

Stöðumat á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda Íslands

AÐFERÐAFRÆÐI OG FAGLEGUR BAKGRUNNUR

DRÖG

*Höfundar: Bryndís Marteinsdóttir, Elín Fjóla Þórarinsdóttir, Guðmundur Halldórsson,
Jóhann Helgi Stefánsson, Jóhann Þórsson, Kristín Svavarsdóttir, Magnús Þór Einarsson,
Sigprúður Jónsdóttir og Sigmundur Helgi Brink.*

Formáli

Í mars 2017 gerðu atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, Bændasamtök Íslands, Landgræðsla ríkisins (nú Landgræðslan)¹ og Landssamtök sauðfjárbænda með sér samkomulag til 10 ára um mat og vöktun á gróður- og jarðvegsauðlindum landsins.

Verkefnið fékk heitið GróLind og markmið þess eru að: (a) meta með reglubundnum hætti ástand gróður- og jarðvegsauðlinda landsins og (b) þróa sjálfbærnivísa fyrir nýtingu gróður- og jarðvegsauðlinda landsins. Það verður gert með því að setja upp kerfisbundna vöktun á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda og afla upplýsinga sem nauðsynlegar eru til að tryggja sjálfbæra nýtingu þeirra.

Umsjón verkefnisins er í höndum Landgræðslunnar en verkefnið er unnið í samstarfi við hagsmunaaðila, aðrar stofnanir og faghóp verkefnisins sem atvinnuvega- og nýsköpunarráðherra skipaði vorið 2017. Formaður faghópsins er Oddný Steina Valsdóttir, sauðfjárbóndi. Aðrir í faghópnum eru Borgar Páll Bragason, fagstjóri í nytjaplöntum hjá Ráðgjafamiðstöð landbúnaðarins; Jóhannes Sveinbjörnsson, dósent hjá Landbúnaðarháskóla Íslands; Ingibjörg Svala Jónsdóttir, prófessor við Háskóla Íslands og Borgþór Magnússon, plöntuvistfræðingur hjá Náttúrufræðistofnun Íslands. Verkefnið er fjármagnað með framlagi frá búvörusamningunum, með eigin framlagi Landgræðslunnar og með styrkjum.

Vinnuhópur innan Landgræðslunnar hefur unnið að þróun og skipulagningu verkefnisins. Hann skipa Bryndís Marteinsdóttir (verkefnisstjóri), Anne Bau, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Iðunn Hauksdóttir, Jóhann Helgi Stefánsson, Jóhann Þórsson, Kristín Svavarsdóttir og Sigþrúður Jónsdóttir. Magnús Þór Einarsson sat í vinnuhópnum til ársins 2019 er Iðunn tók sæti hans og Guðmundur Halldórsson til ársins 2020 er Anne tók við af honum.

Samantekt

Stöðumati GróLindar er ætlað að sýna, á grófum kvarða, stöðu gróður- og jarðvegsauðlinda landsins eins og hún er í dag. Stöðumatið er unnið upp úr kortlagningu vistgerðaflokka lands frá Náttúrufræðistofnun Íslands 2016 og kortlagning á jarðvegsrofi á vegum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (Rala) og Landgræðslu ríkisins frá 1997. Út frá þessum upplýsingum var hverju vistkerfi gefin ástandseinkunn sem endurspeglar stöðugleika jarðvegs, vatnsbúskap og virkni náttúrulegra ferla í vistkerfinu. Vistgerðargögnin eru bæði nýrri og nákvæmari og fá því meira vægi í stöðumatinu og gilda 2/3 af heildareinkunn á móti 1/3 sem jarðvegsrofið gildir. Með því að hafa jarðvegrofið inni í stöðumatinu, næst hins vegar að kortleggja þann breytileika sem finnst innan sömu vistgerðar.

Við val á gögnum og þróun á aðferðafræði við stöðumatið var stuðst við vísindalega þekkingu á vistfræðilegum ferlum auk þess sem ýmsar þekktar aðferðir við mat á landi, bæði innlendar og erlendar, voru hafðar til hliðsjónar.

Í framtíðinni mun ástandsmat GróLindar byggja á reglubundnum mælingum, m.a. í mælireitum GróLindar og vöktunarreitum landnotenda og annarra. Þær upplýsingar munu nýtast við að uppfæra mat á ástandi jarðvegs- og gróðurauðlinda landsins með kerfisbundnum hætti.

Til að stöðumatið nýtist sem best við ákvarðanir um landnýtingu er nauðsynlegt að skoða stöðumatskortið í samhengi við önnur kort og aðrar upplýsingar eins og landfræðilega staðsetningu svæða og hentugleika vistgerða til ákveðinnar landnýtingar.

Inngangur

Til að vakta ástand gróður- og jarðvegsauðlinda hér á landi er nauðsynlegt að setja upp kerfi þar sem vistfræðilegir þættir sem endurspeglar ástand auðlindanna eru reglulega mældir í neti mæltreita. Í GróLind er gert ráð fyrir að setja út á milli 1000 – 1500 fasta mæltreiti víðs vegar um landið, þar sem ástand vistkerfa verður metið á fimm ára fresti. Í þessum mæltreitum verða ýmsir þættir mældir og metnir m.a. tegundasamsetning og gerð gróðurs, þekja gróðurs, gróðurhæð, rof og jarðvegsgerð. Að auki er verið að þróa aðferðafræði til að fá landnotendur og aðra til að taka þátt í einfaldri vöktun með hjálp snjallforrits í síma.

Með endurteknum mælingum í vöktunarreitum GróLindarverkefnisins verður safnað upplýsingum um ástand vistkerfa og breytingar á því milli mælinga. Þessar upplýsingar munu nýtast við að uppfæra mat á ástandi jarðvegs- og gróðuruðlinda landsins með kerfisbundnum hætti. Mælikerfið verður hins vegar ekki tilbúið fyrr en að nokkrum árum liðnum. Í upphafi verður því gefið út stöðumat á ástandi auðlindanna sem byggir á fyrirliggjandi gögnum. Við val á gögnum og þróun á aðferðafræði við stöðumatið var stuðst við vísindalega þekkingu á vistfræðilegum ferlum auk þess sem ýmsar þekktar aðferðir við mat á landi, bæði innlendar og erlendar, voru hafðar til hliðsjónar.

Þá var haft samráð við sérfræðinga innan og utan Landgræðslunnar við þróun þessa fyrsta stöðumats. Þessu fyrsta stöðumati er ætlað að sýna, á grófum kvarða, stöðu gróður- og jarðvegsauðlinda landsins eins og hún er í dag og gefa okkur heildarsýn af ástandi lands. Í þessari skýrslu verður farið yfir fræðilegan bakgrunn og aðferðafræðina sem lögð er til grundvallar við stöðumatið. Stöðumatið er hægt að nálgast á heimasíðu verkefnisins www.grolind.is.

Ástand lands

Ástand lands er grundvallarhugtak í allri umfjöllun um nýtingu gróður- og jarðvegsauðlinda. Í lögum um landgræðslu hefur það verið skilgreint sem: „Eiginleikar og samsetning gróðurs og jarðvegs í vistkerfi viðkomandi landsvæðis í samanburði við það sem telja má eðlilegt miðað við náttúrulegar aðstæður“ (lög nr.155/2018). Skilgreining á ástandi beitolanda er að finna í reglugerð um gæðastýrða sauðfjárframleiðslu (reglugerð nr. 511/2018 m.s.br.) „Eiginleikar og samsetning gróðurs og jarðvegs í vistkerfi viðkomandi landsvæðis, í samanburði við það sem telja má eðlilegt miðað við gott ástand lands og hóflega landnýtingu að mati eftirlitsaðila“. Ástand lands ræðst af frjósemi jarðvegs, tegundasamsetningu og þekju gróðurs.

Landnýting hefur einnig áhrif, þau geta bæði verið skamm- og langvinn. Þetta eru lykilþættir sem ráða framleiðni, miðlun vatns og líffræðilegri fjölbreytni á viðkomandi svæði. Ástand lands hefur bein áhrif á flæði orku og hringrás vatns og næringarefna og þar með á virkni vistkerfa, þanþol og viðnám þeirra (Pettorelli o.fl., 2018). Þanþol (e. resilience) og viðnám (e. resistance) vistkerfa eru hugtök sem lýsa því hversu mikið rask vistkerfi þolir og hvort og þá hversu hratt starfsemi og eiginleikar vistkerfa ná fyrra ástandi eftir rask (Grimm og Wissel, 1997; Holling, 1973; Suding, 2011). Líta verður til þessara þátta þegar áhrif landnýtingar á vistkerfi eru skoðuð og við mat á sjálfbærni landnýtingar.

Til að meta ástand lands er nauðsynlegt að meta virkni orkuflæðis og vatns- og næringarefnahringrása ásamt því hversu mikið þanþol og viðnám vistkerfi svæðisins hafa og bera það saman við viðmiðunarvistkerfi svæðisins. Viðmiðunarvistkerfi endurspeglar mögulegt besta ástand svæðisins m.t.t. veðurfars, landslags og jarðvegs. Viðmiðunarvistkerfi eru því mismunandi eftir svæðum (Herrick o.fl., 2019; Karl og Herrick, 2010).

Ástand lands á Íslandi hefur verið metið með mismunandi aðferðum eins og sjá má í töflu 1. Í ritinu Jarðvegsrof á Íslandi (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) var ástand lands metið út frá því hvort og hversu mikið jarðvegsrof er á tilteknu svæði. Heilu sveitarfélögunum og/eða afréttum var gefin einkunn byggð á útbreiðslu svæða með mikið rof, stærð auðna og fjallendis, og stærð svæða með lítið rof. Í bókinni Lesum og læknum landið (Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir, 2015) er sett fram aðferð til að meta ástand lands á láglandi (neðan 300-400 m y.s.) sem byggir á tillögum sömu höfunda sem birtust í ritinu Græðum Ísland IV árið 1992 (Ása L. Aradóttir o.fl., 1992).

Matið byggir á því hversu virk og stöðug vistkerfin eru og er þeim skipt niður í sex ástandsstig frá heilum vistkerfum til óvirkra vistkerfa (auðna). Árið 2016 unnu Landgræðsla ríkisins og Landbúnaðarháskóli Íslands að því að þróa aðferðir til að meta áfallaþol vistkerfa umhverfis Heklu m.t.t. öskufalls (Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2017). Þar voru yfirborðsflokkun Nyttjalds (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2014), gróðurkort Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ) af hálendi Íslands (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2014) og kortlagning Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (Rala) og Landgræðslu ríkisins á jarðvegsrofi (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) notuð til að leggja mat á það hversu vel mismunandi vistkerfi þola öskufall og hindra öskudreifingu út frá þáttum eins og gróðurgerð, gróðursamsetningu, hæð gróðurs, gróðurþekju og rofi.

