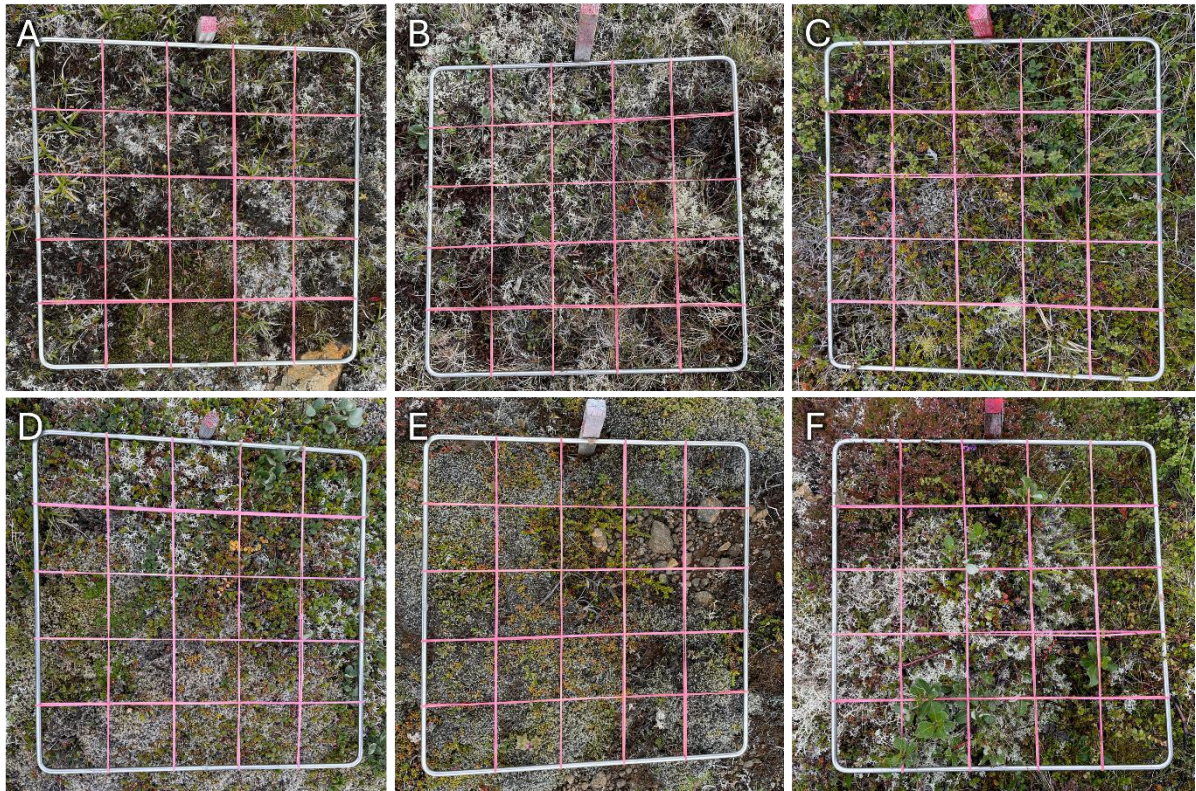
Gróður í reitum á Jökuldalsheiði (svæði B) var almennt lágvaxinn, enda svæðið í um 500 m h.y.s., en í reit 5 settu gróskulegir fjallavíðisbrúskar svip sinn á svæðið. Pursaskegg var áberandi í öllum reitum (Tafla V1) en það er algengt um allt land og vex helst á þurrum svæðum líkt og Jökuldalsheiði. Fléttur höfðu mikla þekju (V1. mynd), í flestum reitum voru fjallagrös og hreindýrakraókar ríkjandi (V2. mynd), en í reit 6 voru það broddskilma og kræður (Tafla V2; V2. mynd).

Á Hofshálsi í Vopnafirði (svæði C), voru reitir 9 og 10 staðsettir í hlíð, í um 100 m h.y.s., þar sem fjalldrapi, krækilyng og bláberjalyng voru ríkjandi (Tafla V1). Gróður var víðast hvar gróskumikill (V1. mynd) en þó voru blettir hér og þar í hlíðinni þar sem gróður var rýrari og hraungambri áberandi. Hinir tveir reitirnir á svæðinu, reitir 11 og 12, voru hins vegar staðsettir uppi á hálsinum í um 250 m h.y.s. þar sem mosar og smárunnar voru mest áberandi. Þekja flétta á svæðinu var mismikil en fjölbreytni talsverð og meðal helstu tegunda voru maríugrös, hreindýrakraókar, fjallagrös, skollakræða og broddskilma (Tafla V2; V2. mynd).

