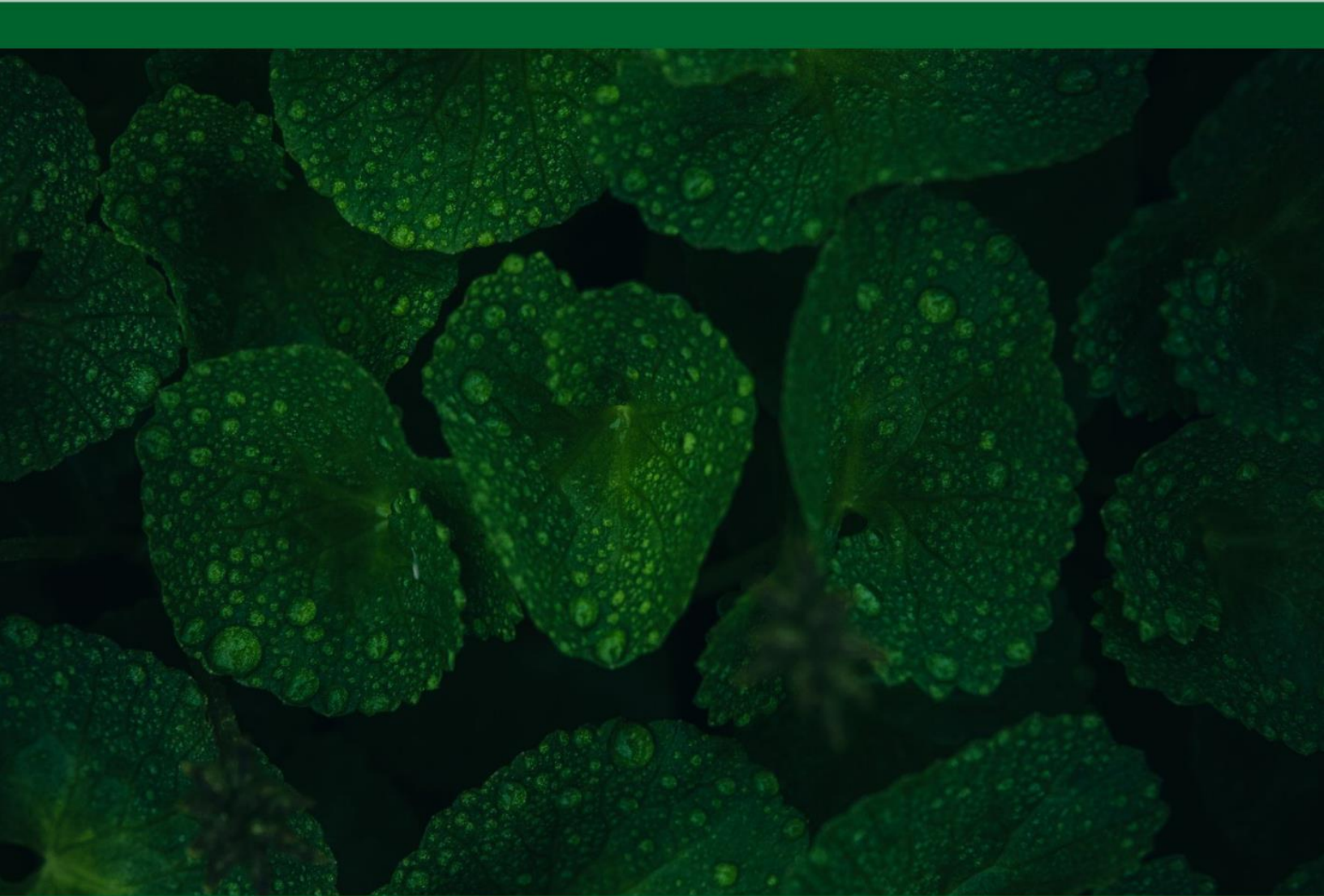




Vestfjarðastofa

Desember 2024

# *Kolefnisjöfnun* **á Vestfjörðum**



## Efnisyfirlit

1. Inngangur .....	2
2. Kolefniseiningar og kolefnisjöfnun.....	4
2.1 Hvað er kolefnisjöfnun? .....	4
2.2 Helstu aðilar, þættir og ferill valkvæða kolefnismarkaðarins .....	5
2.3 Vottaðar og óvottaðar kolefniseiningar .....	6
2.4 Markaður með kolefniseiningar .....	7
2.4.1 Kaup á einingum .....	8
2.4.2 Framleiðsla kolefniseininga .....	9
3. Framleiðsla kolefniseininga - áskoranir og tækifæri .....	12
3.1 Dregið úr losun í tiltekinni starfsemi .....	13
3.2 Aukin framleiðsla endurnýjanlegrar orku .....	15
3.2.1 Staða endurnýjanlegrar orkuframleiðslu á Vestfjörðum .....	15
3.2.2 Aðferðafræði fyrir framleiðslu kolefniseininga með endurnýjanlegri orku .....	18
3.3 Fjarlæging kolefnis úr andrúmsloftinu – skógrækt og landgræðsla .....	19
3.3.1 Landgræðsla – endurheimt vistkerfa .....	19
3.3.2 Skógrækt .....	20
3.4 Komið í veg fyrir losun vegna landnotkunar .....	21
3.5 Aðrir möguleikar .....	22
3.5.1 Þörungarækt .....	22
3.5.2 Dregið úr urðun úrgangs.....	23
4. Samantekt og helstu niðurstöður .....	24
5. Heimildir .....	25
Gagnlegir tenglar .....	27

## 1. Inngangur

Orsök loftslagsvandans er of mikill losun gróðurhúsalofttegunda. Það veldur gróðurhúsaáhrifum, hækkandi hitastigi, meiri veðuröfgum, súrnun sjávar og hækkandi sjávarmáli, svo eitthvað sé nefnt.

Aðgerðir til að ná tókum á vandanum snúa fyrst og fremst að því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda, t.d. með orkuskiptum og betri orkunýtni. Auk samdráttar í losun hefur kolefnisbinding fengið aukið vægi á síðustu árum. Þar er kolefni tekið úr andrúmslofti og bundið í fast form og er það meðal annars gert í gegnum skógrækt eða með niðurdælingu í jarðlög. Verkefni sem snúa að samdrætti í losun eða kolefnisbindingu geta, að uppfylltum ákveðnum skilyrðum, búið til svokallaðar kolefniseiningar sem má nota til kolefnisjöfnunar í losunarbókhaldi (nánar í kafla 2). Ríkisvaldið hefur lagt á þetta nokkra áherslu og mega lögaðilar samkvæmt tekjuskattslögum, nota allt að 1,5 % árstekna til kolefnisverkefna án tekjuskattsgreiðslu (31 gr. 2 töluliður í lögum nr. 90/2003).

Sveitarfélög hafa áhrif á loftslag með daglegum rekstri sínum og framkvæmdum, líkt og við framfylgd umfangsmikilla lögboðinna verkefna eins og grunnskóla og félagsþjónustu. Í þessari starfsemi felst talsverð losun gróðurhúsalofttegunda sem ber að draga úr og kolefnisjafna, m.a. með gerð loftslagsstefnu (lög um loftslagsmál nr. 70/2012). Auk sérstakrar loftslagsstefnu er skipulag eitt helsta stjórnþæki sveitarfélaga í þessu samhengi. Sveitarfélögin geta einnig haft margvísleg óbein áhrif á nærsamfélagið, t.d. með fræðslu og hvatningu, ásamt því að sýna gott fordæmi í daglegum rekstri.

Sveitarfélögin á Vestfjörðum vinna að loftslags- og orkuskiptaáætlunum, sem eiga að uppfylla kröfur sem gerðar eru til loftslagsstefnu sveitarfélaganna, samkvæmt 5. gr. c í lögum um loftslagsmál nr. 70/2012. Leiðbeiningar þar eru heldur rýrar (og ekki er reglugerðarheimild á lögnum), en þar er þó tekið fram að stefnan skuli innihalda markmið um kolefnisjöfnun starfseminnar ásamt aðgerðum til að ná þeim markmiðum.

Í fyrrgreindum lögum er kolefnisjöfnun skilgreind svo: „Þegar aðili hlutast til um aðgerðir annars aðila til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og/eða binda kolefni úr andrúmslofti og notar staðfestingu á slíkum samdrætti eða bindingu til að jafna út sína eigin losun að hluta eða öllu leyti“. Þetta þýðir, skv. frekari leiðbeiningum Umhverfisstofnunnar (UST), að ýmsar aðgerðir eru mögulegar, líkt og:

1. Draga úr losun í tiltekinni starfsemi eða geirum, s.s. með því að auka orkunýtni eða auka framleiðslu endurnýjanlegrar orku.
2. Fjarlægja kolefni úr andrúmsloftinu, s.s. með skógrækt eða landgræðslu.
3. Koma í veg fyrir losun vegna landnotkunar, t.d. með endurheimt votlendis eða aðgerðum sem koma í veg fyrir eyðingu regnskóga.

Tilgangur þessarar skýrslu er að fá betri hugmynd um kosti og galla ofangreindra aðgerðaflokka, vísbendingar um kostnað við kaup og framleiðslu kolefniseininga, formkröfur um vottun og möguleika til að framkvæma kolefnisjöfnun á Vestfjörðum. Auk þess veitir hún yfirsýn yfir valkvæða kolefnisjöfnunarmarkaðinn. Í framhaldinu verður sveitarfélögunum á Vestfjörðum kleift að setja sér markmið í loftslags- og orkuskiptaáætlun um kolefnisjöfnun og setja fram aðgerðir til að ná þeim markmiðum.