Landgræðsla ríkisins og Rala höfðu einnig áður gefið út bækling þar sem aðferð til að meta ástand hrossahaga er lýst (Borgþór Magnússon o.fl., 1997) og síðar gaf Landgræðsla ríkisins út sambærilegan bækling fyrir sauðfjárhaga (Sigbrúður Jónsdóttir, 2010). Þar er lagt upp með að meta ástand með sjónmati m.a. út frá gróðurþekju, rofi, magni sinu og uppskeru. Þessar aðferðir hafa verið nýttar við ástandsmat lands hjá Landgræðslunni í tengslum við eftirlit á hrossahögum, gróðureftirlit, gæðastýringu í sauðfjárrækt og afréttarskoðanir. Fyrir utan kortlagningu jarðvegsrofs sem nær til alls Íslands hafa fyrrgreindar aðferðir eingöngu verið notaðar til að meta ástand lands á afmörkuðum svæðum.

Tafla 1. Yfirlit yfir íslensk verkefni þar sem ástand lands hefur verið metið út frá mismunandi forsendum. Í töflunni er gerð grein fyrir þeim breytum sem notaðar voru við matið og matskvarða þeirra.

VERKEFNI	BREYTUR	MATSKVARÐI	HEIMILD
Kortlagning á jarðvegsrofi á Íslandi	Rofgerð og virkni rofs	Rofeinkunn 0-5 (ekkert rof - mjög mikið rof)	Ólafur Arnalds o.fl. 1997
Mat á ástandi lands m.t.t. sauðfjárbeitar	Gróðurþekja, rofabörð, stöðugleiki yfirborðs, magn sinu, magn uppskeru og beitarummerki	Beitarhæfi 0-5 (ágætt - óhæft til beitar)	Sigbrúður Jónsdóttir 2010
Mat á ástandi lands m.t.t. hrossabeitar	Rofdílar, þúfur, beitarummerki, blómgun grasa, sina og uppskera	Beitarhæfi 0-5 (ágætt - óhæft til beitar)	Borgþór Magnússon o.fl. 1997
Lýsing á ástandsstigum vistkerfa	Gróðurþekja, jarðvegsrof og virkni vistkerfa	Ástand 1-6 (heilt – auðnir)	Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir 2015
Mat á þanþoli lands gagnvart öskufalli	Vistgerð, gróðurþekja og hrjúfleiði	Viðkvæmniflokkar 1-5 (sterk – illa farin)	Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl. 2017

Þær aðferðir sem líklega eru þekktastar og hvað mest notaðar við mat á ástandi lands erlendis eru aðferðir sem þróaðar hafa verið til að meta ástand úthaga í Bandaríkjunum (Herrick o.fl., 2005; Pellant o.fl., 2018) og Ástralíu (Tongway, 1994), en nálgun þeirra er mjög lík. Þeir þættir sem skipta mestu máli varðandi ástand lands skiptast í þrjá megin flokka:

1) Stöðugleiki jarðvegs og landsvæða (*e. soil and site stability*): Geta vistkerfisins til að hindra fok og tap á jarðvegi vegna vinds, vatns og annars rasks og jafnframt geta þess til að jafna sig eftir rask. Þessi þáttur er tengdur þanþoli og viðnámi vistkerfisins.

2) Vatnshagur (*e. hydrological functions/infiltration*): Geta vistkerfisins til að fanga, geyma og miðla vatni. Þessi þáttur endurspeglar vel virkni vatnshringrásarinnar.

3) Virkni náttúrulegra ferla (*e. biotic integrity/nutrient cycling*): Geta vistkerfisins til að styðja við náttúrulega ferla eins og hringrás næringarefna og orkuflæði og viðhalda þeim. Tengist einnig viðnámi og þanþoli vistkerfa.

Niðurstöður mælinga á þessum þremur flokkum eru bornar saman við það sem ætla má að finnist í viðmiðunarvistkerfi fyrir viðkomandi svæði. Þessi nálgun er notuð víða við vöktun á ástandi beutilanda með góðum árangri, svo sem í Afríku (Riginos o.fl., 2010), Bandaríkjunum (Herrick o.fl., 2005; Pellant o.fl., 2005), Mongólíu (Densambuu o.fl., 2018; Jamsranjav o.fl., 2018) og Ástralíu (Tongway og Hindley, 2004). Nýverið hefur einnig verið þróað í Bandaríkjunum smáforritið LandPKS fyrir snjallsíma sem byggir á þessari aðferðafræði og gerir fólki kleift að meta ástand lands á einfaldan hátt (Herrick o.fl., 2016; Herrick o.fl., 2013).

Ástandsmat GróLindar byggir á hliðstæðri hugmyndafræði enda hefur verið sýnt fram á gildi hennar (Jones o.fl., 2018; Munson o.fl., 2016; Watson o.fl., 2007). Nauðsynlegt er þó að aðlaga þessa aðferðafræði að íslenskum aðstæðum og markmiðum verkefnisins.

Stöðumat á ástandi auðlindanna

Fyrsta stöðumat GróLindar á ástandi vistkerfa byggir einungis á fyrirliggjandi gögnum. Þau gögn sem voru notuð eru vistgerðaflokkun lands frá Náttúrufræðistofnun Íslands 2016 (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016) og kortlagning á jarðvegsrofi á vegum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (Rala) og Landgræðslu ríkisins frá 1997 (Ólafur Arnalds o.fl., 1997). Með því að leggja mat á ákveðna eiginleika vistgerða og jarðvegsrofs og gefa þeim einkunnir sem endurspeglar stöðugleika jarðvegs, vatnsbúskap og virkni náttúrulegra ferla er hægt að nýta ofangreind gögn, sem ná til alls landsins, til að meta ástand vistkerfa. Þar sem ekki eru til staðbundnar upplýsingar um viðmiðunarvistkerfi á Íslandi er ekki hægt að meta ástand út frá „eiginleikum og samsetningu gróðurs og jarðvegs í vistkerfi viðkomandi landsvæðis í samanburði við það sem telja má eðlilegt miðað við náttúrulegar aðstæður“ (lög nr.155/2018). Matið sýnir hins vegar hver stöðugleiki, virkni og vatnshagur svæða er í samanburði við önnur á landinu óháð því hver viðmiðunarvistkerfi svæðanna eru. Með þeirri þróun og þeim mælingum sem fara fram innan GróLindarverkefnisins verður með árunum hægt að fá nákvæmari mynd af ástandi, meta ástand einstakra svæða miðað við viðmiðunarvistkerfi og meta hvernig ástandið breytist frá einum tíma til annars.

Það er mikilvægt að undirstrika að þetta stöðumat segir ekki til um ástand svæða m.v. viðmiðunarvistkerfi eða um nýtingargetu vistkerfanna, t.d. með tilliti til beitar. Sem dæmi má nefna að ástand ungra mosapakinna hrauna getur talist nokkuð gott þó svo að svæðið hafi litla sem enga þekju beitarplanta, kerfið sé viðkvæmt fyrir traðki og sé því ekki æskilegt beutiland. Að auki tekur matið ekki til landfræðilegra þátta eins og þess að svæði hátt yfir sjó eru viðkvæmari fyrir raski en sambærileg svæði á láglandi. Þá hentar aðferðafræðin heldur ekki til að meta ástand lands m.t.t. losunar eða bindingar kolefnis. Dæmi um það eru framræsts votlendis, en í samanburði við þurrlendisvistkerfi hafa þau mikinn stöðugleika og mikla virkni, þrátt fyrir að vera röskuð og í hnignuðu ástandi m.v. öröskuð votlendi.

Virkni byggð á einkennum vistgerða

Til að meta virkni vistgerða er hverri vistgerð gefin einkunn byggð á ákveðnum einkennum sem tengjast stöðugleika, virkni náttúrulegra ferla og vatnshag. Til þess að leggja mat á þessa þætti eru notaðar tölu- legar upplýsingar sem koma fram í lýsingu einstakra vistgerða. Þær mælibreytur (eiginleikar) sem valdar voru eru: gróðurhæð, þekja óvarins jarðvegs, magn kolefnis (C) í jarðvegi og gróðurþekja æðplantna (Tafla 2). Þessar mælibreytur voru valdar úr vistgerðaflokkun NÍ þar sem að þær endurspeglar vel virkni vistkerfa og hafa verið nýttar við alþjóðlegt mat á ástandi vistkerfa (sjá t.d. Doran og Parkin, 1997; Herrick o.fl., 2017)

Í vistgerðaflokkuninni eru þessar mælibreytur mældar í átta smáreitum (100 x 33 sm) innan beltasniða (400 m²) sem valin voru með slembivali innan vistgerða. Misjafnt var eftir vistgerðum hversu mörg gróðursnið voru mæld, en gildi fyrir hverja vistgerð byggir á meðaltali þeirra gróðursniða sem mæld voru í tiltekinni vistgerð. Nánar um aðferðafræði mælinganna má finna í Fjölríti Náttúrufræðistofnunar Íslands nr. 54 (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016) og í skýrslu Náttúrufræðistofnunar Íslands um vistgerðir á miðhálandinu (Sigurður H. Magnússon o.fl., 2009).

Tafla 2. Yfirlit yfir mælibreytur vistgerðaflokkunar Náttúrufræðistofnunar Íslands sem hér eru notaðar til að leggja mat á stöðugleika, virkni og vatnshag vistgerða. Spönn sýnir hæstu og lægstu meðaltalsgildi fyrir hverja mælibreytu. Mæliaðferð lýsir stuttlega hvernig hver mælibreyta var mæld. Nánar um aðferðafræði mælinganna má finna í Fjölríti Náttúrufræðistofnunar Íslands nr. 54 og í skýrslu Náttúrufræðistofnunar Íslands nr. NI-09008 um vistgerðir á miðhálandinu.