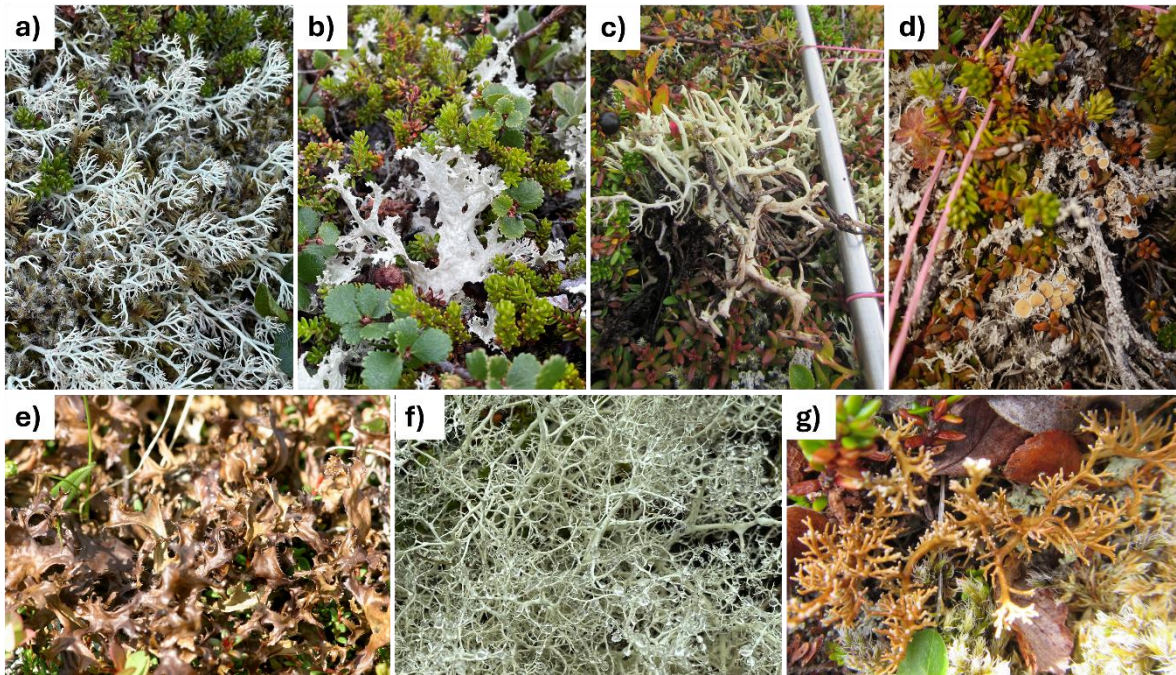
Rannsóknarreitir á Sandvíkurheiði (svæði D) voru uppi á hæð í um 200 m h.y.s. Þar var hraungambri ríkjandi (V1. mynd) en innan um hann voru ýmsir smárunnar, s.s. krækilyng, fjalldrapi og bláberjalyng (Tafla V1) og fléttur, aðallega hreindýrakraókar en í reit 14 var einnig talsvert um maríugrös (Tafla V2; V2. mynd). Ormagrös voru einna mest áberandi á Sandvíkurheiði en höfðu jafnan litla þekju og auk þess fannst móakrækla þar í einum reit (Tafla V2; V2. mynd).

Við Stóra-Viðarvatn í Þistilfirði (svæði E) voru tveir reitir (17 og 18) í um 200 m h.y.s., báðir í mosaríkum smárunnamóa en reitur 18 var heldur rýrari en reitur 17 og gróðurlausar skellur settu svip sinn á þann reit (V1. mynd). Þekja og tegundafjölbreytni flétta var frekar lítil á svæðinu en af þeim voru hreindýrakraókar ríkjandi og einnig nokkuð um fjallagrös (Tafla V2).

Rétt vestur af Hófaskarði (svæði F) voru fjórir reitir í um 150 m h.y.s. í þýfðum smárunnamóa. Þrír reitir (20–22) voru vel grónir, gróskumiklir með mikilli þekju hreindýrakraóka innan um lyng og smárunna (V1. mynd), en mun minna var um aðrar fléttutegundir (Tafla V2). Einn reitur (19) var staðsettur á melahæð þar sem hraungambri og krækilyng voru mest áberandi (Tafla V1). Þar var þekja flétta mun minni en í hinum reitum svæðisins og af þeim hafði broddskilma hvað mesta þekju (Tafla V2).



V1. mynd. Ljósmyndir af einum smáreit á hverju svæði. Svæði A til F eru merkt með samsvarandi bókstöfum.