Skýrslan var unnin af Hjörleifi Finnssyni og öðrum starfsmönnum Vestfjarðastofu en Gunnar Páll Eydal og Katrín Blöndal hjá Verkís voru þeim til ráðgjafar.

## 2. Kolefniseiningar og kolefnisjöfnun

### 2.1 Hvað er kolefnisjöfnun?

Í samræmi við það sem kemur fram í lögum og vitnað er í hér að ofan, felst kolefnisjöfnun í því að fá þriðja aðila til að minnka losun gróðurhúsalofttegunda og/eða binda kolefni úr andrúmslofti. Þessi minnkun losunar og binding er svo færð í losunarbókhold sem jöfnun á eigin losun gróðurhúsalofttegunda. Þannig geta skipulagseiningar (fyrirtæki, sveitarfélög og þjóðríki) náð kolefnishlutleysi ef þau kaupa kolefniseiningar, til að veða upp á móti eigin losun. Einnig er mögulegt að framleiða kolefniseiningar til eigin nota (sjá betur kafla 2.4.2).

Til að flækja myndina þá er losun og kolefnisbinding í Evrópu flokkuð í þrjá flokka eða kerfi: landnotkun, ETS viðskiptakerfið og samfélagslega losun. Þegar kemur að alþjóðlegum samningum og losunarbókholdi ríkja (og undir þeim sveitarfélaga og fyrirtækja) er yfirleitt einungis fjallað um samfélagslega losun, þ.e. losun vegna framleiðslu og notkun á hinum ýmsu vörum og þjónustu sem ekki eru inni í ETS viðskiptakerfinu. Má þar nefna ferðaþjónustu, sjávarútveg, landbúnað, byggingariðnað, raforkuvinnslu með jarðvarma, sorp og endurvinnslu. ETS viðskiptakerfið með losunarheimildir er lokað kerfi sem ákveðinni starfsemi er skylt að vinna innan, það á meðal annars við um stóriðju, flug og alþjóðlegar siglingar. Kerfið og sú starfsemi sem heyrir þar undir verður því ekki frekar skýrð hér, þar sem hún mun ekki koma kolefnisjöfnun sveitarfélaga við. Landnotkun í Evrópu er oft þáttur með jákvæðan kolefnisbúskap, sem þýðir að hún bindur meira en losar, og er því undaskilin í alþjóðlegum skuldbindingum um samdrátt í losun. Ísland er hér svolítið sér á parti, þar sem landnotkun losar 7,8 milljón tonn af koldíoxíðígildum eða 62% af heildarlosun landsins. Góðir möguleikar eru á að minnka þessa losun, sérstaklega með endurheimt votlendis. Skuldbindingar Íslands um lágmarkssamdrátt í losun og/eða aukinni bindingu liggja þó ekki enn fyrir í landnotkunarflokknum. Óháð því er hægt að nota kolefniseiningar sem verða til með aðgerðum í landnotkun til þess að kolefnisjafna í samfélagslosunarhlutanum, (sjá kafla 3.3). Samfélagslosun er sá flokkur þar sem mest ríður á að draga úr losun og kolefnisjafna því hann er á beinni ábyrgð Íslands. Þar liggja fyrir bæði skuldbindingar og aðferðafræði kolefnisjöfnunar. Ísland hefur skuldbundið sig (með ESB) til að draga úr samfélagslosun um 40% fyrir 2030, miðað við losun ársins 2005. (Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið 2024).

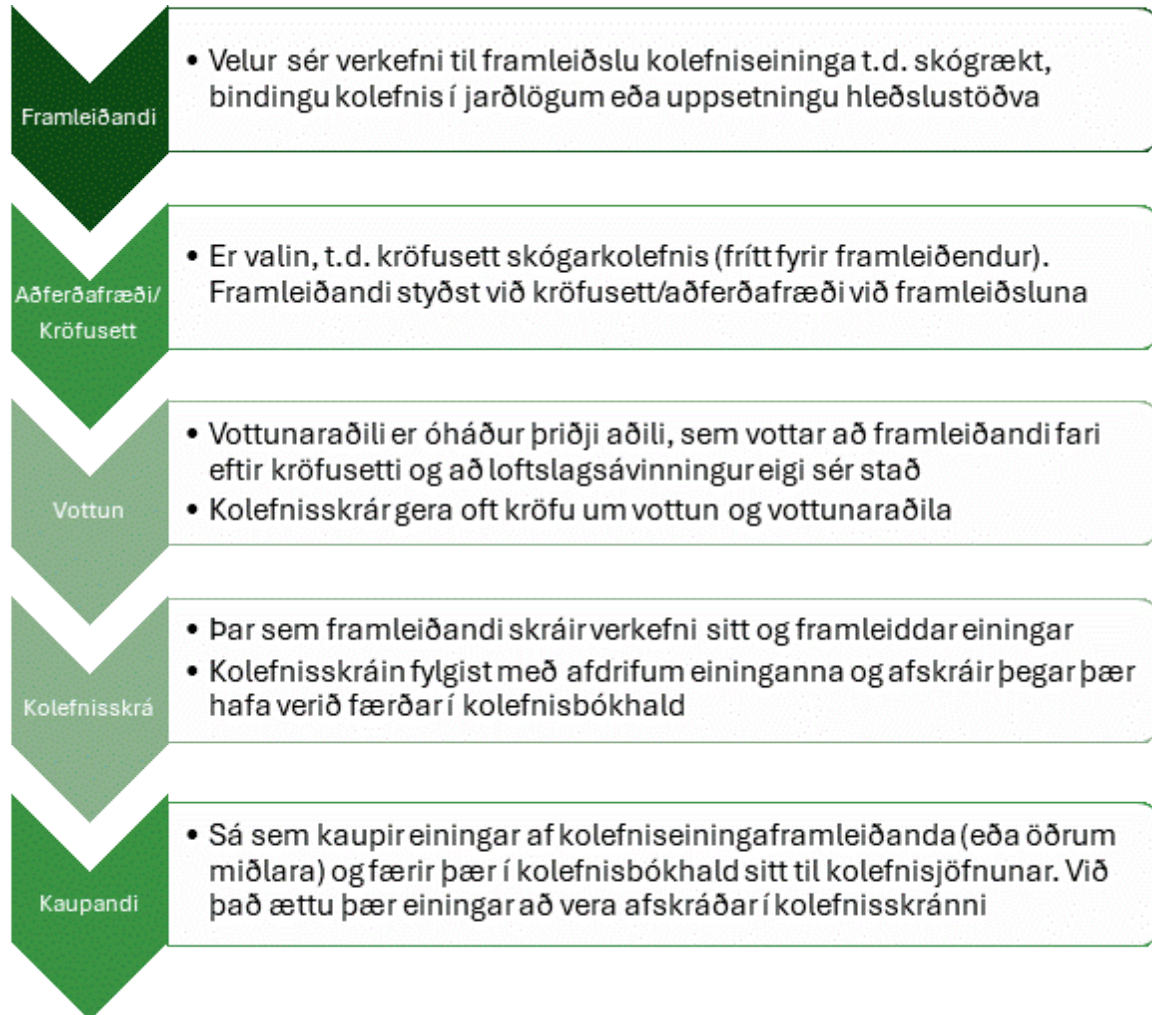
Sveitarfélögunum bjóðast tvær leiðir til að kolefnisjafna; annarsvegar að kaupa kolefniseiningar af þriðja aðila og hins vegar með því að framleiða eigin kolefniseiningar. Framleiðsla eigin kolefniseininga er flóknari en kann að vera áhugaverð vegna annarra jákvæðra staðbundinna áhrifa framleiðslunnar.

## 2.2 Helstu aðilar, þættir og ferill valkvæða kolefnismarkaðarins

Valkvæði kolefnismarkaðurinn er nokkuð flókinn og við fyrstu sýn getur verið erfitt að greina hver gegnir hvaða hlutverki og hver hlutverkin eru. Hér á eftir er stuttur listi, sem þó ekki er tæmandi yfir aðila og þætti sem koma að kolefnisjöfnun:

1. **Valkvæður kolefnismarkaður:** Frjáls markaður með gjörninginn kolefniseining (eitt tonn af koldíoxíðígildum), sem sannar að eitt tonn af CO<sub>2</sub> hafi verið sparað með aðferðum á borð við föngun, bindingu eða hindrun á losun
2. **Kolefnieiningaframleiðandi:** Aðili sem framkvæmir verkefni sem draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og/eða binda kolefni úr andrúmslofti. Hann býr til kolefniseiningar og selur á markaði eða notar í eigið losunarbókhald til kolefnisjöfnunar.
3. **Kröfusettt:** Samansafn af kröfum eða viðmiðum sem tiltekin vara, ferli eða þjónusta þarf að uppfylla. Aðili býr til kröfusettt til þess að skilgreina hvernig er hægt að ná raunverulegum loftslagsávinningi sem hægt er að votta seinna. Þetta er til dæmis kröfusettt Skógarkolefnis um skógrækt eða VERRA Verified Carbon Standard (VCS) sem eru til um fjölmargar ólíkar leiðir til framleiðslu kolefniseininga. Stundum er hægt að nota einstakan staðal (t.d ISO) í stað kröfusetts eða sem hluta af því.
4. **Aðferðafræði:** Ferlið sem notað er til að sannprófa og votta að verkefni uppfylli kröfusettt og/eða staðal.
5. **Kolefnisskrá:** Miðlægt skráningarkerfi fyrir kolefniseiningar, sem tryggir skráningu verkefna og útgáfu rafrænna kolefniseininga frá slíkum verkefnum. Kolefniseiningaframleiðandinn skráir verkefni sitt þar. Skráin (t.d. VERRA eða ICR) á að koma í veg fyrir tvítalningu með því skrá einingar inn þegar þær hafa verið vottaðar og afskrá þær þegar þær hafa verið notaðar í losunarbókhald til kolefnisjöfnunar.
6. **Vottunaraðili:** er þriðji aðili (ekki það sama og kolefnisskrá) sem tekur út og vottar að verkefnið uppfylli kröfusetttið sem lagt var af stað með samkvæmt faggiltri aðferðafræði.
7. **Kaupandi kolefniseininga:** Sá sem kaupir einingar af kolefniseiningaframleiðanda (eða öðrum miðlara) og notar þær í losunarbókhald sitt til kolefnisjöfnunar. Við það ættu þær einingar að vera afskráðar í kolefnisskránni.