MÆLIBREYTA	SPÖNN	MÆLIAÐFERÐ
Gróðurhæð	0,5 - 90 sm	Á hálandi var meðalgróðurhæð hæstu sprota innan mælireita metin til flokka (0-5 sm, 6-10 sm, 10 - 20 sm, 20-30 sm, 30 - 40 sm o.s.frv) en á láglendi var gróðurhæð hæstu sprota mæld.
Þekja óvarins jarðvegs	0 - 93 %	1 - (heildargróðurþekja vistgerðar + meðal grýtniþekja vistgerða (steinar > 25 sm ²)).
Þekja æðplantna	0 - 83 %	Heildarþekja æðplantna metin með sjónmati samkvæmt þekjukvarða Braun-Blanquet með smá breytingum.
Kolefnisinnihald jarðvegs	0 - 28 %	Jarðvegssýni úr efstu 10 sm jarðvegs tekin og kolefni í jarðvegi greint á rannsóknastofu.

Einkunn fyrir einstakar vistgerðir

Gróðurhæð, þekja óvarins jarðvegs, þekja æðplantna og kolefnisinnihald í jarðvegi eru þeir þættir sem eru nýttir til að gefa hverri vistgerð virknieinkunn (Tafla 3). Lægsta einkunn fyrir hvern þessara þátta er einn og hæsta einkunn fimm, þannig að samanlögð einkunn allra þátta getur spannað frá fjórum og upp í 20. Einkunnin endurspeglar því almenna virkni viðkomandi vistgerðar, óháð því hvort eða hversu virkt rof er á svæðinu, allt frá vistgerðum með lítinn stöðugleika, lélegan vatnshag og litla vistfræðilega virkni (einkunn fjórir) til stöðugra vistgerða með mjög góðan vatnsbúskap og mikla virkni (einkunn 20). Við mat á tengslum einstakra þátta við ástand lands er byggt á innlendum og erlendum vísindarannsóknum. Einkunnir einstakra vistgerða má sjá í fylgiskjali I.

Gróðurhæð

Gróðurhæð endurspeglar vistfræðilega virkni vistgerða. Það er t.d. meiri sinu að finna í gróskumiklum graslendum en rýrari móum sem hefur bein áhrif á næringarefnahringrás og lífþyngd (e. biomass). Aukin gróðurhæð eykur oft flatarmál ljóstillífunaryfirborðs sem leiðir til meiri frumframleiðni (Berner o.fl., 2018).

Gróðurhæð hefur einnig áhrif á viðnám gróðurs (Ólafur Arnalds o.fl., 2010) og svæða (Webb o.fl., 2014) gegn rofi. Gróður safnar meiri snjó eftir því sem hann er hærri, en það minnkar jafnframt hættu á rofi, verndar yfirborðið fyrir myndun holklaka og ísnála í jarðvegi og eykur vatnsforða jarðvegsins yfir vaxtartíma plantna. Ísnálamyndun er meðal þess sem hefur hvað mest áhrif á lifun ungra plantna á Íslandi, en snjóalög minnka hitasveiflur sem stuðla að myndun þeirra (Berglind Orradóttir og Ólafur Arnalds, 2006; Zhang, 2005).

Gróðurhæð hefur einnig áhrif á viðnám og þanþol gróðurs gegn áfoki og öskufalli. Skógur og kjarr þola yfirleitt hlutfallslega betur áfok en lágvaxnar jurtir og mosar (Hotes o.fl., 2004; Maun, 1998; Zobel og Antos, 1997). Rannsóknir við Blöndulón sýndu að mosar og fléttur hurfu úr þekju við 2,5–5,0 sm þykkun foksand, en flestar blómjurtir, smárunnar og hálfgrös hurfu úr þekju við 5–10 sm áfok (Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl., 2009). Áfokstilraunir við Hálsón gáfu sambærilegar niðurstöður þar sem mosar og fléttur voru viðkvæmastar fyrir áfoki á meðan grös og runnar þoldu meira áfok (Ólafur Arnalds o.fl., 2010). Enn fremur geta birki og hávaxnir víðirunnar ráðið úrslitum um hvort vistkerfi nái sér eftir gjóskufall vegna eldgosa (Ása L. Aradóttir og Þröstur Eysteinnsson, 2005; Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir, 2006), en það getur drepið lágvaxnari gróður sem geymir vaxtarbrodda sína í jarðvegi eða rétt ofan yfirborðs (Anna María Ágústsdóttir, 2013; Ólafur Arnalds, 2013).

Við einkunnagjöf vistgerða vegna gróðurhæðar er aðgreint á milli meðalhæðar hæsta sprota: <5 sm, 5-9 sm, 10-14 sm, 15-39 sm og ≥ 40 sm. Vistgerðir með meðalgróðurhæð undir 5 sm einkennast af mjög lágvöxnum gróðri og/eða lítilli gróðurþekju. Vistgerðir með meðalgróðurhæð 5-9 sm endurspeglar lágvaxinn gróður, s.s. gróður sem einkennist af lágvöxnum grösum og jurtum. Í vistgerðum með meðalgróðurhæð 10-14 sm telst gróður í meðalhæð, og einkennist af graskenndum tegundum og mólendisgróðri. Vistgerðir með meðalgróðurhæð 15-39 sm einkennast af hávaxnari gróðri t.d. lágvöxnum runnum og hávöxnu grasi. Þegar gróðurhæðin er komin yfir 40 sm eru hávaxnir runnar eða trjágróður ríkjandi í vistgerðunum (Tafla 3).

Óvarinn jarðvegur (*e. bare ground*)

Óvarinn jarðvegur vísar til jarðvegsyfirborðs sem ekki er hulið gróðurlagi, sinu, grjóti eða jarðvegsskán (Weltz o.fl., 1998). Hlutfall óvarins jarðvegs og dreifing þess gefur vísbendingu um þol svæða gagnvart vind- eða vatnsrofi enda er hlutfall óvarins jarðvegs einn helsti matsþáttur fyrir stöðugleika svæða (Benkobi o.fl., 1993; Cerdà, 1999; Gutierrez og Hernandez, 1996; Morgan o.fl., 1997; Streeter og Cutler). Þegar jarðvegur er óvarinn, geta regndropar og vindur auðveldlega rofið yfirborðið (Pellant o.fl., 2005; Zuazo og Pleguezuelo, 2008).

Í þessu stöðumati er óvarinn jarðvegur reiknaður fyrir hverja vistgerð sem sá hluti jarðvegs sem ekki er þakin gróðri eða grjóti (skilgreint sem steinar yfir 25 sm² að flatarmáli):

Óvarinn jarðvegur = 1 - (heildargróðurþekja vistgerðar + meðal grýtniþekja vistgerðar)

Óvarinn jarðvegur hvernar vistgerðar sýnir háa neikvæða fylgni við heildargróðurþekju vistgerðarinnar. Heildargróðurþekja hefur áhrif á virkni vistkerfa, en virknin eykst oftast með aukinni þekju (Naeem o.fl., 1995). Þá dregur gróðurþekja úr yfirborðsrennsli og hefur bein áhrif á hversu mikið vatn sígur ofan í moldina (Berglind Orradottir o.fl., 2008). Gróðurþekja hefur einnig áhrif á hversu lengi vatnið er að síga niður í grunnvatnið eða skolast burt sem yfirborðsrennsli (Gaberšček og Murlis, 2011). Í vistkerfum með hátt hlutfall óvarins jarðvegs er virkni vistkerfa því lítil og vatnshagur lélegur.

Við einkunnargjöf óvarins jarðvegs eru mörkin sett við <10%, 10-19%, 20-29%, 30-49% og >50%. Ef hlutfall óvarins jarðvegs í vistgerðinni er <10% er svæðið nær alþakið gróðri og/eða grjóti. Eftir því sem hlutfall óvarins jarðvegs eykst minnkar stöðugleikinn og virkni svæðisins. Þegar yfir helmingur jarðvegs er óvarinn, telst svæði mjög óstöðugt enda miklar líkur á vind- og vatnsrofi, vatnshagur er einnig mjög skertur svo og vistfræðileg virkni (Tafla 3).

Lífrænt efni í jarðvegi

Lífrænt efni í jarðvegi hefur mikil áhrif á eðlis- og efnafræðilega eiginleika hans (Kononova, 1966; Wilson, 1991). Lífrænt efni er nauðsynlegt til að viðhalda grunnvirkni landvistkerfa (Aber og Melillo, 2001), er mikilvægur þáttur í næringarefnahringrás vistkerfa (Schlesinger, 1995) og hefur mikil áhrif á hversu vel jarðvegur heldur í vatn (Weil og Brady, 2016). Lífrænt efni er því lykilþáttur í að meta jarðvegsgæði (Brady og Weil, 2013; Gregorich o.fl., 1994) og er oft metið með því að mæla heildar kolefni í jarðvegi en megnið af kolefni jarðvegs er bundið lífrænum efnum (Bünemann o.fl., 2018; Pribyl, 2010). Lífrænt efni í jarðvegi eykur líka stöðugleika jarðvegs gagnvart vind- og vatnsrofi (Panagos o.fl., 2014; Rodríguez o.fl., 2006).

Tvær íslenskar jarðvegsgerðir einkennast af háu hlutfalli lífrænna efna. Þetta eru mójörð (Histosol) og svartjörð (Histic Andosol). Þær geta innihaldið >12% kolefni og einkennast af mikilli virkni, á meðan jarðvegur sem einkennir t.d. mela (melajörð, Vitrisol) inniheldur <1% kolefni og er með litla virkni. Votjörð (Gleyic Andosol) og brúnjörð (Brown Andosol) hafa svo kolefnisinnihald mitt á milli (Ólafur Arnalds, 2004, 2008; Óskarsson o.fl., 2004).

Við einkunnargjöf er hlutfall kolefnis (C) í jarðvegi skipt í fimm flokka; <1% C, 1-3,4% C, 3,5-5,9% C, 6-12% C og svo >12% C. Jarðvegur með undir 1% C er mjög rýr jarðvegur en virkni og vatnsbússkapur eykst með auknu kolefnishlutfalli og er jarðvegur með yfir 12% C lífrænn jarðvegur með mikla virkni og góða vatnsheldni (Tafla 3).

Þekja æðplantna

Æðplöntur hafa áhrif á vatnsflæði og vatnsbúskap vistgerða með upptöku vatns úr jarðvegi og útgufun. Æðplöntur draga einnig úr yfirborðsrennsli og hafa áhrif á jarðvegsuppyggingu sem stýrir því hversu lengi vatnið er að síga niður í grunnvatnið (Gaberščík og Murlis, 2011; Ludwig, 1997; Zuazo og P leguezuelo, 2009). Magn æðplantna í vistkerfi hefur auk þess jákvæð áhrif á frumframleiðni (Capioli o.fl., 2008), uppsöfnun sinu og almennt á umsetningu næringarefna (Hobbie o.fl., 2000; Lang o.fl., 2009) og stöðugleika vistkerfa (Ólafur Arnalds o.fl., 2010).

