

A photograph of three sheep with thick, light-colored wool and curved horns walking along a dirt path in a lush green field. The sheep are in the foreground, with a wooden fence and tall grasses to their right. In the background, more sheep are visible grazing in the field under a bright sky.

# Kolefnisjafnvægi landbúnaðar

## Nýting þekkingar

Höfundur: Ari Teitsson  
Janúar 2026

## Samantekt

Hlýnun jarðar eru ein mesta ógnun við mannlíf og búsetuskilyrði jarðar. Hlýnunin stafa að mestu af bruna kolefnis sem leyst hefur verið úr iðrum jarðar í formi olíu og kola. Nærtækt virðist því að binda sem mest af kolefni aftur í jarðvegi með ljóstillífun gróðurs sem knúin er af orku sólar. Stefnt er að kolefnishlutleysi Íslands fyrir árið 2040.

Verulega skortir á að losun og binding kolefnis sé nægilega vel skilgreind í loftslagsbókhalda Íslands og ekki virðist fullt samræmi í skráningu. Tilhneiging virðist til að skrá fremur meiri en minni losun kolefnis en skrá síður kolefnisbindingu sem þó virðist augljós. Þar kunna óhentugar IPCC reglur að standa í vegi. Nokkur óvissa virðist varðandi notkun hugtaka í loftslagsumræðu og m.a. nauðsynlegt að fá á hreint hvernig meta skal og reikna kolefnishlutleysi.

Ísland er í góðri stöðu í loftslagsmálum. Gnægð endurnýjanlegrar orku skiptir miklu máli. Landrymi er mikið á hvern íbúa. Íslenskur jarðvegur hentar vel til bindingar og geymslu kolefnis og því binda víðáttumikil gróðurlendi mikið kolefni sem gerir kolefnishlutleysi landsins mögulegt.

Landbúnaðurinn á í vök að verjast meðan atvinnugreinin er talinn bera ábyrgð á meirihluta losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi.

Loftslagsbókhalda Íslands byggir mjög á greiningu sem unnin var fyrir stjórnvöld af Landbúnaðarháskóla Íslands árið 2016. Í þeirri greiningu eru miklir fyrirvarar sem lítið tillit virðist tekið til við vinnslu bókhaldsins.

Um helmingur af beinni losun frá landbúnaði er talinn koma frá iðragerjun jórturdýra (metanlosun). Sýnt hefur verið fram á að sé búrekstur í jafnvægi, svo sem nú er hér á landi, eyðist jafn mikið af metan frá landbúnaði úr andrúmslofti og berst inn vegna iðragerjunar og því er metanlosun landbúnaðarins kolefnishlutlaus. Hér reynir á sanngjarna skráningu í loftslagsbókhalda og ekki síður á vilja til að rýna og nýta fyrirleggjandi þekkingu og þróa aðferðafræði í samræmi við hana.

Jarðvegsgerlum sem eyða metan fjölgar mjög í beitolöndum við beit jórturdýra. Þeir eru einnig taldir eyða miklum hluta þess metan sem losnar í votlendi. Þannig hefur náttúran gegnum árpúsundir þróað nýtingu metanlosunar frá jórturdýrum og öðrum náttúrulegum uppsprettum metans.

Meirihluti kolefnislosunar samkvæmt loftslagsbókhalda Íslands er talinn koma frá framræstu votlendi. Yfir 50 % af framræstu votlendi hérlendis var ræst fram fyrir 1970 og yfir 95% fyrir 1990. Aðeins um 15% af framræstu landi eru nýtt til ræktunar og því 85% framræslunnar annað hvort nýtt til beitar eða ekki nýtt. Viðhald þeirrar framræslu er jafnan lítið sem ekkert og hefur hún gengið úr sér á 40 – 70 árum. Nýlegar íslenskar rannsóknir benda til að lítil losun sé frá framræstu landi eftir að 40 ára aldri framræslu er náð og trúlega víða binding eftir 60 ár. Losun CO<sub>2</sub> frá framræstu votlendi virðist því stórlega ofmetin í loftslagsbókhalda Íslands. Heimilt virðist að taka aðeins með í loftslagsbókhalda þá framræslu sem unnin var eftir 1990. Margt mælir með að svo sé gert og við það myndi loftslagsbókhalda landsins gjörbreytast. Sú ákvörðun að taka inn í loftslagsbókhalda Íslands á grundvelli IPCC stuðla allt framræst votlendi hérlendis virðist hafa verið í senn óþörf, óheimil og ekki byggð á faglegum forsendum.

Mikil árleg kolefnisbinding er í jarðvegi og gróðri landsins. Hlýnandi veðurfar og aukinn styrkur CO2 í andrúmslofti eykur þá bindingu. Sýnt hefur verið fram á verulega framþróun gróðurs jafnt á láglendi sem í afréttum á síðustu 30 árum.

Kolefnisbinding í skógrækt og landgræðslu er þegar nýtt í loftslagsbókhaldi. Auka mætti þá bindingu hratt með betri nýtingu köfnunarefnisbindandi jurta. Umfangsmesta kolefnisbindingin er þó í túnum og beitolöndum og gæti árleg kolefnisbinding verið á bilinu þrjár til sjö milljónir tonna CO2. Nýtingu þeirrar bindingar í loftslagsbókhaldi virðist enn lítt hafa verið sinnt.

Sýnt hefur verið fram á að vel skipulögð beit eykur kolefnisbindingu í beitolöndum. Íslensk beitardýr gegna því mikilvægu hlutverki við að hámarka kolefnisbindingu Íslands.

Ætla má að með markvissri nýtingu túna og beitolanda, með kolefnisbindingu að leiðarljósi, sé unnt að staðfesta mikla kolefnisbindingu sem, ásamt leiðréttri skráningu á framræstu votlendi, gerir kolefnishlutleysi Íslands mögulegt.

Finna má dæmi erlendis um að bændur fái hvatningu og umbun fyrir að auka kolefnisbindingu í löndum sínum með skipulagðri landnýtingu.

Upplýsingagjöf og aðgerðir tengdar loftslagsbókhaldi Íslands verða að taka mið af íslenskum aðstæðum. Ekki er hægt að krefjast þess að landbúnaðurinn lagi sig að kröfum IPCC nema þær eigi hér við.

Rangar og villandi tölur um kolefnisjafnvægi Íslands eru nýttar til að sverta og veikja mikilvægustu greinar landbúnaðarins, búgreinar sem munu gegna hlutverki við að ná varanlegu kolefnishlutleysi landsins.

Þurfi að lýsa yfir kolefnishlutleysi Íslands til að fá viðurkennt mat á kolefnisbindingu í túnum og beitolöndum kann að reynast nauðsynlegt að setja þá yfirlýsingu fram fyrir en síðar.

Vakin er athygli á nauðsyn þess að hugmyndaflug og innsæi séu nýtt til þekkingaröflunar og framfara en varað við þröngsýni og einsleitri umræðu.

Mikilvæg er að tilraunaniðurstöður séu túlkaðar með hlutlausum og sanngjörnum hætti.

Bændur hafa lengi verið meðvitaðir um annmarka á loftslagsbókhaldi Íslands en athugasemdum þeirra hefur lítið verið sinnt.

Landbúnaður og landnýting gegna lykilhlutverki við að ná markmiðum um kolefnishlutleysi Íslands og frekari kolefnisbindingu.

Á komandi árum gæti árleg kolefnisbinding aukist verulega en losun kolefnis dregist saman. Kolefnisbinding yrði þá umfram losun sem væri mikilvægt og verðmætt framlag Íslands til loftslagsmála.

## Efnisyfirlit

Samantekt .....	1
Inngangur.....	4
Skilgreining hugtaka .....	4
Sérstaða Íslands .....	5
Íslenskur þekkingargrunnur .....	6
Losun vegna landbúnaðar.....	6
Bein losun vegna búrekstrar .....	7
Losun frá framræstu votlendi .....	8
1) Langtímatap kolefnis í framræstu ræktarlandi (Þóroddur Sveinsson og fl. 2022). .....	11
2) A novel approach to estimate carbon loss from drained peatlands in Iceland (Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir, 2017) .....	11
3) Carbon and water balance of an afforested shallow drained peatland in Iceland. (Brynhildur Bjarnadóttir og fl.) .....	12
4) Endurheimt votlendis á tveimur jörðum og vöktun á árangri (Sunna Áskelsdóttir og fl. 2022) .....	12
Frekari ályktanir út frá fyrirliggjandi rannsóknum og skýrslum .....	13
Vernd stjórnsýslulaga .....	15
Binding/losun kolefnis vegna ræktunar og annarra landnota .....	17
Fyrir hverja er loftslagsbókhald Íslands? .....	21
Möguleg áhrif hugmyndafræði og trúverðugleiki fræðimanna .....	23
Afstaða bænda.....	24
Lokaorð .....	24
Helstu heimildir.....	26
Þakkir .....	27
Um höfund .....	28
Viðauki 1: Nýting gervigreindar .....	29

## Inngangur

Hér fer á eftir tilraun til að draga fram þekkingu og viðhorf sem varða loftslagsmálefni landbúnaðarins og meta möguleika á nýtingu þekkingarinnar í þágu lands og þjóðar.

Til að auðvelda lestur er reynt að hafa allar beinar tilvitnanir skáletraðar og höfundar og heimildar getið. Þannig eiga þeir lesendur sem það kjósa í flestum tilvikum möguleika á að skoða í heild þær heimildir sem vitnað er til.

Loftslagsbreytingar sem valda hlýnun jarðar eru nú viðurkenndar sem ein mest ógnun við mannlíf og búsetuskilyrði jarðarbúa. Viðurkennt er að hlýnun jarðar stafar að mestu af því að mikið kolefni hefur verið leyst úr iðrum jarðar í formi olíu og kola og því brennt með tilheyrandi losun CO<sub>2</sub>. Nærtækt virðist því að binda kolefnið sem mest aftur í jarðvegi með ljóstillífun gróðurs sem knúin er af orku sólar. Þegar hefur verið gripið til umfangsmikilla aðgerða til að draga úr hlýnun jarðar og flestar þjóðir hafa skuldbundið sig til frekari aðgerða.

Stefna ríkisstjórnar Íslands er skýr:

*Markmiðum sínum hyggst ríkisstjórnin ná með eftirfarandi aðgerðum: ... 7. Með markvissum loftslagsaðgerðum svo að Ísland nái kolefnishlutleysi fyrir árið 2040 og verði áfram í fremstu röð í baráttu gegn hnattrænni hlýnun. (Úr stefnuyfirlýsingu ríkisstjórnarinnar des. 2024).*

Áformaðar aðgerðir og umræða um málefnið hafa eðlilega víðtæk áhrif og því mikilvægt að þekkingargrunnur umræðu og áforma sé traustur, samanber niðurstöður úr fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar (bls. 130):

*Eins og Loftslagsráð hefur nýlega bent á (Loftslagsráð, 2023) þá er losun GHG vegna landnotkunar hlutfallslega mikil hér á landi og því mikilvægt að tölur um kolefnisbúskap vistkerfa séu vel undirbyggðar með vönduðum rannsóknum og vöktun (VSÓ, 2021). Einnig bendir ráðið á að losun vegna landnotkunar hefur ekki fallið undir skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum hingað til og hefur því ekki verið látin sæta bindandi markmiðum um raunsamdrátt í nettólosun, en það muni breytast frá og með árinu 2026.*

## Skilgreining hugtaka

Ísland hefur undirgengist alþjóðlegar skuldbindingar um skráningu losunar og bindingar gróðurhúsalofttegunda. Á heimasíðu Loftslagsráðs er það bókhald nefnt losunarbókhald (e. Emission Inventories). Sú nafngift virðist gefa til kynna að meiri áhersla sé lögð á að skrá losun gróðurhúsalofttegunda en bindingu, enda losun því miður í flestum löndum mun meiri en binding. Því er öfugt farið á Íslandi þar sem margt bendir til að binding kolefnis sé meiri en losun. Ráðuneyti loftslagsmála notar í einhverjum tilfellum loftslagsbókhald fremur en losunarbókhald enda lýsir það hugtak betur stöðu Íslands og verður því notað hér á eftir.

Á heimasíðu Loftslagsráðs er að finna skýrslu sem nefnist *Innviðir kolefnisjöfnunar á Íslandi* (Höf. Birna Sigrún Hallsdóttir Stefán Gíslason, janúar 2020). Þar segir:

*Kolefnishlutleysi vísar til þess að losun og binding kolefnis sé í jafnvægi, þ.e. að losun koldíoxíðs og annarra gróðurhúsalofttegunda sé ekki meiri en það magn kolefnis sem fjarlæggt er úr andrúmsloftinu, t.d. með því að binda það í jarðvegi eða gróðri eða með öðrum hætti.*

Þar má einnig finna eftirfarandi skilgreiningu:

*Þegar losun og binding koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>) jafnast út verður nettólosunin núll og þá er talað um kolefnishlutleysi (e. carbon neutrality).*

Í einhverju mæli er hugtakið losun notað um öndun jurta og virðist öndun þeirra þannig lögð að jöfnu við t.d. losun frá nýtingu jarðefnaeldsneytis. Slíkt veldur misskilningi sem kann að leiða til þess að nettó losun kolefnis (losun umfram bindingu) sé ofmetin í umræðu og ákvarðanatöku.

Nefna má að sé hugtakið losun notað um öndun lifandi jurta virðist nærtækt að nota það einnig um öndun manna. Þá væri maðurinn að „losa“ CO<sub>2</sub> út í andrúmsloftið í hvert sinn sem hann andar frá sér.