Af þessari lýsingu má draga upp mynd af ferlinu frá upphafi kolefnisverkefnis til kaupanda sem notar þær (mynd 2).



Mynd 1. Einfaldur ferill valkvæða kolefnisjöfnunarmarkaðarins

## 2.3 Vottaðar og óvottaðar kolefniseiningar

Í leiðbeiningum UST um kolefnisjöfnun (Umhverfisstofnun 2020) er bent á mikilvægi þess að raunverulegur loftslagsávinningur verði af kolefnisjöfnunaraðgerðum og mælir stofnunin því með að eftirtöldum viðmiðum sé fylgt:

1. Raunverulegur árangur – verkefni fer sannanlega fram og ber tilskilinn árangur.
2. Mælanlegur árangur – unnt er að mæla árangur með viðurkenndum aðferðum.
3. Varanlegur árangur – árangur af verkefni er varanlegur og gengur ekki til baka.
4. Er viðbót – árangur hefði ekki komið til án kaupa á kolefniseiningum.

5. Ráðstafanir til að koma í veg fyrir tvítalningu– árangur af verkefni er aðeins nýttur einu sinni til kolefnisjöfnunar.
6. Verkefni leiðir ekki til kolefnisleka – árangur byggist ekki á því að losun flytjist annað.
7. Óháð vottun – óháður vottunaraðili staðfestir árangur af verkefni.

Öll þessi viðmið eru mikilvæg fyrir kolefnisjöfnun og gerð loftslagsstefnu. Þau setja ramma um lágmarksaðgerðir sem tryggja raunverulegan ávinning (t.d. krefur viðmið 2 sveitarfélögin um að halda virkt og gagnsætt losunarbókhald). Viðmið 7, sem er til umræðu hér, er ekki bein lagaleg krafa þar sem ekkert í 5. grein loftslagslaganna segir hvernig skuli nákvæmlega standa að kolefnisjöfnun. Þó er ljóst að markmiði laganna um að auka bindingu kolefnis úr andrúmslofti, (1. gr. liður b) verður tæplega náð nema að uppfylla viðmið 7 um óháða vottun. Án þess yrði valkvæði kolefnismarkaðurinn ofurseldur grænþvotti og tilheyrandi vantrú á gildi kolefnisjöfnunar.

Hjá Evrópusambandinu eru í farvatninu „hertar kröfur um upplýsingagjöf á markmið til að fyrirbyggja grænþvott...“ undir áttakinu *Fær í 55* (Loftslagsráð 2024). Búast má við að þar sem Ísland er í nánu samstarfi við ESB um loftslagsmarkmið sín og framkvæmd, að hér verði að tryggja samskonar gegnsæi og áreiðanleika kolefniseininga. Vandséð er að það verði gert án strangra vottunarferla sem þriðji aðili framkvæmir.

Á Íslandi eru fjölmörg fyrirtæki sem framleiða kolefniseiningar til sölu. Í flestum tilvikum er þó um að ræða kolefniseiningar í bið í skógræktarverkefnum, sem ekki má færa í losunarbókhald fyrr en búíð er að taka út og staðfesta bindinguna. Sem dæmi má nefna að Skógræktin hafði frumkvæði að því að setja fram valkvætt kröfusettt um hvernig má framleiða kolefniseiningar í skógrækt með raunverulegum loftslagsávinningi (Skógarkolefni, e.d.). Á heimasíðu Skógarkolefnis kemur fram „Hafa verður í huga að fullgildar Skógarkolefniseiningar verða í fyrsta lagi fánlegar til kaups þegar fyrsta verkefnið samkvæmt Skógarkolefni hefur verið sannprófað árið 2028“. Hluti af sannprófuninni felst í að ganga úr skugga um að verkefnið hafi uppfyllt kröfusettið, sem í felst mældur og vottaður (skógarkolefni, e.d.) árangur, það er vöxtur trjáanna og binding þeirra. Þá fyrst eru orðnar til fullgildar kolefniseiningar sem hægt er að færa í losunarbókhald.

Niðurstaðan er því sú að allt bendi til þess að ekki komi til greina að kaupa óvottaðar einingar, þar sem þær munu ekki verða viðurkenndar í losunarbókhaldi samkvæmt alþjóðlegum viðmiðum. Við kaup eða framleiðslu á einingum í skógrækt á Íslandi verður að hafa í huga að þótt að þær séu vottaðar má einungis færa þær í losunarbókhald að biðtíma loknum.

## 2.4 Markaður með kolefniseiningar

Valkvæði kolefnismarkaðurinn er hugsaður fyrir lönd, fyrirtæki, stofnanir og einstaklinga til að veða upp á móti eigin losun, og er sá markaður talsvert sveigjanlegri og opnari hvað varðar kröfur til



vottunar og tegundir af verkefnum heldur en í ETS viðskiptakerfi Evrópusambandsins. Einnig er þar talsvert breiðara bil á verði eininganna, en algeng verð eru á bilinu 500 – 7.000 kr. per tonn koldíoxíðígilda (hér eftir táknað  $\text{CO}_{2\text{ig}}$ ), þó hægt sé að finna einingar sem eru talsvert dýrari. Sem dæmi er yfirleitt ódýrt að kaupa einingar úr verkefnum sem varða innleiðingu endurnýjanlegrar orku í stað jarðefnaeldsneytis frá Kína. Dýrari einingar eru oft dýrari í framkvæmd og/eða skila víðtækari ávinningi en einungis kolefnisjöfnun, t.d. samfélagslegum ávinningi, svo sem með fjölgun starfa, auknu jafnrétti eða betri lýðheilsu. Sem dæmi má nefna verkefni við að innleiða eldunarhellur með betri orkunýtni á heimilum í Afríku, og að bæta aðgengi að hreinu vatni sem kemur í veg fyrir nauðsyn þess að sjóða vatn til neyslu með tilheyrandi orkunotkun. Verkefni geta haft, auk áhrifa á loftslag, ýmis önnur áhrif á umhverfið. T.d. geta skógræktarverkefni haft áhrif á líffræðilega fjölbreytni. Einingar vegna skógræktarverkefna eru oft dýrar í samanburði við önnur verkefni.

Verkefni á Íslandi sem hafa fengið vottun eru t.d. uppsetning rafhleðslustöðva á vegum Ísorku, og framleiðsla fæðubótaefnis úr þörungum í stað kjöts hjá VAXA Technologies. Kolefniseiningar vegna uppsetningar rafhleðslustöðva Ísorku eru vottaðar af RINA og skráðar í loftslagsskrá VERRA og kostar hver eining 6.900 kr. Einingar vegna verkefnis VAXA eru vottaðar af Earthood og eru á verkefnalista International Carbon Registry (ICR), og kostar hver eining rúmlega 5.000 kr. Einingaverð fyrir sömu verkefni geta sveiflast með tímanum og stýrist það að einhverju leyti af framboði og eftirspurn, hversu áreiðanleg vottunin er og öðrum jákvæðum eða neikvæðum samfélagsáhrifum verkefnisins (Einar Hallgrímsson 2023).

### 2.4.1 Kaup á einingum

Einfaldasta leið til kolefnisjöfnunar fyrir sveitarfélög væri að kaupa einingar á alþjóðlegum markaði. Ef eingöngu ætti að velja einingar út frá verði, óháð nánari skoðun á gæðum vottana eða samfélagslegra áhrifa, yrði ódýrasta kolefniseiningin einfaldlega valin, en þegar nánar er skoðað þá virðist valkvæði kolefnismarkaðurinn vera tiltölulega óþroskaður. Verð á einingum virðist ráðast að miklu leyti af öðrum þáttum en framboði og eftirspurn, sérstaklega gæðum vottana og öðrum samfélagslegum áhrifum verkefnanna.

Þar sem gagnsæi um gæði vottana er nokkuð ábótavant má reyna að tryggja loftslagsávinning með því að, a) velja einingar af kolefnisjöfnunarvettvangi Sameinuðu þjóðanna (sem UST mælir með) eða; b) velja einingar frá framleiðanda þar sem kaupandi þekkir til gæða eininganna (íslenskar einingar) og metur önnur samfélagsleg áhrif þeirra jákvæð.

## 2.4.2 Framleiðsla kolefniseininga

Ætli sveitarfélög á eigin vegum í framleiðslu á vottuðum kolefniseiningum með verkefnum á sviði kolefnisjöfnunar, þarf að eiga sér stað greining á ávinningi verkefnisins, þ.e. á hversu mikilli bindingu eða minnkun losunar verkefnið skilar. Að auki þarf að bera ávinning verkefnisins saman við kaup á kolefniseiningum og greina aðra jákvæða og neikvæða þætti þess. Á grunni þessa mats fást upplýsingar um fýsileika verkefnisins og hægt er að taka ákvörðun um framhald þess.

