



**13**

**Efnaeiginleikar moldar  
móta náttúru landsins**



**Mynd 13.1.** Efnæiginleikar íslenskrar moldar eru um margt sérstakir á heimsvísu – sambland sortueiginleika og annarra eiginleika er fylgja mold á norðlægum slóðum.

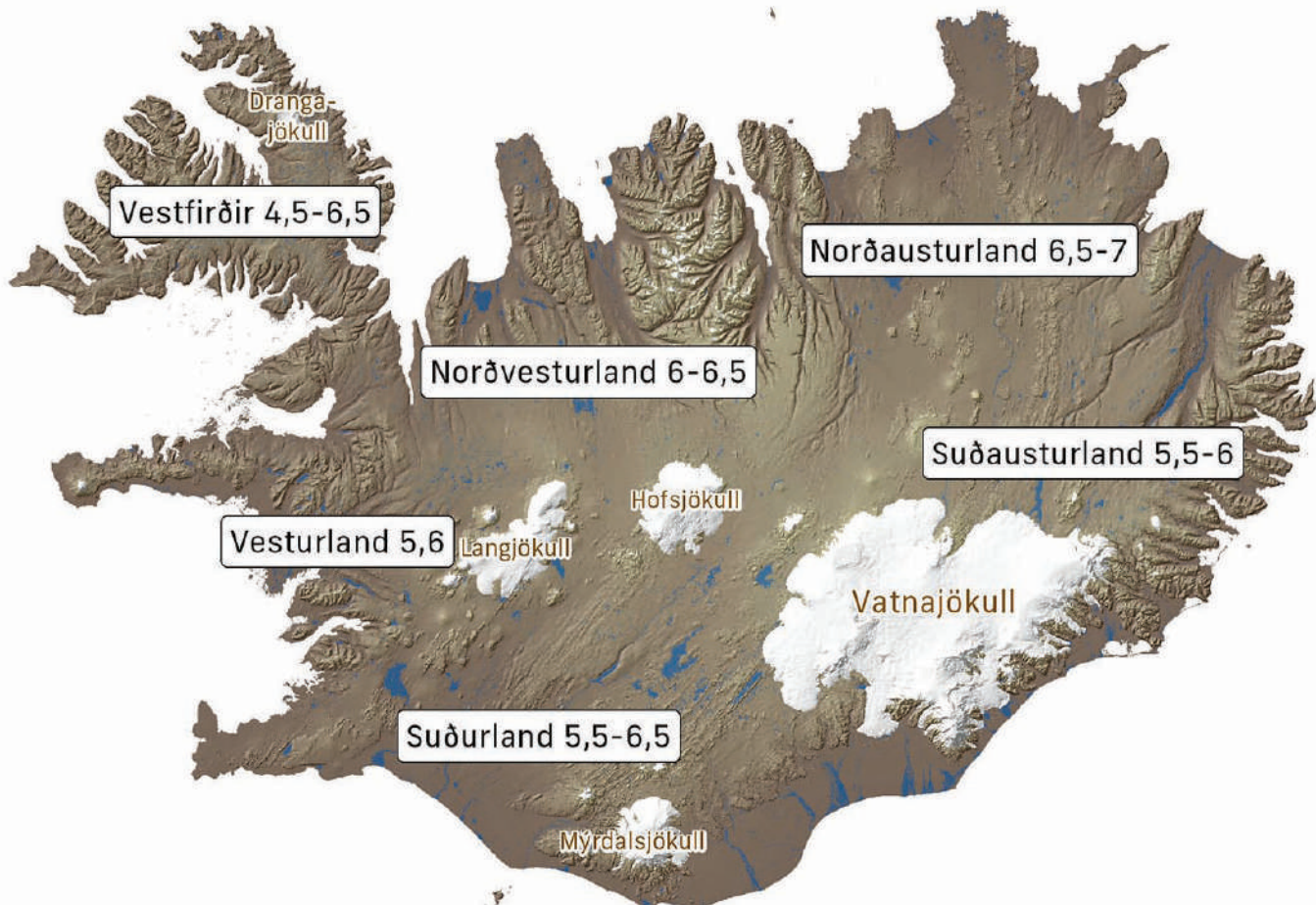
Efnæiginleikar íslenskrar moldar eru svipaðir þeim sem almennt einkenna *eldfjallajörð*, sérstaklega *brúnjörð* og *votjörð*. Sumir þeirra eiginleika sem einkenna *eldfjallajörð* eru ekki eins vel þróaðir og þekkist í heitari löndum eða þar sem yfirborð er eldra og stöðugra. Moldin hér er ung, ekki síst í yfirborðslögum, og við búum við kalt loftslag þannig að efnaveðrun er iðulega styttra komin hér en í sambærilegum jarðvegi erlendis.

Efnæiginleikarnir eru breytilegir og háðir því hve áfokið er mikið, gjóskufalli og ekki síður hæð yfir sjávarmáli, enda er rotnun lífrænna efna og efnaveðrun mun hægari eftir því sem ofar dregur. Hér eru settar fram almennar upplýsingar um efnæiginleika á borð við sýrustig og lífræna eiginleika. Margar þeirra eiga uppruna sinn í verkefninu „Ými“ sem rekið er við Landbúnaðarháskóla Íslands (áður Rannsóknastofnun landbúnaðarins) og felst í að afla gagna í

gagnagrunn um íslenskan jarðveg (sjá ÓA o.fl. 2005). Einnig er sótt í gögn úr COST 622-verkefninu, sem vikið var að í 10. kafla um *eldfjallajörð*, auk þess sem nýttar eru margvíslegar rannsóknarniðurstöður sem birtar hafa verið í innlendum og erlendum ritum. Margt af því sem hér er sett fram var áður birt í bókinni *The Soils of Iceland* (ÓA, 2015).

## 13.1. Sýrustig

Áfok basískra gosefna er ráðandi þáttur fyrir sýrustig í mold hérlendis, en úrkomumagn hefur einnig sín áhrif. Gosefnin veðrast fremur hratt (sjá 10. kafla um *eldfjallajörð* og næsta kafla) og við það losnar um basískar katjónir á borð við  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{Mg}^{++}$  sem hamla því að sýrustigið lækki með tímanum, jafnvel þótt lífræn efni safnist fyrir í moldinni. Því er sýrustig nokkru lægra

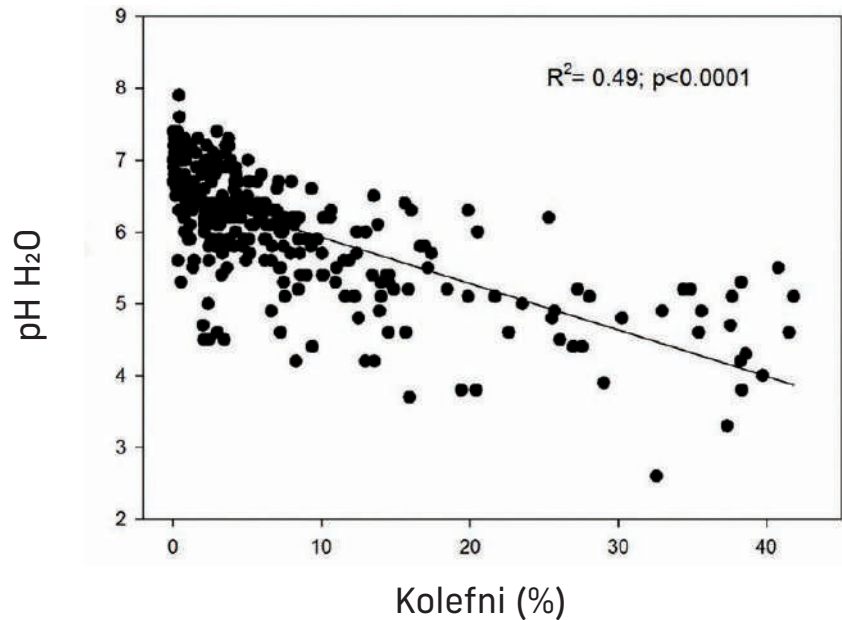


Mynd 13.2. Sýrustig í *brúnjörð* í mismunandi landshlutum. Algeng gildi sem fengin eru úr gagnagrunni Lbhí.

fjær áfoksbeltunum en á svæðum þar sem áfok er meira. Mikil úrkoma hefur lækkandi áhrif á sýrustigið og því er það alla jafna hærra í úrkomuskugga á Norður- og Norðausturlandi en á Suðurlandi þar sem úrkoman er meiri. Þessir megindrættir eru í samræmi við það sem Björn Jóhannesson hafði komist að og birti í riti sínu um íslenskan jarðveg árið 1960. Dreifing sýrustigs í *brúnjörð* er sýnd á mynd 13.2.

Sýrustig í *brúnjörð* er yfirleitt yfir 6 á svæðum norðanlands sem hafa talsvert áfok en heldur lægra austanlands og sunnan þar sem er meiri úrkoma enda þótt áfokið sé svipað. Sýrustigið er nokkru lægra í *brúnjörð* á Vesturlandi og sérstaklega á Vestfjörðum þar sem áfokið er lítið. Sýrustig í votlendisjörð er yfirleitt um 1 gildi lægra en í jarðvegi þurrlandis og hefur mælst allt niður í 4 í *mósjörð* á Vestfjörðum. Svo lágt sýrustig getur haft neikvæð áhrif á vistkerfi og í ræktun, og er oft gripið til þess að bera kalk á tún þar sem pH er svo lágt. Einnig ætti að virka vel að bera basaltsand á ræktunarsvæði til að hækka sýrustig (losar um basískar katjónir og efni sem hafa jákvæð áhrif á moldina þegar sandurinn veðrast). *Glerjörð* er lítið mótuð mold með fáum lífrænum efnum sem lækka pH. Gildin fyrir *glerjörð* eru að mestu á bilinu 7–8, gjarnan í kringum 7,5. Það eru skýr tengsl á milli magns lífrænna efna í jarðveginum (mælt sem % C) og sýrustigs, eins og sjá má á mynd 13.3. Hæstu pH-gildin, sem ná allt upp í 8, er að finna í *glerjörð*, eins og áður gat, en sum lífrænustu sýnin eru með pH fyrir neðan 4,5. Athygli vekur þó hve sýrustigið er ákaflega breytilegt miðað við kolefnismagn enda þótt heildarmyndin sé skýr. Margir aðrir þættir hafa áhrif á sýrustigið, m.a. hve vel jarðvegurinn er ræstur, magn áfoksefna, úrkoma, jarðvegisdýpi o.fl.