*Kolefnisbinding vistkerfa felst í langtímabreytingu á standandi kolefnisforða ofanjarðar eða í jarðvegi, sem er ekki það sama og árleg kolefnisupptaka (GPP) eða nettó-ofanjarðarframleiðni (ANPP). Mikill misskilningur virðist vera meðal margra aðila um hvernig kolefnisbinding vistkerfa er reiknuð og hvernig hún er frábrugðin t.d. GPP eða ANPP. Taka má mörg dæmi um slíkt í nýlegum skrifum á samfélagsmiðlum og í fjölmiðlum hérlendis. Slíkt er að valda óþarfa ruglingi í huga almennings og hagaðila. (Úr fjórðu samantektarskýrslu Vísindanefndar um loftslagsbreytingar, bls 132).*

Í skýrslu VSÓ ráðgjafar frá árinu 2021, sem unnin var fyrir Loftslagsráð, kemur eftirfarandi fram um mat á losun gróðurhúsalofttegunda (GHL) frá landi:

*Mikilvægt er að huga að því fyrir hvern upplýsingarnar eru settar fram því eins og staðan er í dag er framsetning á losunartölum einkum miðuð við kröfur um losunarbókhald (bls 3).*

...

*Ekki hefur verið tekin afstaða til þess á alþjóðavettvangi hvernig tekið verður á losun frá landi þegar kolefnishlutleysi verður gert upp. Gera má ráð fyrir því að nálgunin verði heildstæðari og að tillit til bindingar verði ekki takmarkað eins og gert verður við uppgjörið 2030. (bls. 18).*

Óhjákvæmilegt er að skilgreina betur hugtök. M.a. þarf að fá á hreint hvort málsgreinin sem fram koma hér í upphafi umfjöllunar um skilgreiningu kolefnishlutleysis lýsi því mati á bindingu og losun kolefnis sem unnið er eftir í loftslagsbókhaldi og við mat á mögulegu kolefnishlutleysi Íslands. Kolefnishlutleysi verður ekki náð nema fyrir liggja nákvæm skilgreining á við hvað er átt.

## Sérstaða Íslands

Ísland er um margt í góðri stöðu hvað varðar losun og bindingu kolefnis.

Miklu skiptir að yfir 90% af hýbýlum landsmanna eru hituð með endurnýjanlegum orkugjöfum. Stærsti hluti iðnaðar og vaxandi hluti einkabíla er einnig knúinn af endurnýjanlegri orku.

Ekki er síður mikilvægt að landrými er hér mikið miðað við fólksfjölda, eða um 25 hektarar á íbúa. Samhliða eru aðstæður með þeim hætti að jarðvegur hérlendis er eldfjallajarðvegur (Andosol) en slíku jarðvegur getur bundið meira kolefni á flatareiningu en annar þurrlendisjarðvegur. Þá eru hér víðáttumiklar auðnir sem eru snauðar af kolefni og geta því bundið mikið kolefni við uppgæðslu. Einnig er úrkoma jafnan nægileg á vaxtartíma gróðurs. Þótt aðeins um helmingur flatarmáls Íslands sé nú að binda kolefni er kolefnisbinding í jarðvegi á hvern íbúa lands trúlega hvergi meiri.

Þá byggir sauðfjárræktin, ein öflugasta búgrein landsins, nær eingöngu á heyfóðrun og úthagabeit, en beit á úthaga eykur kolefnisbindingu í jarðvegi ef rétt er að staðið og tún í góðri rækt binda einnig verulegt kolefni. Mjólkur- og nautakjötsframleiðsla byggir einnig að stórum hluta á heyfóðrun og beit.

Ísland hefur því meiri möguleika en flest önnur lönd til að sýna fram á kolefnishlutleysi.

## Íslenskur þekkingargrunnur

Umhverfisráðuneytið og undirstofnanir þess hafa eðlilega haft forgöngu um öflun og miðlun upplýsinga um loftslagsmálefni. Við neðangreindri fyrirspurn á Alþingi um þekkingargrunn fékkst meðfylgjandi svar:

*Hvaða íslenskar rannsóknir hafa verið gerðar á losun kolefnis vegna framleiðslu kindakjöts?*

*Losunarbókhald Umhverfisstofnunar byggir m.a. á gripafjölda en langstærsti hluti losunar er vegna iðragerjunar gripanna. Líkt og fram kemur í 2. tölul. fyrirspurnarinnar heyrir losunarbókhald Íslands undir umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið. Ýmsar rannsóknir hafa verið gerðar sem tengjast þessu efni. Ráðuneytið býr ekki yfir heildaryfirliti um þær. Rétt þykir þó að nefna sérstaklega tvær greiningar sem unnar voru fyrir stjórnvöld, annars vegar af Landbúnaðarháskóla Íslands árið 2016 á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði og hins vegar greining á losun gróðurhúsalofttegunda frá fimm býlum sem unnin var af Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins árið 2018.*

(153. löggjafarþing 2022–2023. Þingskjal 1010 — 459. mál.)

Í ofanefndri greiningu á losun gróðurhúsalofttegunda frá fimm býlum (Snorri Þorsteinsson, 2018) virðist mjög byggt á þeirri greiningu sem unnin var fyrir stjórnvöld, af Landbúnaðarháskóla Íslands árið 2016 sbr. eftirfarandi tilvitnanir úr skýrslunni um býlin fimm:

*Losunarstuðull fyrir framræst votlendi sem notaður var er fenginn úr skýrslu Jóns Guðmundssonar (2016). ... Losunarstuðull fyrir ræktun í steinefnajarðvegi er einnig fenginn úr þessari skýrslu (Jón Guðmundsson, 2016) ... Að öðru leyti er vísað til aðferðarfræði sem vel er farið yfir í skýrslum Jóns Guðmundssonar (2016) ... Losunartölur vegna notkunar á búfjáraðurði eru reiknaðar samkvæmt aðferðafræði sem fengin er úr skýrslu Jóns Guðmundssonar (2016).*

Þannig virðist skýrsla Landbúnaðarháskóla Íslands sem unnin var af Jóni Guðmundssyni árið 2016 vera helsti grunnur að loftslagsbókhaldi landbúnaðarins. Í skýrslunni eru miklir fyrirvarar við marga þætti, sem lítið tillit virðist hafa verið tekið til við mat á losun frá landbúnaði. Í umfjöllun um einstaka þætti losunar og bindingar hér á eftir verður þessara fyrirvara að nokkru getið (*merkt JG 2016*).

## Losun vegna landbúnaðar

Skipta má skráðri losun frá landbúnaði í loftslagsbókhaldi Íslands í þrjá þætti, þ.e. bein losun vegna búrekstrar, losun frá framræstu votlendi og losun/binding vegna ræktunar og annarra landnota. Verður hér á eftir fjallað um þessa þrjá þætti.

## Bein losun vegna búrekstrar

Bein losun vegna búrekstrar er ætluð 618 þús. tonn CO<sub>2</sub> ígilda á ári. Þar af er iðragerjun búfjár (losun metan frá meltingarvegi) skráð 317 þús. tonn CO<sub>2</sub> ígilda. Metan hefur þá sérstöðu að það eyðist úr andrúmslofti á 10 – 12 árum en hefur mikil neikvæð loftslagsáhrif á líftíma sínum. CO<sub>2</sub> er hins vegar talið að haldist óbreytt í lofthjúpi jarðar mörg hundruð ár. Við þessu hafa sérfræðingar hjá Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) brugðist með því að ákvarða sérstakan reiknistuðul fyrir metanlosun. Sýnt hefur verið fram á að sá reiknistuðull metur ekki rétt metanlosun frá landbúnaði í jafnvægi því þegar landbúnaður er í jafnvægi fer jafn mikið metan út úr lofthjúpi jarðar og kemur inn vegna landbúnaðar:

Fræðimenn við Oxford háskóla hafa birt umfjöllun um efnið:

*At the moment, it is not obvious how this will be done. In a new paper published in npj Climate and Atmospheric Science, my co-authors and I address one of the stocktake's key stumbling blocks – the treatment of all greenhouse gases as “CO<sub>2</sub>-equivalent”, using a metric known as “global warming potential” (GWP). This misrepresents the impact of short-lived climate pollutants, such as methane, on future warming.*

*We show that modifying the use of GWP, so that it accounts for the differences between short- and long-lived gases, can better link emissions to warming. This means that the true impact of an emission pathway on global temperature can be easily assessed. For countries with high methane emissions – due to, say, agriculture – this can make a huge difference to how their progress in emission reductions is judged. (Cain, Michelle. 2018)*

Í sama streng tekur virtur finnskur prófessor á ráðstefnu um fóðrun búfjár sem haldin var í Stokkhólmi 2024:

*„Research control systems has resulted in inefficient use of research funding. As research community we should try to “educate” community, media, funding organisation and politicians that ruminant methane is biogenic and that in steady stage ruminant methane is GHG neutral. Globally the efforts should be directed to areas where the potential for improvement is greatest (increasing milk yield from 500 to 1000 kg/year improves CH<sub>4</sub> much more than 3-NOP)“.* (Huhtanen. 2024).

Árið 1990 voru á Íslandi á vetrarfóðrum 548.508 kindur og 78.889 nautgripir. Haustið 2023 voru vetrarfóðraðar kindur 354.986 og nautgripir 78.732. Frá 1990 hefur því verið fjarlægt (eyðst) meira af metan úr andrúmslofti en komið hefur inn vegna sauðfjár og nautgripa og því þar átt sér stað kolefnisbinding í skilningu skilgreiningar kolefnishlutleysis.

Hér reynir raunar á hvort sú skilgreining á loftslagsáhrifum sem vísað var til hér í upphafi sé það sem unnið er eftir: *Kolefnishlutleysi vísar til þess að losun og binding kolefnis sé í jafnvægi, þ.e. að losun koldíoxíðs og annarra gróðurhúsalofttegunda sé ekki meiri en það magn kolefnis sem fjarlægt er úr andrúmsloftinu, t.d. með því að binda það í jarðvegi eða gróðri eða með öðrum hætti.*

Svo sem fram kemur hér að ofan ætti ætluð árleg bein losun vegna búrekstrar að lækka um nálægt helming, jafnvel um 317 þ.t.CO<sub>2</sub> íg og verða því aðeins um 300 þ.t.CO<sub>2</sub> íg.

Þá skiptir einnig máli að talið er að jarðvegsgerlar eyði (éti) um 10% af því metan sem berst inn í lofthjúpi jarðar. Sýnt hefur verið fram á að þessum gerlum fjölgar í jarðvegi, sé þar búfé á beit. Því má ætla að á hóflega beittum svæðum eyðist hratt það metan sem jörturdýr gefa frá sér og hafi það metan lítil

loftslagsáhrif. Þannig hefur náttúran gegnum árbúsundir þróað nýtingu metanlosunar frá jórturdýrum og losunin því við náttúrulegar aðstæður (beit jórturdýra) hluti af hringrás náttúrunnar. Þá hringrás skal virða enda undirstaða lífríkis jarðar.

Lítum aftur í skýrslu VSÓ ráðgjafar, sem unnin var fyrir Loftslagsráð 2021:

*Fram kom að mikilvægt sé að auka þekkingu á kolefnishringrás á norðurslóðum, sérstaklega hringrás metans í þurrlendi. Rannsóknir hafa sýnt fram á bindingu metans í þurrlendi sem jafnast á við losun frá votlendi. Binding á flatareiningu er ekki mikil en landsvæðin eru stór. Þetta er áhugavert efni í samhengi heildarhringrásarinnar, en ekki mikilvægt vegna áhrifa mannsins frá 1990 en skiptir þó máli fyrir heildina.*

Fjöldi greina úr alþjóðlegu vísindasamfélagi má finna um skylt efni, s.s.:

*Light and intermediate grazing stimulated the growth and activity of methanotrophs, while heavy grazing decreased the abundance and diversity of the active methanotrophs in the typical steppe. (Yong Li og fl. 2020)*

*The results of this study suggest that, while type II MOB, unaffected by land use, represent the dominant MOB, Methylobacter-related type Ia MOB appear to be responsible for the majority of methane oxidation and are strongly affected by the grazing of cattle. (Guy C. J. Abell og fl. 2009) .*

## Losun frá framræstu votlendi

Yfir 50 % af framræstu votlendi hérlendis var ræst fram fyrir 1970 og yfir 95% fyrir 1990. Endingartími framræslu er breytilegur en þó má ætla að meirihluti þeirrar framræslu sem ekki hefur verið nýtt til ræktunar sé nú mjög úr sér genginn.

Ætluð losun frá framræstu votlendi er í loftslagsbókhaldi skráð undir mólendi og ræktuðu landi. Samanlagt er sú losun meirihluti allar ætlaðrar losunar í loftslagsbókhaldi Ísland og virðist reiknuð um sjö milljónir tonna CO<sub>2</sub>. Miklu skiptir því að mat á þeirri losun byggji á traustum grunni, en svo virðist ekki vera.

Flestir sem til þekkinga munu sammála um að við framræslu og þar með við lækun grunnvatnsstöðu fær jarðvegur sem áður var undir vatni aðgengi að súrefni og niðurbrot eykst í þeim jarðlögum sem þorna. Hve lengi slíkt niðurbrot varir og þróun þess í tíma er hins vegar flókið ferli.