V2. mynd. Nærmyndir af nokkrum fléttutegundum sem sást við vettvangsvinnu 2023, þ.e. hreindýrkrókar (a), mariugrös (b), ormagrös (c), broddskilma (d), fjallagrös (e), skollakræða (f) og móakrækla (g).

Tafla V1. Helstu æðplöntutegundir sem skráðar hafa verið í reitum. Tegundir sem skráðar voru í ≥5 reitum eru sýndar og raðað frá þeirri tegund sem var oftast skráð til þeirrar sem var sjaldnast skráð ríkjandi/áberandi.

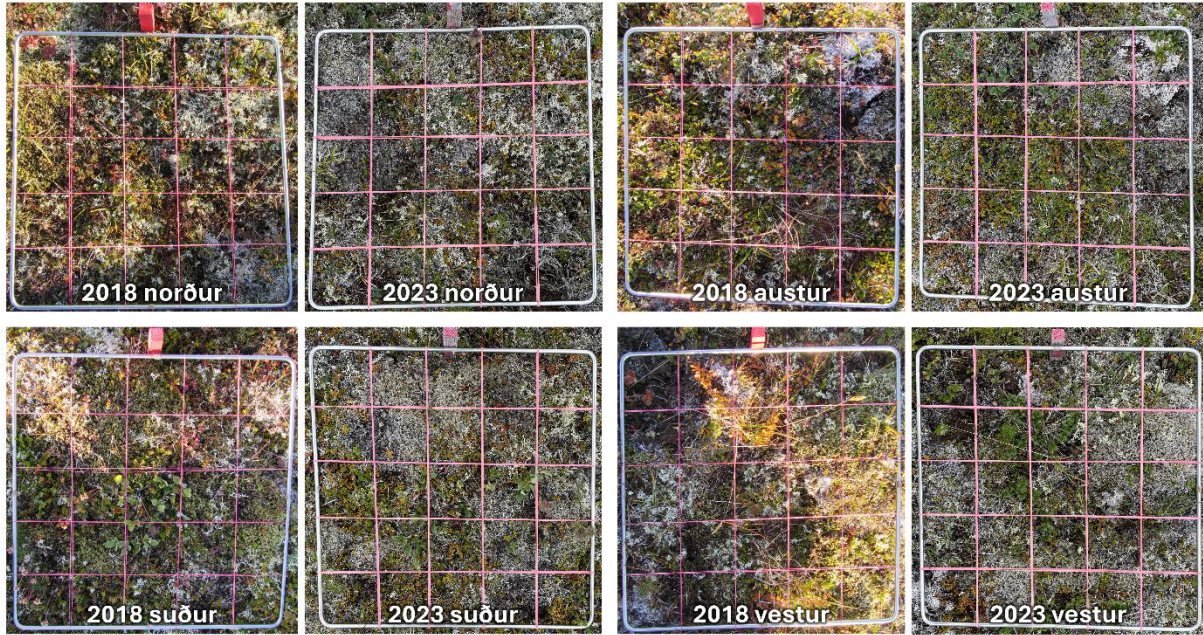
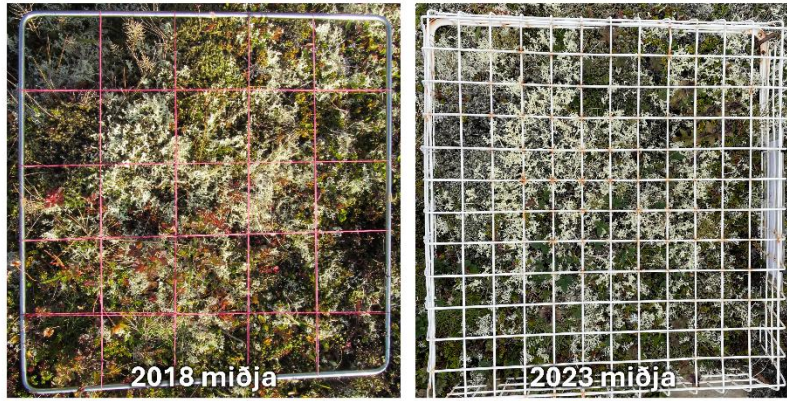
Svæði	Reitur	Krækilyng	Fjalldrapi	Sauðamergur	Bláberjalyng	Stinnastör	Grasvíðir	Holtasóley	Fjallaviðir	Lambagras	Geldingahnappur	Móasef	Pursaskegg
A	1	xy				xy		xy		x	x	x	
	2	xy				x		xy		x	xy		
	3	xy		x		xy		x		x	x		
	4	xy				xy	x			xy	x		
B	7	x	x			x			xy	y	x	x	xy
	8	xy	xy					x	x	x	x	xy	xy
	5	x	x			xy			xy				xy
	6	xy	x			y		xy		x	y		y
C	11	xy	xy	x	xy		x					x	
	12	xy	xy		xy				x				
	9	xy	x	xy	xy	x	x	x	x	xy	y		
	10	xy	xy	xy	xy	x	xy	xy					
D	13	xy	xy	xy	xy		x						
	14	xy	x	xy	xy		xy		x			x	
	15	xy	x	xy	x	x				x	x	x	
	16	xy	xy		xy	x	x		x				
E	17	xy		xy	x		xy	x					
	18	xy		xy			xy	xy				x	
F	19	xy						xy					
	20	xy	xy	xy	xy				x				x
	21	xy	x	x	x		xy		xy				
	22	xy		xy	x		xy		x			x	

