



LOSUN GRÓÐURHÚSALOFTTEGUNDA FRÁ LANDI

Samantekt á rannsóknum og vöktun og samræmi
við kröfur í losunarbókhalði Íslands

Unnið fyrir Loftslagsráð
Desember 2021

Efnisyfirlit

1	Samantekt	2
2	Inngangur	4
3	Skuldbindingar Íslands	5
3.1	Skuldbindingar á alþjóðavettvangi, innan Evrópu og á landsvísu	5
3.2	Losun frá landi í sögulegu samhengi	7
4	Skilgreiningar	8
4.1	Kolefnishringrás	8
4.2	Landnotkunarflokkar	8
4.3	Þrepaskipting losunarbókhalds	11
5	Rannsóknir og vöktun	11
5.1	Staðan í þekkingu og rannsóknum	11
5.1.1	<i>Staða þekkingar</i>	12
5.1.2	<i>Það sem er brýnt að vinna betur</i>	12
5.1.3	<i>Það sem er í farvatninu</i>	15
6	Þróun losunarbókhalds og innleiðing á nýrri löggjöf	16
7	Tillaga að stofnun stýrihóps	19
8	Heimildir	21
9	Viðauki	22
9.1	Listi yfir viðmælendur	22
9.2	Skilgreiningar á landnotkunarflokkum IPCC	22

1 Samantekt

Í kjölfar Parísarsamningsins og innleiðingar á nýrri Evrópulöggjöf um losun gróðurhúsalofttegunda frá landi aukast kröfur um nákvæmni gagna og mælinga sem losunarbókhald byggist á. Tilgangur verkefnisins er að varpa ljósi á það hvernig rannsóknir og vöktun á losun frá landi hérlendis mæta kröfum fyrir loftslagsbókhald í alþjóðasamningum á næsta áratug.

Tekin voru viðtöl við sérfræðinga í rannsóknnum og stjórnsýslu um losun frá landi. Samhljómur var um að mikilvægt sé að auka rannsóknir og vöktun til að bæta þekkingu á raunverulegri losun frá landi og til að mæta kröfum alþjóðlegra samninga um skil á gögnum. Þekkingaruppbygging þarf að vera þrjúþætt;

- bæta þarf þekkingu á losunarstuðlum tiltekinna landgerða,
- vinna þarf betur gagnagrunna um skiptingu lands í landgerðarflokka,
- auka þarf skilning á hvernig losun frá landi breytist með tíma og eftir árferði.

Náttúruleg kerfi eru þess eðlis að alltaf verður óvissa í mati á losun en hægt er að fá góða mynd af losuninni með aukinni þekkingu. Sem dæmi þá er losun frá votlendi háð vatnsstöðu, hitastigi, gróðurþekju og fleiri þáttum sem breytast á milli ára.

Fyrirséðar eru töluverðar breytingar á losunarbókhaldi í tengslum við innleiðingu á nýju regluverki í kjölfar Parísarsamningsins og Evrópulöggjafar sem tengist samningnum. Krafa sem sett er fram er einföld; fyrst og fremst skal vera minnkuð losun og því næst aukin binding vegna aðgerða á nytjalandi svo sem skógræktar, landgræðslu, framræslu og endurheimt votlendis.

Breyting á bókhaldsreglum um losun verða á þann hátt að þær byggjast á heildstæðu mati á losun og bindingu tiltekinna landnotkunarflokka. Þetta mun hafa talsverð áhrif á losunarbókhald Íslands þar sem mun nákvæmari gögn verða notuð um losun hérlendis en áður hefur verið. Reikna má með að það taki nokkur ár að útbúa slík gögn. Að auki verður kortlagning landflokka endurskoðuð og færsla landsvæða á milli flokka getur haft áhrif á mat á heildarlosun frá landinu.

Á næstu árum er fyrirhugað að vinna rannsóknir sem bæta þekkingu á losun frá landi og mæta auknum kröfum um nákvæmni gagna í losunarbókhaldi. Forgangsraða þarf rannsóknnum og vöktun þannig að áhersla sé á flokka sem eru stórir í losunarbókhaldinu. Leggja þarf áherslu á að rannsaka landnotkunarflokka sem eru umfangsmiklir á Íslandi en skortir betri þekkingu á, einkum *votlendi* og *graslendi*. Mest liggur fyrir um kolefnisbúskap í landnotkunarflokknum *skóglendi*. Gera þarf rannsóknir kerfisbundið til að fá betri upplýsingar um losun frá mismunandi landgerðum allan ársins hring. Einnig þarf að vakta losun og breytingar á landi yfir lengri tíma til að skilja betur hvernig losun þróast yfir lengra tímabil og hvernig ytri aðstæður hafa áhrif á losunina. Æskilegt væri að gerð væru reiknilíkön sem nýta landupplýsingar, veðurgögn, gögn um eiginleika jarðvegs og aðrar breytur sem þarf til að meta losun. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið hefur gefið út umbótaáætlun fyrir árin 2020 til 2023 þar sem fyrstu skrefin eru tekin.

Sveigjanleikaákvæði í alþjóðasamningum leyfa að binding á landi sé nýtt á móti losun sem er á beinni ábyrgð Íslands (*ESR – Effort Sharing Regulation*). Lítið svigrúm er til að nýta slík ákvæði og hérlendis mun einungis lítið brot af því sem er bundið vegna skógræktar nýtast á móti annarri losun í losunarbókhaldinu vegna takmarkana sem settar eru í reglum Evrópusambandsins. Þar er áherslan á að minnka losun og þak er sett á hva mikið af bindingu á landi má nýta. Hafa þarf í huga að viðmið um kolefnishlutleysi verða væntanlega ekki með slíkar takmarkanir heldur verður horft á heildarmynd bindingar og losunar. Mikilvægt er þó að bókhaldsskyldur landsins gagnvart ESB og

Loftslagssamningnum takmarki ekki upplýsingaöflun landsins um losun gróðurhúsalofttegunda. Áherslan þarf að vera þannig að því er forgangsraðað sem hefur mest áhrif. Tryggja þarf gagnsæi í losunarbókhaldi um notkun uppgjorsreglna og viðmiðunartímabila.

Í viðtölum kom fram að þörf er á að skapa formlegan samstarfsvettvang stjórnvalda og vísindamanna. Hér er lagt til að settur verði á fót stýrihópur sem hefði viðtækt hlutverk til lengri tíma. Stýrihópurinn hefði yfirsýn yfir hvaða rannsókna er þörf til að uppfylla kröfur alþjóðasamninga og gæti stuðlað að samræmingu rannsókna til að mæta þeim kröfum. Stýrihópurinn leiðbeindi stjórnvöldum um túlkun á niðurstöðum rannsókna og gæfi faglegt álit á álitamálum varðandi bókhaldsuppgjör Íslands. Einnig gæti stýrihópurinn farið yfir tillögur úttektanefnda alþjóðasamninga. Stýrihópur gæti verið aðili sem kemur á framfæri upplýsingum um stöðu Íslands á þessu sviði.

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. Til að virkja almenning, landeigendur, sveitarstjórnir og atvinnulíf er þörf á aðgengilegu efni sem færir vísindin til fólks og tengir málaflökkinn við landgæði almennt, bætta nýtingu og jákvæða þætti sjálfbærrar landnýtingar. Aukin þekking mun skila sér í betri landgæðum almennt og auknum skilningi landsmanna á mikilvægi þess að nýta landið á skynsamlegan máta. Nú, þegar framundan er átak í endurheimt lands er mikilvægt að hafa heildarsýn á gæði lands, jarðvegs, gróðurs og losunar í þeim aðgerðum.

2 Inngangur

Losun gróðurhúsalofttegunda frá landnotkun er meiri en frá nokkrum öðrum flokki í losunarbókhaldi Íslands. Árið 2019 var hlutur losunar frá landnotkun 66% af heildarlosun Íslands en til samanburðar var losun frá iðnaði 15% (Umhverfisstofnun, 20.04.2021).

Umhverfisstofnun skilar árlega inn Landsskýrslu um losun gróðurhúsalofttegunda (*National Inventory Report, NIR*) til Evrópusambandsins og Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna (*United Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*). Losunarbókhaldið og skuldbindingar Íslands ná til nytjaland. Losunarbókhaldið byggir á ítarlegum gögnum um landnotkun og rannsóknum á losun frá landi. Kröfur um nákvæmni gagna og mælinga hafa aukist frá því sem verið hefur, í kjölfar Parísarsamkomulagsins og innleiðingar á nýrri Evrópulöggjöf um málaflokkinn. Bókhald Íslands vegna losunar frá landi hefur ekki uppfyllt að fullu kröfur UNFCCC og Evrópusambandsins en íslensk stjórnvöld hafa heitið því að það verði fært til betri vegar í síðasta lagi í árslok 2024.¹

Náttúrleg kerfi eru þess eðlis að alltaf verður óvissa í mati á losun gróðurhúsalofttegunda. Losun frá landi er breytileg milli ára eftir árferði og vegna breytinga sem land tekur í árunna rás. Vöktun á landi yfir lengri tíma og betri þekking á því hvernig árstíðarsveiflur hafa áhrif á losun þarf til að skilja betur hvernig eiginleikar lands og utanaðkomandi þættir vinna saman.

Nokkur umræða hefur verið um það hversu áreiðanlegar upplýsingar um losun frá landnotkun eru og er sú umræða ekki einskorðuð við Ísland. Til að meta losun frá landi þarf annarsvegar að hafa þekkingu á hvernig landið skiptist í landnotkunarflokka og hins vegar þarf að þekkja losun frá hverjum þessara flokka, þ.á.m. losunarstuðla hvers flokks. Að auki þarf að þekkja betur hvernig losun breytist í árunna rás með breytingum á gróðurþekju og í ólíku árferði. Þegar ekki liggja fyrir innlendir losunarstuðlar, byggðir á ritrýndum rannsóknum, eru notaðir staðlaðir stuðlar frá IPCC (Milliríkjanefnd Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar). Til að bæta upplýsingar um losun hérlendis þurfa að liggja fyrir nægar rannsóknir um annars vegar losun frá mismunandi landnotkunarflokkum hér á landi og hins vegar um flokkun í landnotkunarflokka og flatarmál lands sem í þá fellur. Til viðbótar þarf aukna þekkingu á hvaða áhrif árferði og breytingar í árunna rás hafa á losun.