Sveitarfélagið finnur kröfusettt sem á við um verkefnið og sækir svo um skráningu verkefnis hjá kolefnisskrá (t.d. International Carbon Registry eða VERRA). Miklu máli skiptir að þegar sé til stöðluð kröfusettt og aðferðfræði fyrir vottun verkefna, því annars verður mjög dýrt og kostnaðarsamt að þróa nýja ferla og fá þá viðurkennda. Í kjölfarið vottar óháður úttektaraðili að ávinningur hafi átt sér stað með því að staðfesta að skilyrði kröfusettsins hafi verið uppfyllt. Til þess notar vottunaraðilinn aðferðafræði sem skilgreinir nauðsynleg skref til að uppfylla kröfusettið. Finna má aðferðafræði og kröfusettt fyrir margar tegundir verkefna m.a. á vegum kolefnisskráa.

Vottunarferlið fyrir kolefniseiningar inniheldur mat á framtíðarlosun ef ekki er farið í kolefnisjöfnunaraðgerðina. Sýna þarf fram á að verkefnið hafi raunverulegan loftslagsávinning og krefst það vöktunar og staðfestingar þriðja aðila áður en hægt er að gefa út vottaðar kolefniseiningar. Kolefnisskrár gera misstrangar kröfur en almennt þarf að fara eftir sérstakri aðferðafræði við útreikninga á loftslagsávinningi verkefnanna. Sem dæmi má nefna kolefnisskrána VERRA, sem áður hefur verið nefnd, en á heimasíðu þeirra er að finna aðferðafræði fyrir ólíkar tegundir verkefna. Hver aðferðfræði fyrir sig hefur farið í gegnum strangt rýniferli og er byggð upp til að uppfylla samsvarandi kröfusettt. Í aðferðafræði verkefnanna er útlistun á eftirfarandi: Hvernig rammi og gildissvið verkefna er skilgreint, hvernig grunnlosun er ákvörðuð, hvert sé viðbótargildi verkefnis m.t.t. loftslagsávinnings, leiðbeiningar um vöktun og magngreining ávinnings í tonnum CO<sub>2</sub>ig.

Vottunarferlið getur tekið frá nokkrum mánuðum fyrir einföld og algeng verkefni, upp í 1-2 ár eða lengur fyrir flóknari verkefni. Hluti af þessari vinnu felst í greiningu og mati á losun án verkefnis (e. baseline), vöktun, og óháðri staðfestingu á að verkefnið uppfylli kröfusettt og staðla og skili raunverulegum ávinningi (vottun).

Vottunarferlið getur verið dýrt vegna kostnaðar sem felst í vöktun, greiningu gagna, óháðum úttektum, og skráningu í viðurkennda kolefnisskrá. Flestar kolefnisskrár innheimta umsóknargjald eða skráningargjald, útgáfugjald per einingu og einnig árgjald til að viðhalda skráningu vottunarinnar. Skýrsluhöfundar fengu upplýsingar um fastan kostnað skráningar og vottunar tveggja mjög ólíkra verkefna og var kostnaðurinn í því einfaldara um 2 milljónir, en í því flóknara um

5 milljónir. Auk þess má búast við að kostnaður við umsýslu skráningar og vottunar getur numið allt að 500 þús. á ári eftir að vottun fæst. Það er því ljóst að nokkur óvissa er um þennan þátt, sem eykst eftir því sem verkefni eru sjaldgæfari og flóknari. Ekki má vanmeta þann tíma sem fer í utanumhald og rekstur sem fylgir framleiðslu kolefniseininga. Hér er ekki fjallað um kostnað vegna umhverfismats eða skipulagsvinnu sem fylgt getur verkefnum.

Til einföldunar má setja fram þessa formúlu fyrir framleiðslu kolefniseininga:

$$X + Y - Z = \text{hagnaður/tap}$$

X = Söluverð allra kolefniseininga verkefnisins

Y = Söluverð allra annara afurða verkefnisins

Z = Allur kostnaður við verkefnið og framleiðslu kolefniseininganna

Þar sem vottunar og skráningarkostnaður verkefnis er fasti, eykst hann ekki með fjölda framleiddra kolefniseininga. Því verður stærð verkefna í kolefniseiningafjölda og verð per kolefniseiningu að lykilþáttum við mat á hagkvæmni. Verkefni sem eru lítil verða ekki hagkvæm nema að mjög gott verð fái fyrir kolefniseingar og afurðir. Þetta skýrist ágætlega þegar skoðuð eru verkefni í landgræðslu og skógrækt (tafla 1).

Tafla 1. Hagkvæmni verkefna í landgræðslu og skógrækt til framleiðslu kolefniseininga, miðað við tíma og stærð lands.

	Tegund/stærð	3 ha	10 ha	100 ha
Árafjöldi sem verkefni þarf að gefa af sér kolefniseingar til að standa undir kostnaði	Endurheimt birkiskóga	172	74	36
	Endurheimt votlendis	28	11	4
	Skógrækt	73	38	24

Í töflunni er gert ráð fyrir föstu verði fyrir kolefniseiningu óháð verkefnum. Miðað er við 3.500 kr, sem er áætlað miðgildi út frá algengum verðum. Yfirburðir endurheimtar votlendis felast í því að loftslagsávinningurinn per ha á ári er 19.5 CO<sub>2ig</sub> meðan hann er metinn 9.5 CO<sub>2ig</sub> í skógrækt en þar er einnig framleiðslukostnaður töluvert hærra en í votlendisendurheimt (dýrara að planta trjám en fylla upp í skurði). Hagkvæmni verkefna ræðst einnig af eftirspurn, ímynd þeirra og fleiri samfélagslegum þáttum sem hafa áhrif á verðmyndun kolefniseininga. Ef við gefum okkur t.d. að skógræktareiningar seljist á 7.000 kr., þá tæki aðeins um 12 ár að ná upp í kostnað af 100 ha skógræktarverkefni. Kolefnisverkefni hafa ólíkan líftíma, þ.e. þau gefa af sér kolefniseingar í ákveðnu magni á ári í ákveðið tímabil. Til dæmis, þá urðu einingar sem Ísorka selur framleiddar á tímabilinu 2021-2023, eftir það höfðu hleðslustöðvarnar í verkefninu enga viðbót að færa inn í kerfið og því tímabilið tvö ár. Skógrækt getur haft líftíma yfir 50 ár og votlendi fræðilega í hundruð

ára þótt meta þurfi árangurinn oftár. Fyrir fjárfesta sem hugsa langt fram í tímann geta því slík verkefni verið einstaklega ábatasöm.

Sveitarfélög á Vestfjörðum geta tæknilega séð sjálf staðið að kolefnisjöfnunarverkefnum en þau þurfa alltaf aðkomu vottunaraðila, kolefnisskráa og líklega þurfa þau að auki aðstoð við að þróa verkefni og selja einingarnar. Einnig gætu sveitarfélögin verið í samstarfi við aðra aðila um framleiðslu á kolefniseiningum, t.d. fyrirtækjum í orkuframleiðslu eða iðnfyrirtækjum.

### 3. Framleiðsla kolefniseininga - áskoranir og tækifæri

Í þessum kafla er fjallað um möguleg verkefni til framleiðslu á kolefniseiningum og helstu áskoranir og tækifæri þeim tengdum. Ekki er eingöngu fjallað um verkefni sveitarfélaga heldur eru einnig tilgreind verkefni sem líklegra er að einkaaðilar framkvæmi.

Eins og áður kom fram má skipta verkefnum sem fjármögnuð eru með framleiðslu kolefniseininga til að jafna losun í þrennt, þ.e. verkefni sem:

- Draga úr losun í tiltekinni starfsemi eða geirum
- Fjarlægja kolefni úr andrúmsloftinu
- Koma í veg fyrir losun vegna landnotkunar

Verkefnin geta verið af ýmsum toga og eru dæmi nefnd í undirköflunum hér á eftir.

Vestfirðir og vestfirsk sveitarfélög eru að mörgu leyti í góðri aðstöðu til að koma á fót verkefnum sem hafa það að markmiði að framleiða vottaðar kolefniseiningar.

- Sveitarfélögin hafa með milligöngu Vestfjarðastofu aflað sér nokkurrar þekkingar um orkuskipti og loftslagsmál í gegnum RECET Evrópuverkefnið og starfsemi orkuskiptafyrirtækisins Bláma.
- Nokkur innviðaupbygging er fyrirhuguð á næstu árum og því er tækifæri til að tengja hana við orkuskipti og möguleg tækifæri í framleiðslu kolefniseininga.
- Stærstu atvinnuvegir fjórðungsins tengjast nýtingu náttúruauðlinda, þ.e. sjávarútvegur og ferðaþjónusta ásamt landbúnaði. Nýsköpun hefur vaxið og fengið meira vægi en áður. Ímynd og orðspor eru mikilvæg fyrir þessar lykilgreinar, sem og góðir innviðir.
- Fyrirtæki á Vestfjörðum hafa nýlega stofnað Innviðafélag Vestfjarða. Félagið hefur það að markmiði að stuðla að bættri umræðu um innviði og uppbyggingu þeirra á Vestfjörðum.
- Í skýrslu starfshóps um raforkumál á Vestfjörðum er bent á að raforkukerfi Vestfjarða sé ekki nægjanlega vel í stakk búið til að mæta viðsnúningi í efnahag svæðisins. Eldsneytisnotkun vegna keyrslu varafls hefur verið mikil með tilheyrandi losun gróðurhúsalofttegunda. Tækifæri felast í framleiðslu á kolefniseiningum með það að markmiði að styrkja raforkukerfið við þessar aðstæður.
- Húshitun á Vestfjörðum er að stórum hluta rafmagnskynding. Hlutfall orku frá hitaveitum sem á uppruna sinn í olíu hefur verið hátt. Unnið hefur verið að jarðhitaleit á norðan- og sunnanverðum Vestfjörðum. Heitt vatn fannst nýverið í Skutulsfirði og þarf að byggja upp nýtt veitukerfi til að nýta vatnið. Mögulega felast tækifæri í framleiðslu á kolefniseiningum með það að markmiði að styrkja veitukerfið.