x: skráð í opnum smáreitum, y: skráð í beitarvörðum smáreitum

Tafla V2. Fléttutegundir og -tegundahópar (með skálettri) sem skráðir voru í reitum árið 2023. Meðalþekja flétta í opnum smáreitum er sýnd í efri línu hvers reitar og þekja flétta í beitavörðum smáreitum í þeirri neðri. Ættkvíslum (og skyldum ættkvíslum) er raðað saman.

Svæði	Reitur	(Flavo)Cetraria/Cetrariella					Cladonia				Stereocaulon	Ochrolechia	Thamnolia	Peltigera	Alectoria	Sphaerophorus	
		Fjallagrös	Mariugrös	Melakræða	Mundagrös	Kræður/grös	Hreindýrakrókar	Grákrókar	Gulkrókar	Púfubikar	Bikarfléttur	Breyskja	Brodsklima	Ormagrös	Skófir	Skollakræða	Surtarkræða
A	1	0.5	0.8			1.3	1.5		0.1			1.4	0.4	0.1			
		0.5	2			0.5	0.5					0.5	0.5				
	2					7.3	1		0.1	0.3	0.1	4	0.3	0.1			
		0.5				3	3					0.5	1	0.5	0.5		
	3	0.1				2.8	0.5					0.9					
B	4	0.5			1.9		3.1		0.4			2.3		0.3			
		0.5			6		3				0.5						
	5	2.1				0.9	0.3							4.3			
		30															
	6	0.5				6.5	0.1				0.4	17.3	0.5	0.3	0.1	0.4	
C		2				3	0.5				1	1		0.5	0.5		
	7	21.5					21				1.4	0.1					
		26					6										
	8	19.8				0.6	8			0.3	0.9	1.9	0.1			0.1	
		15				3	12						0.5				
D	9	3.3	0.8			0.8	7				0.1	2.3	0.5	0.1	0.4	0.4	
		3	35			0.5	10				0.5	0.5	0.5		1	0.5	
	10	4.5	0.4			0.4	8.8			0.3	0.8	1.4	0.5		0.9	1	
		5	0.5				1		0.5		1	1	0.5	0.5	8	0.5	
	11	0.3		0.1		1						0.5	0.5	0.1	4		
E		0.5	4								0.5		0.5		5		
	12	0.1	0.5						0.6		0.3	0.1	0.1	0.3	2.8	0.1	
									0.5						6		
	13	2.3				0.5	3.5	0.1			0.1		0.3	0.3			
		5					10	1			2		0.5				
F	14	2.1					9.6	0.6	0.4		0.6	0.3	0.4		0.3	0.1	0.3
		2					7	0.5				0.5	0.5	0.5			
	15	2.4					11.3	0.1			0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.1	
		2					9						0.5			1	
	16	0.3	1.7				5	0.3	0.2	0.3	0.2		0.3	0.3			
G		0.5	21				18	1			0.5						
	17	2.1					6.8		0.1		0.3	1.1					
		0.5					9						0.5				
	18	2.4				0.1	1.6				0.6	0.8	0.3				
		4					12				0.5	0.5					
H	19	0.6	0.3	0.1		1.1	1.8				0.8	2.8	0.4				
						3					0.5	3			15		
	20	4.4					18.6	3	0.4		0.6	0.5		0.3			
		2					53	1	5	1	1						
	21	3.3					11.8		0.3	0.3	0.1		0.4				
I		0.5					10	0.5	0.5				0.5				
	22	5.8				0.3	17.5	0.1	0.8	0.1	0.5	2.4					
		5					29	0.5	1			0.5					

Hofsháls (C)
Reitur 9



V3. mynd. Samanburður ljósmynda frá 2018 og 2023 af öllum smáreitum í reit 9 á Hofshálsi (svæði C).

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • www.na.is