VSÓ Ráðgjöf hefur, að beiðni Loftslagsráðs, tekið saman þessa greinargerð sem varpar ljósi á stöðu rannsókna og vöktunar á losun gróðurhúsalofttegunda frá landi og hvernig þær ná að uppfylla skuldbindingar landsins varðandi losunarbókhald. Einnig var skoðað hvernig sveigjanleikaákvæði í reglugerðum Evrópusambandið (ESB) nýtast hérlendis og hvaða atriði þarf helst að taka afstöðu til í nýju regluverki hér á landi varðandi losun frá landi. Greinargerðinni er ætlað að nýtast sem grunnur fyrir vinnu Loftslagsráðs varðandi málaflokkinn *losun frá landi*.

Auður Magnúsdóttir og Bryndís Skúladóttir hjá VSÓ Ráðgjöf unnu verkefnið í samstarfi við Halldór Þorgeirsson formann Loftslagsráðs og Hlyn Óskarsson dósent við LBHÍ og varafulltrúa háskólasamfélagsins í Loftslagsráði. Rætt var við fjölmarga sérfræðinga á þessu sviði um stöðu rannsókna og vöktunar hér á landi og álitamál varðandi losunarbókhald. Yfirlit yfir viðmælendur er í viðauka.

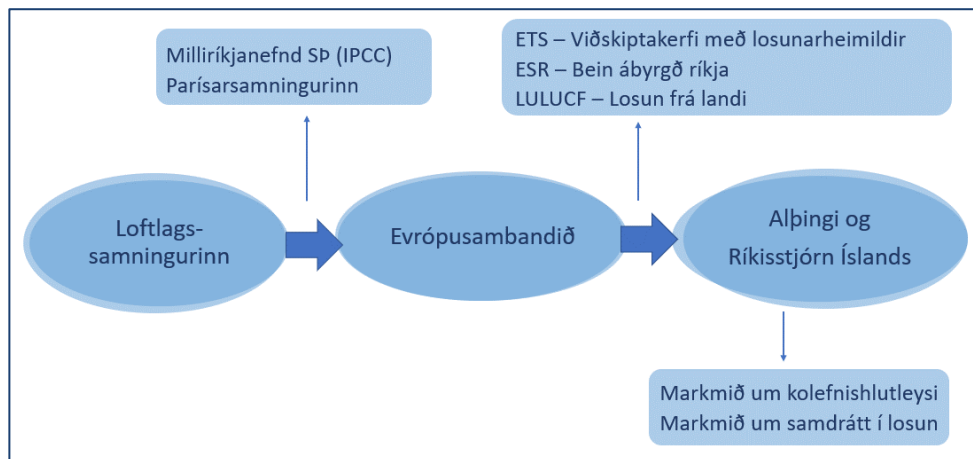
¹ Update of the Nationally Determined Contribution of Iceland. Communicated to the UNFCCC on February 18, 2021.

3 Skuldbindingar Íslands

3.1 Skuldbindingar á alþjóðavettvangi, innan Evrópu og á landsvísu

Ísland er aðili að rammasamningi Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (Loftslagssamningnum, UNFCCC) og Parísarsamningnum sem honum tengist. Samið hefur verið við ESB um að framfylgd skuldbindinga Íslands og Noregs gagnvart Parísarsamningnum verði sameiginleg. Þetta leiðir til þess að upplýsingagjöf og uppgjorsreglur sem beitt er í loftslagsmálum hér á landi þurfa að taka mið af alþjóðlegu og evrópsku regluverki. Til viðbótar hefur Ísland sett sér markmið um losun sem er umfram alþjóðlegar skuldbindingar.

Parísarsamningurinn gengur út á að takmarka hækkun meðalhitastigs andrúmslofts jarðar við 1,5°C. Til að það geti gerst þarf að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda eins hratt og mögulegt er og ná hnattrænu kolefnishlutleysi upp úr 2050. Ísland er meðal þeirra ríkja sem hafa tímasett hvenær ná skuli kolefnishlutleysi á landsvísu og sett sér það markmið að ná þeirri stöðu 2040. Mynd 1 sýnir samhengið á milli samninganna, Loftslagssamningurinn er upphafið og aðrir samningar koma í kjölfarið.



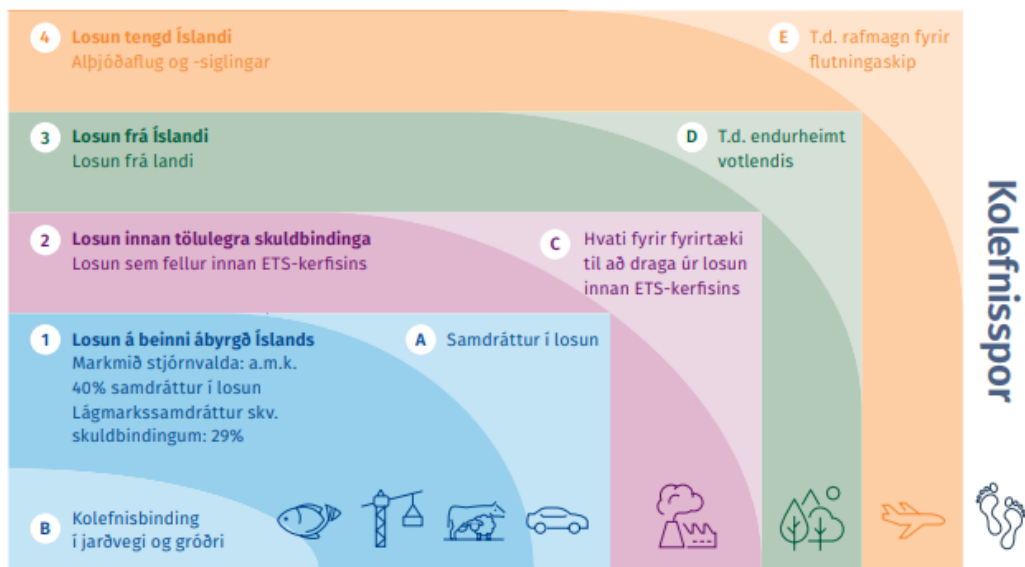
Mynd 1 Samhengið milli alþjóðlegra samninga í loftslagsmálum sem Ísland er aðili að og markmið sem ríkisstjórnin setur.

Intergovernmental Panel on Climate Change sem er skammstafað IPCC, er á íslensku kölluð *Milliríkjanefnd Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar*. Nefndin hefur það hlutverk að taka saman vísindalegar, tæknilegar, félags- og efnahagslegar upplýsingar um grundvöll þekkingar á loftslagsbreytingum af mannavöldum. Úttektir IPCC fjalla um vísindalega þekkingu á loftslagsbreytingum af mannavöldum, um afleiðingar þessara breytinga og um aðlögun og viðbrögð til að sporna við þessum breytingum (Halldór Björnsson, 08.05.2007). UNFCCC (Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna) fær vísindalegar upplýsingar og ráðgjöf frá IPCC (Loftslagsráð, 04.06.2021)

Kýótó-bókunin frá árinu 1997 er undirsamningur Loftslagssamningsins sem kveður á um skuldbindingar þróaðra ríkja til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Fyrra tímabil bókunarinnar náði yfir árin 2008-2012 og síðara skuldbindingatímabil 2013-2020. Árið 2015 var undirritaður samningur um að Ísland yrði í samfloti með 28 aðildarríkjum Evrópusambandsins í sameiginlegu markmiði á síðara tímabili Kýótó-bókunarinnar, um 20% samdrátt í losun til ársins 2020 miðað við árið 1990. Þetta var meðal annars gert þar sem Ísland var þá þegar þátttakandi í ETS kerfinu (*Emission Trading System*). Uppgjör síðara tímabils Kýótó-bókunarinnar fer fram árið 2022 (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Parísarsamningurinn var samþykktur árið 2015 og er líkt og Kýmótó-bókunin undirsamningur og myndar ramma utan um skuldbindingar ríkjanna frá árinu 2021. Fyrsta tímabil skuldbindinga nær til ársins 2030. Ísland og Noregur tilkynntu að þau myndu taka þátt í sameiginlegu markmiði Evrópuríkja um 40% samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda á tímabilinu 2021-2030 miðað við árið 1990. Ísland, Noregur og aðildarríki ESB eru því með eitt sameiginlegt framlag gagnvart Parísarsamningnum en innri reglur ESB ákvarða hlutdeild og skyldur hvers ríkis. Samkvæmt samræmdum reiknireglum ESB er hlutur Íslands í sameiginlegu markmiði Íslands, Noregs og aðildarríkja ESB alls 29% samdráttur í losun til ársins 2030. Forsætisráðherra kynnti eflid markmið í loftslagsmálum í desember 2020. Uppfært markmið kveður á um að ná 55% heildarsamdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda fyrir árið 2030 miðað við árið 1990, í samfloti með Noregi og ESB. Ekki hefur enn verið kynnt hver hlutur Íslands og Noregs verður í þessu nýja sameiginlega markmiði en ljóst er að markmiðið verður hærra en núverandi 29%.

Sameiginlega markmiðið með ESB er þrískipt (Mynd 2). Það er útfært þannig að hluti þess samdráttar sem á að eiga sér stað í losun skiptist niður á ríkin og myndar beinar skuldbindingar þeirra. Sú losun er því á beinni ábyrgð ríkjanna (*ESR – Effort Sharing Regulation*). Hluti samdráttarins fellur á viðskiptakerfi með losunarheimildir (*ETS - Emission Trading System*). Töluleg markmið hvað báða þessa þætti varðar miðast við árið 2005. Í þriðja lagi gilda sérstakar reglur varðandi landnotkun (*LULUCF - Land Use, Land-Use Change, and Forestry*).