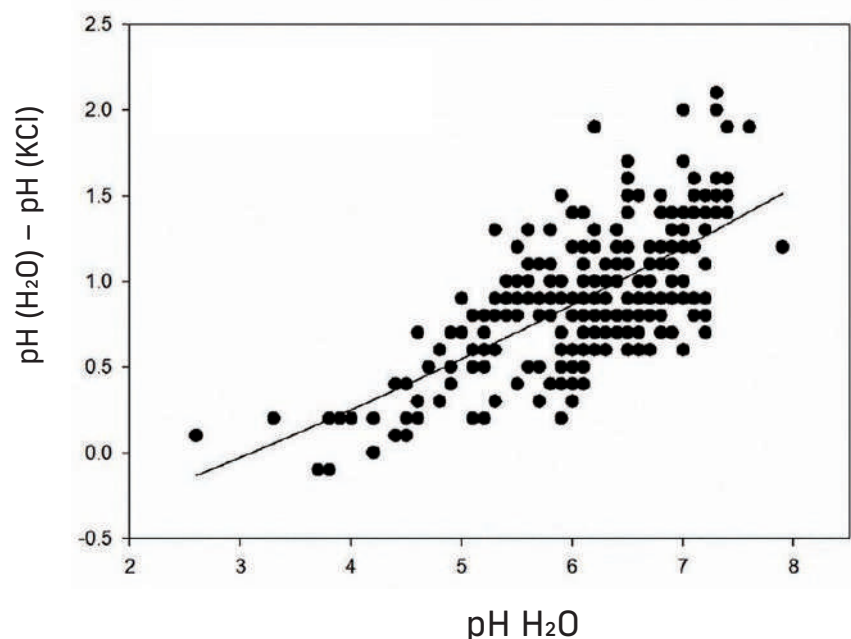
Það sýrustig sem var kynnt hér að ofan er mælt í vatnslausn. Einnig er tíðkað að mæla sýrustig í veikri KCl-



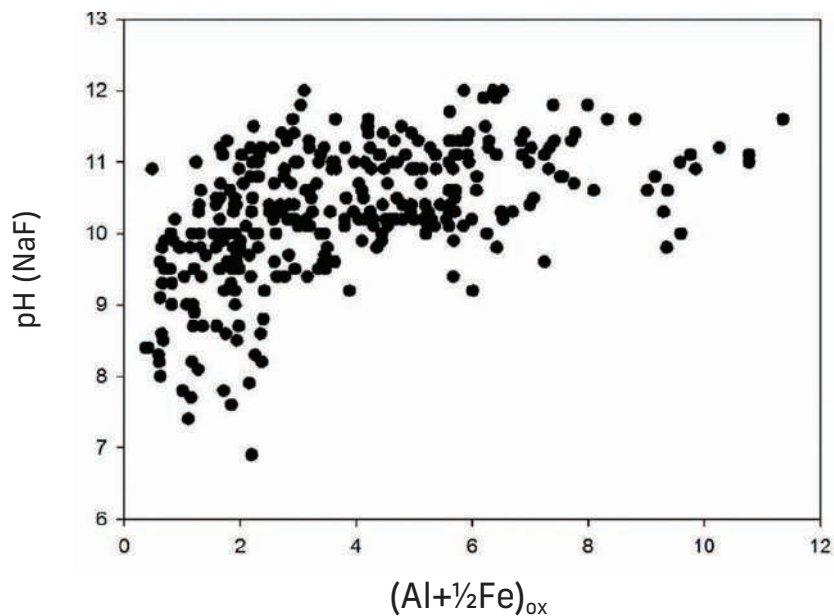
**Mynd 13.3.** Tengsl á milli sýrustigs (mælt í H<sub>2</sub>O) og lífrænna efna (mælt sem kolefni). Gögn úr gagnagrunni Lbhí; 319 jarðvegslög.

lausn (1 M), en K<sup>+</sup> í lausninni ýtir Al<sup>3+</sup> og H<sup>+</sup> úr jónrýmdarsætum sem hefur þau áhrif að lækka pH. Mælingin gefur því til kynna svokallaðan „súrforða“ (e. reserve acidity).

Sýrustigið lækkar yfirleitt á bilinu 0,5–1,5 við mælingu í KCl-lausn, eins og sést á mynd 13.4, og bilið fer hækkandi með vaxandi pH, en þá hækkar jafnframt jónrýmdin, eins og síðar er vikið að. Því



**Mynd 13.4.** „Súrforði“ (e. reserve acidity, pH H<sub>2</sub>O – pH KCl; í raun Al<sup>3+</sup> og H<sup>+</sup> á jónrýmdarsætum) við mismunandi pH mælt í vatni. Veik KCl-lausn rekur Al<sup>3+</sup> og H<sup>+</sup> úr jónrýmdarsætum og þannig er munurinn sem sýndur er á y-ásnum fenginn. Gildið fyrir súrforða hækkar með hækkandi pH. Gögn úr gagnagrunni Lbhí.



**Mynd 13.5.** NaF-svörun sýrustigs miðað við sortueiginleika sem eru mældir með oxalatlausn  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$ . Gildin eru yfirleitt yfir 10 nema þar sem sortueiginleikar eru minnstir í *gljörð* og *mójörð*. Gögn úr gagnagrunni Lbhí.

er ljóst að umtalsvert af  $Al^{3+}$  og  $H^+$  sitja á jónrýmdarsætum í íslenskri mold en hafa ekki áhrif á sýrustig moldarinnar þar. Þetta er einn af þeim þáttum sem útskýra af hverju svo varasamt er að mæla basamettun í *eldfjallajörð* auk þess sem jónrýmdin er mjög háð pH o.fl.

Mæling á sýrustigi moldar í veikri NaF-laun er ein þeirra aðferða sem notuð er til að kanna hvort hún teljist til *eldfjallajarðar* (sjá 10. kafla um *eldfjallajörð*). Hin örsmáa  $F^-$ -jón losar um  $OH^-$ -jónir á yfirborði allófans, ferrihýdríts og mál-húmus-fjölliða (MHK) sem leiðir til þess að sýrustigið hækkar mikið. Því gefur þessi mæling til kynna sortueiginleika (e. anidic properties) sem gjarnan eru mældir sem  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$ , þ.e. ál og járn leysanlegt í oxalat-laun.

Gögn fyrir íslenskan jarðveg sýna vel þessa NaF-svörun (mynd 13.5). Sýrustigið í NaF-laun er yfirleitt yfir 9,5 og er einkum á milli 10 og 11,5. Bæði *gljörð* og *mójörð* (lægri  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$ ) geta haft lægri svörun í NaF-laun.

Þekkt er að sýrustig í barrskógum getur verið umtalsvert lægra en t.d. í graslendi og laufskógum enda þótt aðstæður

geti verið svipaðar að öðru leyti. Það vekur upp spurningar um hvort sýrustig moldar taki að lækka í barrskógum sem plantað er til á Íslandi, sem myndi teljast til neikvæðra umhverfisáhrifa.

Ljóst er að áfokið héraendis vegur upp á móti mögulegri lækkun sýrustigsins, en komi til lækkunar á sýrustigi er líklegast að slík neikvæð áhrif mælist þar sem áfok er hlutfallslega lítið og úrkoma mikil, t.d. á Vesturlandi og á úrkomusvæðum á Suðausturlandi. Gögn frá Fljótsdalshéraði (Bos 2021) sýna ekki marktæka lækkun í plöntuðum barrskógum, a.m.k. ekki enn sem komið er, en mælingar á Þingvöllum sýndu marktæka lækkun um 0,2 á pH-skalanum, sem telst umtalsvert (María Svavarsdóttir 2018). Höfundur mældi 6 sýni utan og 6 sýni innan barrskógar í Haukafelli á Mýrum (Hornafirði) sem sýndi lækkun um 0,5 gildi, sem telst afar mikið. Þar er úrkoma mikil (sjá ritgerð Freyju Ragnarsdóttur Pedersen 2022).

Ljóst er að mikilvægt er að auka til muna rannsóknir á áhrifum barrskóga á sýrustig jarðvegs á Íslandi – og vera kann að niðurstöðurnar verði hvatning til þess að setja frekari útbreiðslu barrskóganna einhverjar skorður.

## 13.2. Hleðslueiginleikar

Það er fjallað nokkuð ítarlega um hleðslueiginleika í 8. kafla bókarinnar *The Soils of Iceland* (ÓA 2015), en hér er umfjöllunin heldur styttri og einfaldari.

**Jónrýmd** (e. cation exchange capacity, CEC) er hæfileiki moldarinnar til að binda og miðla katjónum á milli jónrýmdarsæta og jarðvegsvatns. Þessi eiginleiki er nauðsynlegur til að rætur plantna geti tekið katjónir upp úr jarðvegslausninni. Mikil jónrýmd er nauðsynleg fyrir frjóa mold og það eru einkum leir og lífræn efni sem ljá moldinni þennan eiginleika.

Í *eldfjallajörð* eru lífrænar fjölliður (MHK) einnig mjög mikilvægar fyrir jónrýmd.

Í stuttu máli má segja að jónrýmd í *mójjörð*, *svartjörð*, *votjörð* og *brúnjörð* sé alla jafna fremur hagstæð og raunar víða mjög mikil. Hún er lægri í *glertjörð* en samt víða sambærileg og þekkest í *ræktunartjörð* erlendis, t.d. í *melajörð*. Jónrýmdin er háð pH í íslenskum jarðvegi og er því meiri sem sýrustigið er hærra. Þannig er jónrýmdin hærrí nærri gosbeltinu en fjarri því og þar sem úrkoma er mikil vegna þess að pH er lægra á síðartöldu svæðunum.

Mikilvægustu katjónirnar eru  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  og  $\text{Na}^+$ , sem teljast til hinna basísku katjóna.  $\text{Al}^{3+}$  og  $\text{H}^+$  teljast til súrra katjóna sem gera moldina súra. Hlutfall basískra katjóna í heildarjónrýmd (sem %) er sérstakur eiginleiki sem nefndur er **basamettun**. Eftir því sem meira er af  $\text{Al}^{3+}$  og  $\text{H}^+$  á jónrýmdarsætum lækkar basamettunin. Súrar katjónir og basamettun er skýrð í 5. kafla um efnaeiginleika jarðvegs.