### 3.1 Dregið úr losun í tiltekinni starfsemi

Almennur rekstur sveitarfélaga leiðir til losunar gróðurhúsalofttegunda eins og fjallað var um í fyrsta kafla. Að auki leiðir ýmis starfsemi fyrirtækja og athafnir íbúa af sér losun gróðurhúsalofttegunda. Eins og fram hefur komið er húshitun á Vestfjörðum að stórum hluta með rafmagni og afhendingaröryggi raforku ábótavant. Eldsneytisnotkun vegna keyrslu varaafls er mikil í samanburði við aðra landshluta. Í því gætu falist tækifæri til framleiðslu á kolefniseiningum.

Draga má úr losun gróðurhúsalofttegunda m.a. með því að auka orkunýtni. Auk kolefnisjöfnunaráhrifa hefur samdráttur í losun og aukin orkunýtni fjárhagslegan ávinning til lengri tíma með því að minnka orkukostnað. Þessar aðgerðir eru jafnan auðveldari í framkvæmd en aðrar kolefnisjöfnunaraðgerðir, ef horft er til leyfisveitinga, skipulagsmála og landnotkunar. Í töflu 2. eru nefnd dæmi um verkefni sem myndu hafa það að markmið að draga úr losun en jafnframt hafa annan samfélagslegan ávinning í för með sér. Ekki er eingöngu horft til verkefna á vegum sveitarfélaga en þau taka almennt mið af sérstöðu Vestfjarða.

Verkefni sem draga úr losun eða auka orkunýtni hafa oft vel skilgreinda aðferðarfræði hvað vottun kolefniseininga varðar. Þörf er á nákvæmni og áreiðanleika við mat á grunnlosun (e. *baseline*) og greiningu ásamt staðfestingu á orkusparnaði.

Tafla 2. Verkefni sem draga úr losun í tiltekinni starfsemi.

Verkefni	Ávinningur og áskoranir	Þátttakendur
Snjallvæðing orkumæla	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orkusparnaður þar sem hægt að bregðast við jafnóðum ef tekið er eftir óeðlilegri notkun t.d. vegna bilunar tækja.</li> <li>Hvatning til að spara orku þar sem með snjallmælavæðingu er hægt að rúka fyrir raunnotkun en ekki áætlaða notkun.</li> <li>Hægt að nota til að fá áreiðanlega mynd af orkunotkun og þar með orkusparnaði.</li> <li>Mögulega ekki beint nothæft fyrir framleiðslu kolefniseininga (nema kannski á neytendahegðunargrundvelli), en þó leið til að sjá orkusparnað vegna annarra breytinga t.d. LED-lýsingar eða innleiðingu orkunýtnari rafmagnstækja.</li> </ul>	Orkubú Vestfjarða (verkefnið er hafið hjá þeim) Sveitarfélög Fyrirtæki Heimili
Aukin notkun LED lýsingar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auðvelt í framkvæmd og einföld leið til að spara rafmagn.</li> <li>Tiltölulega lítill loftslagsávinningur nema sé gert á stórum skala.</li> <li>Hefur skilað töluverðum ávinningi á Suðurnesjum</li> </ul>	Sveitarfélög Fyrirtæki Heimili
Innleiðing rafmagnstækja með betri orkunýtingu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orkusparnaður með fjárhagslegum ávinningi til lengri tíma.</li> <li>Hár upphafskostnaður við að skipta út tækjum.</li> </ul>	Sveitarfélög Fyrirtæki Heimili
Betri einangrun húsa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niðurgreiðsla gluggaskipta sem verkefni til framleiðslu kolefniseininga</li> </ul>	Sveitarfélög Fyrirtæki

		Heimili
Nýting glatvarma frá iðnaði	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hægt að nota til húshitunar; dregur úr þörf fyrir rafhitun.</li> </ul>	Framleiðslu-fyrirtæki Virktanir
Meðhöndlun úrgangs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stórt tækifæri felst í að draga úr urðun en stenst ekki viðmiðið um viðbót þar sem minnkun á urðun er bundin í lög.</li> </ul>	Sveitarfélög
Rafbílavæðing sveitarfélaga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minnkar losun vegna notkunar jarðefnaeldsneytis í samgöngum á vegum sveitarfélagsins.</li> <li>Lítið verkefni m.t.t. framleiðslu kolefniseininga</li> </ul>	Sveitarfélög
Landtenging hafna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minnkar þörf á að brenna jarðefnaeldsneyti til að keyra kerfi í skipum.</li> <li>Greiðir leið fyrir rafvæðingu flutningabíla og vinnuvéla við hafnir.</li> <li>Eykur loftgæði við hafnir (minni útblástur CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> o.fl.)</li> </ul>	Sveitarfélög og orkusöluvyrirtæki
Kalkþörungaverksmiðja í Súðavík: Úr gasi í rafmagn	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stórt orkuskiptaverkefni sem gæti framleitt mikið af kolefniseiningum með aukinni raforkuframleiðslu og öflugri flutningslínu.</li> <li>Líklegt að um tvítalningu væri að ræða ef orkubúið selur upprunaábyrgðir til þriðja aðila og Kalkþörungaverksmiðjan kaupi án upprunaábyrgða (sbr. Kafli 3.2)</li> </ul>	Kalkþörungaverksmiðjan og Orkubú Vestfjarða
Styrking flutningskerfis raforku á Vestfjörðum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vegna lélegs flutningskerfis um Vestfirði er varaafli (framleitt með jarðefnaeldsneyti) notað við ákveðnar aðstæður.</li> <li>Augljós ávinningur en mikil fjárfesting við uppbyggingu flutningskerfis.</li> <li>Orkunýtni mætti auka töluvert.</li> </ul>	Landsnet og Orkubú Vestfjarða
Bætt aðgengi að hleðslustöðvum fyrir ökutæki	<p>Aðgerðir sem ýta undir fjölgun hleðslustöðva:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Skipulagsáætlanir heimili og hvetji til uppsetninga hleðslustöðva.</li> <li>Sveitarfélög bjóði orkufyrirtækjum að nýta svæði til uppsetningar hleðslustöðva við opinberar byggingar.</li> <li>Koma upp hleðslustöðvum á hafnarsvæðum.</li> </ul>	Sveitarfélög Orkufyrirtæki
Skipaflutningar milli landa fari um Ísafjarðarhöfn	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aðgerðin mun draga verulega úr losun gróðurhúsalofttegunda vegna minnkandi umferðar flutningabíla.</li> </ul>	Sveitarfélög Flutningafyrirtæki Útflutningsaðilar
Rafvæðing almennings-samgangna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Samtal við Vegagerðina um áframhaldandi rafvæðingu almennings-samgangna.</li> <li>Rafvæðing almennings-samgangna innan sveitarfélaga, þar sem það á við.</li> </ul>	Sveitarfélög Vegagerðin

Verkefni sem hafa það að markmiði að draga úr losun á tiltekinni starfsemi í tengslum við orkuskipti eða betri orkunýtni eru áhugaverður kostur til framleiðslu kolefniseininga. Ein af áskorunum er þó líklega sú að verkefni verði of smá á Vestfjörðum til að borga upp nauðsynlegan vottunar- og umsýslukostnað. Engu að síður hefur íslenska fyrirtækið Ísorka sett upp kolefniseiningaverkefni um betri hleðsluinnviði og því vert fyrir fyrirtækin sem minnst er á í töflunni hér að ofan að skoða hvað sé mögulega hagkvæmt og hvert samhengið sé á milli upprunaábyrgða og framleiðslu kolefniseininga. Styrking flutningskerfis raforku er áhugavert og

gefur mögulega kost á nokkurri framleiðslu kolefniseininga án þess að hætta sé á tvítalningu. Verkefni í töflu 2 eru þó flest dæmi um álitleg verkefni til að ná markmiðum í loftslagsmálum og stuðla að orkuskiptum þó ekki verði ráðist í framleiðslu á kolefniseiningum samhliða þeim.

## 3.2 Aukin framleiðsla endurnýjanlegrar orku

Með endurnýjanlegri orku er átt við orku sem endurnýjar sig sífellt og því er ekki gengið á orkugjafann við notkun. Vatnsorka, sólarorka, lífmassaorka, jarðvarmaorka og vindorka eru skilgreind sem endurnýjanlegir orkugjafar.