Við einkunnagjöf flokkanna fimm fyrir æðplöntuþekju voru mörkin sett við <10%, 10-19%, 20-39%, 40-60% og >60%. Þegar æðplöntuþekja er mjög lítil (<10%) hefur hún mjög lítil áhrif á virkni, vatnshag og stöðugleika vistkerfa en áhrifin aukast eftir því sem þekja eykst. Við 40-60% æðplöntuþekju má gera ráð fyrir að hún hafi töluverð áhrif og þegar þekjan er orðin >60% eru áhrifin orðin mjög mikil (Tafla 3).

Tafla 3. Virknieinkunn fyrir mælibreytur úr vistgerðaflokkun Náttúrufræðistofu Íslands (NÍ) sem notaðar eru við stöðumat GróLindar.

TAFLA 3	VIRKNIEINKUNN				
	1	2	3	4	5
Mælibreyta					
Gróðurhæð	<5 sm	5 - 9 sm	10 - 14 sm	15 - 39sm	≥ 40 sm
Óvarinn jarðvegur	50 - 100%	30 - 49%	20 -29%	10 - 19%	> 10%
Þekja æðplanta	< 10%	10 - 19%	20 - 39%	40 - 59%	60 - 100%
Kolefni í jarðvegi	< 1%	1 - 3,4%	3,5 - 5,9%	6 - 11,9%	> 12%

Landgerðir án mælinga

Í vistgerðaflokkun NÍ eru ekki gefnar upp mælingar fyrir vistgerðir á hverasvæðum. Virknieinkunn fyrir þær vistgerðir, sem þekja alls um 60 km² lands, var ákveðin á huglægan hátt út frá lýsingum á vistgerðunum. Vistgerðaflokkunin skilgreinir ekki landgerðirnar tún og akurlendi, skógrækt og alaskalúpínu sem vistgerðir.

Ákveðið var þó að hafa þær með í stöðumatinu og gefa þeim einkunn. Tún og akurlendi (um 1.800 km²) eru skilgreind sem landbúnaðarland í ræktun. Gert var ráð fyrir að þessi svæði væru almennt í góðu ástandi og fengu þau einkunnina 20. Skógrækt (um 400 km²) eru svæði með ræktuðum skógi og alaskalúpína (um 300 km²) eru svæði skilgreind sem gróskumikil blómlendi vaxin alaskalúpínu, grösum og blómjurtum. Bæði þessi svæði fengu einkunnina 15, þar sem að mikill breytileiki er innan þeirra t.d. geta skógræktarsvæðin verið ung með takmarkaða virkni eða gömul með mikla virkni.

Einkunn út frá jarðvegsrofi

Jarðvegsrof er einn af þeim þáttum sem gefur til kynna hnignun vistkerfa (Davenport o.fl., 1998; Dormaar og Willms, 1998). Gerð og virkni jarðvegsrofs segir til um stöðugleika jarðvegs en því meira sem rofið er því minni er stöðugleikinn. Magn lífræn efnis og næringarefna og þar með vistfræðileg virkni er mest í efstu lögum jarðvegsins (Wood o.fl., 1982). Því meira sem rofið er því meira er tap á virkasta hluta jarðvegsins (Satterlund og Adams, 1992).

Kortlagning á jarðvegsrofi á Íslandi var gefið út árið 1997 (Ólafur Arnalds o.fl., 1997). Ætla má að einhverjar breytingar hafi orðið á rofi á þeim rúmlega tuttugu árum sem liðin eru síðan matið var gert, en þetta eru einu gögnin sem til eru um jarðvegsrof á öllu landinu. Rofkortlagningin var unnin í mælikvarðanum 1:100.000 og var land flokkað í 14 mismunandi rofgerðir. Hver rofgerð fékk einkunn eftir því hversu mikið rofið var, á bilinu 0 (ekkert rof) til 5 (mjög mikið rof) (Ólafur Arnalds o.fl., 1997; Ólafur Arnalds o.fl., 1992; Ólafur Arnalds o.fl., 1994).

Við stöðumat á ástandi jarðvegs- og gróðurauðlindanna er eingöngu tekið tillit til rofeinkunnar í rof-kortlagningunni því hún endurspeglar stöðugleika jarðvegs og jafnframt svæða. Margar rofgerðir og þar með rofeinkunnir geta verið á sama svæði og ef svæði er með fleiri en eina rofeinkunn gildir hæsta einkunnin. Eftir því sem jarðvegsrof eykst, því minni er stöðugleiki jarðvegs og svæða (Ólafur Arnalds o.fl., 1997; Ólafur Arnalds o.fl., 1992; Ólafur Arnalds o.fl., 1994).

Fyrir stöðumat GróLindar var hverri rofeinkunn gefin einkunn á kvarðanum 1 til 10 (Tafla 4). Svæði með ekkert rof fá einkunn 10, svæði þar sem lítið rof er fá einkunn 9, enda mjög stöðug, svæði með nokkuð rof fá einkunn 7, svæði með talsvert rof fá einkunn 5, svæði með mikið rof eru óstöðug og fá einkunn 3, svæði með mjög mikið rof eru mjög óstöðug og fá einkunn 1.

Tafla 4. Rofeinkunnir fyrir jarðvegsrof sem notaðar eru við stöðumat GróLindar.

TAFLA 4	ROFEINKUNN					
	1	3	5	7	9	10
Lýsing á rofi	Mjög mikið rof	Mikið rof	Talsvert rof (og fjöll)	Nokkurt rof	Lítið rof	Ekkert rof

Ástandseinkunn

Stöðumat á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda landsins út frá virkni náttúrulegra ferla, vatnshags og stöðugleika fékkst með því að leggja saman virknieinkunn vistgerða og rofeinkun fyrir jarðvegsrof. Einkunnir fyrir jarðvegsrof voru á bilinu 1-10 en 4-20 fyrir vistgerðaflokkunina en jarðvegsrofið gildir aðeins þriðjung af heildareinkunn á móti vistgerðaflokkuninni. Í mörgum tilvikum kemur jarðvegsrof óbeint fram í vistgerðum, t.d. er algengt að svæði með mikið rof flokkist til vistgerða með litla virkni og lítinn stöðugleika (sjá fylgiskjal II).

Að auki eru vistgerðargögnin bæði nýrri og nákvæmari og fá því meira vægi. Tölulegu upplýsingarnar sem notaðar eru til að gefa vistgerðum einkunn eru þó allar byggðar á meðaltalstölum og ná því ekki fram breytileika á virkni lands sem getur verið innan einstakra vistgerða. Með því að leggja rofkortið ofan á vistgerðirnar næst sá breytileiki innan vistgerða sem jarðvegsrof veldur (Fylgiskjal II). Þess ber að geta að í þessum gögnum er óhjákvæmilega eitthvað um skekkjur og hafa þær áhrif á það stöðumat sem hér er sett fram.

Vistgerðakort NÍ er byggt á rastagögnum, en landfræðileg upplausn þeirra er 5x5 m fyrir hverja myndeyningu (pixlastærð) og mælikvarði 1:25.000. Í úrvinnslu stöðumatsins var notast við 2. útgáfu vistgerðakorts Náttúrufræðistofnunar Íslands, en í henni er búið að einfalda gögnin þannig að minnsta eining í kortunum sem unnin er með fjarkönnun er 10 myndeyningar eða 0,025 ha (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2018). Rofkort Rala og Landgræðslu ríkisins eru vigur (vektor) gögn sem unnin voru í mælikvarðanum 1:100.000. Þar sem nákvæmni í rofkortunum er aðeins 1:100.000 er það sá mælikvarði sem ástandskortið er gefið út í. Öll gagnavinnslan var unnin í ArcGIS hugbúnaði frá Esri (ESRI, 2018) og ERDAS IMAGINE hugbúnaði (ERDAS, 2014).

Til að hægt væri að leggja þessi tvö gagnasett saman var nauðsynlegt að samræma þau. Til að samræma mælikvarða gagnabekjanna tveggja, og þar með að draga úr misræmi í nákvæmni, var vistgerðakortið einfaldað þannig að minnstu einingar í því eru 400 myndeyningar eða einn hektari (ha). Við einföldunina var notuð sama aðferð og NÍ notaði við einföldun vistgerðakortsins (clump and eliminate) í ERDAS. Áður en þessi einföldun var gerð á vistgerðakortunum voru flokkar fyrir vatnafar og manngert land þ.e. ferskvatn, fjörur, sjávarlón, jökla og þéttbýli og manngert land klipptir út. Þegar búið var að einfalda vistgerðakortin var hverri vistgerð gefin einkunn á skalanum 4-20 út frá gróðurhæð, þekju óvarins jarðvegs, þekju æðplantna og kolefnisinnihaldi jarðvegs.

Rofkortum var einnig breytt í rastagögn með 5x5 m myndeyningum til samræmis við vistgerðakort NÍ. Þegar flákum sem eru vigurgögn er breytt í rastagögn fá myndeyningarnar það gildi sem finnst í miðju hvernar myndeyningar. Hverri myndeyningu í rastagögnunum var svo gefið nýtt gildi á skalanum 1-10 út frá rofeinkunn. Í rofkortunum er afmörkun vatna mun ónákvæmari en í vistgerðakortunum og útbreiðsla jökla hefur einnig breyst umtalsvert. Því voru vötn og jöklar klipptir út úr rofkortunum og í staðinn notaðir flokkarnir fyrir vatnafar og manngert land úr vistgerðakortunum. Við þessa aðgerð komu víða eyður í rofkortin einkum þar sem jöklar hafa hopað, meðfram stórum ám og vötnum og á eyjum umhverfis landið þar sem rof var ekki kortlagt á sínum tíma. Á þessum svæðum sem ná yfir u.þ.b. 1,5% landsins voru því einungis til upplýsingar um vistgerðir en ekki um jarðvegsrof, því var vistgerðin látin ráða ástandseinkunn en einkunnin margfölduð með 1,5 til að ástandsskalinn á þessum svæðum væri einnig á bilinu 5-30.