Mynd 2. Ólíkir flokkar losunar gróðurhúsalofttegunda og tengsl þeirra við aðgerðaráætlun Íslands (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020)

Markmið fyrir beina ábyrgð ríkja (*ESR*) er reiknað út frá samræmdum forsendum þar sem meðal annars er litið til landsframléiðslu á mann og möguleika ríkja til að draga úr losun. Ríkin ákváðu að ná sameiginlega 30% samdrætti í þeirri losun sem fellur undir beinar skuldbindingar ríkja miðað við árið 2005. Ísland fékk það markmið að draga úr losun um 29% til ársins 2030, sem gæti hækkað með nýjum sameiginlegum markmiðum. Samkvæmt aðgerðaáætlun í loftslagsmálum stefndu íslensk stjórnvöld á að ná 40% samdrætti í losun óháð alþjóðlegum skuldbindingum og hefur það markmið verið hækkað í 55%.

Markmið fyrir viðskiptakerfi með losunarheimildir (*ETS*) er sameiginlegt fyrir allt kerfið og því eru ekki tilgreind markmið fyrir hvert ríki heldur er í heildina stefnt að 43% samdrætti í losun innan kerfisins miðað við árið 2005 (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Það

er gert jafnt og þétt með því að fækka útgefnum losunarheimildum ár frá ári og skapa þannig hvata til fjárfestinga sem lækka losun.

Markmið fyrir landnotkun, breytta landnotkun og skógrækt (*LULUCF*) eru ekki talin með innan beinna skuldbindinga ríkja á sama hátt og til dæmis losun frá jarðefnaeldsneyti. Markmiðið er að nettólosun vegna landnotkunar, þ.e. losun að fráreginni bindingu, breyttrar landnotkunar og skógræktar megi ekki aukast frá ákveðnum viðmiðunarárum. Verði aukning á losun þurfa loftslagsaðgerðir að aukast sem því nemur (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

3.2 Losun frá landi í sögulegu samhengi

Alþjóðleg umgjörð um skuldbindingar ríkja í loftslagsmálum og reglur um upplýsingagjöf hafa verið, og eru enn, í stöðugri þróun. Upphafið má rekja til Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna (UNFCCC) sem undirritaður var 1992 í Ríó.

Milliríkjanefnd Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) sem á sér lengri sögu, hefur það hlutverk að leggja mat á niðurstöður rannsókna og vöktunar og tengja bestu fánalegu þekkingu á hverjum tíma við stefnumörkun í loftslagsmálum. Ísland er aðili að IPCC og tekur þannig þátt í samningaviðræðum um ályktanir stofnunarinnar. IPCC hefur einnig það hlutverk að móta aðferðafræði við mat á losun og bindingu. Aðildarríkjum Loftslagssamningsins er síðan gert skylt að fylgja leiðbeiningum IPCC við upplýsingagjöf til samningsins.

Loftslagssamningurinn felur í sér almennar skuldbindingar um vernd kolefnisgeyma í lífríkinu og aðgerðir til að hraða upptöku kolefnis úr andrúmsloftinu og bindingu þess í kolefnisgeymum í jarðvegi og trjágróðri.

Í samningaviðræðum um Kýótó-bókunina við Loftslagssamninginn (1995-1997) var tekið 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 Kýótó-bókunarinnar.

Parísarsamningurinn hefur nú tekið við af Kýótó-bókuninni eftir að síðara skuldbindingatímabili hennar lauk í árslok 2020. Þar sem Parísarsamningurinn felur í sér skuldbindingar fyrir öll ríki þá nær hann einnig til aðgerða gegn eyðingu regnskóga hitabeltisins.

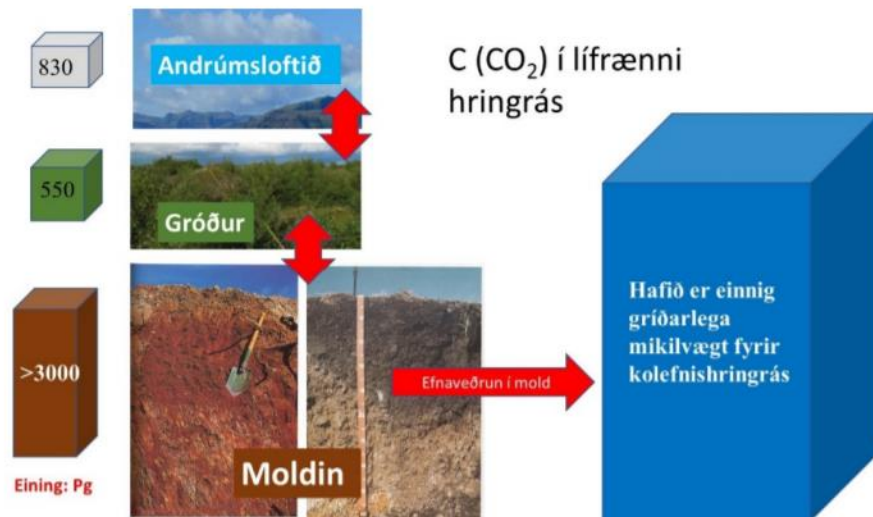
Ísland framfylgir skuldbindingum sínum gagnvart Parísarsamningnum sameiginlega með Noregi og ESB. Þetta felur einnig í sér að Ísland hefur skuldbundið sig til að fylgja reglum ESB um upplýsingagjöf og losunarbókhald varðandi landnotkun, sem eru í sumum tilfellum nákvæmari en alþjóðlegar kröfur. Þessar kröfur eru settar fram í reglugerð ESB nr. 2018/841 frá 30. maí 2018 um losun gróðurhúsalofttegunda og upptöku frá landnotkun, breyttri landnotkun og skógrækt sem felld hefur verið inn í EES samninginn.

Það er því ljóst að Ísland mun verða í samfloti með ESB varðandi frekari útfærslu regluverks Parísarsamningsins um þætti sem tengjast upplýsingagjöf og uppgjorsreglum varðandi bindingu og losun frá landnotkun.

4 Skilgreiningar

4.1 Kolefnishringrás

Lífrænt kolefni er m.a. bundið í gróðri og jarðvegi. Plöntur binda og breyta ólífrænu kolefni úr andrúmslofti með ljóstillífun yfir í lífrænt kolefni og lífrænt efni sem fellur til og geymist í jarðvegi (Bjarni E. Guðleifsson & Brynhildur Bjarnadóttir, 2019). Jarðvegur er stærsta kolefnisgeymslan á landinu, en jarðvegur geymir meira kolefni en er í andrúmslofti og gróðri til samans (Ólafur Arnalds & Jón Guðmundsson, 2020). Kolefni losnar einkum frá þessum geymum með öndun lífvera og berst út í andrúmsloftið sem CO₂. Ef súrefni kemst í samband við lífrænan jarðveg taka örverur á borð við bakteríur og sveppi við að brjóta lífræna efnið niður og við það myndast CO₂ (Sigurður Reynir Gíslason, 2012). Það gefur því að skilja að landnotkun hefur mótandi áhrif á kolefnisbúskap, þ.e. jöfnuðinn milli losunar og bindingar kolefnis á tilteknu tímabili. Landnotkun getur t.a.m. aukið eða dregið úr gróðurþekju, eða ýtt af stað rotnun og niðurbroti á lífrænu efni í jarðvegi (Mynd 3).



Mynd 3. Dreifing kolefnis í hringrás við andrúmsloft og vistkerfi. Moldin er miðlæg í hringrásinni. Hér er gert ráð fyrir >3000 Pg í jarðvegi, en líklegri tala er >3500 þegar allt kolefni í jarðvegi heimskautasvæðanna sem getur losnað er talið með (peta grömm, milljarðar tonna eða gígatonn Gt) (Ólafur Arnalds & Jón Guðmundsson, 2020)

Kolefnisbúskapur eða nettólosun

Til að lýsa samspili bindingar og losunar eru notuð hugtökin kolefnisbúskapur eða nettólosun, þ.e. losun gróðurhúsalofttegunda að fráreginni bindingu kolefnis úr andrúmslofti (e. net emissions).

Kolefnishlutleysi

Kolefnishlutleysi lýsir ástandi þar sem jafnvægi hefur náðst milli hraða losunar og bindingar af mannavöldum og nettólosun er því núll. Uppsöfnun koltvíoxíðs í andrúmsloftinu verður ekki stöðvuð fyrr en hnattrænu kolefnishlutleysi er náð (Loftslagsráð, 30.04.2020).

4.2 Landnotkunarflokkar

Í opinberu losunarbókhaldi er talað um losun (og bindingu) frá landnotkun, breyttri landnotkun og skógrækt (*LULUCF* sem stendur á ensku fyrir *Land Use, Land Use Change and Forestry*). Landi er skipt í nokkra flokka. Loftslagssamningurinn (*UNFCCC*) gerir ráð fyrir sex megin flokkum landnotkunar sem öllum aðilum samningsins er skylt að

telja fram. Leiðbeiningar Loftslagssamningsins, gefnar út af IPCC (IPCC, 2006) segja til um með hvaða hætti skuli telja fram landnotkun. Markmið leiðbeininganna er að reyna að staðla sem mest flokkunina og auðvelda þannig fjölþjóðlegan samanburð og innbyrðis samræmi milli aðila og mismunandi tíma. Hér á landi var flokkun á landi unnin á sínum tíma út frá fyrirliggjandi landfræðilegum upplýsingum sem er grundvöllur þess hvernig landi er raðað inn í þá flokka sem Loftslagssamningurinn gerir ráð fyrir. Þó nokkrar breytingar hafa síðar orðið eftir því sem gæði gagna batna, því ekki liggur alltaf ljóst fyrir í hvaða flokki tiltekið land á heima (Jón Guðmundsson, 28.04.2021). Það flækir málið að land getur færst á milli flokka, sem dæmi við endurheimt votlendis eða skógrækt. Tveir gagnagrunnar hafa verið notaðir til grundvallar útreikningum á losun frá landi héraðs, IGLUD gagnagrunnurinn og vistgerðaflokkun Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ). Tafla 1 sýnir landnotkunarflokka samkvæmt skilgreiningum IPCC samanborið við samsvarandi landnýtingarflokka í IGLUD annars vegar og vistgerðaflokkun NÍ hins vegar.