**Listinn hér á eftir geymir samantekt nokkurra tilvitnana í fræðimenn um viðfangsefnið:**

### **Jón Guðmundsson. 2016.**

*Almennt þá hefur það mikil áhrif á hversu hratt niðurbrot lífrænna efna gengur fyrir sig hve mikið er af auðniðurbrotanlegum efnum eins og einföldum kolvetnum í þeim. Eftir því sem lífrænu efni brotna meira niður verður hlutfallslega minna og minna af þessum efnum, og það hægir á heildarniðurbrotinu. Þannig að búast má við að því eldri, sem viðkomandi framleiðsla er því minni sé losunin. Í gömlum framræslum hér á landi eru efstu lög jarðvegsins að mestu full niðurbrotin og þarf jafnvel að fara niður á 40-50 cm til að finna merkjanlegar plöntuleifar.*

*Miklu getur skipt að bæta mat á áhrifum þessar þátta á losun úr framræstu landi og jafnframt að skipta því upp m.t.t. þessara þátta. (JG 2016)*

**Couwenberg. 2011.**

*A review of net carbon flux studies give a range of -0.7-7.5 tCha-1yr-1 with drainage.*

**Þóroddur Sveinsson og fl. 2022.**

*Íslenskar rannsóknir á nettó losun gróðurhúsalofttegunda í framræstu mólendi eru fáar og bundnar við Suðvesturland. Bent hefur verið á að óvissa í þessum rannsóknum sé umtalsverð og að þær spanni ekki breytileika í undirliggjandi land- og jarðvegsgerðum, t.d. megi leiða líkur að því að framræst sandtún séu í sumum tilfellum að binda meira kolefni en þau losa. Þá er áhrifasvæði framræsluskurða breytilegt eftir landslagi og landgerðum og flatarmál framræsts lands í heild sinni háð umtalsverðri óvissu samkvæmt því.*

**Grönlund. 2008.**

*We followed this principle by breaking the subsidence curve obtained at Smøla in two distinct phases: (1) rapid subsidence following a drainage event, and (2) reduced and constant-rate subsidence multiple years after drainage.*

**Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir. 2017.**

*This number is calculated using default emission factors proposed by the IPCC for calculating emissions from drained wetlands in the boreal climatic zone (IPCC, 2014b). There are however large uncertainties inherent in these estimations like mentioned before. One is the difficulty and complexity of mapping, measuring, and assessing the dynamics of interactions between land, soil, and water that are necessary to produce reliable standards (Snorrason et al., 2015; Tubiello et al., 2016). Uncertainty in the estimate of drained area alone is considered to be 20-30% for these calculations (Snorrason et al., 2015). Another important uncertainty lies in the fact that these emission factors are produced for the boreal climatic zone as previously stated, and the Icelandic soil environment is quite different from the soils in the rest of the countries within the same climatic zone. These uncertainties need to be addressed to be able to accurately report on GHG emissions from drained peatlands.*

**Guðni Þorvaldsson. 29. apríl 2021. Bbl.**

*Það ber að hafa í huga að þegar votlendi er þurrkað verður með tímanum til nýtt jafnvægi. Steinefnaríkar mýrar geta breyst í frjósaman grasmóa sem getur bundið mikið kolefni en graslendi er mjög öflugt við að binda kolefni í jarðvegi. Það felst líka mikil röskun því að breyta slíku landi aftur í votlendi.*

Mjög mikilvægt er að við mat á loftslagsáhrifum landbúnaðar sé bæði horft til losunar og bindingar sbr. *Kolefnishlutleysi vísar til þess að losun og binding kolefnis sé í jafnvægi, þ.e. að losun koldíoxíðs og annarra gróðurhúsalofttegunda sé ekki meiri en það magn kolefnis sem fjarlæggt er úr andrúmsloftinu, t.d. með því að binda það í jarðvegi eða gróðri eða með öðrum hætti. Á því virðist nokkur misbrestur. Í grein Guðna Þorvaldssonar, jarðræktarfræðings hjá Landbúnaðarháskóla Íslands, sem birtist í Bændablaðinu 29. apríl 2021 kemur eftirfarandi fram:*

*Mikið kolefni er bundið í jarðvegi í heiminum, bæði í þurrlendi og votlendi. Við þurrkun votlendis byrjar kolefni að losna vegna niðurbrots lífrænna efna. Nokkrir lykilkættir ráða miklu um það hversu hratt losunin á sér stað. Í fyrsta lagi má nefna hita, en losun eykst með vaxandi hita. Í öðru lagi má nefna raka, niðurbrotsbakteríurnar þurfa hæfilegan raka, ekki of þurrt eða of blautt. Þá má nefna sýrustig jarðvegs, niðurbrot gengur hraðar fyrir sig eftir því sem sýrustigið er hærra. Bakteríurnar þurfa einnig súrefni, en súrefnisskortur er einmitt einkennandi fyrir votlendi, og svo þurfa þær ýmis næringarefni. Þá skiptir magn lífræns efnis, uppruni og rotnunarstig einnig máli. Ef þessir kættir eru ekki á kjörstigi fyrir bakteríurnar hægir á niðurbrotinu. Af þessum þáttum er það hitinn sem gefur tilefni til að ætla að hér á landi sé niðurbrot hægara en í nágrennalöndunum. Hér er sumarhiti mun lægri en víða í Norður-*

*Evrópu, líka á svæðum sem eru á sömu breiddargráðum og við. Hér er hins vegar mikið framboð næringarefna, einkum á svæðum sem reglulega verða fyrir öskufalli. Það getur ýtt undir niðurbrot miðað við svæði þar sem meiri skortur er á næringarefnum. Plöntur anda og gefa frá sér koltvísýring hvort sem þær eru í votlendi eða þurrlandi. Þetta þýðir að losun sem mælist á gróðurlendi er ekki bara vegna niðurbrots á lífrænum efnum í jarðvegi heldur einnig vegna öndunar plantna. Þriðji liðurinn í þessu er svo rotandi plöntuleifar sem falla til á hverju ári en eru ekki orðnar hluti af lífrænu efni jarðvegsins. Saman mynda þessir þrjú þættir það sem kallað er heildaröndun og niðurbrot kolefnis í jarðvegi er bara hluti af henni. Á móti þessu kemur svo ljóstíllífun plantna sem gerir þeim kleift að framleiða lífrænt efni og vaxa. Hún vegur á móti niðurbrotinu og verður því að vera hluti af jöfnunni. Í tengslum við endurheimt votlendis hefur Landgræðslan notað tæki sem mælir heildaröndun og mælir því allt sem fer út, ekki bara það sem er vegna niðurbrots á jarðvegi. Það mælir heldur ekki bindinguna sem kemur á móti. Þetta þarf að hafa í huga þegar niðurstöður þessa tækis eru skoðaðar. Ef allt kolefni sem fer inn og út úr kerfinu er mælt er ekki nauðsynlegt að sundurgreina þessa þrjú þætti heldur má líta á jarðveg, plöntuleifar og gróður sem einn pott. Binding telst þá þegar meira fer inn í pottinn en kemur út og losun þegar meira fer út en kemur inn.*

J. Couwenberg (2011) bendir einnig á að mælingar á bindingunni geti verið flóknar og að margar þeirra rannsóknarniðurstöðna, sem litið hefur verið til, séu framkallaðar við tilraunaaðstæður og byggi því ekki á raunáðstæðum þar sem áhrifaþættir eru fleiri.

*Measuring CO2 fluxes from organic (peat) soils can be difficult, and reliable measurements are rare. Many of the published CO2 flux data from peat soils are based on static chamber measurements, which involve measuring changes in gas concentration within an airtight opaque chamber placed on the soil. Such 'dark chamber' measurements assess not only heterotrophic decomposition of soil organic matter, but also autotrophic emissions from any living short vegetation as well as rhizosphere respiration. Rhizosphere respiration encompasses autotrophic activity of plant roots and heterotrophic activity in the rhizosphere, including decomposition of root exudates and recently dead root material. Whilst the living vegetation can simply be removed, excluding rhizosphere respiration is much more difficult. Dark chambers also prevent the photosynthetic capture of CO2 by vegetation, so that CO2 emissions are usually over-estimated.*

Sömu fyrirvarar hafa verið settir í íslensku efni um sama mál (Sunna Áskelsdóttir og fl. 2022, skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun).

*Þar sem allar losunarmælingar fóru fram í ógegnsæjum klefa vantar mat á bindingu á Sogni og Ytri-Hraundal og þær losunartölur sem eru birtar hér samsvara öndun lífvera (frumbjarga og ófrumbjarga) í eða á yfirborði jarðvegs. . . . Í þessu verkefni var aðeins hluti þessara losunarþátta og engin binding mæld og því ekki hægt að bera niðurstöðurnar saman við stuðla IPCC.*

**Samkvæmt því sem fram kemur hér að framan virðist aðeins hluti þeirra tilrauna, sem gjarnan er vitnað til gefa áreiðanlegar niðurstöður varðandi mat á raunverulegri heildarlosun og bindingu kolefnis.**

Hér á eftir verður fjallað um þrjár nýlegar tilraunir sem virðast mikilvægar við mat á losun/bindingu í framræstu votlendi samkvæmt viðurkenndum reikniaðferðum. Einnig verður fjallað nokkuð um skýrslu sem unnin var fyrir Landsvirkjun (Sunna Áskelsdóttir o.fl.), hér eftir nefnd Lv – 2022 – 036.

### 1) Langtímatap kolefnis í framræstu ræktarlandi (Þóroddur Sveinsson og fl. 2022).

Mæld var breyting á kolefnisforða ofan þekktis öskulags í um 60 ára gamalli framræslu á tveimur jörðum í Skagafirði.

Árlegt kolefnistap fyrir ofan öskulagið H1104 vegna framræslu og ræktunar reiknast 1,39 t C/ha í Kýrholti og 0,26 t C/ha í Hegranesi. Meðalkolefnistap þessara tveggja svæða er 0,83 t C/ha sem svarar til 3,05 t CO<sub>2</sub>/ha/ári. Í lok skýrslunnar segja höfundar:

*Þessi aðferð, að bera saman heildarkolefnisforða ofan við þekkt gjóskulag í annars vegar framræstu og hins vegar hliðstæðu óröskuðu votlendi, gefur okkur vísendingar um hver losunin hafi að jafnaði verið frá því landið var ræst fram og fram á daginn sem sýnin voru tekin. Því getum við ekki notað þessa aðferð til að segja til um hver losunin er nú í rauntíma. Jafnframt er ólíklegt að kolefnislosun sé stöðug alla tíð. Ekki er útilokað að losunin sé einna mest fyrstu árin eftir framræslu og dragist síðan saman þar til ákveðnu jafnvægi er náð með árunum (t.d. Grønlund o.fl. 2008). Að því sögðu þá undirstrika niðurstöður þessa verkefnis að ekki eru öll kurl komin til grafar varðandi losunarútreikninga. Losunartölurnar sem hér birtast eru lágar og benda til þess að losun af framræstu ræktarlandi á Íslandi geti verið ofmetin sé miðað við staðla IPCC. Nauðsynlegt er að halda áfram rannsóknum á kolefnislosun íslensks ræktarlands.*

Ekki er hægt að útiloka að eitthvert kolefnistap hafi átt sér stað neðan H1104, en að líkindum hefur það verið óverulegt. Svo sem fram kemur hér að framan er talið að losun kolefnis vegna framræslu votlendis sé mest fyrstu ár eftir framræslu en fari síðan minnkandi. Heildar kolefnistap (losun) á jörðunum tveimur samkvæmt meðaltali beggja jarða er á 60 ára tímabili um 183 tonn CO<sub>2</sub> á ha. Hafi losun fyrstu ár eftir framræslu verið samkvæmt IPCC stöðlum eða 19,7 tn/ha/ár hefur öll losun átt sér stað á fyrstu 10 árum eftir framræslu. Raunhæfara virðist því að ætla að losun hafi verið allnokkur fyrstu ár eftir framræslu en fjarað síðan út og binding verið meiri en losun síðustu ár. Verulegur munur er þó á heildarlosun og líklegri þróun milli jarðanna tveggja.

### 2) A novel approach to estimate carbon loss from drained peatlands in Iceland (Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir, 2017)

Mæld var breyting á kolefnisforða ofan þekktis öskulags á átta framræstum svæðum.

Meðalkolefnislosun var reiknuð sem mismunur á kolefnisforða framræstra og óframræstra hluta svæðanna og var á bilinu 0,7-3,1 tonn C/ha/ár, meðaltal 1,7 tonn C/ha/ár, sem svarar til um 6,2 tonn meðallosunar CO<sub>2</sub>/ha/ári. Nokkur munur er á niðurstöðum þessarar rannsóknar og ofangreindrar rannsóknar Þóroddar Sveinssonar og fl. Sá munur kann að hluta að stafa af mismunandi uppgjörsaðferðum (Þóroddur Sveinsson og fl. 2022) en einnig af meðalaldrí framræslu.

Aldur framræslunnar var frá 21 -58 ára og samanburður á aldri framræslu og hlutfallslegri losun bendir til lítillar losunar eftir að 40 ára aldri framræslu er náð, jafnvel að binding umfram losun sé hafin í elstu framræslunni (sjá mynd á bls. 35 í rannsóknarskýrslunni). Slíkt virðist í samræmi við það sem áður er fram komið um að jafnan sé losun mest fyrst eftir framræslu, en síðan dragi smám saman úr losuninni og hún verði á einhverjum tímipunkti minni en árleg kolefnisbindingin. Sú binding getur verið veruleg m.a. vegna áburðaráhrifa frá því köfnunarefni sem losnað hefur á fyrstu árum eftir framræslu..