Jónrýmd er afar mismunandi á milli jarðvegsflokka á Íslandi en mismunandi aðferðir við mælingar flækja þó málin. Nokkuð er til af mælingum sem gerðar eru við pH 8,2 sem gefa mun hærrí niðurstöður en gildi fyrir jónrýmd sem mæld eru við sýrustig moldarinnar hverju sinni. Einnig er nokkuð til af mælingum á jónrýmd sem eru gerðar við pH 7. Einna besta yfirlitið um hleðslueiginleika jarðvegs er að finna í gögnum evrópska COST 622-hópsins (ÓA o.fl. 2007), og hér eru gefin nokkur dæmi í meðfylgjandi töflu (tafla 13.1).

Summa basa er greinilega allmiklu hærrí en jónrýmd við sýrustig jarðvegsins fyrir *svartjörð*, efsta sniðið í töflunni. Litlu munar í *brúnjörð* og *votjörð* þar sem sortueiginleikarnir eru ekki eins greinilegir og sýrustigið nokkru hærra. Athygli vekur hvað anjónrýmdin er há, sem nýtist m.a. til að halda í jónir á borð við  $\text{NO}_3^-$  (að vísu fremur laust) og  $\text{Cl}^-$ . Það er skýrt hve sýrustig og lífræn efni eru afgerandi fyrir jónrýmd, sem vex hröðum skrefum með pH og getur orðið

**Tafla 13.1.** Hleðslueiginleikar yfirborðssýna í COST 622-verkefninu. Summa basa er mæld með ammóníumasetati við pH 7.  $\text{CEC}_7$  er jónrýmd sem fengin er með því að leggja saman summu basa og Al sem er losað með KCl.  $\text{CEC}_s$  er jónrýmd mæld við sýrustig moldarinnar (e. compulsive exchange procedure). AEC er anjónrýmd. Gögn úr Buurman o.fl. 2007.

LAG	DÝPI	pH (H <sub>2</sub> O)	C	SUMMA BASA	AL (KCl)	CEC <sub>7</sub> jónrýmd <sub>7</sub>	CEC <sub>s</sub> jónrýmd <sub>s</sub>	AEC anjónrýmd
	cm		%	----- cmol <sub>c</sub> /kg (meq /100 g) -----				
<b>EUR N7 Ós, Norðvesturland (Svartjörð; Histic Andosol)</b>								
0	0–5	6,3	19,9	42,6	0,14	42,7	17,8	6,4
Ah1	5–17	5,8	16,6	43,3	0,14	43,4	18,5	5,2
2Ah2	17–35/50	5,9	13,0	18,5	0,17	18,6	10,8	4,5
<b>EUR N8 Auðkúluheiði, hálandi, Norðvesturland (Brúnjörð; Brown Andosol)</b>								
Ah1	3–11/19	6,1	6,6	18,2	0,26	18,5	20,9	3,9
Ah2	11/19–21/27	6,5	5,7	18,7	0,13	18,9	20,9	4,2
Bw1	21/27–26/34	6,8	4,2	17,7	0,02	17,7	18,6	4,2
<b>EUR N9 Hella, Suðurland (Votjörð; Gleyic Andosol)</b>								
A1	0–55	5,7	10,0	19,4	0,4	19,8	18,0	5,1

mjög há sé hún mæld við pH 8,2 (sem er algeng aðferð). Þannig getur jónrýmd við sýrustig moldar mælst um 20 cmol<sub>c</sub> /kg (meq/100 g) en 30 við pH 7 og 40–50 við pH 8,2. Eins og áður sagði má segja að jónrýmd *sortujarðar* á Íslandi (*svartjörð*, *votjörð*, *brúnjörð*) sé fremur hagstæð með tilliti til frjósemi moldarinnar. Jónrýmd *mójarðar* er alla jafna ennþá hærrí (en mjög háð sýrustigi). *Glerjörð* hefur mun lægri jónrýmd, en þó það háa að séu aðrar aðstæður hagstæðar ætti katjónir ekki að skorta, m.a. við uppgræðslu á auðnum, sérstaklega á *melajörð*.

Yfirleitt er Ca<sup>++</sup> algengasta jónin í jónrýmdarsætum (50–70%) héraendis og hlutfall Ca er almennt hærra en gerist í *eldfjallajörð* í Evrópu. Um 25–30% eru Mg<sup>++</sup>. Minna er af Na<sup>+</sup> (2–5 cmol<sub>c</sub> /kg) og K<sup>+</sup> (0,5–2 cmol<sub>c</sub> /kg).

Lesendur eru hvattir til að gjalda varhug við tölum um basamettun fyrir íslenska mold því oftast en ekki er jónrýmdin mæld við hærra pH en moldin hefur en summa basa við lægra pH. Niðurstaðan verður gjarnan tiltölulega lág basamettun sem í raun á sér ekki stoð.

**Jónrýmd og geislavirkni.** Geislavirkt úrfelli inniheldur geislavirkar jónir sem geta bundist í jarðveginum. Geislavirkt sesíum (eða sesín; <sup>137</sup>Cs) er meðal þeirra efna sem mest fellur af til jarðar eftir kjarnorkusprengingu eða slys í kjarnorkuverum. Sesíum hefur helmingunartíma um 30 ár. Það var eitt meginefnanna sem féllu vítt um Evrópu eftir kjarnorkuslysið í Chernobyl. Eftir tilraun Sovétmanna með gríðarlega öfluga vetnissprengju, svokallaða „Tsar-bombu“ árið 1961, féll mikið af geislavirkum efnum á norðurhveli, en í kjölfarið var gerður samningur um bann við tilraunum með kjarnavopn í andrúmsloftinu. <sup>137</sup>Cs er þeirrar náttúru að bindast afar fast við jónrýmdarsæti og mun fastar en þær katjónir sem annars halda þeim sætum. Því binst

geislaúrfelli í yfirborðslögum jarðvegs og er þar áratugum saman.

Moldin síar út mengunina og verndar grunnvatn en geislavirknin í moldinni getur vitaskuld valdið geislaúrfelli í ræktun og borist um alla fæðukeðju vistkerfa. Rannsóknir á Íslandi sýna að geislavirkni binst gríðarlega fast í efstu 5 cm jarðvegsins (Magnús Á. Sigurgeirsson o.fl. 2005). Rannsóknirnar sýndu að jafnvel *glerjörð* með aðeins 2–5% leirinnihald bindur einnig <sup>137</sup>Cs, sem er einstakt fyrir sendinn jarðveg í heiminum. Þessar staðreyndir hafa verið notaðar til að rannsaka jarðvegsrof víða um heim og er þá einkum notað úrfellið frá vetnissprengju Sovétmanna árið 1961, sem finnst í yfirborði jarðvegs vítt um heiminn en einkum þó á norðurhveli jarðar. Geislavirkni frá þeirri sprengju er nú aðeins um fjórðungur þess sem hún var í upphafi.

### 13.3. Fosfór – fosfórbinding

Fosfórbinding er meðal greiningar-einkenna *eldfjallajarðar* (sjá 10. kafla). Fosfórbinding (e. P-retention) lýsir sér þannig að fosfór sem borinn er á land eða berst í mold með öðrum hætti binst við agnir jarðvegsins og skilar sér ekki aftur út í jarðvegsvatnið. Fosfórafrennsli er lítið frá landbúnaðarsvæðum með *eldfjallajörð*. Fosfórin safnast smám saman upp við endurtekna áburðargjöf.

Fosfóraburður í miklu magni er gjarnan notaður í ræktun á eldfjallasvæðum, t.d. í Japan. Umtalsvert magn af fosfór er notað í ræktun á Íslandi og safnast hann smám saman upp (sjá t.d. Bjarna Helgason 2002). Evrópskar rannsóknir (Madeira o.fl. 2007) sýna að bindingin er einkum tengd ál-húmus-fjöllidum, allófani og ferrihýdríti. Íslensk mold bindur mikinn fosfór, einkum leirrík mold eða þar sem málm-húmus-fjöllidur

eru til staðar. Fosfórbinding er minni í grófum jarðvegi og jarðvegslögum sem eru mynduð af súrum (líparít) gjóskulögum.

Bjarni Helgason (2002) birti yfirlitsgrein um fosfór í íslenskum jarðvegi. Hann sýndi fram á að það væru aðallega lífræn efni sem byndu fosfórinn utan gosbeltisins (um 50%) en lífræn binding væri minni innan gosbeltisins (17%). Þetta kann þó að stafa af því að moldin utan gosbeltanna er yfirleitt lífrænni en innan þeirra. Hlutfall kolefnis og fosfórs (C:P) var afskaplega breytilegt eða 66–400.

Aðgengi plantna að fosfór tengist að frekar litlu leyti magni lífrænna efna, enda er þess að vænta í *eldfjallajörð*.

## 13.4. Efnaskol fyrir *eldfjallajörð*

Oxalat-skol og pýrófosfat-skol (e. extractions) eru þær meginaðferðir sem notaðar eru til að ákvarða sortueiginleika jarðvegs (e. andic soil properties) og magn allófans, ferrihýdríts og málmhúmus-fjölliða. Það eru ákaflega mikilvægir þættir *eldfjallajarðar* sem eru mældir með slíkum efnaskolum. Oxalat-skolun og mæling á áli, járni og kísli, sem leysist upp í oxalat-launinni, er notuð til að ákvarða magn allófans ( $\text{Si}_{\text{ox}}$ ), ferrihýdríts ( $\text{Fe}_{\text{ox}}$ ) og málmhúmus-fjölliða ( $\text{Al}_{\text{ox}}$  og  $\text{Fe}_{\text{ox}}$ ). Oxalatið leysir upp bæði málmhúmus-fjölliður (MHK) og steindirnar en pýrófosfat ( $\text{Al}_{\text{pyr}}$  og  $\text{Fe}_{\text{pyr}}$ ) mælir einvörðungu málmana sem bundnir eru lífrænum efnum og eru mælikvarði á MHK.  $(\text{Al}+\frac{1}{2}\text{Fe})_{\text{ox}}$  er

### Fosfór og eldgos

Nauðsynlegt er að bera fosfór á land við uppgræðslu og í ræktun, en þroskuð náttúruleg vistkerfi á borð við birkiskóga hafa trúlega gnótt fosfórs fyrir hringrás næringarefna. Áburðaráhrif gjósku frá eldgosinu í Eyjafjallajökli stafaði að hluta til af fosfór í öskunni – sem hafði sérstaklega örvandi áhrif á vöxt birkis, t.d. í Þórsmörk, en ekki síður niturbindandi tegundir á borð við umfeðming, sem gera einmitt miklar kröfur til fosfórs í mold. Niturbinding þeirra hafði síðan áhrif á vöxt annarra tegunda.