IGLUD

IGLUD (*Icelandic Geographic Land Use Database*) er gagnagrunnur yfir landnýtingarflokka sem hefur m.a. verið nýttur til útreikninga á losun frá landi fyrir losunarbókhald Íslands. Landgræðslan heldur nú utan um grunninn sem upphaflega var þróaður af Landbúnaðarháskóla Íslands. Landi er skipt í 6 landflokka (*Forest land, Cropland, Grassland, Wetland, Settlement and Other land*) sem aftur skiptast í nokkra undirflokka.

Vistgerðaflokkun Náttúrufræðistofnunar Íslands

Vistgerðaflokkun NÍ er gagnagrunnur yfir flokkun lands sem Náttúrufræðistofnun Íslands heldur utan um. Um gagnagrunninn segir á heimasíðu stofnunarinnar: „Flokkun vistgerða byggist bæði á EUNIS-flokkunarkerfinu, sem er samevrópskt heildstætt kerfi til flokkunar vistgerða, og á ályktun Bernarsamningsins nr. 4 frá árinu 1998 sem lýsir vistgerðum í Evrópu sem mikilvægt er að vernda. Auk þess er tekið tillit til íslenskra aðstæðna því að hér á landi eru vistgerðir sem ekki finnast á meginlandi Evrópu, til dæmis mosavaxnar hraunbreiður og vistgerðir á jarðhitasvæðum.“ Einnig segir: „Vistgerð er landeining sem býr yfir ákveðnum eiginleikum hvað varðar gróður, dýralíf, jarðveg og loftslag. Innan sömu vistgerðar eru aðstæður með þeim hætti að þar þrífast svipuð samfélög plantna og dýra.“ (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2021)

Tafla 1. Samanburður á landnotkunar- og landgerðarflokkum samkvæmt bókhaldsskilyrðum IPCC, IGLUD og vistgerðaflokkun NÍ. Byggt á töflu 6.1 í landskýrslu Umhverfisstofnunar (Nicole Keller, et al., 2021) og (Birna Sigrún Hallsdóttir, Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttir, Jón Guðmundsson, Arnór Snorrason, & Jóhann Þórsson, 2011) vegna heitis á flokkum IGLUD.

Landnotkunarflokkar skv IPCC	Flokkar á landnýtingarkorti IGLUD	Vistgerðaflokkun NÍ ²
Skóglendi (forest land) – Skóglendi – Land sem breytt hefur verið í skóglendi	Skóglendi – Skógrækt – Birkiskógur	Á ekki við
Ræktað land (cropland) – Ræktað land – Land sem breytt hefur verið í ræktað land	Ræktað land – Tún á þurrlendisjarðvegi – Tún á framræstum jarðvegi	Á ekki við
Graslendi (grassland) – Graslendi – Land sem breytt hefur verið í graslendi	Graslendi – Uppgræðsla – Birkikjarr undir 2m – Graslendi á framræstum jarðvegi – Annað graslendi	L1 Melar og sandlendi L2 Moldir (Icelandic exposed andic soils) L4 Eyrar L5 Moslendi L6 Hraunlendi L7 Strandlendi L9 Graslendi L10 Mólendi L11 Skóglendi
Votlendi (wetlands) – Votlendi – Landi sem breytt hefur verið í votlendi	Votlendi – Annað votlendi – Virkjanalón – Ár og vötn	L7 Strandlendi L8 Votlendi L12 Hverasvæði
Byggð (settlements) – Byggð – Landi sem breytt hefur verið í byggð	Byggð – Þéttbýli	L14 Aðrar landgerðir
Annað land	Annað land – Jöklar – Annað land	L1 Melar og sandlendi L3 Skriður og klettur L4 Eyrar L5 Moslendi L6 Hraunlendi L7 Strandlendi L12 Hverasvæði L13 Jöklar

² Undir hverjum flokki eru undirflokkar sem geta raðast í mismunandi landnotkunarflokkum og því getur yfirflokkur komið fyrir oft en einu sinni.

4.3 Prepaskipting losunarbókhalds

Loftslagssamningurinn setur fram lágmarkskröfur um aðferðafræði við bókhald yfir losun gróðurhúsalofttegunda frá landi en gerir ráð fyrir að ríkin bæti sig. Aðferðafræðinni er skipt upp í þrjú aðferðaþrep (*Tier 1-3*) sem segja til um nákvæmni og áreiðanleika upplýsinga sem byggt er á. Skiptingin er samkvæmt leiðbeiningum IPCC (IPCC, 2006). Í sömu leiðbeiningum er einnig útlitað hvernig nota á mismunandi gerðir gagna sem notuð eru til túlkunar á kolefnisbúskap landnotkunarflokka. Leiðbeiningunum um flokkun lands er skipt í nálgun 1 til 3 (*approach 1-3*). Nálgun 1 gengur út á að skilgreina flatarmál hvers landnotkunarflokks án upplýsinga um breytingar á milli flokka. Nálgun 2 felur í sér að rekja breytingar á milli landnotkunarflokka. Nálgun 3 dýpkar upplýsingar úr nálgun 2 með því að rekja breytingar á landnotkun í rúmi. Fyrir forgangsflokka, sem vega þungt í losunarbókhaldi landa, er krafa um nálgun á hærra stigum.

Við gerð losunarbókhalds Íslands hefur verið stuðst að mestu við *Tier 1*, fyrsta þrep, vegna skorts á áreiðanlegum innlendum gögnum um losun frá mismunandi landnotkunarflokkum. Loftslagssamningurinn gerir kröfu um að þróun verði í átt að *Tier 3*. Ekki þarf að fara í gegnum öll þrepin til að ná þriðja þrepi og í einhverjum tilfellum getur verið hagkvæmara að fara frá fyrsta þrepi yfir á það þriðja í stað þess að setja upp kerfi samkvæmt öðru þrepi sem yrði svo að víkja fyrir nákvæmara kerfi samkvæmt þriðja þrepi.

Tier 1, fyrsta þrep: Notaðir eru staðlaðir losunarstuðlar IPCC fyrir árlega losun gróðurhúsalofttegunda á hvern hektara lands. Þessi aðferðafræði getur verið notuð ásamt staðbundnum upplýsingum fengnum með fjarkönnun/landupplýsingakerfi.

Tier 2, annað þrep: Bætir við losunarstuðlum og breytum sem eiga við um viðkomandi land (e. *specific to the country*). Á þessu stigi er þörf fyrir nákvæmari upplýsingar um landnotkun og nákvæmari flokkun landgerða og athafna innan landsvæða ásamt mælingum á kolefnisbúskap í tilteknum landnotkunarflokkum.

Tier 3, þriðja þrep: Í þessu þrepi eru notuð líkön til að segja til um kolefnisbúskap frá viðkomandi landi. Líkönin eru byggð á tíðri og nákvæmri gagnasöfnun og ef rétt er að staðið geta þau spáð fyrir um kolefnisbúskap með nokkurri nákvæmni. Þau gefa einnig möguleika á að lýsa tengslum lífmassa og kolefnis í jarðvegi við kolefnisbúskap. Líkönin geta verið tengd landfræðilegum upplýsingakerfum og skráð breytingar á landnotkun í tíma og geta einnig verið tengd veðurfarslíkönum og veitt þannig upplýsingar um mismunandi losun eftir árstíðum og árferði (Global Forests Observations Initiative, 2014).

5 Rannsóknir og vöktun

5.1 Staðan í þekkingu og rannsóknum

Þegar vinna við losunarbókhald hófst var farið yfir rannsóknir sem þá voru til staðar og gáfu vísbendingar um losun frá jarðvegi á Íslandi. Þær, ásamt stöðluðum gildum frá IPCC, voru nýttar til að meta þennan þátt losunarbókhaldsins. Rannsóknirnar voru tiltölulega fáar og ekki skipulagðar í þessum tilgangi heldur unnar á öðrum forsendum. Niðurstöðurnar gáfu vísbendingar en endurspegluðu ekki nægilega vel heildarmyndina.

Á undanförunum áratugum hefur þekking aukist talvert og rannsóknir á vissum sviðum gefa nokkuð áreiðanleg gögn. Á öðrum sviðum eru ennþá notaðar niðurstöður úr tiltölulega fáum rannsóknum sem ná illa að endurspegla losun af stærri svæðum, ólíkum landgerðum og breytingum á losun yfir tíma.

Á næstu árum er fyrirhugað að vinna rannsóknir sem bæta þekkingu á losun frá landi og mæta auknum kröfum um nákvæmni gagna í losunarbókhaldi. Forgangsráða þarf rannsóknum og vöktun þannig að áhersla sé á flokka sem eru stórir í losunarbókhaldinu.

Gera þarf rannsóknir kerfisbundið til að fá betri upplýsingar um losun frá mismunandi landgerðum allan ársins hring. Einnig þarf að vakta losun og breytingar á landi yfir lengri tíma til skilja betur hvernig losun þróast yfir lengri tímabil og hvernig ytri aðstæður hafa áhrif á losunina. Æskilegt væri að gerð væru reiknilíkön sem nýta landupplýsingar, veðurgögn, gögn um eiginleika jarðvegs og aðrar breytur sem þarf til að meta losun.

Rannsóknirnar þurfa að mæta kröfum sem gerðar eru fyrir losunarbókhald og einnig að gagnast til að veita upplýsingar til almennings, landeigenda, stjórnvalda og annarra áhugasamra.

Aukin þekking mun einnig skila sér í betri landgæðum almennt og auknum skilningi landsmanna á mikilvægi þess að nýta landið á skynsamlegan máta. Framundan er áttak í endurheimt lands og mikilvægt er að hafa heildarsýn á gæði lands, jarðvegs, gróðurs og losunar í þeim aðgerðum.

5.1.1 Staða þekkingar

Staða þekkingar er ólík fyrir einstaka landnotkunarflokka. Markvissar og samræmdar rannsóknir til lengri tíma, sem hafa að markmiði að skilja kolefnisbúskap tiltekinn landgerða, þarf til að meta losun og bindingu með raunhæfum hætti.

Í samtölum við sérfræðinga kom fram að mest liggur fyrir af rannsóknum um kolefnisbúskap í skóglendi. Við búum að því að Skógræktin og Landgræðslan tóku snemma við sér og hafa safnað gögnum, einkum um ræktaða og náttúrulega skóga í gegnum árin.