Því vekur eftirfarandi lokasetning í útdrætti verkefnisins, sem ekki virðist í samræmi við niðurstöður rannsóknarinnar, nokkra athygli:

*Losunin hefur verið mikil, jafnvel aðeins úr efsta lagi jarðvegsins. Út frá því mætti álykta að endurheimt votlendis væri æskileg aðferð til að draga úr losun kolefnis út í andrúmsloftið.*

### 3) Carbon and water balance of an afforested shallow drained peatland in Iceland. (Brynhildur Bjarnadóttir og fl.).

Mæld var breyting á kolefnisforða vistkerfis í framræstu landi með asparskógi í Sandlækjarmýri. Mælingin var framkvæmd með gagnsæum lofthjúp (*with the eddy covariance method*) yfir lengri tíma. Sú aðferð mælir bæði bindingu (kolefnistillífun) og losun (öndun) og virðist því sú aðferð við mælingar með hjálmi sem gefur traustustu niðurstöður við mat á kolefnisjafnvægi.

Niðurstöður voru þær að skógurinn batt mikið kolefni og jarðvegurinn batt um 0,5 tonn C/ha á ári (1,8 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári), þannig að þarna var binding en ekki losun C í jarðvegi þessi tvö ár sem mælingar stóðu yfir.

**Þrjár ofangreindar tilraunir benda til að þegar 40 ár eru liðin frá framræslu sé losun óveruleg og miklar líkur á að binding sé umfram losun eftir 60 ár.**

### 4) Endurheimt votlendis á tveimur jörðum og vöktun á árangri (Sunna Áskelsdóttir og fl. 2022)

Í skýrslunni (Lv – 2022 – 036) er m.a. fjallað um breytingar sem urðu á grunnvatnshæð og losun koldíoxíðs og metans við endurheimt votlendis. Þar eru niðurstöður mælinga á losun fyrir endurheimt á Sogni í Ölfusi og í Ytri Hraundal á Mýrum bornar saman við losunarmælingar í rannsókninni á Sandlækjarmýri. Í skýrslunni segir:

*Ef við umreiknum meðallosun koldíoxíðs (tafla 5) svæðanna fyrir endurheimt var heildarárslosun (haust til hausts) á Sogni 27,0-31,2 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> (8,55-7,4 g m<sup>2</sup> dag<sup>-1</sup>) og fyrir framræstu reitina á Ytri-Hraundal 16,6-17,5 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> (4,54-4,78 g m<sup>2</sup> dag<sup>-1</sup>). Þessar niðurstöður eru í ágætis samræmi við niðurstöður íslenskra rannsókna fram að þessu. Jón Guðmundsson og Hlynur Óskarsson (2013) mældu losun uppá 36,3-53,4 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> og Rannveig Ólafsdóttir (2015) 30,8 (±2,59) t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup>. Í framræstu votlendi í Sandlækjarmýri á Suðurlandi, þar sem alaskaösp (*Populus balsamifera ssp. trichocarpa*) var ræktuð var útreiknuð losun 20,8-21,0 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> (Bjarnadóttir o.fl., 2021).*

Síðar í umfjölluninni segir:

*Mjög lítil framræsluáhrif voru á Ytri- Hraundal og frekar lítil á Sogni. Sandlækjarmýri var lítið framræst svæði og þar var losun koldíoxíðs sambærileg við niðurstöður okkar (Bjarnadóttir o.fl., 2021), sérstaklega á Ytri-Hraundal.*

Fram er komið að losun sem mælist á gróðurlendi er ekki bara vegna niðurbrots á lífrænum efnunum í jarðvegi heldur einnig vegna öndunar plantna og rotnandi plöntuleifa sem falla til á hverju ári en eru ekki orðnar hluti af lífrænu efni jarðvegsins. Saman mynda þessir þrír þættir það sem nefna má heildaröndun (nefnist losun í skýrslu Lv – 2022 – 036). Þrátt fyrir að heildaröndun (losun) í Sandlækjarmýri mældist um 21 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári reyndist kolefnisupptaka (kolefnistillífun) það mikil að nettó kolefnisbinding í jarðvegi var um 1,8 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári. Þess er því miður að engu getið í skýrslu Lv – 2022 – 36.

Svo sem fram er komið voru aðstæður á á Sogni í Ölfusi og Ytri Hraundal á Mýrum um margt svipaðar og í Sandlækjarmýri. Miklar líkur eru því á að í Ytri Hraundal og jafnvel einnig á Sogni hafi fyrir endurheimt votlendis verið nettó kolefnisbinding en ekki losun í jarðvegi. Hafa verður í huga að landið á Sogni er í um 60 metra hæð yfir sjávarmáli, örliðið hallandi til suðurs og var fyrir endurheimt nýtt til hrossabeitar. Líkur eru því á að fyrir endurheimt hafi landið verið frjósamt og þar því meiri kolefnisbinding í jarðvegi en í Sandlækjarmýri, jafnvel 3 – 4 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári.

Í skýrslu Lv – 2022 – 036 segir:

*Talsverður munur er á heildarlosun koldíoxíðs áranna tveggja eftir að framkvæmd endurheimtar lauk. Að meðaltali var samdráttur í losun koldíoxíðs eftir endurheimt 13,5 (10,8-20,4) t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> á Sogni og 8,3 (7,0-10,0) t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ár<sup>-1</sup> á Ytri-Hraundal. Niðurstöður frá mælingum vöktunartímabilanna tveggja á árunum 2019-2021 gefa fyrsta mat á heildarlosun koldíoxíðs eftir endurheimt á votlendi á Íslandi en losun hefur verið mæld hluta árs eftir endurheimt (Rannveig Ólafsdóttir, 2015). Ef gert er ráð fyrir að ómæld binding í gróðri sé fasti fyrir og eftir endurheimt, gefa þessar tölur hugmynd um ávinning endurheimtar á svæðunum.*

Ekki virðist rökrétt að gera ráð fyrir að binding í gróðri sé fasti fyrir og eftir endurheimt. Komi meginhluti mældrar losunar frá öndun plantna og rotnun verður að gera ráð fyrir að sú virkni ásamt bindingu (kolefnistillifun og gróska) hrynji á fyrsta ári eftir endurheimt vegna þess að æðri og lægri gróðurtegundir á svæðunum voru aðlagðar að vexti í þurrlendi og þrífast því ekki í votlendi. Síðan má ætla að votlendistegundir komi í staðinn og lífríkið nái aftur jafnvægi. Hrun í mældri losun fyrra árið eftir endurheimt og veruleg aukning aftur seinna árið styður þá tilgátu. Þannig var mæld heildaröndun („losun“) á Sogni á öðru ári eftir endurheimt 20,4 tonn CO<sub>2</sub>/ha./ári og nær tvöfaldaðist frá fyrsta ári eftir endurheimt.

Alls óvíst virðist því að nokkur breyting hafi orðið á losun umfram bindingu gróðurhúsalofttegunda við endurheimt votlendis á Sogni í Ölfusi og Ytri Hraundal á Mýrum. Hafi verið binding umfram losun kolefnis fyrir endurheimt, svo sem var í Sandlækjarmýri, gæti aðgerðin jafnvel hafa dregið úr kolefnisbindingu.

Að lokum má nefna að í Ytri Hraundal var fyrir endurheimt mælt kolefnishlutfall bæði í framræsta landinu og óhreyfðri mýri utan framræslu. Kolefnishlutfall í framræsta landinu reyndist að meðaltali 27% en 32,2 % í óhreyfða landinu sem bendir ekki til mikillar meðallosunar kolefnis yfir 60 ára tímabil.

### *Frekari ályktanir út frá fyrirliggjandi rannsóknnum og skýrslum*

Mikilvægt er að við faglega umfjöllun um hreyfingu kolefnis í jarðvegi sé jafnræðis gætt milli losunar og bindingar og rétt og nákvæmlega farið með tivitnanir í fyrirliggjandi þekkingu. Finna má dæmi um hið gagnstæða sbr. m.a:

*Mælingar á losun CO<sub>2</sub> frá framræstu votlendi á Íslandi sýna losun upp á 4 – 8,25 t C/ha (Jón Guðmundsson og Hlynur Óskarsson 2014) sem er af sömu stærðargráðu og IPCC gildið (5,7 t C/ha). Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir (2017) fékk heldur lægri losunartölur við rannsóknir á Vesturlandi og Suðurlandi, en þær rannsóknir tóku aðeins til efsta hluta jarðvegsins niður að öskulagi frá því um 1500.*

(Ólafur Arnalds og Jón Guðmundsson 2020.)

Í M.Sc. ritgerð Gunnhildar Eva G. Gunnarsdóttur segir: *Meðalkolefnislosun var reiknuð sem mismunur á kolefnisforða framræstra og óframræstra hluta svæðanna og var á bilinu 0,7-3,1 tonn C/ha/ár, meðaltal 1,7 tonn C/ha/ár.*

1,7 tonn eru aðeins 30% af 5,7 tonnum og því virðast „heldur lægri losunartölur“ hvorki rétt né sanngjörn framsetning. Ekki er þess heldur getið að losunartölur GEGG eru meðaltalstölur yfir allt að 58 ára tímabil og svo sem fram er komið ( JG 2016) má vænta þess að losun sé mest fyrstu ár eftir framræslu en fari síðan lækkandi.

Í fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar (bls. 128) segir:

*Ennþá eru almennir losunarstuðlar IPCC fyrir Norður-Evrópu (5,7 og 7,9 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári [leiðrétting: 5,7 og 7,9 tonn CO<sub>2</sub>-C á ári] fyrir framræst graslendi og akurlendi) notaðir til að meta þessa losun sem mögulega getur valdið skekkju við okkar aðstæður. Rannsóknir á breytingu á kolefnisforða jarðvegs í framræstu landi (Sunna Áskelsdóttir, 2012; Gunnhildur E. Gunnarsdóttir, 2017; Þóroddur Sveinsson o.fl., 2022; Ólafur Arnalds, 2023) og beinar mælingar*

á árlegum jöfnuði CO2 flæðis (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl., 2021) eru enn ekki nægilega margar til að hægt sé að miða slíka landsstuðla fyrir allt framræst gras- eða akurlendi landsins út frá þeim. Því er mikilvægt að slíkar rannsóknir og vöktun verði aukin (Þorsteinn Guðmundsson, 2018; Ólafur Arnalds, 2023; Loftslagsráð, 2023). Jafnvel þó að það komi í ljós að losun frá framræstu akurlendi væri hér helmingi minni á ferkílómetra en nú er áætlað með almennum losunarstuðlum IPCC þá væri hún eftir sem áður stór hluti af heildar-kolefnislosun landsins.

Athygli vekur að hér nefna skýrsluhöfundar losun frá akurlendi. Hefðbundin skilgreining á akurlendi er að það sé land sem plægt er og í það sáð flest ár. Þannig fellur tún sem sjaldan er plægt ekki undir skilgreininguna akurlendi og enn síður framræstur bithagi sem er um 85% af framræstu landi héraðs. Þekkt er að losun frá framræstu akurlendi er vegna plægingar mun meiri en frá öðru framræstu landi en ætla má að akurlendi sé aðeins á bilinu 2 -4% af framræstu land héraðs.

Vísindanefnd um loftslagsbreytingar virðist gera sér grein fyrir að 50% skekkja kunni að vera í mati á losun frá landi. Möguleikar á slíkri skekkju ættu að kalla á breytta nálgun í umfjöllun um losun frá landi og mati á réttmæti aðgerða þessa vegna.

Sterk rök hníga þó að því að losun frá framræstu landi í heild sé aðeins 10 – 20% af því sem talið hefur verið og jafnvel minni.

Á heimasíðu Loftslagsráðs er að finna bækling sem nefnist Kolefnishlutleysi (apríl 2020). Þar segir:

*Aðferðafræði við uppgjör losunar frá úthaga og framræstu votlendi hefur mikil áhrif á það hversu stórt átak þarf til að ná kolefnishlutleysi árið 2040. Þar skiptir ákvörðun um grunnástandið mestu, þ.e. hvort allt framræst land verði tekið með í reikninginn óháð tíma eða einungis það land sem framræst hefur verið eftir 1990 eða 2005, sem eru tvö dæmi um upphafsástand sem aðrar þjóðir miða við. Slík ákvörðun hefur ekki verið tekin hér á landi og þarf að undirbyggja hana með vönduðum greiningum og víðtæku samtali.*

Sami skilningur á heimild til að taka aðeins nýlega framræslu með í ákvörðun um grunnástand kemur fram í fyrirspurn VSÓ ráðgjafar til umhverfis- og auðlindaráðuneytis:

*Send var fyrirspurn til umhverfis- og auðlindaráðuneytis varðandi skýringar á bókhaldsreglum og framtal losunar á landi: „Óskað er skýringa á hvort allt framræst votlendi sé talið inn í bókhaldið eða hvort þar sé talið fram votlendi sem framræst var eftir tiltekið viðmiðunarár og þá hvaða ár miðað er við. Einnig er óskað eftir skýringum á hvort öll endurheimt votlendis telji, óháð því hvenær því var breytt, eða hvort einnig sé miðað við tiltekið viðmiðunarár.“ Svar barst frá Landgræðslunni, fyrir hönd ráðuneytisins, og er svohljóðandi: „Allt land er talið fram í LULUCF hluta loftslagsbókhaldsins og gerðar eru kröfur um að til séu tímaseiriur fyrir allar helstu landgerðir m.t.t. losunar/bindingar sem ná eins langt aftur og raunhæft er, yfirleitt ekki styttra en til 1990. (VSÓ ráðgjöf. 2021)*

Ekki liggur fyrir hvort rætt var 2017 að taka einungis inn í loftslagsbókhald það land sem framræst var eftir 1990 eða 2005 svo sem heimilt virðist hafa verið.