**Mynd 13.6.** Úr Þórsmörk 2011. Aska úr Eyjafjallajökulsgosinu hafði örvandi áhrif á vöxt niturbindandi tegunda á borð við smára og umfeðming, en einnig á birki. Mynd: Hreinn Óskarsson.



notað til að ákvarða sortueiginleika (e. andic soil properties) og flokkun á *eldfjallajörð* (sjá kafla um *eldfjallajörð*). Hlutföllin ( $Al_{pyr}/Al_{ox}$  og  $Fe_{pyr}/Fe_{ox}$ ) gefa til kynna hve mikill hluti áls og járns sem mynda sortueiginleika er bundinn í MHK. Í töflu 13.2 eru birtar niðurstöður fyrir sex snið sem sýna breytileika á milli jarðvegsgerða, jarðvegslaga og staða á landinu.

Efsta sniðið er af *svartjörð* á Norðvesturlandi (Ós) með allmiklu af lífrænum efnunum; %C á milli 13 og 20% í efstu lögum (3. dálkur frá vinstri). Oxalat-leysanlegt Al og Fe, gefið sem  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$ , er í meðallagi (1,7%) upp í há gildi (5,2) í efri lögum. Athygli vekur að nokkuð stór hluti oxalat-leysanlegu efnanna leysist einnig upp í pýrófosfati ( $Al_{pyr}$  og  $Fe_{pyr}$ ), með  $Al_{ox}/Al_{pyr}$ -hlutfallið á milli 0,29 og 0,39 í efri lögum og  $Fe_{ox}/Fe_{pyr}$ -hlutfallið ennþá hærra í flestum lögum. Þetta bendir til að í þessum lögum sé stór hluti Al og Fe bundinn í lífrænum fjölliðum, ekki síst járníð, en að álið sem losnar við veðrun sé bæði bundið í MHK og í allófani.

Sýrustig þessa sniðs er fremur lágt, sem eykur styrk  $Al^{3+}$  í lausninni, og það er fremur gripið af lífrænum efnunum en að það myndi efnasamband með  $Si^{4+}$  sem allófansteindir. Breytileiki á milli jarðvegslaganna er hins vegar mikill sem vænta má. Þessar niðurstöður sýna að MHK eru veigamikill þáttur í lífrænum jarðvegi á láglandi landsins og gefa honum sortueiginleikana að hluta. Nokkuð há hlutföll  $Al_{pyr}/Al_{ox}$  og  $Fe_{pyr}/Fe_{ox}$  fást fyrir efstu tvö lög jarðvegs á Auðkúluheiði. Smásjárskoðun á lífrænu efnunum í sniðinu sýnir að þau eru fremur illa rotnuð (Stoops o.fl. 2008), en eigi að síður er veðrun á bergkornum (einkum basaltgler) nægilega ör til að skila járn og áli sem binst lífrænum efnunum. Jarðvegur í Mýrdal hefur mjög mikla sortueiginleika sem endurspeglast í háum gildum fyrir  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$  og hann er með óvenjulega mikið af ferrihýdríti (há

gildi  $Fe_{ox}$ , allt að 14% ferrihýdrít). Mold úr þessu sniði sýndi jafnframt mikla kvikuhegðun (e. thixotropy).

*Glerjörð* með takmarkað af lífrænum efnunum er með fremur lítið af málmhúmus-fjölliðum (MHK), eins og vænta má, en þó binst hluti lífræna efnisins sem myndast við framvindu með þeim hætti. Í töflu 13.2 eru sýnd gildi fyrir þrjú mismunandi snið í *glerjörð* og er sniðið á Geitasandi í nokkurra ára gamalli uppgræðslu með áburði og grasfræi. Hlutföllin  $Al_{ox}/Al_{pyr}$  og  $Fe_{ox}/Fe_{pyr}$  eru stærðargráðu lægri en fyrir *svartjörð* og *brúnjörð*. Eitt af greiningareinkennum *eldfjallajarðar* er >2% af  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$  en sé gler til staðar lækkar 2% markið allt niður í 0,4%  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$  eftir því hve mikið er af glerinu.

Það er einmitt nóg af gleri í íslenskri *glerjörð* (yfirleitt >60%, sjá ÓA og Kimble 2001) og því þarf hún aðeins að hafa >0,4%  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$  til að flokkast sem Andosol (WRB, en þar gildir einnig að hafa lágmarksdýpt) eða Andisol (Soil Taxonomy, engar takmarkanir á dýpt). Það vekur aftur á móti athygli hversu há  $(Al + \frac{1}{2}Fe)_{ox}$ -gildin eru fyrir íslenska *glerjörð*, eða að jafnaði yfir 2% í jarðvegslögnum sem sýnd eru í töflunni; enda flokkast nær öll *glerjörð* sem *eldfjallajörð* samkvæmt WRB og Soil Taxonomy og því er vikið frá þessum kerfum og búinn til sérstakur flokkur utan um jarðveg auðna á Íslandi í íslenska flokkunarkerfinu (sjá umfjöllun í 11. kafla um flokkun jarðvegs).

## 13.5. Lífræn efni

Í þessu riti er lögð mikil áhersla á mikilvægi lífrænna efna í mold. Þau eru orkuforði moldarinnar sem nýttur er af örverum til að viðhalda hringrás næringarefna. Aðgengi að nitri, sem er iðulega mest takmarkandi næringarefnið, er oftast í réttu hlutfalli við

**Tafla 13.2.** Oxalat- og pýrófosfat-skolun jarðvegssýna frá sex stöðum. Mismunandi er hvort gögnin séu fyrir heil snið eða valin jarðvegslög. Stór hluti áls og járn er bundinn lífrænum fjölliðum í *svartjörð* með háu hlutfalli lífrænna efna, sem og yfirborð á Auðkúluheiði, en lítill hluti í Mýrdal og auðnarjarðvegi (Vitrisol) þar sem allófan og ferrihýdrít eru ráðandi örefni (e. colloids). Kolefnisprósenta er einnig sýnd. T merkir að jarðvegslög séu stakt öskulag. Uppruni gagna er tilgreindur undir töflunni.

JARÐVEGSLAG	DÝPI	C	AL <sub>ox</sub>	FE <sub>ox</sub>	(Al+½Fe) <sub>ox</sub>	AL <sub>pyr</sub>	FE <sub>pyr</sub>	AL <sub>pyr</sub> /AL <sub>ox</sub>	FE <sub>pyr</sub> /FE <sub>ox</sub>
	cm	----- % -----							
<b>COST 622 EUR 07. Ós. Norðvesturland. Svartjörð, Histic Andosol<sup>1</sup></b>									
O	0–5	19,9	1,1	1,3	1,7	0,39	0,77	0,36	0,61
Ah	5–17	16,6	1,4	1,4	2,2	0,54	0,83	0,38	0,58
AC	17–35/50	13,0	2,1	6,1	5,2	0,83	1,17	0,39	0,19
2BC	35/50–65	17,4	2,4	0,6	2,7	1,16	0,78	0,49	1,24
3BC	65–73	6,7	2,9	0,6	3,2	0,83	0,44	0,29	0,69
3CB T	73–82	11,8	2,6	1,1	3,1	1,05	0,56	0,41	0,50
4Bw	82–90/100	8,5	5,2	0,8	5,6	1,08	0,75	0,21	0,96
4B/Cg	>90/100	0,5	0,3	0,6	0,6	0,02	0,15	0,06	0,25
<b>COST 622 EUR 08. Auðkúluheiði. Hálandi, Norðvesturland. Brúnjörð, Brown Andosol<sup>1</sup></b>									
Ah1	3–11/19	6,6	1,9	1,4	2,6	0,40	0,48	0,21	0,34
Ah2	11/19–21/27	5,7	2,0	1,3	2,6	0,34	0,44	0,17	0,33
Bw1	21/27–26/34	4,2	2,7	1,5	3,5	0,29	0,30	0,11	0,19
2Bw2 T	26/34–37/42	2,0	1,5	0,7	1,9	0,13	0,12	0,08	0,16
3Bw3/4C	37/42–59/62	2,8	2,9	1,9	3,9	0,20	0,20	0,07	0,11
4C	>59/62	0,3	0,8	0,8	1,2	0,03	0,03	0,04	0,04
<b>Mýrdalur, Suðurland. Brúnjörð, Brown Andosol<sup>2</sup></b>									
A4	36–51	2,1	2,5	5,3	5,1	0,2	0,2	0,08	0,04
Bw2	71–91	2,7	2,8	5,6	5,6	0,2	0,2	0,07	0,04
C2	171–181	3,3	5,3	8,1	9,3	0,3	0,3	0,06	0,04
C3-T	181–196	0,6	2,2	4,3	4,3	0,1	0,2	0,05	0,05
<b>Geitasandur, Suðurland. 7 ára uppgræðsla (7-GR-TR). Sandjörð, Arenic Vitrisol<sup>3</sup></b>									
A1	0–5	0,7	1,2	2,1	2,2	0,090	0,073	0,08	0,03
A2	5–10	0,4	1,5	2,6	2,8	0,069	0,063	0,05	0,02
<b>Sigalda. Suðurrhálandi. Sendin melajörð, Arenic Cambic Vitrisol<sup>4</sup></b>									
2A1	2–22	0,11	1,0	1,9	2,0	<0,1	0,2	-	0,11
2A2	22–34	0,08	1,0	1,9	2,0	<0,1	0,1	-	0,05
3C	34–50	0,05	0,8	1,9	1,7	<0,1	0,2	-	0,11
<b>Goðafoss. Norðurland. Melaskella. Melajörð, Cambic Vitrisol<sup>2</sup></b>									
Bw	0–7	0,8	2,1	2,9	3,6	0,2	0,1	0,10	0,03
C2	30–55	0,1	0,9	1,6	1,7	0,1	0,0	0,11	-

1: Gögn frá COST622, greiningar University of Santiago de Compostela, Spáni (sjá Buurman o.fl. 2007; Garcia-Rodeja o.fl. 2007). 2: Gögn frá ÓA, 1990; ÓA o.fl. 1995. 3: Gögn frá ÓA o.fl. 2013; 4: Gögn frá ÓA og John Kimble, 2001.