Eftir samræmingu og einföldun á kortunum voru vistgerðaflokkseinkunn (á kvarðanum 4-20) og rofeinkunn (á kvarðanum 1-10) lagðar saman fyrir hverja myndeyningu í kortinu til að fá ástandseinkunn fyrir þá einingu (Map Algebra Analysis). Ástandskvarðinn spannar því frá svæðum sem teljast með mjög litla virkni, lélegan vatnshag og mjög lítinn stöðugleika (einkunn 5) upp í svæði með mjög mikla virkni, góðan vatnshag og mikinn stöðugleika (einkunn 30). Til að einfalda myndræna framsetningu gagna var kvarðanum skipt upp í fimm ástandsflokkar (Mynd 1; Fylgiskjal II). Þróun ástandskvarða og flokka var byggð á þeim fræðilega bakgrunni sem einkunnagjöf einstakra þátta byggir á (sjá hér að framan) og skoðunum á vettvangi.

ÁSTANDS- KVARÐI	MJÖG LÍTIL VIRKNI OG/ EÐA STÖÐUGLEIKI			MIKIL VIRKNI OG STÖÐUGLEIKI	
	Flokkur 1	Flokkur 2	Flokkur 3	Flokkur 4	Flokkur 5
EINKUNN Vistgerð + rof	5-12	13-16	17-21	22-26	27-30

Mynd 1. Einfaldaður ástandskvarði stöðumats GróLindar, sem skipt er í fimm ástandsflokkar

Svæði sem fá einkunn 5-12 hafa takmarkaða virkni, lélegan vatnshag og/eða lítinn stöðugleika auk mikils rofs (**Mynd 2**).



Mynd 2. Dæmi um landsvæði sem fá ástandseinkunn 5-12 í stöðumati GróLindar. Talið frá vinstri; eyðimelavist, landmelhólavist og eyðihraunavist.

Svæði með einkunn 13-16 eru í flestum tilfellum með fremur lága vistgerðaeinkunn en talsvert eða mikið rof eða svæði með lága vistgerðaeinkunn og lítið rof. Þetta eru því svæði með lítinn stöðugleika og/eða litla virkni (**Mynd 3**).



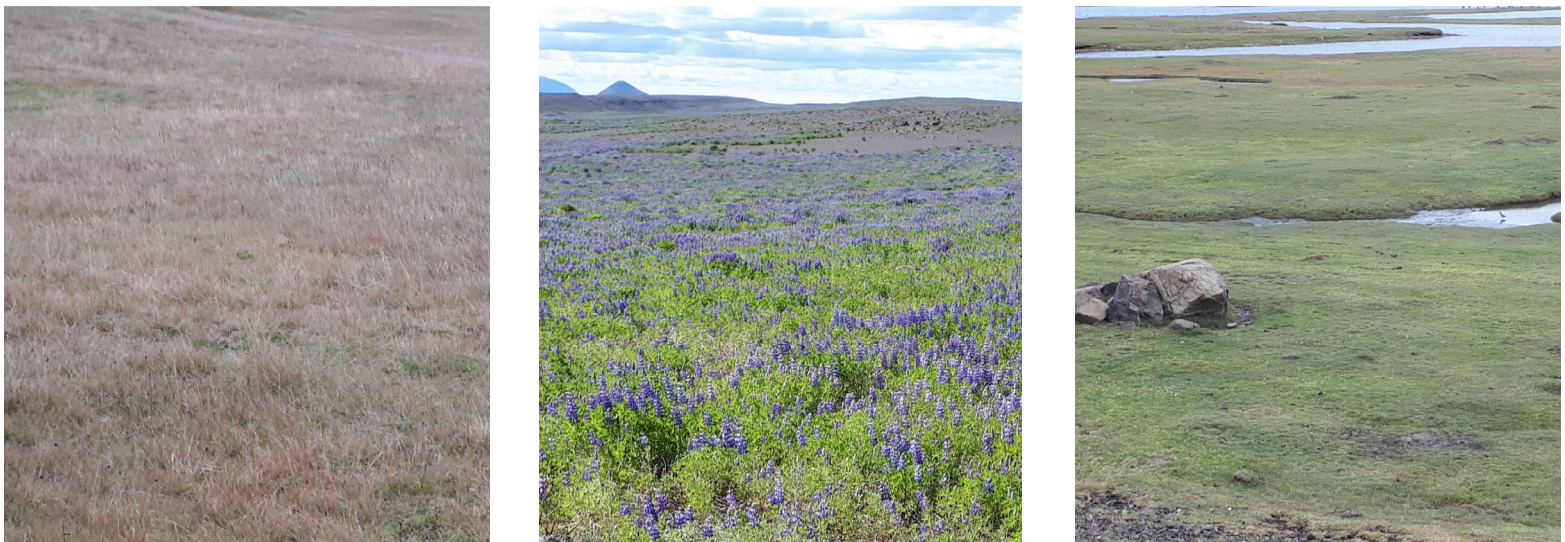
Mynd 3. Dæmi um landsvæði sem fá ástandseinkunn 13-16 í stöðumati GróLindar. Talið frá vinstri; mosamelavist, melagambravist og grasvíðiskriðuvist.

Svæði með einkunn 17-21 eru oftast með nokkra eða talsverða virkni og talsvert rof en geta einnig verið með litla virkni og lítið rof (t.d. mosavaxinn hraun) yfir í svæði með nokkuð háa vistgerðaeinkunn en rof er töluvert/mikið (t.d. vel gróin svæði með virkum rofabörðum) (**Mynd 4**).



Mynd 4. Dæmi um landsvæði sem fá ástandseinkunn 17-21 í stöðumati GróLindar. Talið frá vinstri; hraungambravist, fléttumóavist og mosahraunavist.

Svæði með einkunn 22-26 fá miðlungs einkunn fyrir vistgerðaflokk en eru með lítið rof eða svæði með háa vistgerðaeinkunn en nokkurt rof (t.d. mjög vel gróin svæði með einhverju rofi) (**Mynd 5**).



Mynd 5. Dæmi um landsvæði sem fá ástandseinkunn 22-26 í stöðumati GróLindar. Talið frá vinstri; starmóavist, alaskalúpína og sjávarfitjungsvist.

Svæði með einkunn 27-30 eru svæði með háa einkunn fyrir vistgerð og lítið rof (**Mynd 6**) (Fylgiskjal II).



Mynd 6. Dæmi um svæði sem fá ástandseinkunn 27-30 í stöðumati GróLindar. Talið frá vinstri; fjalldrapamóavist, starungsmýravist og víðikjarrvist.

Lokaorð

Þetta stöðumat er fyrsta skrefið í átt að nákvæmu heildstæðu mati á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda Íslands. Við notkun stöðumatsins ber að hafa í huga að stöðumatið verður aldrei betra en þau gögn sem liggja til grundvallar. Það er ljóst að talsverð ónákvæmni er í rofkortunum bæði vegna þess hve mælikvarði þeirra er grófur og eins vegna aldurs þeirra. Það er einnig nokkuð af frávikum í vistgerðaflokkuninni og hefur þetta áhrif á stöðumatið. NÍ vinnur að uppfærslu vistgerðakortanna og er gert ráð fyrir að stöðumatskortið verði uppfært strax í kjölfar þess. Sú ákvörðun að nota nærri 25 ára gamla rofkortlagningu á grófum kvarða hafði áhrif á niðurstöður stöðumatsins, m.a. vegna takmarkana sem það setti á upplausn lokakortsins. Það er þó trú þeirra sem að þessu standa að það hafi verið mikilvægt að taka rofið með því það dregur fram breytileikann sem er til staðar innan vistgerða.

Í framtíðinni mun ástandsmat GróLindar byggja á reglubundnum mælingum, m.a. í mælireitum GróLindar og vöktunarreitum landnotenda og annarra. Þá er verið að þróa aðferðir til að nota megi mælingar á jörðu niðri við að meta ástand lands út frá gervitunglamyndum. Sú vinna er þó á byrjunars-tigi og mun taka nokkurn tíma en til framtíðar munu slíkar aðferðir auðvelda mat á ástandi lands og breytingar þar á.

Til að stöðumatið nýtist sem best við ákvarðanir um landnýtingu er nauðsynlegt að skoða stöðumatskortið í samhengi við önnur kort og aðrar upplýsingar eins og landfræðilega staðsetningu svæða og hentugleika vistgerða til ákveðinnar landnýtingar. Svæði sem t.d. eru hærra yfir sjávarmáli eru viðkvæmari fyrir hverskonar raski en svæði með sömu einkunn á láglandi og svæði nálægt virkum eldstöðvum eru viðkvæmari en önnur. Misjafnt er svo eftir vistgerðum sem fá t.d. sömu ástandseinkunn hversu vel þær henta t.d. til beitar.

Þakkir

Fjölmargir aðilar komu að þróun stöðumats GróLindar og færum við þeim okkar bestu þakkir. Við viljum þakka starfsfólki Landgræðslunnar sem rýndi vinnuna við stöðumatið og aðstoðaði á öllum stigum verkefnisins. Þeir 11 sérfræðingar sem rýndu drög aðferðafræðinnar fá sérstakar þakkir.

Faghópur verkefnisins fær þakkir fyrir sitt framlag sem og samstarfsaðilar Landgræðslunnar í GróLindarverkefninu. Einnig þökkum við öllum öðrum sem lögðu sitt að mörkum til að gera þetta stöðumat að veruleika.

Hugtakaskrá

Ástand lands: Eiginleikar og samsetning gróðurs og jarðvegs í vistkerfi viðkomandi landsvæðis, samanborið við það ástand sem telja má eðlilegt miðað við náttúrulegar aðstæður.

Ástandsflokkur: Flokkur sem endurspeglar ástand lands.

Ástandskvarði: Kvarði á bilinu 5-30 sem spannar ástand vistkerfa, allt frá svæðum sem teljast með mjög litla virkni náttúrulegra ferla, lélegan vatnshag og mjög lítinn stöðugleika (einkunn 5) upp í svæði með mjög mikla virkni, góðan vatnshag og mikinn stöðugleika (einkunn 30).

Fjarkönnun: Könnun eða mæling úr fjarlægð, þ.e. öflun upplýsinga um ákveðna eiginleika eða ástand tiltekins hlutar eða efnis án þess að mælitæki sé í beinni snertingu við það. Oft notuð til ýmiskonar greininga af loftmyndum og gervitunglamyndum.

Grytniþekja: Þekja steina á yfirborði, sem eru yfir 5 cm í þvermál.