### 3.2.1 Staða endurnýjanlegrar orkuframleiðslu á Vestfjörðum

Á Vestfjörðum er rafmagn framleitt með vatnsaflum en að auki þarf að flytja inn rafmagn frá landskerfinu. Húshitun fer að stórum hluta fram með raforku. Í dag er Orkubú Vestfjarða stærsti aðili í orkuframleiðslu á svæðinu með 7 virkjanir sem framleiða um 89 GWh/ári, stærst þeirra Mjólkárveikjan með uppsett afl upp á rúm 12 MW. Aðrar virkjanir á Vestfjörðum eru smávirkjanir bænda, flestar undir 1 MW í uppsettu aflum. Nokkrar vatnsaflsvirkjanir eru nú í undirbúningi, bæði á vegum einkaaðila sem og Orkubúsins. Unnið er að skipulagsbreytingum vegna Kvíslatunguvirkjunar, tæplega 10 MW virkjunar í Strandabyggð. Í aðalskipulagi Reykhólahrepps er gert ráð fyrir allt að 130 MW vindorkugarði við Garpsdal en sú virkjun bíður enn afgreiðslu í rammaáætlun 5. Nú þegar eru virkjanirnar Hvalárvirkjun í Árneshrepp 55 MW og Austurgilsvirkjun 20 MW í Strandabyggð í nýtingarflokki eftir málsmeðferð í rammaáætlun 3. Virkjunarkostirnir Skúfnavatnavirkjun 16 MW, Hvanneyrardalsvirkjun 13,5 MW og Tröllárvirkjun 13,7 MW eru nú til meðferðar í rammaáætlun 5 en í drögum að tillögu verkefnastjórnar til ráðherra eru þeir allir í nýtingarflokki. Síðustu tveir kostirnir útlioka þó hvern annan.

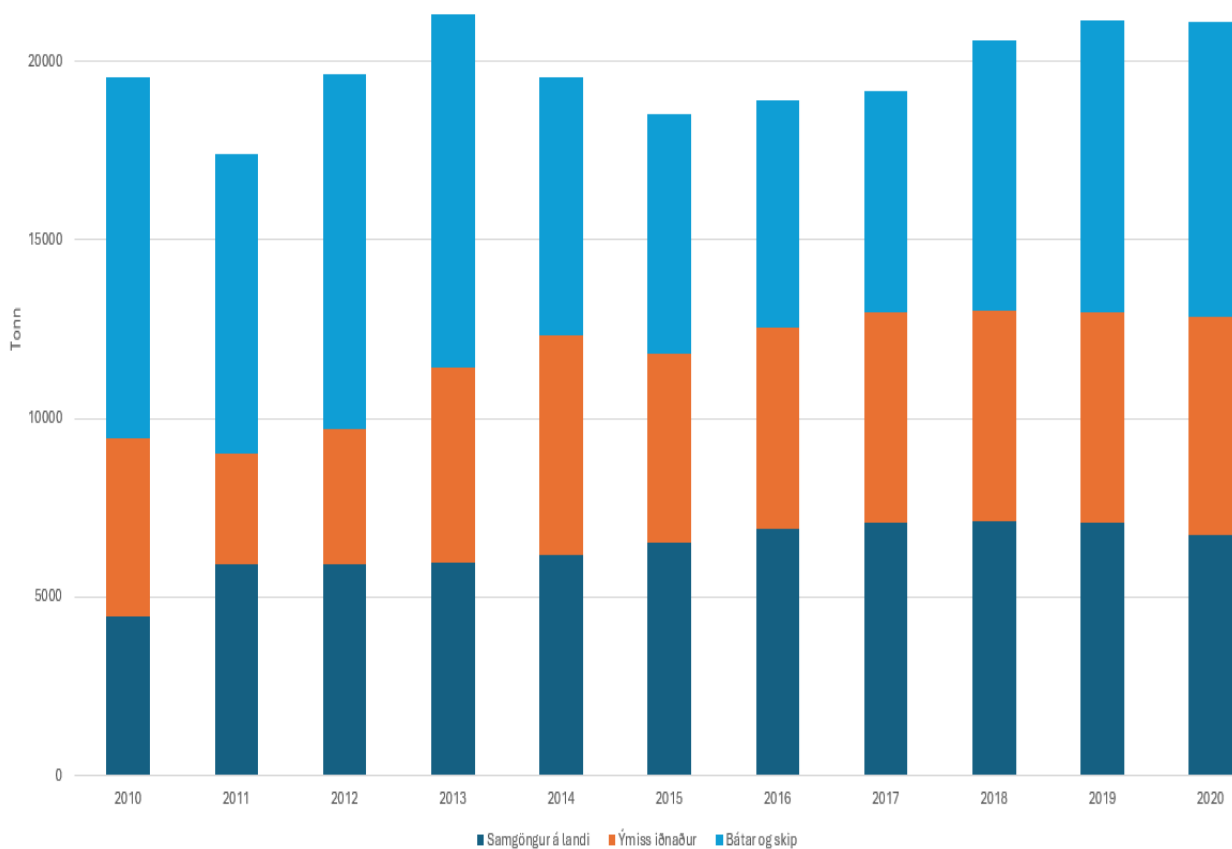
Nýlega fundust 45-50 sekúndulítrar af 56°C heitu vatni í Tungudal við Skutulsfjörð, sem lofar góðu til húshitunar á Ísafirði. Mun þá draga úr rafmagnsþörf til húshitunar og þannig verður hægt að ráðstafa þeirri raforku sem losnar í annað.

Árið 2020 var gerð frumúttekt á virkjanakostum minni vatnsaflsvirkjana á Vestfjörðum (undir 10 MW). Skoðaðir voru 68 mögulegir virkjanakostir og af þeim reyndust 18 teljast hagkvæmir. Virkjanakostirnir voru á bilinu 1,3-8,4 MW og samanlagt afl þeirra um 43 MW (Verkís, 2020). Hagkvæmni virkjana er háð mörgum breytum og fer m.a. eftir stöðu og þróun í mismunandi orkugjöfum og þeim kröfum sem gerðar eru til umhverfisins. Í úttektinni er ekki tekið tillit til umhverfisáhrifa. Smávirkjanir og beislun annarrar orku hefur alltaf einhver neikvæð áhrif á umhverfið, t.d. á ásynd, lífríki og jarðmyndanir. Virkjanir þurfa að fara í gegnum skipulagsferli, og mögulega mat á umhverfisáhrifum framkvæmda. Virkjanir sem eru stærri en 10 MW í uppsettu aflum



þurfa að vera í samræmi við Rammaáætlun, áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða. Leyfisveitingaferli getur verið tímafrekt og kostnaðarsamt.

Tafla 3. Eldsneytissala á Vestfjörðum 2010-2020. Dökkblátt= samgöngur á landi, appelsínugult= ýmis iðnaður og ljósblátt= bátar og skip



Orkubú Vestfjarða (OV) hefur brennt um 395.000-585.000 lítrum af olíu flest ár á tímabilinu 2019-2023. Árið 2022 sker sig úr en þá nam brennslan um 2.300.000 lítrum. Olíubrennslan er tilkomin vegna viðhalds á raflínum og tengdum búnaði og þegar línur slá út vegna bilana eða vegna veðurs. Að auki er brennsla olíu til komin vegna ákvæða í samningum OV og Landsvirkjunar (LV) um heimildir til skerðinga á raforku. Hin mikla olíunotkun árið 2022 er vegna mikilla skerðinga á raforku frá LV það ár. Með nýjum samningi OV og LV, sem gerður var í september 2024, eru heimildir til skerðinga takmarkaðar við fjóra daga á ári í stað 120 daga eins og áður var. Þannig verður hægt að reka fjarvarmaveitur án þess að reiða sig á olíu sem varaafli þegar afhending raforku er skert.

Líklegt er að einhverjar virkjanir og raforkuflutningsmannvirki verði reist á Vestfjörðum á næstu árum, samanber upptalningu á fyrirhuguðum virkjunum hér að ofan. Þessar breytingar fela í sér

tækifæri til að minnka losun gróðurhúsaáhrifa vegna jarðefnaeldsneytis og áhugavert er í því samhengi að skoða möguleika á framleiðslu vottaðra kolefniseininga til raforkuframleiðslu.

Fyrirtæki sem vinna raforku úr endurnýjanlegum auðlindum hafa kost á því að selja svokallaðar upprunaábyrgðir, þ.e. að fá hærra verð fyrir orkuna. Tilgangur kerfisins er að styðja við uppbyggingu endurnýjanlegra orkukosta og þannig stuðla að orkuskiptum. Sala á upprunaábyrgðum kemur að öllum líkindum í veg fyrir að orkufyrirtæki geti framleitt kolefniseiningar á sama tíma vegna fyrrnefndra viðmiða um tvítalningu (sbr. kafla 2.3).

Auk stærri virkjana ( $\geq 10\text{MW}$ ) felast einhver tækifæri í minni vatnsaflsvirkjunum og sólarorkuverum. Þau auka raforkuöryggi, styðja við flutningskerfið, draga úr flutningsþörf raforku og skapa aukið rými í því. Flestar smávirðjanir vatnsafls eru hins vegar rennslisvirkjanir sem hafa lakari framleiðslugetu yfir vetrarmánuðina, en það er sá tími sem mestu jarðefnaeldsneyti er brennt til húshitunar á Vestfjörðum og þörfin fyrir orku er mest.