Nú níu árum síðar virðist full ástæða til að hefja víðtækt samtal um réttmæti þess að taka með í loftslagsbókhald það land sem framræst var 1990 og fyrir, enda hefur umtalsverðrar þekkingar verið aflað á tímabilinu.

**Sterk rök eru fyrir því að taka aðeins með í loftslagsbókhald það land sem ræst var fram eftir 1990:**

- Þrátt fyrir allgóðar heimildir um lengd þeirra framræsluskurða sem grafnir voru fyrir 1990 er eigi að síður veruleg óvissa um heildarflatarmál þess lands sem raunverulega var þurrkað.
- Aðeins um 15% þess lands sem framræst hefur verið á Íslandi hefur verið tekið til ræktunar. Því hafa um 85% framræsta landsins eingöngu verið nýtt til beitar og verður að ætla að bæði upphaflega framræslan og viðhald hennar taki mið af því. Ólíklegt er að sú framræsla getur talist samanburðarhæf við þá framræslu sem IPCC staðlar eru byggðir á.
- Viðurkennt er að mikill breytileiki er í losun kolefnis frá framræstu landi: „*A review of net carbon flux studies give a range of -0.7-7.5 tCha-1yr-1 with drainage*“ (Couwenberg, 2011). Því er ekki réttlætanlegt að taka ákveðna magntölu um losun frá eldri framræstu landi inn í loftslagsbókhald Íslands sé unnt að komast hjá því.
- Íslenskur jarðvegur er mjög fastheldinn á kolefni en slíkt temprar losun.
- Þær rannsóknarniðurstöður sem birtar hafa verið eftir 2016 benda til að nettó losun frá eldri framræslu sé óveruleg eða jafnvel engin eftir að 40 ára aldri framræslu er náð.
- Nær öll framræsla á Íslandi er nú níu árum eldri en þegar ákveðið var að taka alla framræst votlendi inn í loftslagsbókhald. Það eitt sér virðist nægt tilefni til endurskoðunar á skráningu framræslunnar.
- Mikilvægt virðist að nýta heimild til breytingar á skráningu áður en kvaðir um árlegan samdrátt í losun frá framræslu taka gildi árið 2026.
- Með því að undanskilja eldri framræslu sparast bæði fé og fyrirhöfn við rannsóknir og umræðu um hvort og hve mikið íslensk framræsla losar. Þannig skapast svigrúm til að leggja aukna áherslu á önnur mikilvægari verkefni varðandi kolefnishlutleysi Íslands.
- Við breytta skráningu má ætla að auðveldara yrði að komast hjá mögulegum sektargreiðslum vegna ófullnægjandi samdráttar í losun, en slíkar greiðslur gætu á komandi árum numið 7 – 10 milljörðum.

Ekki blasa við mótrök gegn breytttri skráningu í loftslagsbókhaldi, sé slíkt mögulegt, en vissulega leiðir það til breytinga í umræðu og áherslum varðandi bindingu og losun kolefnis.

### *Vernd stjórnsýslulaga*

Svo sem fram er komið var heimilt að taka ekki með í loftslagsbókhald Ísland framræslu sem unnin var 1990 eða fyrr. Þar til bær yfirvöld tóku hins vegar eftirfarandi ákvörðun:

*Allt land er talið fram í LULUCF hluta loftslagsbókhaldsins og gerðar eru kröfur um að til séu tímaseriur fyrir allar helstu landgerðir m.t.t. losunar/bindingar sem ná eins langt aftur og raunhæft er, yfirleitt ekki styttra en til 1990. (VSÓ ráðgjöf 2021 Losun GHJL frá landi).*

Sú ákvörðun hefur valdið styrkustu stoðum íslensks landbúnaðar verulegu tjóni, bæði skaðað ímynd landbúnaðarins og veikt markaðsstöðu íslenskar búvara sbr. m.a:

*Fræðimenn við Landbúnaðarháskóla Íslands hafa þannig reiknað út að losun við framleiðslu á einu kíló af íslensku lambakjöti sé svipuð og af flugferð frá Íslandi til meginlands Evrópu.*

(Ólafur Stephensen Mbl. 17.12. 2022)

Ekki verður heldur horft fram hjá að ýmsir aðilar, mis valdamiklir, hafa notað afleiðingar þessarar ákvörðunar til að þrengja að öflugustu greinum landbúnaðarins, sbr. m.a:

*Óhjákvæmilegt er að stefna stjórnvalda, og tilheyrandi samdráttur í losun gróðurhúsalofttegunda, hafi áhrif á þróun og afkomu þeirra greina sem eru ábyrgar fyrir umtalsverðri losun, svo sem sauðfjárrækt, nautgriparækt og mjólkurframleiðsla.*

(Úr fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar bls. 249)

### **Í Stjórnsýslulögum nr. 37 (1993) segir:**

#### **12. gr. Meðalhófsreglan.**

*Stjórnvald skal því aðeins taka íþyngjandi ákvörðun þegar lögmætu markmiði, sem að er stefnt, verður ekki náð með öðru og vægara móti. Skal þess þá gætt að ekki sé farið strangar í sakirnar en nauðsyn ber til.*

Ljóst er að sú ákvörðun stjórnvalda að taka ætlaða losun frá votlendi sem ræst var fram 1990 og fyrr inn í loftslagsbókhald Íslands var „íþyngjandi ákvörðun“ fyrir landbúnaðinn og raunar fyrir Ísland og Íslendinga því á grundvelli þeirrar ákvörðunar virðast Íslendingar miklir skaðvaldar í loftslagsmálum sbr. m.a:

*Þótt orkuöflun byggist að mestu á endurnýjanlegum auðlindum er Ísland engu að síður meðal þeirra ríkja sem losa mest af gróðurhúsalofttegundum á mann í alþjóðlegum samanburði og ef landnotkun er tekin með erum við með þeim verstu. Þetta sýna samanburðargögn frá alþjóðastofnunum á borð við OECD og IPCC. Sú staðreynd undirstrikar að Ísland stendur ekki utan við vandann, heldur er hluti hans.*

(Eypór Eðvarðsson Mbl. 27. des. 2025)

Ákvörðunin torveldar einnig að ná markmiðum um að Ísland skuli ná kolefnishlutleysi fyrir árið 2040 sem gæti reynst verulega íþyngjandi fyrir land og þjóð.

Svo virðist sem „lögmætu markmiði, sem að er stefnt“ þ.e. þátttöku í alþjóðlegu samstarfi varðandi loftslagsmálefni hefði mátt ná án þess að taka inn í loftslagsbókhald Íslands votlendi sem ræst var fram 1990 og fyrr.

Augljóst virðist því að farið var „strangar í sakirnar en nauðsyn ber til“.

**Því virðist sú ákvörðun að taka inn í loftslagsbókhald Íslands votlendi sem ræst var fram 1990 og fyrr skýlaust brot á lögum um stjórnsýslu nr. 37 1993.**

Málið er jafnvel enn alvarlegra vegna þess að þegar ákvörðunin var tekin lá fyrir að mikil óvissa var um losun gróðurhúsalofttegunda frá framræstu landi héraendis, m.a. vegna jarðvegsgerðar og aldurs framræslu (sjá m.a. JG 2016) og flest benti til að losunarstuðlar IPCC væru alltof háir fyrir eldri íslenska framræslu.

Ekki liggur fyrir hvaða rök lágu að baki ákvörðunar um að taka inn í loftslagsbókhald Íslands allt framræst land. Óhjákvæmileg virðist að skoða rök fyrir þeirri ákvörðun og hvar hún var tekin.

Eftirfarandi kafli úr skýrslu VSÓ ráðgjafar (2021) gæti þó ef til vill varpað ljósi á feril málsins:

*Í samningaviðræðum um Kýótó-bókunina við Loftslagssamninginn (1995-1997) var tekist á um þá spurningu hvort tölulegar skuldbindingar um samdrátt í losun frá iðnríkjunum ættu einnig að ná til landnotkunar. Ísland var meðal þeirra ríkja sem töluðu fyrir því. Tillögur Íslands um hvernig mætti útfæra slíkt höfðu merkjanleg áhrif á lokaniðurstöðuna. Ísland náði einnig fram samstöðu um að landgræðsla yrði viðurkennd sem bindingaraðgerð. Ísland var síðar í forystu ríkja sem náðu fram ákvörðun um að endurheimt votlendis yrði viðurkennd aðgerð á seinna skuldbindingartímabili Kýótóbókunarinnar.*

## Binding/losun kolefnis vegna ræktunar og annarra landnota.

Í fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar segir (bls. 128):

*Stærsta talan í kolefnishringrás Íslands er árleg náttúruleg upptaka CO<sub>2</sub> úr andrúmslofti með ljóstillífum gróðurs (GPP; samtals um 66 milljón tonn CO<sub>2</sub>; mynd 4.21) og það á einnig við kolefnishringrás landmassa jarðar í heild (IPCC Working Group I, 2021). Matið á GPP Íslands byggist á gervihnattamælingum á blaðgrænustuðli (e. NDVI) og grófrí flokkun á gróðurlendum þess (Kardjilov, 2008; Sigurður Reynir Gíslason, 2012). Næststærstu tölurnar eru árleg losun CO<sub>2</sub> frá landi sem skiptist í öndun gróðurs (28 milljónir tonna CO<sub>2</sub>; e. autotrophic respiration), öndun lífvera og rotnun jarðvegs (e. heterotrophic respiration). Hér er árleg öndun lífvera og rotnun gróflaga áætluð 38 milljónir tonna CO<sub>2</sub> og forsendan er að magnið í náttúrulegu CO<sub>2</sub> hringrásinni inn og út er þá það sama ef vistkerfi landsins væru í „langtímajafnvægi“, eða 66 milljónir tonna af CO<sub>2</sub>*

Svo sem fram kemur virðist umfang ljóstillífunar gróðurs nokkuð vel þekkt og umfangið margfalt á við samanlagðar losunartölur í loftslagsbókhaldi Íslands. Hvað verður af þessum 66 milljónum tonna CO<sub>2</sub> sem fjarlægð eru úr andrúmslofti árlega virðist hins vegar meiri ágiskun sem gefur tilefni til að ætla að þörf sé á aukinni þekkingaröflun. Þó má benda á að sé öndun gróðurs og lífvera 60% af náttúrulegri upptöku CO<sub>2</sub> eða um 40 milljónir tonna (öndun gróðurs 28 millj tonn + öndun lífvera 12 millj. tonn) fara 40% eða um 26 milljónir tonna, væntanlega til myndunar lífræns efnis. Við mat á afdrifum þessa lífræna efnis mæti ef til vill styðjast við eftirfarandi:

*Einungis lítill hluti þess lífræna efnis sem plöntur framleiða verður til frambúðar í jarðveginum, stór hluti þess brotnar niður tiltölulega fljótt. Í Svíþjóð hafa menn metið seiglustuðla (humification coefficients) fyrir mismunandi form lífræns efnis út frá niðurstöðum langtímatilraunar sem staðið hefur í 50 ár (Kätterer et al. 2011). Niðurstöðurnar gefa til kynna að rætur séu mun stöðugri að þessu leyti en ofanjarðarhluti plantnanna. Tæp 40% róta urðu að stöðugu lífrænu efni en innan við 20% ofanjarðarhlutans. Samsvarandi tala fyrir búfjáráburð var um 30%. (Guðni Þorvaldsson. 2016).*

Samkvæmt því gæti stöðug lífrænt efni frá hverju ári innihaldið 25 – 30% af 26 milljónum tonna CO<sub>2</sub> og varanleg árleg kolefnisbinding því verið 6,5 – 7,8 milljónir tonna CO<sub>2</sub>.

Augljóst virðist því að vegna mikillar ljóstillífunar gróðurs á víðum lendum Íslands blasa við miklir möguleikar til kolefnisbindingar.

Hafið er yfir vafa að mikil tækifæri til kolefnisbindingar liggja í skógrækt. Þar hefur verið aflað mikillar þekkingar um áhrif tegunda, aldurs og fleiri þátta. Einnig hefur komið í ljós að jarðvegur í skóglendi bindur verulegt kolefni. Sú kolefnisbinding er þegar hluti af loftslagsbókhaldi Íslands.

Viðarframleiðsla skógarins getur einnig gefið verulegar tekjur á komandi árum, sé rétt staðið að tegundavali, grisjun og annarri umhirðu skógarins.

Rannsóknir hafa staðfest að við uppgræðslu lands binst umtalsvert kolefni í jarðvegi. Sú kolefnisbinding er þegar hluti af loftslagsbókhaldi Íslands.

Ódýrasta og jafnframt öflugasta aðferð til kolefnisbindingar með landgræðslu er án efa nýting köfnunarefnisbindandi jurta, en verulegrar þekkingar og reynslu hefur verið aflað á möguleikum allmargra tegunda og kvæma við íslenskar aðstæður. Þannig þrífast bæði elri og mariuskór vel við Hrauneyjarfoss í um 400 m. hæð yfir sjávarmáli (Þorsteinn Tómasson, munnlegar uppl.), en ætla má að þar bindi elri árlega í jarðvegi tvö til fjögur tonn CO<sub>2</sub> á hektara auk bindingar í viðarframleiðslu.