Jarðvegur: Sá hluti lífheimsins undir yfirborði jarðar, þar sem efnabreytingar mynda moldarefni (jarðvegsmyndun). Jarðvegurinn er jafnframt hluti vistkerfa og veitir þeim margs kyns þjónustu, m.a. sem hlekkur í hringrásum orku, næringarefna og vatns.

Jarðvegsrof: Losun og flutningur yfirborðsefna sem spillir jarðvegi, hamlar eða gæti hamlað vexti gróðurs eða komið í veg fyrir að gróður nemi land í yfirborði jarðvegs. Jarðvegsrof er eitt ferla landhnignunar.

Mælikvarði: Hlutfall milli réttrar og breyttrar stærðar, t.d. á landakorti.

Myndeining: Minnsta eining í mynd.

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins: Stofnun sem var starfrækt frá 1965 – 2005 og rann þá saman við Bændaskólann á Hvanneyri og Garðyrkjuskóla ríkisins þegar Landbúnaðarháskóli Íslands var stofnaður.

Rask: Tímabundin breyting á umhverfisaðstæðum sem leiðir til langtíma breytinga á vistkerfi.

Rastagögn: Stafræn gögn sem eru samsett úr myndeiningum, t.d. skönnuð gögn, ljósmyndir, gervitunglamyndir.

Sjálfbærnivísar: Einfaldir mælanlegir þættir sem segja til um hvort landnýting sé sjálfbær eða ekki.

Stöðugleiki: Mælikvarði á mótstöðu gagnvart raski, t.d. geta vistkerfisins til að hindra jarðvegsrof, jafnframt geta þess til að jafna sig eftir rask. Stöðugleiki tengist þanþoli og viðnámi vistkerfisins.

Vatnshagur: Geta vistkerfisins til að fanga, geyma og miðla vatni. Þessi þáttur endurspeglar virkni vatnshringrásarinnar.

Virgni náttúrulegra ferla: Geta vistkerfisins til að styðja við náttúrulega ferla eins og hringrás næringarefna, orkuflæði og viðhalda þeim. Tengist einnig viðnámi og þanþoli vistkerfa.

Viðmiðunarvistkerfi: Ástand sem endurspeglar mögulegt besta ástand svæðisins m.t.t. veðurfars, landslags, gróðurs, jarðvegs og virkni vistkerfisins.

Vigurögn: Gögn sem samanstanda af eigindum sem hafa stærð og stefnu s.s línur, flákar og punktar.

Vistgerð: Staðir eða svæði sem búa yfir ákveðnum eiginleikum hvað varðar gróður, dýralíf, jarðveg og loftslag. Innan sömu vistgerðar eru aðstæður með þeim hætti að þar þrífast svipuð samfélög plantna og dýra.

Vistkerfi: Lífverur og umhverfisþættir á ákveðnum afmörkuðu svæði og samspil þeirra á milli.

Vistlendi: Meginflokkar skyldra vistgerða s.s. mólendi og votlendi.

Þanþol/viðnám: Segir til um hversu mikið rask vistkerfi þolir og hvort og þá hversu hratt starfsemi og eiginleikar vistkerfa ná fyrra ástandi eftir rask.

Fylgiskjal 1

Tafla I.a. Meðaltal óvarins jarðvegs, gróðurhæðar, kolefnis í jarðvegi og þekju æðplantna var fengin úr lýsingum Náttúrufræðistofnunar Íslands á hverri vistgerð. Einkunn fyrir hvern þátt byggir á meðaltalsmælingunum. Ástandseinkunn vistgerða út frá aðferðafræði GróLindar er reiknuð út með því að leggja saman einkunnir hverrar vistgerðar fyrir óvarinn jarðveg, gróðurhæð, kolefni í jarðvegi og þekju æðplantna. Lægsta einkunn er 4 og hæsta einkunn 20. Á bakvið nokkrar vistgerðir og landgerðirnar skógrækt, lúpína og tún og akrar voru engar mælingar og ástandseinkunn þeirra byggir á huglægu mati.

VIST-GERÐIR NÍ	Meðaltal f. vistgerð				Einkunn				Ástands-einkunn vistgerða
	Óvarinn jarðvegur	Gr.hæð	Kolefni	Þekja æðaplöntu	Óvarinn jarðvegur	Gr. hæð	Kolefni	Þekja æðplöntur	
L1.1 Eyðimelavist	80,9	2,6	0,4	2,9	1	1	1	1	4
L1.2 Grasmelavist	84,5	2,3	0,5	6,6	1	1	1	1	4
L1.5 Sanda- og vikravist	80,0	2,3	0,2	1,3	1	1	1	1	4
L4.1 Eyravist	93,1	1,5	0,0	1,5	1	1	1	1	4
L1.4 Víðimelavist	58,7	2,4	1,4	8,9	1	1	2	1	5
L3.3 Ljónslappa-skriðuvist	47,6	0,5	0,5	3,8	2	1	1	1	5
L6.1 Eyðihraunavist	48,2	1,9	0,3	5,0	2	1	1	1	5
L12.4 Hveraleirsvist	ENGAR MÆLINGAR								5
L3.2 Grasvíðis-kriðuvist	45,4	0,7	1,1	8,9	2	1	2	1	6
L7.3 Strandmel-hólavist	86,7	7,4	0,1	12,2	1	2	1	2	6
L7.1 Sandstrand-arvist	73,5	3,6	0,2	24,7	1	1	1	3	6
L1.6 Landmel-hólavist	72,2	4,8	0,3	19,4	1	2	1	2	6
L3.1 Urðarskriðu-vist	21,7	0,4	13,9	0,0	3	1	2	1	7
L7.2 Malar-strandarvist	19,9	1,3	0,0	10,8	3	1	1	2	7

Fylgiskjal 1

VIST-GERÐIR NÍ	Meðaltal f. vistgerð				Einkunn				Ástands-einkunn vistgerða
	Óvarinn jarðvegur	Gr.hæð	Kolefni	Pekja æðaplöntu	Óvarinn jarðvegur	Gr. hæð	Kolefni	Pekja æðplöntur	
L1.3 Mosamelavist	28,0	1,7	2,9	11,2	3	1	2	2	8
L4.2 Auravist	28,7	1,9	0,8	19,8	3	1	1	3	8
L5.1 Hélumosavist	29,3	7,1	1,1	15,4	3	1	2	2	8
L2.1 Moldavist	62,8	7,1	1,7	31,5	1	2	2	3	8
L5.2 Melagam-bravist	18,7	3,0	1,0	12,8	4	1	2	2	9
L6.2 Fléttuhraunavist	1,7	2,5	1,6	10,2	5	1	2	2	10
L8.3 Sandmýravist	31,4	10,4	1,6	24,8	2	3	2	3	10
L12.2 Móahveravist	ENGAR MÆLINGAR								10
L12.3 Fjallahveravist	ENGAR MÆLINGAR								10
L6.3 Mosahraunavist	2,1	1,6	13,5	6,0	5	1	5	1	12
L8.2 Rekjuvist	6,3	6,5	2,0	35,7	5	2	2	3	12
L10.7 Lyngmóavist á hálendi	13	6,7	2,0	41,7	4	2	2	4	12
L10.1 Mosamóavist	2,1	9,2	2,6	26,4	5	2	2	3	12
L10.2 Flagmóavist	20,1	4,3	5,7	65,8	3	1	3	5	12

Fylgiskjal 1

VIST-GERÐIR NÍ	Meðaltal f. vistgerð				Einkunn				Ástands-einkunn vistgerða
	Óvarinn jarðvegur	Gr.hæð	Kolefni	Pekja æðaplöntu	Óvarinn jarðvegur	Gr. hæð	Kolefni	Pekja æðplöntur	
L10.9 Víðimóavist	11,5	11,0	0,8	50,0	4	3	1	4	12
L5.3 Hraungambravist	5,1	3,7	6,2	25,9	5	1	4	3	13
L6.4 Lynghraunavist	7,1	3,8	3,7	39,9	5	1	4	3	13
L7.4 Grashólavist	17,3	11,3	2,9	50,2	4	3	2	4	13
L8.1 Dýjavist	1,2	6,1	8,8	14,3	5	2	4	2	13
L10.5 Flét-tumóavist	4,5	6,8	4,7	33,4	5	2	3	4	13
L10.3 Starmóavist	6,1	7,3	5,6	42,7	5	2	3	4	14
L8.10 Hengistarráflóavist	2,4	11,6	8,5	37,3	5	3	4	3	15
L12.1 Mýrahveravist	ENGAR MÆLINGAR								15
Skógrækt	ENGAR MÆLINGAR								15
Alaskalúpína	ENGAR MÆLINGAR								15
L7.5 Sjávarfitjungs-vist	4,0	9,3	10,1	82,5	5	2	4	5	16
L8.4 Hrossanálarv-ist	5,8	18,2	2,2	62,2	5	4	2	5	16
L8.8 Rústamýravist	4,7	11,2	10,2	40,2	5	3	4	4	16

Fylgiskjal 1

VIST-GERÐIR NÍ	Meðaltal f. vistgerð					Einkunn				Ástands-einkunn vistgerða
	Óvarinn jarðvegur	Gr.hæð	Kolefni	Pekja æðaplöntu		Óvarinn jarðvegur	Gr. hæð	Kolefni	Pekja æðplöntur	
L9.7 Blómgresisvist	4,7	11,2	10,2	40,0		5	3	4	4	16
L9.5 Grasengjavist	2,3	28,5	4,2	74,5		5	4	3	5	17
L10.6 Fjall-drapamóavist	3,7	10,3	6,7	74,9		5	3	4	5	17
L10.4 Grasmóavist	4,9	12,6	7,1	72,3		5	3	4	5	17
L10.8 Lyngmóavist á láglandi	3,3	9,8	9,9	64,0		5	3	4	5	17
L8.12 Starungs-flóavist	2,2	27,9	6,3	73,3		5	4	4	5	18
L8.5 Runna-mýravist á hálendi	1,8	21,9	7,7	63,8		5	4	4	5	18
L9.6 Língresis-og vingulsvist	1,8	22,3	6,7	74,4		5	4	4	5	18
L9.4 Snarrótarvist	0,1	33,1	8,4	85,9		5	4	4	5	18
L9.1 Stinnastara-rvist	0,0	21,4	7,7	63,8		5	4	4	5	18
L10.10 Víðikjarrvist	2,5	27,4	6,3	76,3		5	4	4	5	18
L8.7 Rimamýravist	6,4	27,5	18,0	53,4		5	4	5	4	18
L7.7 Sjávarkletta-og eyjavist	0,6	27,9	24,6	78,7		5	4	5	5	19
L7.7 Sjávarkletta-og eyjavist	2,9	22,3	12,8	82,9		5	4	5	5	19