Tafla 4. Kolefniseiningaverkefni í endurnýjanlegri orku

Verkefni	Ávinningur og áskoranir	Þátttakendur
Litlar vatnsaflsvirkjanir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fræðileg aflgeta mikil.</li> <li>Aukinn stuðningur við flutningskerfið; aukið raforkuöryggi á Vestfjörðum.</li> <li>Minni framleiðslugeta á veturna.</li> <li>Umhverfisáhrif (ásýndarbreytingar, land-og gróðurask, rask á lífríki).</li> <li>Þarf yfirleitt að fara í gegnum skipulagsferli og umhverfismat, sem getur verið tímafrekt og kostnaðarsamt.</li> </ul>	Sveitarfélög Einkaaðilar
Sólarorka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nokkuð auðvelt í framkvæmd á smáum skala. Aðgengilegt fyrir einstaklinga og fyrirtæki að kaupa sólarcellur.</li> <li>Minni framleiðslugeta á veturna.</li> <li>Lítill reynsla til staðar og takmörkuð stefna hjá stjórnvöldum.</li> </ul>	Sveitarfélög Einkaaðilar Heimili
Vindorka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umhverfisáhrif (ásýndarbreytingar, land-og gróðurask, rask á lífríki).</li> <li>Orkuframleiðsla sveiflukennnd.</li> <li>Umdeilt en kallað hefur verið eftir stefnumótun stjórnvalda.</li> <li>Þarf yfirleitt að fara í gegnum skipulagsferli og umhverfismat, sem getur verið tímafrekt og kostnaðarsamt.</li> </ul>	Sveitarfélög Einkaaðilar Heimili
Jarðvarmi/lágvarmi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nokkuð víða á Vestfjörðum er að finna lágvarma.</li> <li>Erfitt og dýrt að finna jarðvarma til nýtingar á Vestfjörðum.</li> <li>Nýttur jarðvarmi til húshitunar „losar um“ raforku.</li> </ul>	Orkubúið Sveitarfélög og einkaaðilar

### 3.2.2 Aðferðafræði fyrir framleiðslu kolefniseininga með endurnýjanlegri orku

Verkefni sem fela í sér að auka framleiðslu endurnýjanlegrar orku hafa almennt vel skilgreinda aðferðafræði hjá þeim sem votta framleiðslu kolefniseininga. Gæta þarf að nákvæmni og áreiðanleika þegar grunnlína er ákvörðuð og þegar kemur að árangursmati.

Sem dæmi má nefna aðferðarfræði sem ber heitið „Grid connected renewable electricity generation“ af lista VERRA og gildir um byggingu nýrra virkjana ásamt stækkun núverandi virkjana. Samkvæmt skilgreiningu þarf verkefnið að minnka þörf á orkuframleiðslu sem felur í sér meiri losun gróðurhúsalofttegunda. Til að ákvarða grunnlosun þarf upplýsingar um heildaraforkuframleiðslu sem fer inn á flutningskerfið á ári vegna verkefnisins, ásamt losunarstuðli. Losunarstuðull<sup>1</sup> veltur á mörgum þáttum varðandi orkuumhverfi svæðisins sem flutningskerfið á við. Grunnlosun er því mat á þeirri losun sem felst í sama umfangi raforkuframleiðslu á ári án tilkomu verkefnis. Einnig þarf að taka með í reikninginn losun sem gæti falist í að reka virkjunina, ásamt mögulegum leka gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið vegna verkefnisins (hér er átt við t.d. verkefni sem nota lífmassa og þá verður oft einhver losun á metani við meðhöndlun). Loftslagsávinningur verkefnis er reiknaður sem grunnlosun að frádreginni losun sem felst í rekstri virkjunar og leka gróðurhúsalofttegunda, eftir því sem á við.

Ef tekið er mið af orkuumhverfi á Íslandi má ætla að losunarstuðull flutningskerfis sé lágur og þ.a.l. þyrfti meiri framleiðslu endurnýjanlegrar orku til að framleiða hverja kolefniseiningu miðað við orkuumhverfi annars staðar með hærri losunarstuðul flutningskerfis. Ef losunarstuðull er nálgaður sem kolefnisspor og miðað er við kolefnisspor orkuframleiðslu Orkubús Vestfjarða, sem er um 0,01 t CO<sub>2</sub>íg/MWh (ekki skerðingarár), þá gæti ný 10 MW vatnsaflsvirkjun mögulega komið í veg fyrir um 500 t CO<sub>2</sub>íg losun vegna brennslu jarðefnaeldsneytis (varaaf/húshitun) á Vestfjörðum á ári. Miðað við miðgildi verðs fyrir kolefnis-einingu fengjust tæpar 2 milljónir fyrir sölu 500 kolefniseininga á ári. Í heildar samhenginu verða tekjur af kolefniseiningaframleiðslu hinsvegar svo litlar samanborið við tekjur vegna orkusölu vatnsaflsvirkjunarinnar að hæpið er að ákvörðun um nýjar virkjanir verði teknar með tilliti til þeirra. Að auki virðast tekjur af sölu upprunaábyrgða vera töluvert meiri en fengjust úr framleiðslu kolefniseininga og þær útiloka líklega hvor aðra vegna tvítalningar sbr. kafla 2.3. Því má draga þá ályktun að ekki verði farið í framleiðslu kolefniseininga með verkefnum sem auka framleiðslu endurnýjanlegrar orku.

---

1. Losunarstuðull er stuðull sem notaður er til að reikna út losun gróðurhúsalofttegunda með því að margfalda hann við viðeigandi grunn gögn. Til dæmis er hægt að reikna út magn gróðurhúsalofttegunda sem losna við bruna eldsneytis með því að margfalda losunarstuðul fyrir brennt eldsneyti við magn þess eldsneytis sem notað var (Umhverfisstofnun e.d).

### 3.3 Fjarlægging kolefnis úr andrúmsloftinu – skógrækt og landgræðsla

Á Íslandi eru þekktustu aðferðirnar við að fjarlægja kolefni úr andrúmsloftinu skógrækt og niðurdæling og binding kolefnis í jarðlögum. Minna hefur farið fyrir endurheimt vistkerfa með landgræðslu. Niðurdæling er stunduð af Carbfix á suðvesturhorni Íslands en þar hafa staðbundnar forsendur gert kleift að þróa aðferðina. Hér verður því einungis fjallað um landgræðslu og skógrækt (Tafla 2).

Tafla 5. Helstu verkefni í fjarlægingu kolefnis úr andrúmslofti

Verkefni	Ávinningur og áskoranir	Þátttakendur
Endurheimt vistkerfa með landgræðslu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kröfuset og aðferðafræði verður ekki tilbúin fyrr en 2026.</li> <li>• Er ekki fjárhagslega hagkvæm í samanburði við skógrækt eða endurheimt votlendis.</li> <li>• Gæti verið tækifæri þegar til stendur að friðlýsa stærri svæði eða leggja niður hefðbundin búskap.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sveitarfélög</li> <li>• Ríkið</li> <li>• Einstaklingar</li> </ul>
Skógrækt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kröfuset og aðferðafræði liggja fyrir.</li> <li>• Nýtur almennrar velvildar og því mögulegt að fá hærra verð fyrir kolefniseiningu.</li> <li>• Mjög góð þekking er til staðar og gott aðgengi að ráðgjöf.</li> <li>• Einingar eru í bið þar til skógur er sprottinn.</li> <li>• Taka þarf til greina og meta staðbundin neikvæð áhrif skógræktar, svo sem á ásynd.</li> <li>• Gagnrýni er uppi um neikvæðar afleiðingar fyrir líffræðilega fjölbreytni.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sveitarfélög</li> <li>• Ríkið</li> <li>• Einstaklingar</li> <li>• Félagasamtök</li> <li>• Fyrirtæki (í gegnum skógræktarverkefni)</li> </ul>

Frekari umfjöllun um landgræðslu og skógrækt má sjá hér að neðan.

#### 3.3.1 Landgræðsla – endurheimt vistkerfa

Endurheimt náttúrulegra vistkerfa sem hafa raskast vegna ósjálfbærrar beitar eða annarrar landnotkunar getur verið öflug aðgerð til bindingar kolefnis. Sérstaklega á þetta við um endurheimt náttúrulegra birkiskóga, þar sem miklum árangri má ná með friðun fyrir beit og áburðargjöf, t.d. seyru, húsdýraskíts eða fyrndra heyrúlla. Aðferðafræði við mat á bindingunni liggur þó enn ekki fyrir þótt Land og Skógur (nýsameinuð stofnun Skógræktarinnar og Landgræðslunnar) stefni að því að hún verði tilbúin 2025-2026. Af þeim sökum er ekki hægt framleiða vottaðar kolefniseiningar á þessum grunni enn sem komið er. Þegar sú aðferðafræði liggur fyrir verður að öllum líkindum mögulegt að fá vottun á einingar sem framleiddar eru með endurheimt vistkerfa. Líklegt er að uppsetning girðinga verði helsti kostnaðarliðurinn við endurheimt vistkerfa.

### 3.3.2 Skógrækt

Skógrækt er líklega þekktasta kolefniseiningaframleiðsla á Íslandi og er stunduð af fjölmörgum aðilum víða um land. Skógrækt er litin jákvæðum augum (óháð kolefnisbindingu) af meirihluta landsmanna og er því mögulega hægt að fá mun hærra verð fyrir kolefniseiningar úr skógrækt en úr öðrum tegundum verkefna. Einnig fer framleiðsla kolefniseininga mögulega vel saman við önnur markmið sveitarfélaga, eins og t.d. ræktun útivistarskóga.

Miðað við 10 ha verkefni í skógrækt og miðgildi í verði kolefniseininga, þyrfti um 38 ár af sölu virkra eininga til að borga upp allan kostnað við verkefnið. Miðað við 100 ha verkefni þyrfti um 24 ár til að borga upp kostnað. Ef miðað er við hæsta verð kolefniseininga, 7.000 kr., þyrfti 19 ár fyrir 10 ha og 12 ár fyrir 100 ha verkefni til að borga það upp. Kolefnis-bindingin í skógræktarverkefnum getur hins vegar hæglega varað í meira en 50 ár. Þegar skógrækt er borin saman við endurheimt votlendis, kemur í ljós að sú síðarnefnda er hagstæðari til framleiðslu kolefniseininga jafnvel þegar gert er ráð fyrir að skógrækt framleiði tvöfalt verðmætari einingar, þar sem hún gefur af sér tvöfalt fleiri kolefniseiningar á hektara (Sbr. Kafla 3.4. og Töflu 1).