Aðrir landnotkunarflokkar, eins og votlendi, heyrðu ekki undir tiltekna stofnun sem tók að sér rannsóknir með markvissum hætti á sínum tíma. Landbúnaðarháskólinn hefur talsvert rannsakað votlendi og aðra landnotkunarflokka en hefur ekki haft tök á að gera það með eins markvissum hætti og æskilegt væri. Aðrir háskólar hérlendis og Náttúrustofur hafa lagt fram niðurstöður rannsókna á nokkrum landnotkunarflokkun en þar gætir þess einnig að ekki er um samræmdar langtíma rannsóknir að ræða. Þess ber að geta að Landgræðslan hefur tekið yfir ábyrgð á vinnu vegna losunarbókhalds fyrir losun frá landi.

5.1.2 Það sem er brýnt að vinna betur

Náttúruleg kerfi eru þess eðlis að alltaf verður óvissa í mati á losun. Sem dæmi þá er losun frá votlendi háð vatnsstöðu, hitastigi, gróðurþekju og fleiri þáttum sem breytast á milli ára. Með aukinni þekkingu er hægt að bæta gögn og fá góða mynd af losuninni.

Til að meta losun frá landi þarf annarsvegar að þekkja landfræðilega afmörkun landnotkunarflokka og breytileika innan þeirra og hins vegar losun frá hverjum þessara flokka. Að auki þarf að þekkja breytingar í losun yfir tíma.

- Afla þarf gagna um raunverulega losun hérlendis við ólíkar aðstæður og gefa út íslenska stuðla.
- Bæta þarf nákvæmni jarðvegskorta og landnotkunarkorta með nánari skiptingu í undirflokk.
- Auka þarf þekkingu á breytingu í losun yfir tíma, með tilliti til þróunar gróðurþekju og árferðis.

Eftirfarandi samantekt á því hvaða rannsóknir þarf að vinna til að ná betri mynd á losun frá landi er byggð á samtölum við sérfræðinga. Umfjöllun er skipt niður á landnotkunarflokka og einnig er fjallað um jarðveg almennt.

Skóglendi

Upplýsingar um *skóglendi* eru nokkuð traustar og óvissa talin lítil. Þó eru nokkur atriði sem eru til skoðunar. Unnið er að hermilíkönnum fyrir lífmassa í skógum og straumlínulögun reikniferla. Unnið er að endurkortlagningu skóglenda í tíma og rúmi og verið er að þróa nýtt spálíkan vegna skóga og skógræktar.

Mælingar á timbri og viðarafurðum eru í skoðun og unnið er að gerð smáforrits til að bæta skráningar. Hér þarf einnig að huga að því að virkja alla sem vinna með viðarafurðir til að taka þátt í skráningum.

Nokkur óvissa er um hvaða áhrif það hefur að breyta landnotkun frá t.d. mýrlendi og mólendi yfir í skógrækt, en rannsóknir hafa sýnt að kolefni geti tapast úr vistkerfinu í kjölfar þess háttar breytinga á landnotkun (Nina L. Friggens, et al., 2020).

Framræst land og endurheimt votlendis

Mælanlegur árangur í endurheimt votlendis hvað varðar bindingu kolefnis þarf að byggja á áreiðanlegum upplýsingum um losun frá framræstu votlendi. Óvissa í losun frá framræstu landi er þrjúþætt.

- Það vantar betri grunnupplýsingar um breytileika í losun ólíkra landsvæða með tilliti til legu, eiginleika lands, tíma, vatnafræði, þéttleika skurða og annað.
- Óvissa er um flatarmálstölur, þ.e. hve stór framræst svæði eru.
- Betri þekkingu vantar á breytingu á losun yfir tíma.

Fram kom í samtölum að það vantar áreiðanlega innlenda stuðla um losun frá framræstu landi og samdrátt í losun frá votlendi eftir endurheimt. Betri gögn þarf til að byggja undir stuðlana, en vöktun á endurheimt votlendis sem fyrir liggur var ekki byggð upp með það í huga að geta svarað spurningum varðandi losun og bindingu heldur var áherslan á afmarkaða þætti sem einir sér svara spurningunni ekki nægilega vel. Skipuleggja þarf rannsóknir sem hafa það að markmiði að finna lýsandi stuðla fyrir íslenskar aðstæður.

Þegar endurheimta á framræst land þarf að mæla grunnástand og síðan fylgja eftir áhrifum endurheimtar. Helst þarf að mæla grunnástand í tvö ár eða meira, áður en endurheimt á sér stað. Nauðsynlegt er að fylgja eftir hver áhrif af endurheimt eru og vakta svæði í einhver ár og fylgjast með breytingum yfir tíma, eftir því sem gróðurþekja, vatnsstaða og aðrir þættir breytast.

Sérfræðingar sem talað var við telja nauðsynlegt að skoða tengsl gróðurfars og losunar og einnig tengsl vatnsstöðu og losunar og vakta til einhvers tíma land sem ekki er verið að breyta til að þekkja betur grunnstöðuna. Skoða þarf hvernig kolefnisbúskapur er í mismunandi árferði en nokkur munur getur verið milli ára eftir úrkomuákefð og hitastigi.

Athuganir á vettvangi hafa leitt í ljós ónákvæmni í vistgerðarkortum og þörf er á nákvæmari kortum. Til að meta kolefnisbúskap er ekki nægilegt að vita að um votlendi sé að ræða. Það þarf að taka tillit til aðstæðna, svo sem vatnafræði, halla í landi, lengd og dýpt skurða, fjarlægð lands frá skurðum og aðrar framkvæmdir sem hafa áhrif á vatnabúskap svæðisins eins og gatnagerð. Til framtíðar þarf að horfa meira til landslagsnálgunar, hæðarlíkana til að horfa á halla, o.s.frv. Vatnsstaða er einnig lykilbreyta, eins og sést á því hversu mikið losun breytist við framræslu.

Ein leið til að meta stærð framræstra svæða er að miða við lengd skurða. Til eru ágætari kortaþekjur af skurðum sem hafa nýst vel við mat á umfangi framræsts lands, en gæta þarf að því að skurðir eru ekki alltaf til að ræsa fram land heldur til dæmis til að hleypa vatni áfram og leiða það í ákveðinn farveg.

Bæta þarf upplýsingar og skráningar á nýframræstu landi. Framræsla votlendis er leyfisskyld og fylgja þarf betur eftir að upplýsingar um þess háttar framkvæmdir rati inn í gagnagrunna um landnotkun og losunarbókhaldið.

Graslendi og annað land

Litlar rannsóknir hafa verið gerðar á kolefnisbúskap í flokknum *graslendi* hérlendis. Verulega margar breytur hafa áhrif á kolefnisbúskap lands í þessum flokki, s.s. gróður, jarðvegsgerð, rof og nýting. Undirflokkar *graslendis* í nýjustu landsskýrslu Umhverfisstofnunar eru þrettán talsins. Þessi landnotkunarflokkur er töluvert stærri í nýjustu landsskýrslunni en í fyrri skýrslum og er helsta skýringin sögð bættar upplýsingar um land, og má rekja það til þess að nú er innan flokksins beitiland sem var áður flokkað sem *annað land*.

Í samtölum við sérfræðinga kom fram áhersla á að auka rannsóknir í flokknum *annað graslendi* sem stundum var nefnt *úthagi*. Land í þessum flokki losar líklega ekki mikið á hverja einingu en flatamál þess er umfangsmikið. Lítið er vitað um losun og bindingu í þessum flokki. Afla þarf betri gagna um kolefnisbúskap svæða í mismunandi ástandi. Með viðbótarflokkun má bæta þetta og skrá eftir ástandi lands, gróðurþekju og öðru sem skiptir máli. Mólendi fellur undir þennan flokk og efla þarf þekkingu á ólíkum gerðum mólendis þar sem mikið af kolefni er í slíkum jarðvegi.

Hérlendis eru flokkarnir *annað land* og *graslendi* stórir, sem er frábrugðið öðrum löndum. Innan þeirra er fjölbreytt nýting lands og gróðurþekja. Skoða þarf betur hvernig á að flokka landsvæðin í notkunarflokka. Það er til dæmis álitamál hvort flokka ætti alla afrétti á sama hátt, óháð nýtingarstigi eða gróðurþekju.

Ræktarland

Land sem áður var ræktað en er að hluta af lagt getur fallið hvort sem er í flokkana *graslendi* eða *ræktarland* og ekki alltaf augljóst í hvaða flokk þau falla. Það skiptir máli hvoru megin þau lenda því losunarstuðlar eru ólíkir.

Unnið er að bættri skráningu á notkun landbúnaðarlands í tengslum við landgreiðslur. Einnig er unnið að eftirfylgni á leyfisveitingum sem tengjast nýtingu á landi, t.d. nýframræslu, þ.e. þegar veitt er leyfi til framræslu lands.

Byggð

Bæta þarf þekkingu á fjölbreyttri losun frá þéttbýlum svæðum. Skoða þarf áhrif af framkvæmdum á grænum svæðum innan þéttbýlismarka. Sveitarfélög geta haft áhrif í gegnum skipulag, val á landi undir nýja byggð og frágang svæða.

Jarðvegur

Fram kom í samtölum við sérfræðinga að nauðsynlegt væri að gera jarðvegskort í viðunandi upplausn. Kortið gæti verið grunnur til að halda heildstætt utan um kolefnisbúskap og uppskölun á rannsóknarniðurstöðum. Mikilvægt væri að auka upplausn á jarðvegsflokkum, með undirflokkum við núverandi flokka.

Jarðvegur getur bundið mikið af kolefni og þarf að rannsaka það betur. Talsvert er til af gögnum um gróður en það er mikilvægt að standa að fleiri jarðvegsrannsóknnum. Áhugavert væri að bera saman svæði á ólíkum stigum framvindu eftir uppgræðslu, byrja á svæðum með engri bindingu og skoða síðan hvað gerist þegar komin er gróðurhula, síðan runnalag og að lokum skógarlag. Þurr vistkerfi mætti rannsaka betur og bæta þekkingu á mikilvægi vatnsstöðu í öðrum jarðvegi en mýrum. Losun og binding er breytileg eftir því sem neðar er farið í jarðlög.