Fylgiskjal 1

VIST-GERÐIR NÍ	Meðaltal f. vistgerð					Einkunn				Ástands-einkunn vistgerða
	Óvarinn jarðvegur	Gr.hæð	Kolefni	Þekja æðaplöntu		Óvarinn jarðvegur	Gr. hæð	Kolefni	Þekja æðplöntur	
L7.6 Gulstararfitjavist	2,9	22,3	12,8	82,9		5	4	5	5	19
L8.14 Gulstararflóavist	7,1	38,7	19,4	70,7		5	4	5	5	19
L8.11 Brokflóavist	3,9	30,4	28,3	72,2		5	4	5	5	19
L8.9 Starungsmýravist	1,2	27,4	12,7	71,9		5	4	5	5	19
L8.6 Runnamýravist á láglandi	2,0	24,8	17,9	68,6		5	4	5	5	19
L8.13 Tjarnastararflóavist	4,2	31,2	20,2	69,5		5	4	5	5	19
L9.3 Bugðupuntsvist	0,0	23,5	12,1	69,6		5	4	5	5	19
L9.2 Finnungsvist	0,6	19,9	14,7	71,9		5	4	5	5	19
L11.1 Kjarrskógavist	8,3	90,1	5,9	63,6		5	4	5	5	19
L11.2 Lyngskógavist	0,2	331,0	7,4	74,8		5	5	4	5	19
L11.3 Blómskógavist	0,4	327,0	8,7	77,2		5	5	4	5	19
L14.2 Tún og akurlendi	ENGAR MÆLINGAR									20

Fylgiskjal 2

Tafla II.a. Vistgerðir, virkniseinkunn vistgerða og stærð (km²) þess svæðis innan vistgerðar sem fær hverja rofeinkunn (1-10) í stöðumati GróLindar. Dökkgrænu tölurnar endurspeglar ástandsflokk 5, ljósgrænu ástandsflokk 4, gulu ástandsflokk 3, ljósbrúnu ástandsflokk 2 og dökkbrúnu ástandsflokk 1.

Vistgerð	EINKUNN VISTGERÐ	EINKUNN ROF					
		1	3	5	7	9	10
Eyðimela	4	742	4327	9011	945	61	13
Grasmela	4	61	472	2250	257	9	2
Sanda/vikra	4	967	850	748	92	12	2
Eyravist	4	401	220	118	47	13	5
Víðimela	5	27	164	1356	282	6	2
Ljónslappaskiðu	5	274	694	2548	300	15	3
Eyðihrauna	5	1698	1411	1197	169	138	3
Grasvíðiskiðu	6	17	96	398	75	3	1
Strandmelhóla	6	131	83	3	2	1	0
Sandstrandar	6	132	52	5	2	1	1
Landmelhóla	6	29	44	12	2	1	0
Urðarskriðu	7	74	308	1916	731	28	8
Malarstrandar	7	0	0	0	0	0	0
Mosamela	8	20	138	2019	653	29	7
Auravist	8	955	265	366	246	6	12
Hélumosa	8	18	80	720	276	11	4
Molda	8	3	10	19	15	1	0
Melagambra	9	47	157	912	709	68	33
Fléttuhrauna	10	39	68	206	149	23	0
Sandmýra	10	1	1	2	3	0	0
Mosahrauna	12	44	59	185	422	659	56
Rekju	12	0	9	114	242	24	3
Lyngmóa há	12	13	67	434	368	47	5
Mosamóa	12	13	53	360	725	103	25
Flagmóa	12	1	14	113	145	11	6
Víðimóa	12	3	18	122	220	90	7
Hraungambra	13	40	266	2565	4281	241	59
Lynghrauna	13	27	89	223	644	285	73
Grashóla	13	4	15	3	14	11	2
Dýja	13	0	1	10	4	0	0
Fléttumóa	13	5	69	198	366	32	5

Vistgerð	EINKUNN VISTGERÐ	EINKUNN ROF					
		1	3	5	7	9	10
Starmóa	14	7	47	422	1215	169	26
Hengistaraflóa	15	0	7	62	343	47	4
Skógrækt	15	9	21	75	260	93	120
Alaskalúpína	15	56	85	72	77	15	12
Sjávarfitjungs	16	1	1	1	2	8	5
Hrossamálar	16	7	15	18	48	61	13
Rústamýra	16	0	2	8	52	20	0
Blómgresis	17	0	2	35	34	15	13
Grasengja	17	2	6	40	111	130	52
Fjalldrapamóa	17	89	273	991	3899	1012	260
Grasmóa	17	3	31	280	521	112	73
Lyngmóa lág	17	22	100	922	1750	288	135
Starungsflóa	18	0	0	0	5	13	3
Runnamýra/hálendi	18	0	2	8	33	14	1
Língresis	18	4	23	176	444	415	202
Snarrótar	18	0	11	106	291	118	144
Stinnastarar	18	1	14	156	463	116	81
Víðikjarr	18	5	29	128	360	291	123
Rimamýra	18	0	0	1	5	32	18
Sjávarkletta	19	0	16	35	16	40	0
Gulstararfitja	19	0	0	2	1	6	1
Gulstararflóa	19	0	3	5	19	49	33
Brokflóa	19	0	6	30	172	125	120
Starungsmýra	19	7	58	568	2505	872	455
Runnamýra/lág	19	7	5	22	151	166	34
Tjarnastararflóa	19	2	6	22	307	204	37
Bugðupunts	19	0	4	46	86	23	16
Finnungs	19	0	2	20	46	10	7
Birkiskógur	19	15	51	216	510	474	427
Tún	20	3	14	79	316	332	1414

Heimildir

- Aber, J. D. og Melillo, J. (2001). *Terrestrial Ecosystems*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Anna María Ágústsdóttir. (2013). Gróður og eldgosavá. Forvarnagildi gróðurs gegn hamförum af völdum eldgosa og eldfjallagjóska. Skýrsla til nefndar um gerð hættumats vegna eldvirkni. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Ása L. Aradóttir, Ólafur Arnalds og S.R. Archer. (1992). Hnignun gróðurs og jarðvegs. Í Andrés Arnalds (ritstj.), *Græðum Ísland*. Landgræðslan 1991-1992. (bls. 78-82). Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Ása L. Aradóttir og Þröstur Eysteinnsson. (2005). Restoration of birch woodlands in Iceland. Í J. A. Stanturf og P. Madsen (ritstj.), *Restoration of Boreal and Temperate Forests* (bls. 195-209). Danvers, MA: CRC Press.
- Benkobi, L., Trlica, M. J. og Smith, J. L. (1993). Soil Loss as Affected by Different Combinations of Surface Litter and Rock. *Journal of Environmental Quality*, 22, 657-661.
- Berglind Orradóttir, S.R. Archer, Ólafur Arnalds, L.P. Wilding og T.L. Thurow. (2008). Infiltration in Icelandic Andisols: the role of vegetation and soil frost. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40, 412-421.
- Berglind Orradóttir og Ólafur Arnalds. (2006). Áhrif gróðurs á yfirborðsstöðugleika. *Fræðingur landbúnaðarins* 2006, 264-267.
- Berner, L. T., Jantz, P., Tape, K. D. og Goetz, S. J. (2018). Tundra plant above-ground biomass and shrub dominance mapped across the North Slope of Alaska. *Environmental Research Letters*, 13, 035002.
- Borgþór Magnússon, Ásrún Elmarsdóttir og Björn H. Barkarsson. (1997). Hrossahagar. Aðferðir til að meta ástand lands. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins og Landgræðsla ríkisins.
- Brady, N. C. og Weil, R. R. (2013). *Elements of the nature and properties of soils*. Upper Saddle River, NJ: Pearson educational international.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., . . . Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Campioli, M., Samson, R., Michelsen, A., Jonasson, S., Baxter, R. og Lemeur, R. (2008). Nonvascular contribution to ecosystem NPP in a subarctic heath during early and late growing season. *Plant Ecology*, 202, 41-53.
- Cerdà, A. (1999). Parent Material and Vegetation Affect Soil Erosion in Eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 362-368.
- Davenport, T. H., Long, D. W. D. og Beers, M. C. (1998). Successful Knowledge Management Projects. *Sloan management review*, 2, 43-57.
- Densambuu, B., Sainnemekh, B., Bestelmeyer, B. og Budbaatar, U. (2018). National report on the rangeland health of Mongolia: Second Assessment. Ulaanbaatar: Green Gold-Animal health project og Mongolian National Federation of PUGs.
- Doran, J. W. og Parkin, T. B. (1997). Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. *Methods for assessing soil quality*, 49, 25-37.
- Dormaar, J. F. og Willms, W. D. (1998). Effect of Forty-Four Years of Grazing on Fescue Grassland Soils. *Journal of Range Management*, 51, 122-126.
- Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Fanney Ósk Gísladóttir, Arna Björk Þorsteinsdóttir, Sigmundur Helgi Brink og Guðmundur Halldórsson. (2017). Kortlagning á áfallapoli vistkerfa í nágrenni Heklu með tilliti til öskufalls. Skýrsla til Ofanflóðasjóðs: Landgræðsla ríkisins og Landbúnaðarháskóli Íslands.
- ERDAS. (2014). *ERDAS Imagine*. Hexagon Geospatial: Peachtree Corners Circle Norcross.
- ESRI. (2018). *ArcGIS [GIS software]*. Útgáfa 10.7. Redlands, CA.
- Fanney Ósk Gísladóttir, Sigmundur Helgi Brink og Ólafur Arnalds. (2014). *Nytjaland: Landbúnaðarháskóli Íslands*.
- Gaberščik, A. og Murlis, J. (2011). The role of vegetation in the water cycle. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 11, 175-181.
- Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. og Ellert, B. H. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* 74, 367-385.
- Grimm, V. og Wissel, C. (1997). Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. *Oecologia*, 109, 323-334.
- Gutierrez, J. og Hernandez, I. I. (1996). Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semi-arid rangeland of northern Mexico. *Journal of Arid Environments*, 34, 287-295.
- Herrick, J. E., Beh, A., Barrios, E., Bouvier, I., Coetzee, M., Dent, D., . . . Liniger, H. (2016). The Land-Potential Knowledge System (LandPKS): mobile apps and collaboration for optimizing climate change investments. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2, e01209.
- Herrick, J. E., J.W., V. Z., S.E., M., E.M., C., J.W., K. og L.M., B. (2017). *Monitoring Manual for Grasslands, Shrubland, and Savanna Ecosystems*. Volume 1: Core methods (2 útgáfa). Las Cruces, New Mexico: USDA -ARS Jordan Experimental Range.
- Herrick, J. E., Shaver, P., Pyke, D. A., Pellant, M., Toledo, D. og Lepak, N. (2019). A strategy for defining the reference for land health and degradation assessments. *Ecological Indicators*, 97, 225-230.
- Herrick, J. E., Urama, K. C., Karl, J. W., Boos, J., Johnson, M.-V. V., Shepherd, K. D., . . . Guerra, J. L. (2013). The global Land-Potential Knowledge System (LandPKS): Supporting evidence-based, site-specific land use and management through cloud computing, mobile applications, and crowdsourcing. *Journal of*

Soil and Water Conservation, 68, 5A-12A.