Kolefnisbinding í túnnum og beitolöndum bænda er þó án efa öflugasta og mikilvirkasta aðferð til kolefnisbindingar í landbúnaði. Er það m.a. vegna þess hve stór landsvæði eru þar undir, en jarðvegsgerð og hnattrænlega landsins vege einnig þungt.

Fyrir liggur að hæfileg beit eykur kolefnisbindingu lands (Anna G. Thorhallsdóttir og Jon Gudmundsson. 2023) (Klopsch, Christian; Anna G. Thorhallsdóttir o. fl. 2026) Beitin tryggir einnig að landið helst opið og almenningi aðgengilegt en einnig tilbúið til jarðræktar. Binding kolefnis í jarðvegi bætir einnig jafnan ræktunarhæfi landsins og byggir þannig upp ræktarland framtíðarinnar.

**Mikil þekking liggur fyrir um kolefnisbindingu í jarðvegi, samanber eftirfarandi tilvitnanir:**

**JG. 2016.**

*Kolefnisforði í jarðvegi hér er víða lægri en jarðvegsgerð og eiginleikar gefa til kynna að gætir verið miðað við sambærilegan jarðveg. Af þessum ástæðum er talið að jarðvegurinn geti hýst meira kolefni en hann er að gera í dag. Hækkun á kolefnisforða í jarðvegi almenns mólendis gæti leitt til umtalsverðar upptöku á kolefni eða allt að 0,15 t C ha<sup>-1</sup> ári<sup>-1</sup> (Arnalds 2007). Þá er miðað við að C% hækki um allt að 3 í efstu 10 cm jarðvegs og sú hækkun taki 100 ár. Þessi aukning gæti náð til alls þess lands er í framför. Hvert heildarflatarmál lands í framför er á landinu í heild, hefur ekki verið metið svo vitað sé. Hins vegar má styðjast við mat á virkum rofdílum í úttekt Lbhí, og meta allt annað land en það sem er með virkum rofdílum, sé land í framför. Miðað við ástand lands eins og það var metið í rofkortlagningunni þá er þetta líkast til mjög riflegt ofmat á flatarmáli land sem forðinn gæti verið að aukast í við núverandi ástand. Samkvæmt því mati eru um 18% mólendisins með virkum rofdílum. Binding kolefnis vegna þessa þáttar gæti því numið um 2.100 kt CO<sub>2</sub> ári<sup>-1</sup> í um 3.800 kha lands.*

**JG. 2016.**

*Hver staðan er núna á almenna mólendinu liggur ekki ljóst fyrir eins og rætt er hér að framan. Mögulega eru hér á ferðinni mjög stórar tölur í losun og eða upptöku kolefnis.*

**JG. 2016.**

*Það skiptir líka máli hvernig meðferð er á landinu innan hvers landnýtingarflokks. Það er t.d. vel þekkt erlendis að kolefnisforði lands í ræktun getur bæði aukist og minnkað eftir því hvernig staðið er að ræktuninni. Innan Kyoto bókungar loftslags-samningsins er ríkjum gert kleift að nýta sér breytingar í ræktun (Cropland management) til að binda kolefni til mótvægis við þá losun sem er hjá þeim. Hér á landi hefur þessum þætti lítið verið sinnt, en að öllum líkindum þurfa að verða breytingar þar á á næstu árum, m.a. vegna samstarfs við aðrar Evrópuþjóðir í loftslagsmálum.*

**JG. 2016.**

Mælingar Skógræktar ríkisins hafa sýnt að birkikjarr er að aukast bæði að umfangi og kolefnisforða á hverri flatareiningu (Hellsing et al. 2014). Skýring aukningarinnar liggur ekki ljós fyrir en m.a. hefur verið bent á minni beit en var á níunda áratug síðustu aldar og hlýnandi veðurfar. Einnig kann hluti skýringar að vera að kjarr sé að sækja inn í framræst votlendi.

**Guðmundur Halldórsson og fl. 2008.**

Þessar rannsóknir hafa sýnt að hér eru miklir möguleikar á að nýta kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi til að vega á móti mengun af völdum gróðurhúsalofttegunda í andrúmslofti.

**Guðmundur Halldórsson og fl. 2015.**

Soils are fundamental to our life and must be recognized and valued for their importance in global feedbacks to climate change and in particular their large potential to mitigate climate change. Therefore, sustainable use of soils is a key issue in climate change context. Even if just a small fraction of the carbon stored in soils sustainable provision of food and fibres. Therefore, restoration and protection of soil organic carbon are key solutions to many of the most pressing global challenges facing mankind today. Highlighting the importance of the soil and the multiple benefits of soil organic carbon sequestration has never been more needed than now.

- Communication and collaboration between scientists, land managers, the public and policy makers are needed in order to highlight the value of soil carbon and turn soil science into action.
- We need small but well oriented projects, developed by local people and based on sound local and innovative knowledge and holistic environmental management.

Agriculture and land management have to become a part of major solutions to both the food and greenhouse gas problems.

**Ólafur Arnalds og Jón Guðmundsson. 2020.**

Binding í náttúrulegum vistkerfum við bættu landnýtingu og við landgræðslu er iðulega af stærðargráðunni 0,01 – 0,1 kg C/m<sup>2</sup> á ári eða 0,04-0,37 kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup> . Það samsvarar 10-100 t C /km<sup>2</sup> eða 37 til 370 t CO<sub>2</sub> á km<sup>2</sup> á ári. Fyrir þá sem kjósa hektarann sem viðmið: 0,1-1 t C/ha/ári eða 0,37 – 3,7 t CO<sub>2</sub> á ha á ári.

**Guðni Þorvaldsson. 2016.**

Í Svíþjóð hefur verið metinn seiglustuðull lífræns efnis út frá langtímatilraunum. Tæp 20% af ofanjarðarhluta plantnanna urðu að stöðugu lífrænu efni, tæp 40% róta og um 30% af búfjáraburði.

...

Þeir sem vinna við íþróttavelli og grasflatir vita hvað sláttur og mátulegt traðk hefur jákvæð áhrif á gróðurinn. Þetta vita einnig þeir sem stunda garðrækt, að sláttur, klipping og snyrting plantna er til góðs. Það er einnig hægt að ganga of langt í þessum efnum, ofbeita eða klippa of mikið. Þarna þarf að finna hinn gullna meðalveg. Það eru til sögur af beit á sker og eyjar við sjó þar sem jarðvegurinn skolaðist burt eftir að hætt var að beita. Þarna hefur beitin örvað rótarvöxt eða stuðlað að tegundasamsetningu sem batt jarðveginn (Sickel 1997).

**Þóroddur Sveinsson og fl. 2022.**

Nýleg safngreining á fjölda rannsóknaniðurstaðna allsstaðar að úr heiminum sýnir að búfjáraður eykur mjög í kolefnisforða jarðvegs og enn frekar ef einnig er borinn á tilbúinn áburður (Gross, Glaser 2021). Áhrifin eru mest hlutfallslega í köldu loftslagi og þar sem kolefnisinnihald jarðvegsins er mjög lágt.

#### Úr viðtali við Bjarna Diðrik Sigurðsson (Rúv. 2024)

Bjarni segir fullyrðingar sérfræðinga um að lággróðurinn bindi kolefni betur en skógur til lengri tíma hafi komið sér á óvart. „En að vísu er hluti af ástæðunni kannski að íslenskur eldfjallajarðvegur inniheldur meira kolefni en þurrlendisjarðvegur almennt og heldur líka mjög fast í kolefni. Þetta er eitthvað sem við höfum séð í rannsóknum á Íslandi og öðrum löndum með eldfjallajarðveg eins og Nýja Sjálandi og Japan“. Þess vegna segir Bjarni niðurstöður íslenskra rannsókna geta verið ólíkar niðurstöðum víða erlendis. „Þar sem eru aðrar jarðvegsgerðir. Aðrir sérfræðingar hafa verið að taka til máls um þessi mál og vísa í þessa miklu losun erlendis í öðrum jarðvegsgerðum en það bara á ekki við í íslenskum jarðvegi,“ segir Bjarni.

#### Gunnar Einarsson. Mbl. 24. des. 2025.

CO2 gerir plöntum fært að framleiða sykur og er í raun forsenda lífs eins og við þekkjum það á jörðinni í dag. CO2 er dælt inn í gróðurhús til að auka uppskeruna. Sú aukning sem hefur orðið á CO2 í andrúmsloftinu, frá 280 til 425 ppm, eykur vöxt gróðurs. Því er jafnvel haldið fram að kornuppskera sé allt að 20% meiri en hún hefði verið með minna CO2. Ef uppskeran minnkaði um 20% yrði hungursneyð og mannfellir meiri en sögur fara af áður. Það eru lítil öndunarop neðan á laufblöðum sem hleypra CO2 inn til sykurframleiðslunnar. Þegar lítið er af CO2 þurfa plönturnar að opna þessi göt meira og við það sleppur út meiri vatnsgufa, plönturnar þurfa meira vatn. Gróður þrífst á þurrari svæðum með háu gildi CO2. Gervihnattamælingar NASA hafa sýnt að jörðin er að gróa. Svæði á stærð við tvisvar sinnum flatarmál BNA hefur gróið á síðustu 60 árum.

#### Úr fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar, bls. 397

Á síðustu þremur áratugum hefur aukin ljóstillifun leitt til grænkunar gróðurs víða um heim (mikil víska). Þetta má rekja til samþættra áhrifa lengri vaxtartíma, aukinnar upptöku CO2 og niturs og landnýtingar (mikil víska).

Allt frá 1995 hefur átt sér stað veruleg framþróun gróðurs jafnt á láglandi sem í afréttum. Væntanlega eru meginorsakir minna beitaraðlag, hlýnandi veðurfar, uppgræðsluaðgerðir og að einnig aukinn styrkur CO2 í andrúmslofti. Margar rannsóknir og athuganir staðfesta þetta sbr. m.a.

Sumarið 2005 voru teknar út 100 mælistöðvar sem settar voru út í hrossahögum á láglandi og afréttum á Norðurlandi og láglandi á Suðurlandi 1997 – 1998. Þegar á heildina er lítið hafa orðið miklar breytingar til batnaðar á ástandi lands, bæði á láglandi og hálendi. Dregið hafði úr beitaraðlagi, blaðhæð grasa og stara aukist, rof í landi minnkað, þekja háplantna aukist og dregið úr hlutdeild mosa og fléttna í svarðarlagi. Í mólendi komu fram vísbendingar um gróðurfarsbreytingar í graslendisátt. Þessi breyting á ástandi og gróðri haganna er rakin til fækkunar búfjár og hlýnandi loftslags á undanförunum árum. Gangi spár eftir um hlýnun loftslags næstu áratugi má búast við miklum breytingum á gróðurfari og ástandi úthaga, stórfjölgi ekki beitarfénaði. (Borgþór Magnússon og fl. 2006).

In a greening Arctic, Iceland stands out as an area with very high increases in the AVHRR Normalized Difference Vegetation Index (NDVI, 1982–2010). (Raynolds o. fl. 2015).

*Niðurstöður úttektar 2015 sýna að yfir það heila tekið er ástand lands mun betra en það var þegar stöðvarnar voru settar niður fyrir tæpum 20 árum. Gróska lands hefur aukist, dregið úr rofi og beitarálagi bæði á láglandi og til heiða. Þessar breytingar komu þegar í ljós árið 2005, og úttekin 2015 staðfestir það einnig. Hins vegar sýnir hún að breytingar á gróðri og ástandi lands eru minni nú en á fyrra tímabili. Líkleg skýring á þessu er veruleg loftslagshlúnun á landinu frá því um 1995 til 2005, en hægt hefur á henni síðustu ár. Fremur litlar breytingar hafa hins vegar orðið á fjölda hrossa og sauðfjár í landinu undanfarin 20 ár.*

(Bjarni Maronsson. 2016.)

Óbirtar niðurstöður rannsókna á Hrunamannafrétti staðfesta að þessi gróðurfarsbreyting hefur haldið áfram allt fram á þennan dag (Sigurður H. Magnússon munnlegar upplýsingar). Því má ætla að jafnt á láglandi og afréttum hafi víðast hvar orðið veruleg gróðurfarsbreyting á undanförunum þremur áratugum og hafi þeirri breytingu fylgt veruleg kolefnisbinding.

Samkvæmt því sem fram kemur hjá Jóni Guðmundssyni, Bjarna Diðrik Sigurðssyni, Guðmundi Halldórssyni, Guðna Þorvaldssyni, Þóroddi Sveinssyni og raunar fleirum má ætla að um sé að ræða verulega bindingu kolefnis í túnum og beitolöndum hérlendis. Þannig gæti kolefnisbinding í uppskerumiklum túnum sem fá búfjáraburð árlega verið um 2 tonn CO<sub>2</sub>/ha/ári. Margt bendir til að binding í beitolöndum fari vaxandi ár frá ári með aukinni og öflugari gróðurþekju samfara hlýnandi veðurfari og auknum styrk CO<sub>2</sub> í andrúmslofti. Sú binding, sem gæti verið á bilinu þrjár til sjö milljónir tonna CO<sub>2</sub> á ári, skiptir sköpum fyrir kolefnisjafnvægi Íslands. Til samanburðar má nefna að heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi, án landnotkunar, var talin 4,7 milljón tonn CO<sub>2</sub>-íg. árið 2022.

Sú þekking á möguleikum til kolefnisbindingar í túnum og beitolöndum bænda sem fyrir liggur hefur enn lítið verið nýtt í loftslagsbókhaldi landsins.