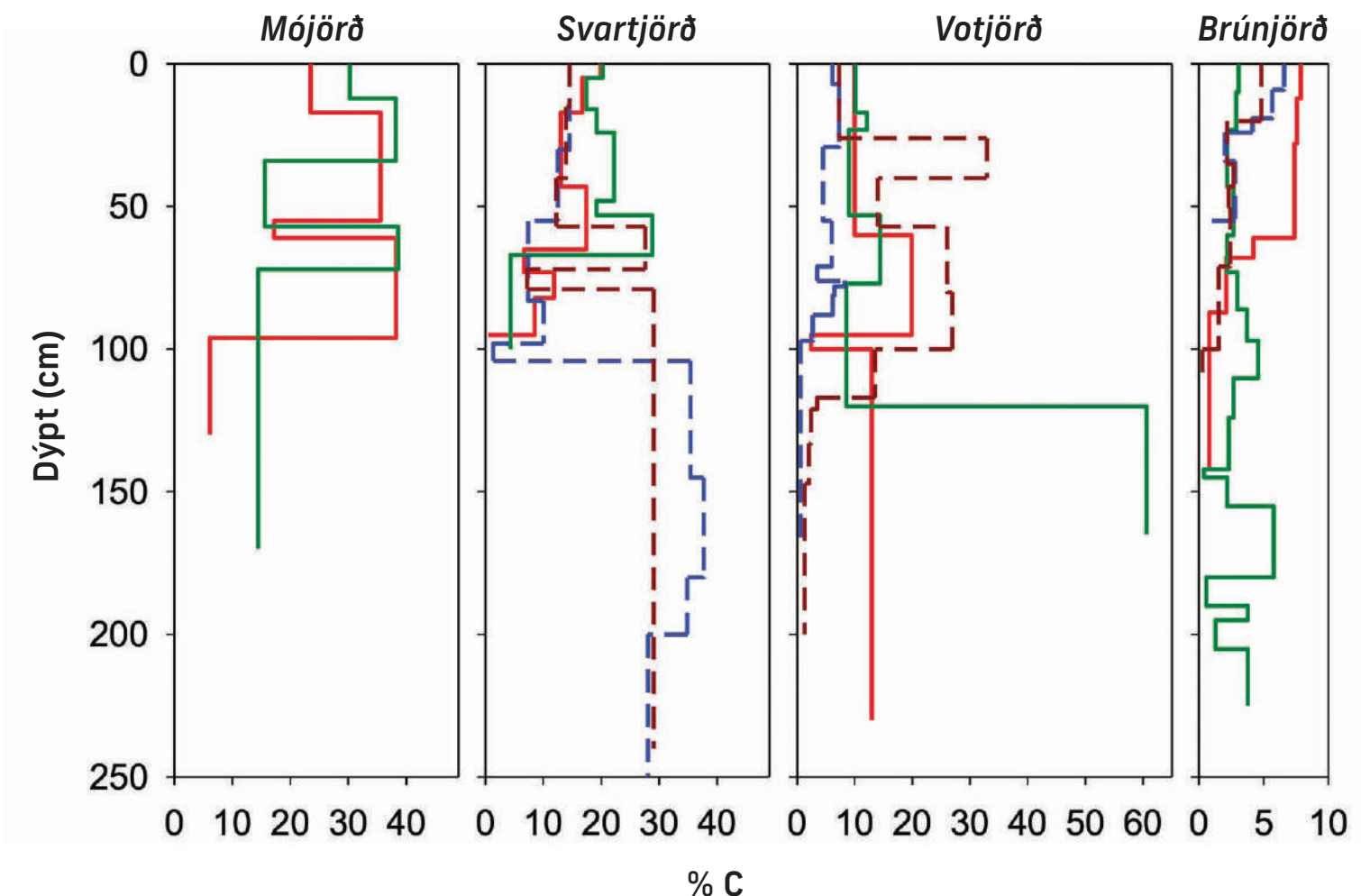
heildarmagn lífrænna efna í yfirborðinu. Lífræn efni hafa mikla jónrýmd og geta bundið óhemjumikið magn vatns, rétt eins og leirefnin. Það er því ekki að ófyrirsynju að magn lífrænna efna er oft notað við flokkun á jarðvegi, það gefur einfaldlega svo miklar upplýsingar um moldina.

Það er rétt að hafa það í huga að efsta yfirborð moldarinnar er miðstöð næringarhringrásarinnar og því skiptir lífrænt innihald þar mestu máli. Flokkunarkerfi eru oft miðuð við efstu 15–35 cm jarðvegsins.

Það er mikið af lífrænum efnum í íslenskri *sortujörð* (jarðvegi undir gróðri) og sérstaklega er meira í þurrlendisjarðveginum en gengur og gerist, sem er eitt einkenni *eldfjallajarðar*. Þá ná hin lífrænu efni mun dýpra en almennt

gengur og gerist í jarðvegi erlendis, sem m.a. má rekja til áfoksins sem sífellt grefur yfirborðið og veldur því að jarðvegurinn dýpkar smám saman. En gömul lífræn efni eru síðan nokkuð stöðug – þau rotna ekki alveg – m.a. vegna eiginleika *eldfjallajarðar* þar sem örefnin (leir, ál og járn og lífræn efni) binda lífrænu efni. Svipuð einkenni þekkjast á öðrum eldfjallasvæðum jarðarinnar. Lífrænt innihald í nokkrum jarðvegsgerðum er sýnt á mynd 13.7.

Meðal þess sem gerir íslenska mold sérstaka er að lífrænu efnin safnast fyrir vegna 1. hárrar vatnsstöðu í votlendum sem minnkar oxun á lífræna efninu; 2. bindingar við allófan og sem málmhúmus-knippi, eins og er einkennandi fyrir *eldfjallajörð* almennt, og 3. hægrar rotnunar af völdum kulda, ekki síst á hálendinu.



**Mynd 13.7.** Dreifing lífrænna efna með dýpt í fjórum megingerðum jarðvegs. Sniðin einkennast af því að jarðvegslög djúpt í moldinni hafa einnig mikið af lífrænum efnum, en dreifingin er afar ójöfn um sniðin. Oft er meira af lífrænum efnum neðarlega í sniðum í votlendi.

**Mójörð.** Af mikilvægum rannsóknum á *mójörð* má nefna doktorsritgerð Þorsteins Guðmundssonar (1978) og rannsóknir COST 622-hópsins (almennt á lífrænum jarðvegslögum; sjá ÓA o.fl. 2007). Jarðvegur votlendis á Íslandi er að mörgu leyti sérstakur á heimsmælikvarða. *Mójörð* hefur mikil einkenni *eldfjallajarðar* en einnig *mójarðar* eins og hún þekktist erlendis (Histosol). Lífræna innihaldið er alla jafna mikið lægra í prósentum talið en þekktist í mómýrum norðurslóða vegna sífellds áfoks og stöku gjóskufalls.

Mómýrar Skandinavíu verða ekki fyrir áfoki og þar safnast saman tiltölulega ómengið lífræn efni, eins og t.d. í barnamosamýrum (*Sphagnum mosi*). Heildarmagn mælt í tonnum kolefnis í rúmmetra getur þó verið svipað, eins og vikið er að í 18. kafla um mold, kolefni og loftslag.

Dýpt *mójarðar* hérlendis er afskaplega breytileg, allt frá fáum cm upp í marga metra, sem er sambærilegt við mómýrar í Skandinavíu. Hæst er kolefnishlutfallið í mýrum á Íslandi fjarri gosbeltunum, eins og víða á Vesturlandi, Vestfjörðum og Tröllaskaga, enda var mór víða notaður til brennslu á þessum svæðum og jafnvel numinn í stórum stíl (mynd 13.8). Mómýrar voru jafnvel rannsakaðar sérstaklega í því skyni að kanna orkuforða þeirra með tilliti til brennslumöguleika (t.d. Ólafur Bjarnason 1952, 1966). Vegna öskunnar og annarra bergefna í mómoldinni fylgdi mikil loftmengun brennslu á mó á Íslandi og því er hann afar óæskilegt eldsneyti, að ekki sé talað um það rask á vistkerfum sem fylgir því að nema móinn úr jörðu.

Eins og sést á mynd 13.7 er lífrænt innihald í sniðunum afar misjafnt og iðulega hærra nokkru undir yfirborðinu í yfirborðslögum. Í mómýrum (og einnig *svartjörð* og stundum *votjörð*) er víða að finna 2–3 lög með afar háu lífrænu

innihaldi, svokölluð lurkalög. Áður en þau mynduðust hefur birkikjarr og víðir náð að nema land á hlýjum og þurrum skeiðum fyrir mörg þúsund árum. Þetta gerðist m.a. fyrir 8 500–6 000 árum (Margrét Hallsdóttir og Caseldine 2005). Votlendin breiddust út smám saman á ný eftir þetta birkiskeið (sjá Hreggvið Norðdahl o.fl. 2008).

Útbreiðsla birkis jókst aftur síðar og fram undir landnám á mörgum stöðum á landinu (sjá Margrét Hallsdóttir og Caseldine 2005, einnig Þorleif Einarsson 1991). Með hlýnandi veður-fari og minni beit er líklegt að birki hafi tekið að breiðast út enn á ný. Svo virðist sem mýrar þorni nú æ meira, t.a.m. á Vesturlandi; spurningin er hvort nýtt birkiskeið sé að hefjast vegna loftslagsbreytinga og hlýnunar jarðar.

Rotnunarstig hinna lífrænu efna er afskaplega mismunandi. Eldri grafín mólög eru gjarnan betur rotnuð en hin yngri, auk þess sem rotnunin er minni á köldum svæðum á hálendinu.

**Svartjörð.** Flest af því sem sagt var um lífræn efni og *mójörð* hér að ofan á einnig við um *svartjörð*. Skilgreining á *svartjörð* miðast við að hún hafi 12–20% C í efstu 30 cm jarðvegs að meðaltali. Oft er *mójörð* að finna neðan efstu 30 cm jarðvegsins (mynd 13.7, næstlengst til vinstri).

Ástæður þess að minna er af kolefni í efstu lögum moldarinnar má m.a. rekja til þess að áfok hafi aukist, t.d. yfir mýrlendi á Suðurlandi. *Svartjörð* er einnig oft að finna í jaðri votlenda þar sem bleytan er minni og uppsöfnun lífrænna efna því ekki eins áköf. Vegna þess að sýrustig *svartjarðar* er sums staðar nokkru hærra en í *mójörð*, t.d. á Norðurlandi og vestanverðu Suðurlandi (pH >5), eru þar skilyrði fyrir myndun allófans auk málm-húmus-knippa (MHK), enda flokkast moldin sem *sortujörð* (*eldfjallajörð*, Andosol). Hér

spilar því saman uppsöfnun lífrænna efna vegna andoxandi aðstæðna í votlendi, hæg rotnun vegna kulda, ekki síst til fjalla, og uppsöfnun MHK.