Skoða þarf mögulega losun á ógrónu landi og hvað gerist við að breyta ógrónu landi í gróið land þegar jarðvegsrofi er snúið við. Mikilvægt að skoða sögulega jarðvegseyðingu

og hvaða áhrif hún hefur haft. Líklega er ekki mikil losun á flatareiningu en um er að ræða stór svæði. Þessar upplýsingar eru ekki inni í losunarbókhaldi í dag en kröfur um það gætu komið síðar.

Fram kom að mikilvægt sé að auka þekkingu á kolefnishringrás á norðurlóðum, 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.

5.1.3 *Það sem er í farvatninu*

Þó nokkuð af upplýsingum og niðurstöðum úr rannsóknum eru fyrir hendi sem hafa ekki verið gefnar út og fjölmargar rannsóknir eru í gangi sem munu skila mikilvægum niðurstöðum á næstu árum. Losunarstuðlar þurfa að vera byggðir á rannsóknar-niðurstöðum sem eru birtar í vísindagreinum eða skýrslum. Því þarf að leggja áherslu á að birta niðurstöður. Hér að aftan er tæpt á nokkrum atriðum sem eru í vinnslu eða í farvatninu og komu fram í viðtölum við sérfræðinga.

Í Landbúnaðarháskólanum (LBHÍ) er unnið að nýjum mæliaðferðum og líkanagerð þannig að farið verði frá forðamælingum yfir í flæði (flux) og flóknari módel, sem er í samræmi við kröfur IPCC um aukna nákvæmni. Í LBHÍ fara fram talsverðar rannsóknir á votlendi og unnið er að því að bæta þekkingu á losunarstuðlum og hvernig ólíkar aðstæður í landi hafa áhrif. Unnið er að mælingum á fjölda mælibreyta á nokkur þúsund mælipunktum dreift um landið sem gefa góðan grunn til að meta breytingar í framtíðinni. Einnig er skoðað hvaða mæliþættir gefa vísbendingu um losun t.d. nitur, hitastig, raki og sýrustig. Fram fara rannsóknir á sögulegri jarðvegseyðingu því þó losun sé ekki mikil á hvern hektara þá eru landsvæðin stór. Þá er innan skólans unnið markvisst að því að bæta upplausn jarðvegskorta.

Landgræðslan vaktar útstreymi gróðurhúsalofttegunda á fjórum svæðum og kortleggur gróður á framræstu landi. Niðurstöður gefa vísbendingar um áhrif af framræslu en vakta þyrfti stærra svæði og fleiri gerðir af svæðum. Hugsa þarf mælingar á landsskala og tengja við áratug endurheimtar. LBHÍ ásamt Vatnaskilum fékk styrk frá Loftslagssjóði fyrir verkefni þar sem meta á umfang framræsts votlendis út frá vatnafræðilegum þáttum s.s. leiðnihraða og úrkomu. Þetta getur gefið grunnupplýsingar sem auðvelda mat á ólíkum votlendissvæðum. Von er á nýjum stuðlum fyrir graslendi eða úthaga frá Landgræðslunni. Fram kom í samtölum að langar tímaseriur þarf til að fá áreiðanlega íslenska stuðla þar sem þá vantar og ólíklegt að þeir verði komnir fyrir árið 2026 þegar unnið verður uppgjör fyrsta skuldbindingatímabils losunarbókhaldsins, sem á að skila 2027.

Landgræðslan vinnur að því að samræma starf á mörgum sviðum og tengja við losun frá landi, t.d. landgræðsluáætlun, vinnu í kringum sjálfbæra landnýtingu og bæta almennt þekkingu á vistgetu lands. Unnið er að því að samræma orðanotkun og tengja ólíka aðila sem að málum koma.

Vistgerðakort NÍ eru mjög gott tæki en nauðsynlegt er að halda áfram með þróun kortanna, bæta nákvæmnina og leiðréttu villur. Landgræðslan og LBHÍ eru með verkefni þar sem byrjað verður á kortlagningu út frá þeim upplýsingum sem eru til staðar en svo verður bætt við flokkum og grunnrannsóknum.

Í Háskóla Íslands (HÍ) fara fram rannsóknir á jarðvegsauðlindum sem er stærsta kolefnisgeymsla á landinu. Skoðuð er jarðvegsþróun, hvernig kolefni byggist upp á tímaskala og áhrif veðrunar og náttúrulegra atburða í ólíkum gerðum votlendisjarðar og eldfjallajarðar.

Í HÍ eru áhrif þess að setja basalt á ræktað land skoðuð og er það unnið í framhaldi af CarbFix verkefni. Í tengslum við þetta eru í gangi rannsóknir á mýrum og efnafræðinni sem þar skiptir máli.

Í Háskólanum á Akureyri er unnið með skóg og binditölur almennt. Áhersla hefur verið á framræst land sem er ræktað skógi en þar virðast vera mikil tækifæri til kolefnisbindingar. Nauðsynlegt er að skoða losun bæði áður og eftir að landnotkun er breytt. Sama á við um mólendi sem er grætt með skógi. Horfa þarf á allt vistkerfið, bæði uppsöfnun ofanjarðar og neðan og hvernig undirgróður breytist. Einnig er skoðuð losun á opnu landi og hvað gerist við að breyta ógrónu landi í gróið. Þar kemur í ljós að þekking á gróðri er meiri en þekking á jarðvegi.

Í tengslum við háskólarannsóknir þá er starfandi fagråd í kringum úthlutun doktorsstyrkja vegna kolefnisbúskapar.

Unnin hefur verið umbótaáætlun af Landgræðslunni, Skógræktinni og umhverfis- og auðlindaráðuneytinu í samstarfi við Umhverfisstofnun. Henni er ætlað að styrkja bókhald Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu kolefnis vegna landnotkunar, breyttrar landnotkunar og skógræktar (LULUCF). Umbótaáætlunin er hluti af aðgerðaáætlun Íslands í loftslagsmálum (aðgerð I.6) og er ætlað að bæta þekkingu og tryggja að fullnægjandi grunnupplýsingar liggja fyrir um mat á losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu kolefnis vegna landnotkunar í losunarbókhaldi Íslands. Fjármagn vegna umbótavinnunnar var tryggt í fjármálaáætlun 2021-2025 (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021).

Umbótaáætlunin nær frá árinu 2020 til 2023 og inniheldur 20 aðgerðir sem eru byggðar á mati á stöðu Íslands gagnvart kröfum ESB og hvaða þætti þarf að bæta miðað við núverandi bókhald Íslands yfir losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu kolefnis. Aðgerðunum í áætluninni er ætlað að styrkja bókhaldið og tryggja að Ísland uppfylli kröfur Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna og reglur Evrópusambandsins þar að lútandi. Aðgerðirnar eru einnig lykill að því að þær upplýsingar sem liggja til grundvallar mati á árangri Íslands í átt að kolefnishlutleysi séu áreiðanlegar og að þær sé hægt að staðfesta.

6 Þróun losunarbókhalds og innleiðing á nýrri löggjöf

Aðildarríki Parísarsamningsins hafa undirgengist markmið hans um að takmarka hnattræna hlýnun. Ísland og Noregur hafa samið við ESB um að framfylgd skuldbindinga þessara ríkja gagnvart Parísarsamningnum verði sameiginleg. Þetta leiðir til þess að upplýsingagjöf og uppgjorsreglur sem beitt er í loftslagsmálum hér á landi þurfa að taka mið af bæði alþjóðlegu sem og evrópsku regluverki. Ramminn og yfirmarkmið eru sett í Loftslagssamningnum og í evrópsku reglugerðum er útfært hvernig aðildarríkin, Noregur og Ísland hyggjast ná markmiðunum. ESB leggur mesta áherslu á að minnka losun en sveigjanleikaákvæði gefa tilteknar heimildir til að nýta bindingu vegna landnotkunar á móti annarri losun.

Meginreglur um losun frá landi má finna í reglugerð ESB nr. 2018/841 um að fella losun gróðurhúsalofttegunda og upptöku frá landnotkun, breyttri landnotkun og skógrækt inn í loftslags- og orkuramann fram til ársins 2030. Hún er innleidd héraðs með lögum nr. 98/2020 um breytingu á lögum um loftslagsmál nr. 70/2012. Þar er kveðið á um skyldur aðildarríkja varðandi landnotkun, breytta landnotkun og skógrækt sem eiga að tryggja að skuldbindingum Evrópusambandsins verði náð hvað varðar samdrátt í losun og aukningu í bindingu gróðurhúsalofttegunda á tímabilinu 2021–2030. Samkvæmt reglugerðinni þarf að tryggja að aðgerðir á nytjalandi, svo sem skógrækt, landgræðsla og framræsla og endurheimt votlendis, stuðli að minnkaðri losun og aukinni kolefnisbindingu en ekki aukinni losun. Reglugerðin kveður einnig á um bókhaldsreglur um losun og bindingu

vegna landnotkunar, breyttrar landnotkunar og skógræktar og reglur varðandi mat á því hvort aðildarríki uppfylli skyldur sínar samkvæmt reglugerðinni (Alþingi, 2019-2020).

Ísland þarf sérstaka aðlögun vegna þess hve skógar eru lengi að vaxa á Íslandi. Reglugerðin gerir ráð fyrir 20–30 ára vaxtartímabili en Ísland fær aðlögun um að reiknað verði með 50 ára vaxtartímabili. Almennt er miðað við 20 ár þannig að þegar landi er breytt færist það yfir í nýja flokkinn eftir 20 ár, líkt og í öðrum Evrópulöndum. Þannig er horft aftur til ársins 1970 varðandi kortlagningu á breyttri landnotkun á viðmiðunarárinu 1990 og til ársins 1940 varðandi skóglendi.

Í reglugerðinni er skuldbindingartímabilinu skipt í tvö uppgjörstímabil, 2021–2025 og 2026–2030. Að loknu hvoru uppgjörstímabili, þ.e. 2027 og 2032, skulu aðildarríkin gera upp losun í samræmi við losunarbókhald sitt.