Herrick, J. E., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Burkett, L. M. og Whitford, W. G. (2005). Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Volume I: Quick Start. Volume II: Design, supplementary methods and interpretation (nr. 0975555200). Las Cruces, New Mexico: USDA - ARS Jornada Experimental Range.

Hobbie, S. E., Schimel, J. P., Trumbore, S. E. og Randerson, J. R. (2000). Controls over carbon storage and turnover in high-latitude soils. *Global Change Biology*, 6, 196-210.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4, 1-23.

Hotes, S., Poschlod, P., Takahashi, H., Grootjans, A. P. og Adema, E. (2004). Effects of tephra deposition on mire vegetation: a field experiment in Hokkaido, Japan. *Journal of Ecology*, 92, 624-634.

Jamsranjav, C., Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., Tsevee, A., Yadamsuren, B. og Heiner, M. (2018). Applying a dryland degradation framework for rangelands: the case of Mongolia. *Ecological Applications*, 28, 622-642.

Jones, M. O., Allred, B. W., Naugle, D. E., Maestas, J. D., Donnelly, P., Metz, L. J., . . . McIver, J. D. (2018). Innovation in rangeland monitoring: annual, 30 m, plant functional type percent cover maps for U.S. rangelands, 1984–2017. *Ecosphere*, 9, e02430.

Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir. (2016). Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54.

Karl, J. W. og Herrick, J. E. (2010). Monitoring and Assessment Based on Ecological Sites. *Rangelands*, 32, 60-64.

Kononova, M. M. (1966). *Soil Organic Matter*. Oxford, UK: Pergamon Press Ltd.

Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir. (2006). Innlendar víðitegundir og notkun þeirra í landgræðslu. Í K. Svavarsdóttir (ritstj.), *Innlendar víðitegundir: Líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu* (bls. 9-20). Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.

Lang, S. I., Cornelissen, J. H. C., Klahn, T., Van Logtestijn, R. S. P., Broekman, R., Schweikert, W. og Aerts, R. (2009). An experimental comparison of chemical traits and litter decomposition rates in a diverse range of subarctic bryophyte, lichen and vascular plant species. *Journal of Ecology*, 97, 886-900.

Ludwig, J., D. Tongway, D. Freudenberger, J. Noble, and K. Hodgkinson. . (1997). *Landscape ecology, function and management: principles from Australia's rangelands*. Canberra: CSIRO.

Maun, M. A. (1998). Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, 76, 713-738.

Morgan, R. P. C., McIntyre, K., Vickers, A. W., Quinton, J. N. og Rickson, R. J. (1997). A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Soil Technology*, 11, 291-299.

Munson, S. M., Duniway, M. C. og Johanson, J. K. (2016). Rangeland Monitoring Reveals Long-term Plant Responses to Precipitation and Grazing at the Landscape Scale. *Rangeland Ecology & Management*, 69, 76-83.

Naeem, S., Thompson, L. J., Lawler, S. P., Lawton, J. H. og Woodfin, R. M. (1995). Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 347, 249-262.

Náttúrufræðistofnun Íslands. (2014). Gróðurkort af miðhálandi Íslands. [1:25.000].

Náttúrufræðistofnun Íslands. (2018). NI_VG25r 2. útgáfa 2018. Sótt af http://utgafa.ni.is/kort/lysigogn/vg25r_2utg_breytingar.pdf

Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon, Gísladóttir, G. og Sigurður H. Magnússon. (2009). Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. *Náttúrufræðingurinn*, 78, 125–137.

Ólafur Arnalds. (2004). Volcanic soils of Iceland. *Catena*, 56, 3-20.

Ólafur Arnalds. (2008). Soils of Iceland. *Jökull*, 58, 409-421.

- Ólafur Arnalds. (2013). The Influence of Volcanic Tephra (Ash) on Ecosystems. Í D. L. Sparks (ritstj.), *Advances in Agronomy* (bls. 331-380): Academic Press.
- Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir. (2015). *Að lesa og lækna landið: Landvernd; Landgræðsla ríkisins; Landbúnaðarháskóli Íslands.*
- Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir. (2010). Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. *Rit LbhÍ*, 27.
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason. (1997). *Jarðvegsrof á Íslandi: Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.*
- Ólafur Arnalds, L.P. Wilding og C.T. Hallmark. (1992). Drög að flokkun rofmynda á Íslandi. Í Andrés Arnalds (ritstj.), *Græðum Ísland. Landgræðslan 1991-1992.* (bls. 55-72). Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Ólafur Arnalds, Sigmar Metúsalemsson og Ásgeir Jónsson. (1994). *Jarðvegsvernd. Áfangaskýrsla 1993. Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.*
- Óskarsson, H., Arnalds, Ó., Gudmundsson, J. og Gudbergsson, G. (2004). Organic carbon in Icelandic Andosols: geographical variation and impact of erosion. *Catena*, 56, 225-238.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P. og Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the total environment*, 479, 189-200.
- Pellant, M., Shaver, P., Pyke, D. og Herrick, J. (2005). *Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Tech Ref 1734-6.* U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO.
- Pellant, M., Shaver, P., Pyke, D. A., Herrick, J. E., Busby, F. E., Riegel, G., . . . Toledo, D. (2018). *Interpreting indicators of rangeland health, version 5. Tech Ref 1734-6.* U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO.
- Pettorelli, N., Schulte to Bühne, H., Tulloch, A., Dubois, G., Macinnis-Ng, C., Queirós, A. M., . . . Stellmes, M. (2018). Satellite remote sensing of ecosystem functions: opportunities, challenges and way forward. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4, 71-93.
- Pribyl, D. W. (2010). A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 156, 75-83.
- Riginos, C., Herrick, J., Sundaresan, S., Farley, C. og Belnap, J. (2010). A Simple Graphical Approach to Quantitative Monitoring of Rangelands. *Rangelands*, 33.
- Rodríguez, A. R., Arbelo, C., Guerra, J., Mora, J., Notario, J. og Armas, C. (2006). Organic carbon stocks and soil erodibility in Canary Islands Andosols. *Catena*, 66, 228-235.
- Satterlund, D. R. og Adams, P. W. (1992). *Wildland watershed management (önnur útgáfa).* New York: Wiley.
- Schlesinger, W. H. (1995). Soil respiration and changes in soil carbon stocks. Í G. M. Woodwell og F. T. Mackenzie (ritstj.), *Biotic Feedbacks in the Global Climatic System: Will the Warming Feed the Warming?* (bls. 159– 168). New York: Oxford Univ. Press.
- Sigurður H. Magnússon, Borgþór Magnússon, Erling Ólafsson, Guðmuundur Guðjónsson, Guðmundur A. Guðmundsson, Hörður Kristinsson, Kristbjörn Egilsson, Kristinn H.
- Skarphéðinsson, Starri Heiðmarsson og Jón Gunnar Ottósson. (2009). *Vistgerðir á miðhálandi Íslands. Flokkun, lýsing og verndargildi. Náttúrufræðistofnun Íslands.*
- Sigbrúður Jónsdóttir. (2010). *Sauðfjárhagar: Landgræðsla ríkisins.*
- Streeter, R. og Cutler, N. (2020). Assessing spatial patterns of soil erosion in a high-latitude rangeland. *Land Degradation & Development*, 1-16.
- Suding, K. N. (2011). Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 465-487.
- Tongway, D. og Hindley, N. (2004). *Landscape Function Analysis: Procedures for Monitoring and Assessing Landscapes - with Special Reference to Minesites and Rangelands.* Canberra: CSIRO Sustainable Ecosystems.
- Tongway, D. J. (1994). *Rangeland Soil Condition Assessment Manual.* Canberra: CSIRO Division of Wildlife and Ecology.
- Watson, I. W., Thomas, P. W. E. og Fletcher, W. J. (2007). The first assessment, using a rangeland monitoring system, of change in shrub and tree populations across the arid shrublands of Western Australia. *The Rangeland Journal*, 29, 25-37.

Webb, N. P., Okin, G. S. og Brown, S. (2014). The effect of roughness elements on wind erosion: The importance of surface shear stress distribution. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 6066-6084.

Weil, R. R. og Brady, N. C. (2016). *The nature and properties of soils*. Essex, England: Pearson Education Limited.

Weltz, M. A., Kidwell, M. R. og Fox, H. D. (1998). Influence of abiotic and biotic factors in measuring and modeling soil erosion on rangelands: State of knowledge. *Journal of Range Management*, 51, 482-495.

Wilson, W. S. (1991). *Advances in Soil Organic Matter Research*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.

Wood, M. K., Eckert Jr, R. E., Blackburn, W. H. og Peterson, F. F. (1982). Influence of crusting soil surfaces on emergence and establishment of crested wheatgrass, squirreltail, Thurber needlegrass, and fourwing saltbush. *Journal of Range Management*, 35, 282-287.

Zhang, T. J. (2005). Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regimes: An overview. *Reviews of Geophysics*, 43, RG4002.

Zobel, D. B. og Antos, J. A. (1997). A decade of recovery of understory vegetation buried by volcanic tephra from Mount St. Helens. *Ecological monographs*, 67, 317-344.

Zuazo, V. c. H. D. og Pleguezuelo, C. R. o. R. (2009). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. *Í Sustainable agriculture* (bls. 785-811): Springer.

Zuazo, V. H. D. og Pleguezuelo, C. R. R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 65-86.