**Votjörð.** *Votjörð* er jarðvegur votlendis með minna en 12% kolefnis í efstu 30 cm jarðvegsins. Ástæður þess að ekki myndast *svartjörð* eða *mójörð* þar sem *votjörð* er að finna er iðulega mikið áfok og stundum gjóskufall. Þetta er að mörgu leyti afar sérstök jarðvegsgerð og er líklega fremur fágæt á heimsvísu (sjá umfjöllun ÓA o.fl. 2016). Lífrænt innihald er afskaplega misjafnt, bæði á milli sniða og á milli jarðvegslaga í sömu sniðum. Þar sem grunnvatn stendur hátt á gosbeltinu og áfok er mikið er kolefnisinnihald oft aðeins 1–3% C í yfirborðslögum, sem er ansi langur vegur frá lífrænum mómýrum. Dæmi um slík snið eru frá Fljótsdalsheiði, nálægt núverandi Háslóni (mynd 13.9).

Meðaltal kolefnis í *votjörð* og *brúnjörð* er sýnt á mynd 13.10 hér fyrir neðan ásamt kolefni í jarðvegi auðna (Hlynur Óskarsson o.fl. 2004). Meðaltal kolefnis í *votjörð* er nálægt 8% samkvæmt þessari mynd en breytileikinn er afar mikill. Mikið áfok veldur því að moldin þykknar hratt, jafnvel >0,2 mm á ári. Þessi öra þykkun veldur því að minna

safnast fyrir af lífrænum efnum í hvert jarðvegslag; það má orða það svo að ekki sé nægur tími fyrir mikla uppsöfnun áður en jarðvegurinn grefst undir ný áfokslög. Athygli vekur að oft er minna af lífrænu efni nokkru neðan yfirborðs en í yfirborðinu (dæld á grafinu, mynd 13.10).

Ástæða þessa er líklega þríþætt: i) mikið áfok á uppblástursskeiðum veldur örri þykkun moldarinnar og því minna kolefnisinnihaldi; ii) meira er af kolefni í efsta laginu þar sem gróska er mest hverju sinni; og iii) mikil landnýting (ofbeit) á köldum tímabilum (mikið beitarálag á sama tíma og uppskera er lítil vegna kulda) gengur á lífrænan forða moldarinnar á þessum tíma. Votlendi á gosbeltunum og við þau hafa oft nokkuð þykk gróf gjóskulög sem ekki hafa safnað miklu af lífrænum efnum. Þessi lög hafa einnig mikil áhrif á eðliseiginleika, eins og fjallað var um í kaflanum hér á undan. Vatnsleiðni stöðvast við gjóskulögin, en um þau getur streymt súrefni þannig að skiptist á oxun og afoxun sem leiðir til rauðra banda í jarðveginum (sjá 5. kafla um oxunarstig).

**Brúnjörð.** Magni lífrænna efna í *brúnjörð* svipar til þess sem gengur og gerist í annarri *eldfjallajörð* sem telst til „silandic“-hóps hennar, þ.e. *eldfjallajörð* sem einkennist fremur af allófani en málm-húmus-knippum (MHK). Kolefnisinnihald *brúnjarðar* er alla jafna á milli 2 og 8% (mynd 13.10) en getur verið meira í yfirborðslögum þar sem gróska er mikil. Meðaltalið er nálægt 4%, eins og sést á myndinni. Það er sterkt samhengi á milli grósku gróðurfars á yfirborðinu og kolefnisinnihalds, t.d. er mun meira af kolefni í yfirborðslögum birkiskógar, oft 6–15% (Lbhí, óbirt gögn), en í rýru mólendi er kolefnisinnihaldið iðulega 2–5%. Hér spilar landnýting einnig inn í, mikil beit fjarlægir lífræn efni svo minna safnast fyrir í moldinni og kolefnisinnihaldið rýrnar með tímanum.



Mynd 13.8. Gamlar mógrafir í Héðinsfirði á Tröllaskaga. Mórinn var mikilvægt eldsneyti fyrr á tímum. Mynd: Ása L. Aradóttir.

Rýrt kvistlendi eða mosapemba skilar minna af lífrænum efnum ofan í moldina en öflugt graslendi, blómlendi eða skógargróður, og lífrænt innihald verður ennþá takmarkaðra ef rýr gróðurlendi eru nýtt til beitar. Akuryrkja og mikil beit gengur einnig á lífræna forðann. Landnýting hefur minnkað kolefnisforða yfirborðslaga *brúnjarðar* sem hefur skilað óhemjumiklu magni af CO<sub>2</sub> út í andrúmsloftið, eins og fjallað er um í 22. kafla. Þá er einnig munur á kolefnisinnihaldi hvers jarðvegslag eftir áfoksstigi, meira safnast fyrir í jarðvegslögum þar sem áfok er lítið. En hafa skal í huga að hófleg beit í frjósömum vistkerfum, ekki síst graslendi, getur örvað uppsöfnun kolefnis í moldinni – en það á ekki við um hrunin vistkerfi.

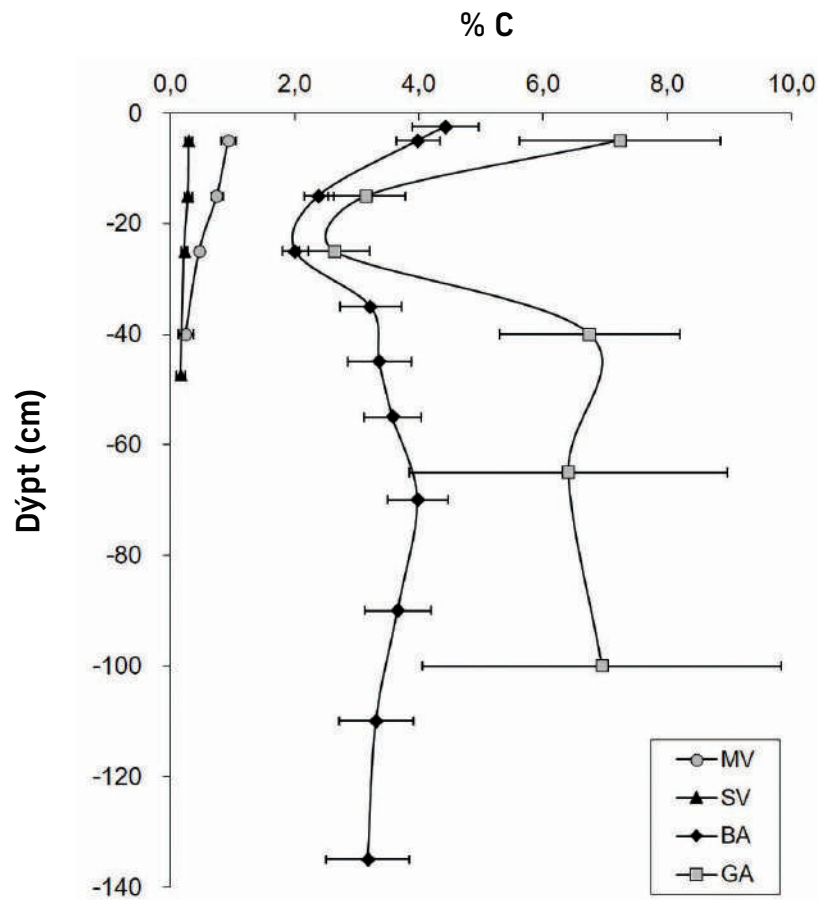


Mynd 13.9. *Votjarðar* á Fljótsdalsheiði nálægt virkum áfoksuppsprettum.

Rotnunarstig lífrænna efna í *brúnjarðar* er afar misjafnt eins og í votlendisjarðvegi. Kuldi hægir á rotnuninni og því er *brúnjarðar* á hálendinu minna rotnuð en mold víða á láglandi. Eldri jarðvegur neðar í sniðum er oft meira rotnaður en lífræn efni í yfirborðslögum. Þá er jarðvegur sem verður fyrir miklu áfoki verr rotnaður en þar sem meiri tími gefst áður en moldin grefst, eins og skýrt var frá hér að ofan í sambandi við votlendisjarðar.

**Auðnir.** Takmörkuð gróðurhula og lítið kolefni í yfirborðslagi eru meginéinkenni jarðvegs auðna og greiningareinkenni (<1,5% C). Alla jafna er minnst af kolefni í *sandjarðar*, en umtalsvert magn er stundum að finna í *meljarðar* (mynd 13.10). Kolefni í *meljarðar* er af þrennum toga: 1. leifar af mold sem áður var á svæðinu, en moldin hefur rofist af yfirborðinu; 2. áfok vegna uppblásturs í nágrenninu; og 3. lífræn efni sem skila sér ofan í moldina enda þótt gróðurhulan sé frekar takmörkuð.

Mikið áfok einkennir stærstu auðna-svæðin. Áfokskorn sem setjast á auðnir eru jafnframt ekki stöðug og geta fokið