Nokkrar grundvallarbreytingar eru gerðar á losunarbókhaldi frá því sem var samkvæmt Kýótó-bókuninni og til að uppfylla breyttar kröfur þarf að uppfæra losunarbókhald, meðal annars endurskoða aðferðafræði, rannsóknir á losunarstuðlum, gagnaöflun og gagnagæði. Auknar kröfur eru settar á gæði losunarbókhaldsins. Reglugerðin kallar einnig á umtalsverða vinnu við skráningakerfi með losunarheimildir, vegna t.d. tíðari uppgjöra, millifærslna og þörf á eftirfylgni.

Ef binding er umfram losun frá landi getur Ísland notað þær heimildir að hluta vegna losunar í öðrum flokkum. Jafnframt ef losun verður umfram bindingu í þessum flokki þarf Ísland að greiða heimildir fyrir þá losun.

Vinna við losunarbókhald vegna skógræktar og landnotkunar er unnið að mestu af Skógræktinni og Landgræðslunni. Umhverfisstofnun hefur yfirumsjón með og ber ábyrgð á gerð bókhalds Íslands. Send var fyrirspurn til Umhverfisstofnunar um tiltekna þætti sem snúa að atriðum sem þarf að taka afstöðu til, sveigjanleikaákvæðum og kolefnishlutleysi. Stofnunin svarar með aðstoð Landgræðslu og Skógræktar. Hér að aftan er vísað til þessara svara.

Losunarbókhald byggt á landnotkun í stað aðgerða

Reglugerðin mun fella úr gildi núverandi bókhaldsreglur sem gilda undir Kýótó-bókuninni og byggjast á tilteknum völdum aðgerðum (e. *Activity-based accounting*) og innleiða bókhaldsreglur sem byggjast á heildstæðu mati á losun og bindingu á landi í tilteknum landnotkunarflokkum (e. *Land-based accounting*). Landnotkunarflokkar sem notaðir skulu í losunarbókhaldi ríkja eru aðlagðir að flokkun undir Kýótó-bókuninni.

Þessar breytingar eru að hluta ennþá óljósar og verða skýrðar betur í alþjóðlegu samstarfi á næstu mánuðum. Nálgunin verður víðtækari en áður og því mun loftslagsbókhaldið endurspegla betur það sem raunverulega er að gerast. Fram að Parísarsamningnum var einungis horft til landgræðslu og skógræktar, framtal annarra flokka var ýmist ekki krafist eða að notaðir voru *Tier 1* staðlaðir losunarstuðlar. Nú er gerð krafa um *Approach 3* og *Tier 2* eða *Tier 3* (Umhverfisstofnun, 10.05.2021).

Ítarlegri nálgun kallar á meiri upplýsingaöflun og endurskilgreiningu á landflokkum. Sveigjanleiki í skilgreiningum á landflokkum er talsverður. Í uppgjöri og framtali samkvæmt ESB reglugerðinni fyrir stýrt ræktað land, stýrt graslendi og stýrt votlendi verður notað til viðmiðunartímabilið 2005-2009, þ.e. metið verður hvort það verði binding eða losun á skuldbindingartímabilinu miðað við viðmiðunartímabilið. Verkefnið er umfangsmikið og gæti haft áhrif á bókhald fyrir losun frá landi (Umhverfisstofnun, 10.05.2021).

Tryggja þarf gagnsæi um afleiðingar þess að nota viðmiðunartímabilið 2005-2009 við uppgjör gagnvart skuldbindingum Íslands í ljósi þess að votlendi var að mestu framræst fyrir þann tíma.

Helstu atriðin sem taka þarf afstöðu til eru annars vegar varðandi *Approach 3* sem kallar á ítarlegar landskilgreiningar og endurskoðun kortlagningar á hverju ári fyrir alla landflokka. Hins vegar þarf að vinna með *Tier 2* eða *Tier 3* og því þarf að gera mælingar og reikna losunarstuðla fyrir landflokkana (Umhverfisstofnun, 10.05.2021).

Sveigjanleikaákvæði

Sveigjanleikaákvæði leyfa tilteknum ríkjum að nýta bindingu sem er umfram losun vegna skógræktar og landnotkunar á móti losun sem er á beinni ábyrgð landsins (ESR), að uppfylltum ákveðnum skilyrðum.

Ísland getur nýtt bindingu sem er umfram losun vegna lands sem hefur verið breytt í skóglendi, lands sem hefur verið hreinsað af skógi, stýrðs ræktaðs lands og stýrðs graslendis, til mótvægis við losun á beinni ábyrgð Íslands (ESR) á tímabilinu 2021-2030. Áður en að því kemur, árið 2030, þarf Ísland að uppfylla svokallaða núll-losunarreglu (*no-debit rule*). Núll-losunarreglan felur í sér að jafna þarf út með bindingu alla losun sem stafar af tiltekinni landnotkun, m.a. skógrækt, skógarumhirðu, umhirðu graslendis og umhirðu ræktarlands. Ísland getur notað 200 kílótonn CO₂-ígilda á tímabilinu, eða að meðaltali um 20 kílótonn CO₂-ígilda á ári innan sveigjanleikaákvæðis. Árleg binding frá skógum á Íslandi árið 2019 var rúmlega 400 kílótonn CO₂-ígilda og ráðgert er að binding fari vaxandi og því er ljóst að lítið brot af því sem er bundið vegna skógræktar nýtist á móti losun sem fellur undir beina ábyrgð ríkja (ESR) (Umhverfisstofnun, 10.05.2021). Til samanburðar var losun frá samgöngum á landi rúmlega 900 kílótonn CO₂-ígilda árið 2019.

Stýrt skóglendi

Bókhald fyrir stýrt skóglendi skal reiknað sem losun og binding á tímabilunum 2021–2025 og 2026–2030 að frádregnu gildi sem fæst með því að margfalda með fimm viðmiðunargildi hlutaðeigandi ríkis fyrir skóga (Arnór Snorrason, Björn Traustason, & Bjarki Þór Kjartansson, 2020). Í þeim tilfellum sem þeir útreikningar skila neikvæðri tölu (binding umfram losun) fyrir hvert tímabil (2021–2025 og 2026–2030) eru settar skorður á hversu mikla bindingu ríki geta bókfært, en hún má að hámarki nema 3,5% af losun ríkis á grunnári eða grunntímabili sem miðað er við.

Samkvæmt upplýsingum frá Umhverfisstofnun og Skógræktinni mun Ísland ekki koma til með að ná upp í þetta 3,5% þak, þar sem það á einungis við um stýrt skóglendi. Mest af bindingu í skóglendi hérlendis er í nýskógrækt sem fellur ekki undir þann flokk (Umhverfisstofnun, 10.05.2021).

Kolefnishlutleysi

Umfjöllunin hér að ofan byggir á gildandi regluverki varðandi uppgjör losunar og bindingar fram til 2030. Aðildarríkin stefna að því að ná kolefnishlutleysi um 2050 og hefur Ísland sett sér það markmið að ná því ástandi 2040.

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.

Bókhaldsreglur og framtal vegna losunar frá votlendi

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 tímaseriur fyrir allar helstu landgerðir m.t.t. losunar/bindingar sem nái eins langt aftur og raunhæft er, yfirleitt ekki styttra en til 1990. Fyrir landgræðslu, svo það sé tekið sem dæmi, þá er farið fram á tímaseriur sem ná nánast til upphafs landgræðslu því tryggt þarf að vera að ekki sé um tvítalningu aðgerðalands að ræða.

Hvað varðar votlendi þá eru sömu kröfur gerðar til þess, það þurfa að vera til gagnaseriur sem sýna í hvaða flokk landið fellur (framræst, óraskað, endurheimt) á hverjum tíma, og þá um leið á milli hvaða flokka landið er að færast. Yfirleitt er miðað við 20 ár þegar land er fært á milli flokka, þ.e. við endurheimt votlendis færast það í flokk lands sem hefur verið endurheimt og að 20 árum liðnum færast það í flokk votlendis. Þegar talað er um viðmiðunarár þá er yfirleitt ekki verið að vísa í þetta árabil heldur viðmiðunarár sem losunargildi eru borin saman við og stýra þá þeim markmiðum sem ríki skulu stefna að innan ramma viðkomandi Loftslagssamnings.

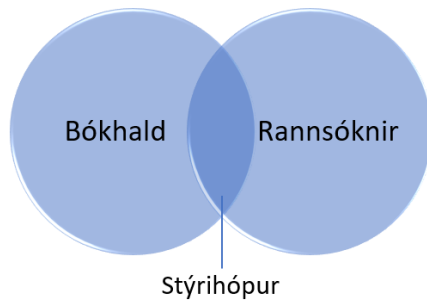
Þó allt land sé talið fram undir LULUCF, þá fellur einungis hluti þess undir skuldbindingar Íslands. Þetta helgast af því að þessi hluti Loftslagssamningsins snýr að landi sem er í nýtingu, þannig er það landið sem er nýtt, eða mögulega nýtt, á hverjum tíma sem skuldbindingar Íslands snúast um.“

Þetta svar Landgræðslunnar fyrir hönd ráðuneytisins staðfestir að allt framræst votlendi er talið inn í bókhaldi Íslands. Sama gildir um endurheimt votlendi. Framræsla votlendis hér á landi hefur átt sér stað á landsvæðum sem eru skilgreind sem nýtt, eða mögulega nýtt, í samhengi alþjóðlegra skuldbindinga Íslands.

7 Tillaga að stofnun stýrihóps

Lagt er til að stofnaður verði formlegur stýrihópur fyrir vísindaráðgjöf og faglega umræðu sem myndi styrkja rannsóknir og stjórnsýslu á sviði LULUCF. Stýrihópur sem gæti gefið álit um hvaða rannsóknir er þörf til að uppfylla kröfur alþjóðasamninga, gæti leiðbeint stjórnvöldum um túlkun á niðurstöðum rannsókna og gefið faglegt álit á álitamálum varðandi bókhaldsuppgjör Íslands. Stýrihópurinn hefði skýrt umboð og breiðara hlutverk en vinnuhópar sem starfa á vegum umhverfis- og auðlindaráðuneytis og væri ætlað að starfa til lengri tíma.