Brýnt virðist að efla þekkinguna enn frekar með gagnasöfnun og rannsóknum.

Það virðist réttlætismál að kolefnisbinding í túnum og beitolöndum bænda hafi sömu stöðu og önnur kolefnisbinding í loftslagsbókhaldi Íslands.

Náist það gæti staðfest kolefnishlutleysi Íslands verið raunhæft markmið.

Eigi markmið um kolefnishlutleysi að nást er mikilvægt að fyrir hendi séu hvatar til kolefnisbindingar. Eftirfarandi er dæmi um þær aðferðir sem aðrar þjóðir nota til að hvetja til kolefnisbindingar í jarðvegi:

*Farmers and ranchers may be able to receive financial benefits as a result of sequestering carbon on their land. Carbon markets have been explored in the U.S. for trading carbon offset credits. From 2003 to 2010, the Chicago Climate Exchange (CCX) operated a carbon reduction and trading system comprised of large companies, municipalities, and institutions connecting emitters of CO<sub>2</sub> and other greenhouse gases with carbon offset projects (e.g., carbon sequestration on rangelands)<sup>9</sup>. Farmers and ranchers could sequester carbon through improved land management practices, and the difference between the base rate of carbon storage and the rate under a new management practice could be sold as carbon credits.*

(Cook og fl. 2013 Rangeland carbon sequestration).

## Fyrir hverja er loftslagsbókhald Íslands?

Í skýrslu VSÓ ráðgjafar (2021) segir:

*Mikilvægt er að huga að því fyrir hvern upplýsingarnar eru settar fram því eins og staðan er í dag er framsetning á losunartölum einkum miðuð við kröfur um losunarbókhald.*

Slík einhliða framsetning á losunartölum bendir til þess að Íslendingum og þeirra atvinnustarfsemi sé ætlað að laga sig að IPCC stuðlum og reglum óháð því hvort þær eigi við íslenskar aðstæður, sem margra hluta vegna eru aðrar en algengast er meðal þjóða.

Dæmi um slíkt er losun metan frá jörturdýrum. Fyrir liggur að sé landbúnaður í jafnvægi svo sem er héraendis, er sú losun kolefnishlutlaus þ.e. jafn mikið af metan eyðist úr andrúmslofti og kemur inn.

*As research community we should try to “educate” community, media, funding organisation and politicians that ruminant methane is biogenic and **that in steady stage ruminant methane is GHG neutral.** (Huhtanen. 2024).*

Annað dæmi er losun frá framræstu landi. Vegna jarðvegsgerðar (andosol, eldfjallajarðvegur) og lofthita er íslenskur jarðvegur jafnan fastheldinn á kolefni og losun því tiltölulega lítil og jafnvel nettó binding eftir að 40 ára aldri framræslu er náð.

Einnig gerir IPCC mjög strangar og sérstakar kröfur um hvernig nýta megi bindingu í jarðvegi á móti losun, þótt binding og losun kolefnis virðist jafngild við mat á kolefnishlutleysi. Lang umfangsmesta kolefnisbinding á Íslandi er kolefnisbinding í jarðvegi og jarðargróða sem virðist nema fjórum til átta milljónum tonna CO<sub>2</sub> á ári. Aðeins lítinn hluta þeirrar bindingar virðist heimilt að nota í því loftslagsbókhaldi sem skila þarf til IPCC árlega.

Ísland vill leggja sitt að mörkum í baráttu við hlýnun jarðar. Því er eðlilegt að spurt sé hvort sé mikilvægara í þeirri baráttu raunveruleg kolefnisbinding og losun á Íslandi eða losunartölur byggðar á stuðlum og heimildum IPCC sem gefa ranga mynd af kolefnisjafnvægi landsins.

Aðgerðir Íslendinga í loftslagsmálefnum á komandi árum munu taka mið af því hvor kosturinn er talinn mikilvægari.

Hér er raunar ásýnd Íslands og Íslendinga einnig undir sbr:

*Þótt orkuöflun byggist að mestu á endurnýjanlegum auðlindum er Ísland engu að síður meðal þeirra ríkja sem losa mest af gróðurhúsalofttegundum á mann í alþjóðlegum samanburði og ef landnotkun er tekin með erum við með þeim verstu. Þetta sýna samanburðargögn frá alþjóðastofnunum á borð við OECD og IPCC. Sú staðreynd undirstrikar að Ísland stendur ekki utan við vandann, heldur er hluti hans.*

(Eypór Eðvarðsson. Mbl. 27. des. 2025)

Við blasir að Ísland skilar röngum og villandi losunartölum (bindingar kolefnis að litlu getið) til IPCC, væntanlega að nokkru eftir forskrift frá IPCC. Þær tölur er síðan færðar inn í alþjóða loftslagsbókhald og verða þar með „staðreyndir“. Á íslensk tunga orð yfir slík vinnubrögð?

Til að bæta gráu ofan á svart eru IPCC „staðreyndir“ síðan nýttar til að sverta og veikja mikilvægustu greinar landbúnaðarins, búgreinar sem munu gegna hlutverki við varanlegt kolefnishlutleysi Íslands, sbr:

*Óhjákvæmilegt er að stefna stjórnvalda, og tilheyrandi samdráttur í losun gróðurhúsalofttegunda, hafi áhrif á þróun og afkomu þeirra greina sem eru ábyrgar fyrir umtalsverðri losun, svo sem sauðfjárrækt, nautgriparrækt og mjólkurframleiðsla.*

(Úr fjórðu samantektarskýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar. 2023. bls. 249)

Ekki er líklegt að Ísland geti breytt losunarstuðlum IPCC jafnvel þó reynt væri. Þeir stuðlar gefa ekki rétta mynd af raunverulegri losun og bindingu CO2 við íslenskar aðstæður og því þarf samhliða útreikningi samkvæmt IPCC stuðlum að áætla raunverulega losun og bindingu á landsvísu.

Í skýrslu VSÓ ráðgjafar (2021) segir:

*Ekki hefur verið tekin afstaða til þess á alþjóðavettvangi hvernig tekið verður á losun frá landi þegar kolefnishlutleysi verður gert upp. Gera má ráð fyrir því að nálgunin verði heildstæðari og að tillit til bindingar verði ekki takmarkað eins og gert verður við uppgjörið 2030.*

Í því ljósi virðist rétt að meta fyrir en síðar hvort rétt sé að Ísland sé lýst kolefnishlutlaust. Slíka yfirlýsingu þarf þó að undirbyggja með frekari gagnavinnslu varðandi landstærðir og landnýtingu.

## Möguleg áhrif hugmyndafræði og trúverðugleiki fræðimanna

Hérlandis hefur á undanförunum árum verið mikil umræða um loftslagsmál. Nokkur hætta er á að slík umræða litist af hagsmunaárekstrum, sú hætta eykst séu opinberir fjármunir með í spilum. Einnig getur fagleg rökræða vikið fyrir ríkjandi skoðunum.

Slíkum aðstæðum er vel lýst í lokaorðum greinar sem Þröstur Eysteinnsson ritaði í Skógræktarritið (2023 -2) við lok langs og farsæls starfs sem skógræktarstjóri.

*Taka ber hugmyndafræði með fyrirvara. Að hugsa út frá hugmyndafræði felur í sér að fylgja ákveðnum viðmiðum/skoðunum sem einhver annar hefur þróað, eða það sem verra er, einhver hópur fólks. Ekki það að hópar geti ekki komist að skynsamlegri niðurstöðu, það er bara að þeir gera það oft ekki, af því að meðlimir hópsins hafa að minnsta kosti jafn mikla þörf fyrir að samsamast hópnum og að ná skynsamlegri niðurstöðu. Þess vegna hafa ráðandi hugmyndir, annað hvort þær sem meirihlutinn heldur fram eða þær sem ráðandi einstaklingar hafa, tilhneigingu til að verða að hugmyndafræði fremur en þær sem eru skynsamlegar, í takti við raunveruleikann eða vísindalega staðfestar.*

*Fólk sem aðhyllist hugmyndafræði tekur því sem gefnum hlut að það hafi rétt fyrir sér og að það sé siðferðilega æðra þeim sem ekki fylgja sömu hugmyndafræði. Skoðanir sem ekki eru í samræmi við hugmyndafræðina eru einfaldlega rangar í þeirra huga. Þar sem hugmyndafræðin er gefin er ekki þörf á að rökræða hana. Andmæli skoðast sem árásir frekar en rökræða. Það er kaldhæðnislegt að fylgjendur hugmyndafræði saka oft aðra um þröngsýni.*

Þótt sú hætta sem Þröstur varar við kunni að vera raunveruleg finnast einnig jákvæð teikn á þessu sviði. Þannig horfa nú æ fleiri fyrirtæki og stofnanir til þess að virkja innsæi og hugmyndaflug starfsfólks til þekkingaröflunar og framfara.

Svo sem fram er komið virðast fræðimenn í einhverjum tilvikum hafa farið ónákvæmlega með tilraunaniðurstöður í frásögn sinni. Þau tilvik virðast öll miða að því að gera meira úr losun kolefnis frá framræstu votlendi en tilefni er til. Það vekur spurningar um möguleg áhrif hugmyndafræði sem Þröstur Eysteinnsson hefur varað við í lokaorðum sem finna má hér að framan.

Rétt kann því að vera að taka tilraunaniðurstöðum sem taldar eru sýna mikla losun kolefnis frá framræstu votlendi með nokkurri varúð.

## Afstaða bænda

Bændur hafa lengi verið meðvitaðir um annmarka á loftslagsbókhalði Íslands, en athugasemdum þeirra lítið verið sinnt. Fer hér á eftir ályktun frá búgreinapingi nautgripabænda því til staðfestingar:

*Búgreinaping Nautgripabænda BÍ, haldið í Reykjavík 22. – 23. febrúar 2023 beinir því til stjórnar BÍ að hefja þegar í stað vinnu með stjórnvöldum við að endurmeta losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði. Ekki er lengur hægt að sitja undir því að loftslagsáhrifum landbúnaðar sem byggir á náttúrulegum ferlum sé jafnað saman við losun gróðurhúsalofttegunda frá brennslu á jarðefnaeldsneyti vegna ferðalaga eða losun frá mengandi iðnaði. Áréttu þarf að öll kolefnissambönd sem losna í búfjarrækt hafa áður verið bundin úr andrúmslofti í fóðri. Þannig er hin náttúrulega hringrás landbúnaðar sem knúin er af orku sólar.*

**Rökstuðningur:** Kolefni (á formi koldíoxíðs) er numið úr andrúmslofti og bundið í plöntur. Plöntum er umbreytt í fóður og framleiddar afurðir á borð við mjólk og kjöt. Búfjáraburði er skilað í hringrásina. Jórturdýr (sauðfé og nautgripir) gegna meginhlutverki í því að umbreyta gróffóðri sem ekki nýtist til manneldis í hágæða prótein fyrir tilstuðlan örvera í vömb. Við þetta ferli losnar metan sem á 10-12 árum brotnar niður í koldíoxíð sem síðar er tekið upp af plöntum til vaxtar. Sé búfjarrfjöldi í jafnvægi eða að fækka verður ekki aukning á metani í andrúmslofti. Því er ekki hægt að leggja að jöfnu framleiðslu metans frá jórturdýrum sem á uppruna sinn í náttúrulegri kolefnishringrás og losun metans frá iðnaðarstarfsemi og bruna eldsneytis. Losun frá framræstu votlendi þarf að endurmeta og byggja á öllum tiltækum rannsóknum hérlendis. Ekki er ásættanlegt að styðjast eingöngu við stuðla Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsmál (IPCC) fyrir framræst votlendi á norðlægum slóðum. Fyrir þessu eru nokkrar ástæður. 1. Íslenskur jarðvegur er mun steinefnaríkari en sá jarðvegur sem stuðlarnir byggja á. 2. Rannsóknirnar sem stuðlarnir byggja á voru framkvæmdar á tilraunastöðum þar sem lofthiti er mun hærri. 3. Aldur framræslu hefur mikil áhrif á losun. Eftir því sem líður frá framræslu og land þornar og sígur saman, dregur úr aðgangi súrefnis að lífrænu efni og hægir á jarðvegsöndun (losun CO<sub>2</sub>). Íslensk ræktun er að mestu leyti á 40-60 ára gamalli framræslu þar sem verulega hefur hægt á losun gróðurhúsalofttegunda. 4. Framræst votlendi á Íslandi er frjósamt ræktunarland og á slíku landi er mikil uppskera og þar með mikil binding á kolefni úr andrúmslofti. Líklegt má því telja að á uppskerumiklum túnum á gamalli framræslu sé nettó binding á kolefni frekar en losun. Þetta hafa íslenskar rannsóknir leitt í ljós.

## Lokaorð

Landbúnaður og landnýting gegna lykilhlutverki við að ná markmiðum um kolefnishlutleysi Íslands og frekari bindingu kolefnis.

Þar kemur margt til. Vegna hlýnunar jarðar, aukningar CO<sub>2</sub> í andrúmslofti og hóflegar beitar er gróður nú í framför um nær allt Ísland. Árlegur vöxtur jarðargróða hefur einnig aukist af sömu ástæðum. Því má ætla að nálægt helmingur af flatarmáli Íslands sé nú að binda kolefni, í mismiklum mæli þó. Vegna stærðar Íslands er hér um mjög umfangsmikla bindingu að ræða. Með nýtingu fyrirliggjandi þekkingar og vel skipulögðum aðgerðum á sviði landgræðslu og

landnýtingar má á næstu árum auka kolefnisbindingu verulega. Mögulegt virðist að árleg kolefnisbinding í jarðvegi og jarðargróða verði fyrir 2040 orðin nálægt 10 milljón tonn CO<sub>2</sub>. Á sama tímabili gæti raunveruleg losun CO<sub>2</sub> á Íslandi lækkað umtalsvert og farið undir fimm milljón tonn á ári.