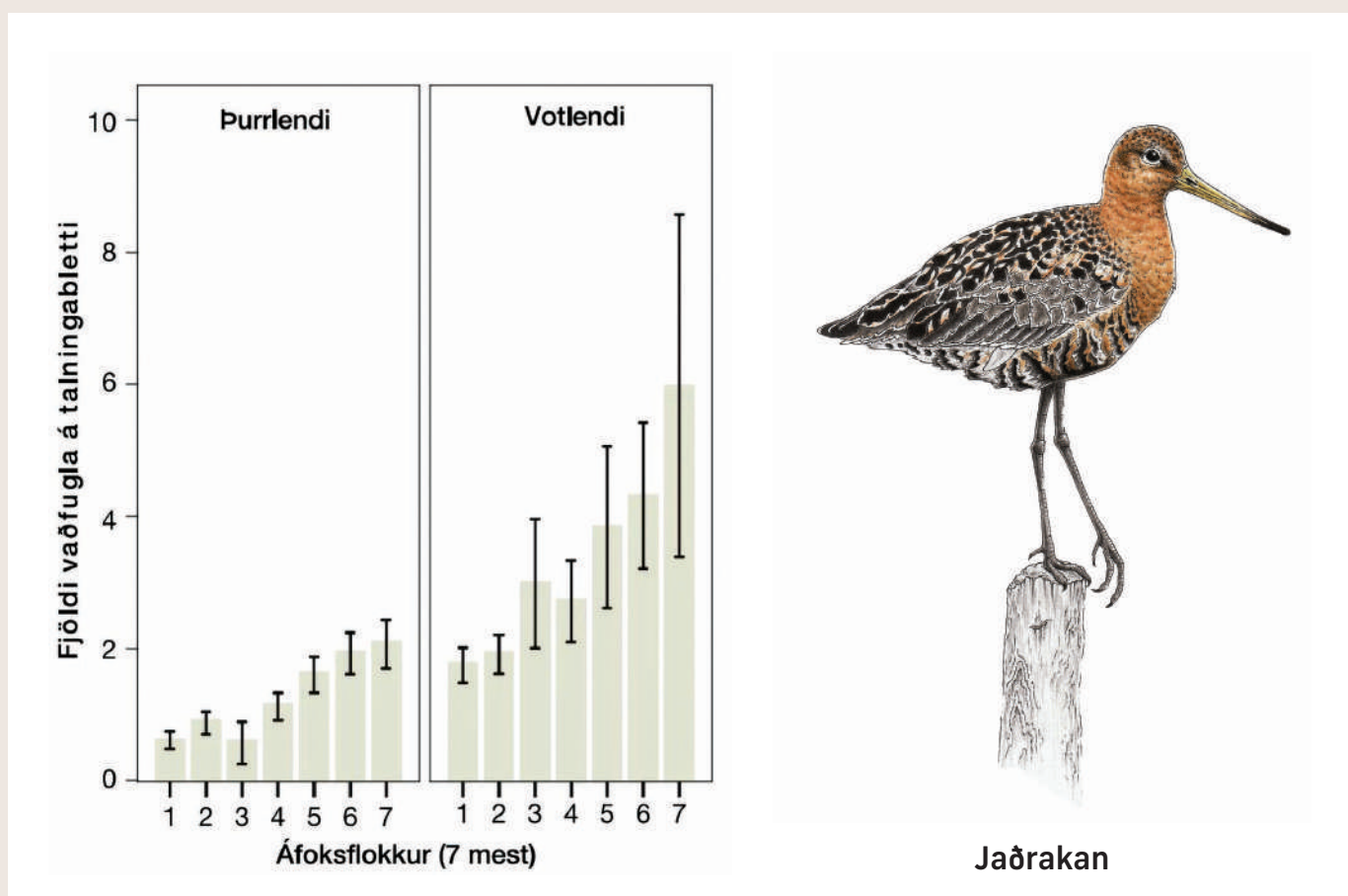
Mynd 13.10. Meðaltal kolefnis í auðnum (*meljarðar* (CV) og *sandjarðar* (AV)), *brúnjarðar* (BA) og *votjarðar* (GA). Graf unnið af Hlyni Óskarssyni o.fl. (2004). Það sýnir grundvallarmun á kolefnisinnihaldi auðna og moldar undir gróðri. Meðaltal *brúnjarðar* er nálægt 4% C en er hærra í *votjarðar*. Grafið sýnir ljóslega dæld í kolefnisinnihaldi nokkru neðan yfirborðs sem skýrð er í textanum.

## Frjósemi, fuglar og áfoksflokkar

Kolefni er einn helsti mælikvarði á frjósemi moldar. Því meira sem er af kolefninu, þeim mun frjósamari er hún. Þetta á þó fyrst og fremst við um þurrlendismold. C/N-hlutfallið skiptir einnig máli sem og hraði á umsetningu næringarefna.

Sýrustigið hefur áhrif á umsetninguna því lágt sýrustig getur virkað hamlandi auk þess sem flest næringarefni eru helst á aðgengilegu formi við fremur hlutlaust sýrustig (sjá kafla um mold og næringu). Fremur hátt sýrustig (nálægt hlutlausu, pH 6–7) og mikill veðrunarhraði á ferskum glerefnum þar sem áfok er mikið veldur því að frjósemi er einnig mikil í mold á áfoksbeltum – meiri en í mold fjærri þeim. Í ræktun kemur þessi munur ekki vel fram því áburðargjöf þurrkar iðulega út mun á milli svæða.

Fuglar eru víða efst í fæðukeðjunni og eru næmur mælikvarði á frjósemi og ástand vistkerfa. Á Íslandi kemur í ljós að þéttleiki varpfugla er alls ekki mestur þar sem hæstu gildin er að finna fyrir lífræn efni, heldur öfugt. Þéttleiki varpfugla er mestur þar sem áfokið er hvað mest (mynd 13.11), og þessi áhrif eru meira áberandi í votlendi en þurrlendi (Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2015).



**Mynd 13.11.** Þéttleiki varpfugla miðað við áfoksflokka (Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2015). Áfoksflokkarnir eru 7, en fjöldi fugla miðast við rannsóknareiningu (e. patch size (að meðaltali 2,1 ha). Strikin sýna staðalskekkju (SE). Mjög greinilegur og marktækur munur er á fjölda fugla í lægstu og hæstu áfoksflokkunum (mest áfok, áfoksbelti). Myndin til hægri er af jaðrakan, en útbreiðsla hans sýnir mikla samsvörun við magn áfoksefna (teikning; Fifa Jónsdóttir).

aftur og aftur. Frostlyfting á möl og grjóti veldur því að sandur og silt geta safnast undir yfirborðinu og grafið eldri jarðveg. Þannig geta jarðvegslög með nokkru af lífrænum efnum verið til staðar töluvert undir yfirborðinu í sendinni *melajörð*.

## 13.6. Nitur

Nitur er það næringarefni sem oftast skortir við ræktun og er því stærsti hluti áburðarefna. Magn þess í moldinni er einn þeirra mælikvarða sem lagður er á frjósemi vistkerfa. Söfnun niturs í moldina er meðal mikilvægustu ferlanna sem eiga sér stað á fyrri stigum framvindu, t.d. í kjölfar landgræðslu og í verkefnum sem miða að vistheimt.

Náið samhengi er á milli heildarmagns niturs og kolefnis í jarðveginum. Nitrið er gjarnan um 12–20 hluti kolefnisins – þ.e. C/N-hlutfallið er oftast á bilinu 12–20. Örverur sem brjóta niður lífræn efni sem falla til og keyra áfram næringarhringrásina eru mjög háðar nægu framboði af nitri. Ef C/N-hlutfallið er hátt (t.d. >20, þ.e. lítið af nitri í samanburði við kolefni) hafa plöntur hlutfallslega minna af nitri að moða úr því það er frekar tekið upp af örverum. Frjósemi getur því virkað

minni en ella, enda þótt mjög mikið geti verið af lífrænum efnum í kerfinu.

Lágt C/N-hlutfall lífrænna efna er einkenni frjósamra og virkra vistkerfa með öra næringarhringrás. Þetta er sömuleiðis eitt af einkennum hinnar frjósumultuogannarslífrænsúrgangs sem hefur verið meðhöndlaður þannig að hlutfall N í massanum hefur aukist (en við það losnar C sem CO<sub>2</sub> eða CH<sub>4</sub>).

### 13.6.1. Nitur í vistkerfum á Íslandi

Magn niturs í vistkerfum á Íslandi er, sem fyrir segir, í réttu hlutfalli við heildarmagn lífrænna efna. Hlutfall kolefnis og niturs hefur verið ákvarðað í fjölda jarðvegssýna í mörgum rannsóknarverkefnum hjá Landbúnaðarháskóla Íslands, m.a. verkefnunum Ými og LULUCF. Heildarmagn niturs í efstu 30 cm jarðvegsins fer mjög eftir sömu flokkum og ráða kolefnisinnihaldinu: votlendi tefja rotnun og safna lífrænum efnum, en heildarmagn lífrænna efna er almennt hlutfallslega minna í þurr- lendismold þar sem áfokið er mikið. Á móti kemur að rúmpýngd lækkar með auknu innihaldi kolefnis (og niturs) og því er munur á heildarmagni niturs eftir því hve áfok er mikið ekki eins mikill

**Tafla 13.3.** Nitur í efstu 30 cm mismunandi gróðurflokka (flokkun Nyttjálands) deilt niður á áfoksflokka (ÓA 2010). Gögnin byggjast á gagnagrunnum Lbhí. Rúmpýngd (BD) er reiknuð út frá magni lífrænna efna (sjá neðan við töfluna). Niðurstöðurnar byggjast á samtals 436 gildum.

ÁFOK	RÝRT MÓLENDI		RÍKT MÓLENDI		VOTLENDI	
	BD <sup>§</sup>	Forði	BD <sup>§</sup>	Forði	BD <sup>§</sup>	Forði
	<i>g/cm<sup>3</sup></i>	<i>kg N/ha</i>	<i>g/cm<sup>3</sup></i>	<i>kg N/ha</i>	<i>g/cm<sup>3</sup></i>	<i>kg N/ha</i>
Mjög mikið	0,74	4 516	0,74	4 643	0,63	8 145
Mikið	0,66	9 551	0,67	8 746	0,58	11 802
Meðal	0,69	7 788	0,62	11 253	0,53	12 749
Lítið	0,60	10 704	0,53	14 347		Óviss

§: Rúmpýngd (BD) reiknuð með aðhvarfsjöfnu sem byggist á gagnagrunnum Lbhí:  $BD=0,812 - (C\% \times 0,0203)$ . Rúmpýngd er ekki reiknuð fyrir votlendi sem hefur mest af lífrænum efnum vegna mikils breytileika.



## Blómplöntur og laust nitur

Mismunandi gróðurlendi endurspeglar oft kolefnis- og niturforðann. Meira er af kolefni og nitri í óröskuðum, ríku vistkerfum á borð við birkiskóga, jafnframt því sem lágt C/N, t.d. <12, endurspeglar öra næringarumsetningu þar sem nóg er af lífrænum efnum fyrir.

Ætla má að margar blómplöntur geri miklar kröfur til aðgangs að lausu nitri og sæmilega lágs C/N-hlutfalls og gefi því til kynna með nærveru sinni öflugra næringarhringrás.

og ætla mætti í fyrstu. Heildarmagn N í þurrlendi er gjarnan á bilinu 4 000 kg N/ha (mikið áfok) til >10 000 kg N/ha í þurrlendi þar sem áfok er minna (tafla 13.3) í efstu 30 cm moldarinnar. Taka skal fram að óvissa er allmikil í útreikningunum sem sýndir eru í töflu 13.3 þar sem rúmþyngdin sem notuð er við útreikningana er áætluð út frá kolefnismagni.