Stýrihópurinn væri skipaður fulltrúum háskóla, rannsóknarstofnana og stjórnsýslustofnana sem myndu deila þekkingu og áherslum í rannsóknum og vera farvegur fyrir faglegt samtal. Í dag er skortur á farvegi sem þessum. Fagráðstefnur, t.d. fagráðstefna skógræktar, hafa þó verið góður vettvangur til að breiða út þekkingu og koma á samtali milli vísindamanna. Stýrihópur sem hér er talað um væri formlegri og hefði ákveðið hlutverk á þessu sviði.



Stýrihópurinn tæki ákvarðanir sem styðja stjórnvöld við sína ákvarðanatöku og skæri úr um álitamál. Stýrihópur færir yfir tillögur úttektarnefnda alþjóðasamninga og fylgdi eftir að þeim sé framfylgt. Faglegri umræða getur dregið fleiri til þátttöku og minnkað einangrun stofnana og vísindamanna. Líta má til erlendra fyrirmynda þar sem rannsóknir eru innan háskóla, það verður til mannaflí og menntað

fólk. Skýrari skil yrðu milli vísindafólks, stjórnsýslu og framkvæmdaaðila og skerpt væri á hlutverkum. Með því að formlegur stýrihópur gefi faglegt álit er komið í veg fyrir að sömu aðilar sitji beggja vegna borðsins.

Stýrihópurinn getur skapað tengingar vegna vinnu við aðrar áætlanir og verkefni. Gagnasöfnun í tengslum við loftslagsbókhald og árangur í að draga úr losun hefur snertifleti við aðrar áætlanir stjórnvalda, gagnaöflun og átaksverkefni. Sem dæmi má nefna landgræðsluáætlun, verkefni um beitarnýtingu og verkefnið Gróllind, sem snýr að mati og vöktun á ástandi gróður- og jarðvegsauðlinda landsins. Öll miða þessi verkefni að því að stuðla að sjálfbærri nýtingu lands og endurheimt vistkerfa. Að einhverju leyti má samnýta gögn og aðlaga rannsóknir þannig að þær nýtist á fleiri en einum stað. Stýrihópurinn getur beint rannsóknnum í þá átt sem þörfin er mest.

Stýrihópurinn getur lagt sitt lóð á vogarskálar til að koma þekkingu á framfæri. Umræðan um losun frá landi er flókin og óaðgengileg fyrir aðra en sérfræðinga. Mikill fengur væri af því ef tekst að miðla þekkingu um losun frá landi þannig að vísindin nái til almennings, sveitastjórnarfólks, bænda og fyrirtækja. Ákvarðanatöku væri á forsendum sem fólk almennt skilur. Það auðveldar innleiðingu aðgerða ef tekst að virkja þá sem aðgerðir hafa áhrif á og til að það takist þurfa skilaboðin að komast vel til skila. Ef fólk hefur ekki aðgang að góðum upplýsingum getur það ekki haft áhrif á ákvarðanatöku og það hamlar því að fólk grípi til aðgerða.

Losun frá landi er flókin og tengist öðrum málefnum. Í samtölum kom fram að líta mætti meira á landgæði almennt, tengsl endurheimtar við gróðurfur og aðra jákvæða þætti sem af henni hlýst. Það getur komið upp að aðgerðir sem draga úr losun hafi neikvæð áhrif á annan hátt, t.d. á lífríki. Sömuleiðis mætti horfa á tengsl milli losunar frá landi við aðra flokka losunarbókhalds, s.s. landbúnað og orku. Stýrihópurinn getur stuðlað að því að horft sé á lausnir sem hafa jákvæð áhrif á margan hátt frekar en að loka sig inni í geirum.

8 Heimildir

- Alþingi. (2019-2020). *Þingskjal nr. 1229, Frumvarp til laga um breytingu á lögum um loftslagsmál, nr. 70/2012, með síðari breytingum.*
- Arnór Snorrason, Björn Traustason, & Bjarki Þór Kjartansson. (2020). *Forest Reference Level 2021-2025: Iceland. National forestry accounting plan.* Reykjavík: Icelandic Forest Research.
- Birna Sigrún Hallsdóttir, Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttir, Jón Guðmundsson, Arnór Snorrason, & Jóhann Þórsson. (2011). *Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2009. National Inventory Report 2011. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol.* Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Bjarni E. Guðleifsson, & Brynhildur Bjarnadóttir. (2019). *Náttúruþankar...og hennar líf er eilíft kraftaverk.* Reykjavík: Bókaútgáfan Hólar.
- Global Forests Observations Initiative. (2014). *Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests: Methods and Guidance from the Global Forest Observations Initiative.* Geneva: Group on Earth Observations.
- Halldór Björnsson. (08.05.2007). *Vísindanefnd Sameinuðu þjóðanna (IPCC).* Sótt frá Veðurstofa Íslands: <https://vedur.is/loftslag/rannsoknir/ipcc/>
- IPCC. (21. May 2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and other Land use.* Sótt frá Publications: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- Jón Guðmundsson. (28.04.2021). Minnisblað um landnýtingarflokka í loftslagsumræðunni.
- Loftslagsráð. (04.06.2021). *Alþjóðamál, samningar og stofnanir.* Sótt frá <https://loftslagsrad.is/frodleikur/althjodamal/>
- Loftslagsráð. (30.04.2020). *Kolefnishlutleysi - Samantekt frá Loftslagsráði, apríl 2020.* Sótt frá Samantekt um kolefnishlutleysi: <https://www.loftslagsrad.is/efst-a-baugi/faersla/2020/04/30/Samantekt-um-kolefnishlutleysi/>
- Náttúrufræðistofnun Íslands. (21. 04 2021). *Vistgerðir.* Sótt frá Náttúrufræðistofnun Íslands: <https://www.ni.is/grodur/vistgerdir>
- Nicole Keller, Martina Stefani, Sigríður Rós Einarsdóttir, Ásta Karen Helgadóttir, Rafn Helgason, Hera Guðlaugsdóttir, . . . Jóhann Þórsson. (2021). *National Inventory Report. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2019. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol.* Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Nina L. Friggens, Alison J. Hester, Ruth J. Michell, Thomas C. Parker, Jens-Arne Subke, & Philip A. Wookey. (2020). Tree planting in organic soils does not result in net carbon sequestration on decadal timescales. *Global Change Biology*, 5178-5188.
- Ólafur Arnalds, & Jón Guðmundsson. (2020). *Loftslag, kolefni og mold. Rit Lbhí nr. 133.* Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Sigurður Reynir Gíslason. (2012). *Kolefnishringrásin.* Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.
- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2020). *Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum, 2. útgáfa.*

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2021). *Umbótaáætlun 2020-2023, vegna bókhalds Íslands um losun gróðurhúsalofttegunda og bindingu.*

Umhverfisstofnun. (10.05.2021). Skriflegt svar við fyrirspurn.

Umhverfisstofnun. (20.04.2021). *Losun frá landnotkun.* Sótt frá Umhverfisstofnun:
<https://ust.is/loft/losun-grodurhusaloftegunda/losun-fra-landnotkun/>

9 Viðauki

9.1 Listi yfir viðmælendur

Arnór Snorrason	Rannsóknamiðstöð Skógræktar Mógilsá
Árni Bragason	Landgræðslan
Bjarni Diðrik Sigurðsson	Landbúnaðarháskóli Íslands
Brynhildur Bjarnadóttir	Háskólinn á Akureyri
Guðni Þ. Þorvaldsson	Landbúnaðarháskóli Íslands
Guðrún Gísladóttir	Háskóli Íslands
Jóhann Þórsson	Landgræðslan
Jón Guðmundsson	Landbúnaðarháskóli Íslands
Ólafur Arnalds	Landbúnaðarháskóli Íslands
Sigurður Reynir Gíslason	Háskóli Íslands
Sunna Áskelsdóttir	Landgræðslan
Vanda Úlfrún Liv Hellsing	Umhverfis- og auðlindaráðuneytið
Þórunn Pétursdóttir	Landgræðslan

9.2 Skilgreiningar á landnotkunarflokkum IPCC

Grassland

This category includes rangelands and pasture land that is not considered as cropland. It also includes systems with vegetation that fall below the threshold used in the forest land category and is not expected to exceed, without human intervention, the thresholds used in the forest land category. This category also includes all grassland from wild lands to recreational areas as well as agricultural and silvo-pastoral systems, subdivided into managed and unmanaged, consistent with national definitions.

Forest

Forest is a minimum area of land of 0.05 – 1.0 hectares with tree crown cover (or equivalent stocking level) of more than 10 – 30 per cent with trees with the potential to reach a minimum height of 2 – 5 metres at maturity *in situ*. A forest may consist either of closed forest formations where trees of various storeys and undergrowth cover a high portion of the ground or open forest. Young natural stands and all plantations which have yet to reach a crown density of 10 – 30 per cent or tree height of 2 – 5 metres are included under forest, as are areas normally forming part of the forest area which are temporarily unstocked as a result of human intervention such as harvesting or natural causes but which are expected to revert to forest.

Remark: Forests are not defined for reporting under the Convention. The *IPCC Guidelines* encourage countries to use detailed ecosystem classifications in the calculations and in reporting broad specified categories to ensure consistency and comparability of national data across countries.

Cropland

This category includes arable and tillage land, and agro-forestry systems where vegetation falls below the threshold used for the forest land category, consistent with the selection of national definitions.

Settlements

This category includes all developed land, including transportation infrastructure and human settlements of any size, unless they are already included under other categories. This should be consistent with the selection of national definitions.

Wetlands

This category includes land that is covered or saturated by water for all or part of the year (e.g., peatland) and that does not fall into the forest land, cropland, grassland or settlements categories. This category can be subdivided into managed and unmanaged according to national definitions. It includes reservoirs as a managed sub-division and natural rivers and lakes as unmanaged sub-divisions.

Other land (as a land-use category)

This category includes bare soil, rock, ice, and all unmanaged land areas that do not fall into any of the other five categories. It allows the total of identified land areas to match the national area, where data are available.