Náist þessi árangur væri árleg netto kolefnisbinding á Íslandi þá um fimm milljón tonn CO<sub>2</sub> sem væri mikilvægt framlag Íslands til aðgerða í loftslagsmálum. Sé reynt að verðmeta kolefnisbindingu er nú gjarnan miðað við um 10.000 kr á hvert bundið tonn CO<sub>2</sub>. Árleg binding fimm milljón tonna CO<sub>2</sub> skilaði þá árlega 50 milljarða verðmætasköpun. Þótt árleg binding kynni að reynast nokkru minni virðast hér eigi að síður mikil tækifæri.

Virkja þarf innsæi og hugmyndaflug bænda og fræðimanna við að nýta þau tækifæri sem best landi og þjóð til heilla.

## Helstu heimildir

- Anna G. Thorhallsdóttir og Jon Gudmundsson. 2023. *Carbon dioxide fluxes and soil carbon storage in relation to long-term grazing and no grazing in Icelandic semi-natural grasslands.*
- Birna Sigrún Hallsdóttir, Stefán Gíslason. Jan. 2020. *Innviðir kolefnisjöfnunar á Íslandi.*
- Bjarni Maronsson. *Bændablaðið* 6. maí 2016.
- Borgþór Magnússon og fl. 2006. *Vöktun á ástandi og líffræðilegri fjölbreytni úthaga 2005.* Fræðaðing landbúnaðarins.
- Brynhildur Bjarnadóttir, Bjarni Diðrik Sigurðsson og fl. 2022. *Carbon and water balance of an afforested shallow drained peatland in Iceland*
- Cain, Michelle. 2018. *A new way to assess global warming potential of short-lived pollutants.* <https://www.carbonbrief.org/guest-post-a-new-way-to-assess-global-warming-potential-of-short-lived-pollutants/>
- Cook, Seth og fl. 2013. *Rangeland carbon sequestration.*
- Couwenberg, J. (2011). *Greenhouse gas emissions from managed peat soils: Is the IPCC reporting guidance realistic? Mires and Peat, 8(2011), 1-10.*
- *Fjórða samantektarskýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar.* 2023.
- Guðmundur Halldórsson og fl. 2008. *Kolefnisbinding með landgræðslu – mæliaðferðir og möguleikar.* Fræðaðing landbúnaðarins.
- Guðmundur Halldórsson og fl. 2015. *Soil Carbon Sequestration for climate, food security and ecosystem services.*
- Guðni Þorvaldsson. 8. feb. 2016. *Uppgræðsla og beit.* Bændablaðið.
- Guðni Þorvaldsson. 29. apríl 2021. Bændablaðið.
- Guðni Þorvaldsson, Þorsteinn Guðmundsson. 2018. *Meira um losun gróðurhúsalofttegunda úr votlendi.* Bændablaðið 22. febrúar.
- Gunnar Einarsson. Mbl. 24. des. 2025.
- Gunnhildur Eva G. Gunnarsdóttir. 2017. *A novel approach to estimate carbon loss from drained peatlands in Iceland.*
- Guy C. J. Abell og fl. 2009. *Grazing affects methanotroph activity and diversity in an alpine meadow soil.*
- Grønlund Arne, Hauge Atle, Hovde Anders, Rasse Daniel P. 2008. *Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. Nutr Cycl Agroecosyst (2008) 81:157–167*

- Huhtanen, Pekka. 2024. *Thirty years methane research - what has been achieved*. (Erindi/glærur á ráðstefnu NFSC 2024).
- Jón Guðmundsson. 2016. *Greining á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði*. Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Klopsch, Christian; Anna G. Thorhallsdóttir og fl. 2026. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5900864>
- Loftslagsráð. Apríl 2020. *Kolefnishlutleysi*.
- Ólafur Arnalds og Jón Guðmundsson 2020. *Loftslag kolefni og mold*.
- Reynolds, Martha og fl. 2015 *Land Cover Changes in Iceland Evident in Satellite NDVI Trends*.
- Rúv. 21. ágúst 2024. *Segir skógrækt í mólendi víst binda meira kolefni*.
- Sigurður H. Magnússon. *Munnlegar upplýsingar*.
- Snorri Þorsteinsson. 2018. *Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði*. RML.
- Sunna Áskelsdóttir og fl. 2022. *Endurheimt votlendis á tveimur jörðum og vöktun á árangri*. (Skýrsla Lv – 2022 – 036).
- VSÓ ráðgjöf. 2021. *Losun GHG frá landi*.
- Yong Li og fl. 2020. *Impact of grazing on shaping abundance and composition of active methanotrophs and methane oxidation activity in a grassland soil*. [https://www.researchgate.net/publication/340777410\\_Impact\\_of\\_grazing\\_on\\_shaping\\_abundance\\_and\\_composition\\_of\\_active\\_methanotrophs\\_and\\_methane\\_oxidation\\_activity\\_in\\_a\\_grassland\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/340777410_Impact_of_grazing_on_shaping_abundance_and_composition_of_active_methanotrophs_and_methane_oxidation_activity_in_a_grassland_soil)
- Þorsteinn Tómasson. 2026. *Munnlegar upplýsingar*.
- Þóroddur Sveinsson og fl. 2022. *Langtímatap kolefnis í framræstu ræktarlandi*.
- Þröstur Eysteinnsson. 2023. *Skrímslavæðing stafafuru/lokaorð*. Skógræktarritið 2023, síðara hefti.

## Þakkir

Eftirtalin lásu yfir handrit á vinnslustigi og komu með góðar ábendingar: Guðni Þorvaldsson, Ingvar Björnsson, Magnús B. Jónsson, Sigríður Jónsdóttir, Sigurgeir Þorgeirsson, Stefán Gíslason. Elín Aradóttir annaðist uppsetningu og frágang. Hafi þau heila þökk fyrir.

## Um höfund

### Ari Teitsson

- Fæddur á Brún í Reykjadal 13. mars 1943.
- Lauk landsprófi frá Laugum 1960, búfræðiprófi frá Hvanneyri 1961 og BSc prófi í búvísindum frá Hvanneyri 1973.
- Ari og eiginkona hans Elín Magnúsdóttir stofnuðu smábýlið Hrísa úr landi Brúnar 1973 og byggðu þar íbúðarhús og hafa átt þar sauðfé síðan, en bjuggu einnig með loðdýr í 16 ár.
- Ari starfaði sem héraðsráðunautur og mjólkureftirlitsmaður hjá Búnaðarsambandi Suður Þingeyinga 1973 – 1995.
- Var kjörinn fyrsti formaður sameinaðra Bændasamtaka Íslands á Búnaðarþingi 1995 og gengdi því starfi til 2004.
- Formaður samtaka norrænna bænda NBC 1997 – 1999.
- Var kjörinn í stjórn Sparisjóðs Reykdæla 1979 og sat í stjórn sparisjóðs óslitið til 2021. Var formaður sameinaðs Sparisjóðs Suður Þingeyinga frá sameiningu 1990 til 2020. Formaður Sambands íslenskra sparisjóða frá 2011 – 2014.
- Hefur setið í fjölmörgum stjórnnum, nefndum og ráðum, þar má m.a. nefna: Háskólaráð Landbúnaðarháskólans á Hvanneyri, stjórn ullarvinnslufyrirtækisins Ístex frá 2004 til 2018, formaður frá 2008, formaður Fjárskiptanefndar í Skjálfandahólfi frá stofnun 1986, en nefndin skipulagði fyrstu sameiginlegu tilraun til útrýmingar riðuveiki í sauðfé, stjórn Kaupfélags Þingeyinga og Mjólkursamlags KP um nokkurt skeið, formaður Veiðifélags Reykjadalárs og Eyvindarlækjar frá 2009 til 2021, sat um árabil í miðstjórn Framsóknarflokksins, var varaformaður Stjórnlagaráðs, sem samdi frumvarp til stjórnskipunarlaganna árið 2011. Var sæmdur riddarakrossi Fálkaorðunnar 2004 fyrir störf að félagsmálum bænda.
- Hefur ritað fjölda greina í blöð og tímarit um þjóðmál, landbúnaðarmál og fjármál.

## Viðauki 1: Nýting gervigreindar

Gervigreind hefur opnað nýja möguleika á að safna saman og nýta fyrirleggjandi þekkingu með minni fyrirhöfn og skjótari hætti en verið hefur.

Gervigreind ( ChatGPT) var spurð um mögulega bindingu CO<sub>2</sub> í jarðvegi á norðlægum slóðum þ.e. milli 62°N og 67°N. Eftirfarandi svar fékkst:

*Graslandi, sérstaklega það sem inniheldur djúprættar fjölærar plöntur, hefur möguleika til að geyma verulegt magn kolefnis í jarðveginum. Á norðlægum svæðum getur graslandi bundið á bilinu **1 til 3 tonn af CO<sub>2</sub> á hektara árlega**, og sumar áætlanir sýna hærra tölu þegar það er vel hirt. Undirjarðarrætur grassins og lífrænt efni stuðla að langtímageymslu kolefnis. Graslandi er skilvirkt við að geyma kolefni þar sem það byggir upp lífrænt efni í jarðvegi sem er tiltölulega stöðugt í köldu loftslagi, eins og það sem er milli 62°N og 67°N.*

Þá var gervigreindin beðin að nefna heimildir fyrir fenginni niðurstöðu. Kom þá listi yfir 12 heimildir og fer sá listi hér á eftir ásamt völdum tilvitnunum.

1. Smith, P. et al. 2007. *Agriculture and climate change: Key challenges and future directions*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.
2. Lal, R. 2004. *Soil carbon sequestration to mitigate climate change*. Geoderma.  
*Measured rates of soil C sequestration through adoption of RMPs range from 50 to 1000 kg/ha/year. The global potential of SOC sequestration through these practices is 0.9±0.3 Pg C/year, which may offset one-fourth to one-third of the annual increase in atmospheric CO<sub>2</sub> estimated at 3.3 Pg C/year. The cumulative potential of soil C sequestration over 25–50 years is 30–60 Pg. The soil C sequestration is a truly win–win strategy. It restores degraded soils, enhances biomass production, purifies surface and ground waters, and reduces the rate of enrichment of atmospheric CO<sub>2</sub> by offsetting emissions due to fossil fuel.*
3. Schlesinger, W.H. 1999. *Carbon sequestration in soils*. Science.  
*"Carbon sequestration in soils" refers to the process of removing atmospheric carbon dioxide and storing it as organic matter in the soil. This occurs when plants absorb CO<sub>2</sub> through photosynthesis, and the carbon is then stored in the soil through root biomass, crop residues, and microbial activity. This natural process can be enhanced by agricultural practices like cover cropping, no-till farming, and crop rotation to help mitigate climate change by creating a long-term carbon sink.*
4. Olesen, J.E., & Bindi, M. 2002. *Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy*. European Journal of Agronomy.  
*Policy will have to support the adaptation of European agriculture to climate change by encouraging the flexibility of land use, crop production, farming systems etc. In doing so, it is necessary to consider the multifunctional role of agriculture, and to strike a variable balance between economic,*

*environmental and social functions in different European regions. Policy will also need to be concerned with agricultural strategies to mitigate climate change through a reduction in emissions of methane and nitrous oxide, an increase in carbon sequestration in agricultural soils and the growing of energy crops to substitute fossil energy use. The policies to support adaptation and mitigation to climate change will need to be linked closely to the development of agri-environmental schemes in the European Union Common Agricultural Policy.*

5. IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th Assessment Report.

6. Garnett, T. 2009. *Livestock-related greenhouse gas emissions: Impacts and options for policy makers*. Environmental Science & Policy.

***Balancing impact and importance:*** *Policies must be designed with extreme care, balancing the need for climate mitigation with the critical role of livestock in providing nutrition and supporting livelihoods for millions of people.*

7. FAO. 2013. *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

*Grassland carbon sequestration could significantly offset emissions, with global estimates of about 0.6 gigatonnes CO<sub>2</sub>-eq per year. However, affordable methods for quantifying sequestration, as well as a better understanding of institutional needs and economic viability of this option, are required before it can be implemented at scale.*

8. Smith, P. et al. 2008. *Greenhouse gas mitigation in agriculture*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.

*Many agricultural practices can potentially mitigate greenhouse gas (GHG) emissions, the most prominent of which are improved cropland and grazing land management and restoration of degraded lands and cultivated organic soils.*

9. Ciais, P. et al. 2010. *The European carbon balance. Part 2: Croplands*. Global Change Biology.

*The European carbon balance. Part 2: Croplands," published in Global Change Biology in 2010, is a study by Ciais et al. that analyzes the carbon balance of European croplands by assessing CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> fluxes. The research concludes that when considering all greenhouse gases, European croplands act as a net source, contributing approximately 42–47 g Ceq m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>.*

10. Thorsteinsson, I. og Jóhannesson, T. 2014. *Land degradation and restoration in Iceland*. Land Degradation & Development.

11. Reynolds, C., og Worrell, E. 2010. *Energy use and carbon dioxide emissions from cropland production in Iceland*. Agricultural Systems.

12. Jónsdóttir, I.S., et al. 2005. *Carbon sequestration in Icelandic rangelands*. Journal of Environmental Management.