Enda þótt mun meira sé af kolefni í votlendum (*svartjörð* og *mójörð*) en í þurrlendi er heildarforði N í efstu 30 cm ekki að sama skapi meiri vegna þess að C/N-hlutfallið er yfirleitt hærra í votlendum, gjarnan yfir 25. Auk þess er rúmþyngdin mun minni (lægra gildi), oft 0,2–0,4, en margfaldað er með henni til þess að reikna út heildarmagn í kg á ha. Þegar votlendi eru ræst fram og súrefni kemst að lífrænu efnunum örvast rotnunin og kolefni tekur að losna út í andrúmsloftið sem CO<sub>2</sub>. Við það tekur C/N-hlutfallið að lækka. Rannsóknir Gunnhildar Evu G. Gunnarsdóttur (2017) sýna þetta vel en hún bar saman kolefnis- og niturforða í framræstu og óröskuðu votlendi sem endurspeglar áhrif framræslunnar. Þar kemur fram að kolefnismagnið hafði lækkað úr 23,7 í 15,9% að meðaltali á nokkrum áratugum og C/N-hlutfallið lækkað úr 20,6 í 15,3% að meðaltali.

Niturskortur er áberandi í mjög rýrum kerfum á borð við *melajörð* og *malarjörð*. Niturmagn þarf að lágmarki að vera um 600–1 000 kg N/ha til að vistkerfin nái fullri virkni (t.d. Whisenant 1999). Slík söfnun tekur áratugi á láglandi en árhundruð á há-

landi við íslenskar aðstæður. Þá er miðað við jarðvegsskán og önnur niturbindandi lífform sem vinna nitur úr andrúmsloftinu séu til staðar. Á meðan þessi frumsöfnun á sér stað eru kerfin afar viðkvæm fyrir raski og nýtingu á borð við beit.

## 13.7. Lífríkið

Á undanförnum árum hafa rannsóknir á jarðvegslífverum og lífvirkni jarðvegs margfaldast (Jeffrey o.fl. 2010). Lífverur í jarðvegi eru snar þáttur í viðhaldi og virkni flestra eðlis- og efnaeiginleika jarðvegs. Jarðvegslífverur hafa til að mynda ráðandi áhrif á umsetningu lífrænna efna í jarðvegi og þar af leiðandi áhrif á framboð næringarefna.

Lífverur í mold hafa einnig veruleg áhrif á byggingu jarðvegs og þar með á ýmsa eðlisþætti eins og vatnsrýmd. Losun og binding gróðurhúsalofttegunda er einnig háð starfsemi lífvera jarðvegsins. Nokkuð hefur verið skrifað af yfirlitsgreinum um líf í jarðvegi hérlendis, t.d. Helgi Hallgrímsson (1969, 1975, 1976), Helgi Hallgrímsson og Jóhannes Sigvaldason (1974), Jóhannes Sigvaldason (1973) og Högni Böðvarsson (1961, 1989). En þrátt fyrir þessi greinaskrif eru eiginlegar rannsóknir á jarðvegslífverum fremur fáar á Íslandi. Nokkrar greinar hafa birst um rannsóknir á ákveðnum hópum jarðvegslífvera (Hólmfríður Sigurðardóttir og Guðni Þorvaldsson 1994, Hólmfríður Sigurðardóttir 1994). Minnst er á fleiri íslenskar rannsóknir á jarðvegslífi á Íslandi í 3. kafla.

# Heimildir

Bjarni Helgason 2002. Lífrænn fosfór í íslenskum jarðvegi. *Icelandic Agricultural Sciences* 15:95–109.

Björn Jóhannesson 1960. Soils of Iceland. Rit Atvinnudeildar Háskóla Íslands B-12. Reykjavík.

Bos, J.C. 2021. Effects of afforestation on soil properties, ecosystem carbon stocks and biodiversity in East Iceland. MSc-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.

Buurman, P., F. Bartoli, A. Basile, G. Füleky, E. García Rodeja, J. Hernandez Moreno og M. Madeira 2007. The physico-chemical database. Í: Ólafur Arnalds, F. Bartoli, P. Buurman, Hlynur Óskarsson, G. Stoops og E. García-Rodeja (ritstj.), *Soils of Volcanic Regions of Europe*. Springer, Heidelberg, Holland. Bls. 271–287.

Freyja Ragnarsdóttir Pedersen 2022. Breytingar á sýrustigi í jarðvegi barrskóga. BS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.

García-Rodeja, E., J.C. Novoa, X. Ponteverta, A. Martinez-Cortizas og P. Buurman 2007. Aluminium and iron fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. Í: Ólafur Arnalds, F. Bartoli, P. Buurman, Hlynur Óskarsson, G. Stoops og E. García-Rodeja (ritstj.) 2007. *Soils of Volcanic Regions of Europe*. Springer, Heidelberg, Holland. Bls. 325–351.

Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir 2017. A novel approach to estimate carbon loss from drained peatlands in Iceland. MS-ritgerð, Háskóli Íslands, Líf- og umhverfisvísindadeild, Reykjavík.

Helgi Hallgrímsson 1969. Lífið í jarðveginum. Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 66:31–69.

Helgi Hallgrímsson 1975. Um lífið í jarðveginum IV. Smádyralíf jarðvegsins í ýmsum gróðurlendum. Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 72:28–44.

Helgi Hallgrímsson 1976. Um lífið í jarðveginum V. Árstíðabreytingar jarðvegsfánunnar. Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 73:16–30.

Helgi Hallgrímsson og Jóhannes Sigvaldason 1974. Um lífið í jarðveginum III. Athuganir á rannsóknarreitum á Víkurbakka sumarið 1969. Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 71:36–55.

Hlynur Óskarsson, Ólafur Arnalds, Jón Guðmundsson og Grétar Guðbergsson 2004. Organic carbon in Icelandic Andosols: geographical variation and impact of erosion. *Catena* 56:225–238.

Hólmfríður Sigurðardóttir 1994. Ánamaðkar. Náttúrufræðingurinn 64:139–148.

Hólmfríður Sigurðardóttir og Guðni Þorvaldsson 1994. Ánamaðkar (Lumbricidae) í sunnlenskum túnum. *Búvísindi* 8:9–20.

Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson, Halldór G. Pétursson og Margrét Hallsdóttir 2008. Late Weichselian and Holocene environmental history of Iceland. *Jökull* 58:343–364.

Högni Böðvarsson 1961. Margt býr í jörðinni. Náttúrufræðingurinn 31:56–69.

Högni Böðvarsson 1989. Jarðvegisdýr. Í: Hrefna Sigurjónsdóttir og Árni Einarsson (ritstj.), *Pöddur*. Rit Landverndar 9:101–111.

Jeffery, S., C. Gardi, A. Jones, L. Montanarella, L. Marmo, L. Miko, K. Ritz, G. Peres, J. Römbke og W.H. van der Putten, (ritstj.) 2010. *European Atlas of Soil Biodiversity*. European Union, Office of Publications of the European Communities, Luxemburg.

Jóhannes Sigvaldason 1973. Um lífið í jarðveginum II. Nokkrar athuganir á dýralífi í tilraunareitum á Akureyri. Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 70:51–62.

Madeira, M., G. Füleky og E. Auxtero 2007. Phosphate sorption of European volcanic soils. Í: Ólafur Arnalds, F. Bartoli, P. Buurman, Hlynur Óskarsson, G. Stoops og E. García-Rodeja (ritstj.), *Soils of Volcanic Regions of Europe*. Springer, Heidelberg, Holland. Bls. 325–351.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Ólafur Arnalds, Sigurður E. Pálsson, B.H. Howard og Kjartan Guðnason 2005. Radiocaesium fallout behaviour in volcanic soils in Iceland. *Journal of Environmental Radioactivity* 79:39–53.

Margrét Hallsdóttir og C. Caseldine. The Holocene vegetation history of Iceland, state-of-the-art and future research. Í: C. Caseldine, A. Russell, J. Harðardóttir og Ó. Knudsen (ritstj.), *Iceland – Modern Processes and Past Environments*. *Developments in Quaternary Science* 5, Elsevier, Amsterdam, Holland. Bls. 319–334.

María Svavarsdóttir 2018. Soil nutrients, properties and carbon stock comparison between native and non-native ecosystems in Þingvellir, Iceland. MS-ritgerð (óbirt). Háskóli Íslands. Reykjavík.

Ólafur Arnalds 1990. Characterization and erosion of Andisols in Iceland. PhD dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.

Ólafur Arnalds 2010. Dust sources and deposition of aeolian materials in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 23:3–21.

Ólafur Arnalds 2015. *The Soils of Iceland*. Springer, Dordrecht, Holland.

Ólafur Arnalds og J. Kimble 2001. Andisols of Icelandic deserts. *Soil Science Society of America Journal* 65:1778–1786.

Ólafur Arnalds, Berglind Orradóttir og Ása L. Aradóttir 2013. Carbon accumulation in Icelandic desert Andosols during early stages of restoration. *Geoderma* 193–194:172–179.

Ólafur Arnalds, Bergrún Arna Óladóttir og Rannveig Guicharnaud 2005. Aðferðir við að lýsa jarðvegssniðum. Rit Lbhí nr. 5. Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.

Ólafur Arnalds, C.T. Hallmark og L.P. Wilding. 1995. Andisols from four different regions of Iceland. *Soil Science Society of America Journal* 59:161–169.

Ólafur Arnalds, Hlynur Óskarsson, Jón Guðmundsson, Sigmundur Helgi Brink og Fanney Ósk Gísladóttir 2016. Icelandic inland wetlands: Characteristics and extent of draining. *Wetlands* 36:759–769.

Ólafur Arnalds, F. Bartoli, P. Buurman, Hlynur Óskarsson, G. Stoops og E. García-Rodeja (ritstj.) 2007. *Soils of Volcanic Regions of Europe*. Springer, New York, USA.

Ólafur B. Bjarnason 1952. Íslenzkur mór. Fjörlit Rannsóknaráðs nr. 3, Reykjavík.

Ólafur B. Bjarnason 1966. Íslenzkur mór. Atvinnudeild Háskóla Íslands, Reykjavík.

Stoops, G., M. Gérard og Ólafur Arnalds 2008. A micromorphological study of Andosol genesis in Iceland. Í: S. Kapur, A. Mermut og G. Stoops (ritstj.), *New Trends in Micromorphology*. Springer, Heidelberg, Holland. Bls. 67–90.

Tómas Grétar Gunnarsson, Ólafur Arnalds, G. Appleton, V. Méndez og J.A. Gill 2015. Ecosystem recharge by volcanic dust drives broad-scale variation in bird abundance. *Ecology and Evolution* 5:2386–2396. doi:10.1002/ece3.1523.

Whisenant, S. 1999. Repairing Damaged Wildlands: A Process-Orientated, Landscape-Scale Approach. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Þorleifur Einarsson 1991. Jarðfræði. Myndun og mótun lands. Mál og menning, Reykjavík.

Þorsteinn Guðmundsson 1978. Pedological studies of Icelandic peat Soils. PhD.-ritgerð, University of Aberdeen, Skotland.