Engu að síður virðist skógrækt vera hagkvæmur kostur. Reynsla og þekking á skógrækt er mikil og liggur víða og auðvelt er að fá ráðgjöf og aðstoð.

Þótt kolefniseiningar vegna skógræktar séu algengustu einingarnar sem framleiddar eru á Íslandi, eru þær enn allar í bið. Því er ekki hægt að færa þær einingar inn í losunarbókhald þess sem þær kaupir. Þar sem skógurinn er ekki vaxinn hefur bindingin enn ekki átt sér stað. Kolefnisskógur er tekin út á 10 ára fresti og þá er mælt og vottað hvað raunverulega hefur bundist og þá fyrst má færa einingarnar inn í bókhaldið. Að auki eru nokkur umhverfisleg, lagaleg og skipulagsleg atriði sem setja skógrækt skorður. Lítið undirlendi er á Vestfjörðum og því takmarkað svæði fyrir skógrækt. Skógrækt í bröttum fjallshlíðum getur í mörgum tilvikum haft meiri áhrif á ásýnd lands en á flatari svæðum og gróðursetning og grisjun kann að vera erfiðari vegna skertra möguleika á notkun véla.

Skógrækt hefur síðustu áratugi notið nokkurrar almannahylli en er þó ekki óumdeild. Einstöku verkefni, eins og t.d. nýlegt verkefni Yggdrasils í landi Saltvíkur við Húsavík hefur fengið neikvæða umfjöllun og er umdeilt. Einnig standa deilur um skógrækt þegar kemur að líffræðilegri fjölbreytni og mögulega hefði skógrækt neikvæð áhrif á vissar ábyrgðartegundir Íslands, sérstaklega mófugla (Aldís Erna Pálsdóttir og Sigrún Sigurðardóttir 2024). Þá stafar líffræðilegri fjölbreytni ógn af ágengum tegundum. Nú þegar eru vísbendingar um að stafafura sé ágeng, þar sem hún sáir sér hratt og ýtir út öðrum tegundum (Pawel Wasowicz o.fl. 2022). Af þessum sökum skipta tegundaval, stærð og staðsetning skógræktarverkefna höfuðmáli þegar um er að ræða mat á loftslagsávinningi. Að því leyti sem gæði kolefnis-eininganna endurspeglast í „samfélagsvirði“ þeirra er mikilvægt að velja skógræktarverkefni sem vel er að staðið og njóta almennrar velvildar.

Skógrækt yfir 200 ha stærð krefst tilkynningar til skipulagsstofnunar sem úrskurðar hvort hún fari í umhverfismat eða ekki. Einnig ber að fjalla um skógrækt í aðalskipulagi hvers sveitarfélags og kanna hvort þurfi framkvæmdaleyfi sveitarfélags. Beinn kostnaður við skógrækt er um 750.000 kr/ha, sem er mikið í samanburði við endurheimt birkiskóga og votlendis.

### 3.4 Komið í veg fyrir losun vegna landnotkunar

Á Íslandi er vel þekkt að endurheimta votlendi til þess að koma í veg fyrir losun vegna landnotkunar. Sjálfseignarstofnunin *Votlendissjóður* var áberandi á tímabili og stóð fyrir verkefnum sem komu í veg fyrir losun úr framræstum mýrum. Sjóðurinn „seldi“ óvottaðar kolefniseiningar úr þessum verkefnum, en hætti því tímabundið þar til vottun væri í höfn. Vottun er háð því að fyrst verði til aðferðafræði fyrir votlendisendurheimt. Land og skógur leggja nú lokahönd á slíka aðferðafræði og líklega mun aðferðafræðin liggja fyrir um mitt ár 2025. Í framhaldinu má búast við að hægt verði að setja vottaðar einingar á markað.

Endurheimt votlendis sker sig úr þegar að kemur að endurheimt vistkerfa, þar sem hún kemur í veg fyrir losun sem á sér stöðugt stað úr framræstum mýrum. Önnur endurheimt vistkerfa gengur mest út á bindingu með auknum gróðurmassa. Votlendisendurheimt felst í því að moka ofan í skurði sem hækkar vatnsborð í jarðvegi og kemur þannig í veg fyrir losun vegna rotnunar jurttaleifa í jarðvegi. Rotnun í framræstu votlendi virðist geta staðið í hundruð ára og því komið í veg fyrir losun allan þann tíma (*Votlendissjóður* e.d). Ef miðað er við miðgildi á verðlagningu kolefniseininga, kr. 3500 (sbr. kafla 2.3.), 100 hektara í stærð verkefnissvæðis og 5 milljónir í vottunarkostnað tæki það einungis 4 ár að borga upp beinan kostnað við endurheimt votlendis. Til samanburðar myndi það taka 36 ár þegar kæmi að endurheimt birkiskóga. Ef miðað er við minna svæði, 10 hektara, tæki það 11 ár að borga upp verkefni í votlendisendurheimt (sjá töflu 2). Vottunarstofan iCert býst við því að votta einingar til 30 ára og endurmeta svo verkefnin á einhverja ára fresti og því væri endurheimt votlendis að gefa af sér kolefniseiningar í tugi ára eftir að hafa borgað fastan kostnað.

Flest bendir því til þess að endurheimt votlendis sé ein öflugasta loftlagsaðgerðin sem í boði er. Á næsta ári má gera ráð fyrir að hægt verði að fara í framleiðslu á kolefniseiningum samfara endurheimt votlendis.

Land og Skógur býður einnig landeigendum samninga um votlendisendurheimt, þar sem stofnunin býður þeim að mæta öllum kostnaði, sjá um mælingar og framkvæmd. En ekki er gert ráð fyrir að hægt sé að selja kolefniseiningar úr þessum verkefnum (*Landgræðslan* e.d.).

Framræst votlendi er víða að finna á Vestfjörðum, og mikið af því hefur fallið úr hefðbundinni landbúnaðarnotkun með hnignun greinarinnar. Stór svæði í Ísafjarðadjúpi og vesturhluta Reykhólahrepps frá Gufufirði til Kjálkafjarðar eru nú án fastrar búsetu og með litlum landbúnaði.

Endurheimt votlendis á Íslandi er yfirleitt frekar einföld í framkvæmd: mokað er ofan í skurði og við það hækkar grunnvatnsborðið sem kemur í veg fyrir losun jarðvegsins sem fer undir vatn. Land og Skógur áætla nettó ávinning 19,5 kolefniseiningar á hektara. Mæla þarf vatnsborðið fyrir framkvæmd, svo til verði viðmiðunarlína, svo er mælt aftur eftir framkvæmd. Að öllu eðlilegu er fullri vatnshæð náð á 1. ári og því er biðtími verksins lítil sem enginn. Vottunaraðili þarf að vera óháður þriðji aðili sem annaðhvort gerir mælingar, eða vottar að rétt hafi verið að þeim staðið sem og að verkið hafi farið fram eftir aðferðafræðinni sem lagt var upp með.

Endurheimt votlendis og reyndar vistkerfa almennt er einnig mikilvæg loftslagsaðlögunaraðgerð. Loftlagshlýnun þýðir að veðurfar verður öfgakenndara með náttúruvá eins og t.d. þurrkum og flóðum. Að endurheimta votlendi og auka gróðurþekju eykur seiglu náttúrunnar gagnvart hvorttveggja. Votlendi geymir mikið vatn og drenar hægt úr sér og tryggir vatnsbúskap í þurrkum að vissu marki t.d. fyrir mikilvægar veiðiár. Þegar rignir safnast í geyminn aftur í stað þess að vatnið fljóti eftir yfirborði út í sjó. Það sama á við aukna gróðurþekju, þótt mögulega í minna mæli sé.

Endurheimt votlendis þarf að vera í samræmi við aðalskipulag. Ef ekki er sérstök stefna um málaflökkinn í aðalskipulagi getur endurheimtin vel verið í samræmi við almenna stefnu og gefa stefnur um landbúnaðarsvæði almennt möguleika á endurheimt votlendis. Kanna þarf hjá viðkomandi sveitarfélagi hvort krafist sé framkvæmdaleyfis (Skipulagsstofnun 2019). Beinn kostnaður við endurheimt votlendis er um 250.000 kr/ha, sem er lítið í samanburði við endurheimt birkiskóga og skógrækt.

## 3.5 Aðrir möguleikar

### 3.5.1 Þörungarækt

Þörungarækt gæti verið álitlegur kostur sem kolefnisjöfnunaraðgerð. Þörungar nýta mikið af koldíoxíði miðað við aðrar plöntur og hægt er að nýta þarann í ýmsa hluti, t.d. lífeldsneyti, fæðubótarefni, fóður og snyrtivörur. Þörungarækt getur haft í för með sér víðtækari ávinning, t.d. dregur hún úr súrnun sjávar þegar hún bindur CO<sub>2</sub> og getur þar með haft góð áhrif á lífríki sjávar.

Aðstæður á Vestfjörðum eru hentugar fyrir nokkrar tegundir þörungna sem er að finna á strandlengjunni, auk þess sem sjórinn er hreinn og næringarríkur og sjávarstraumar hentugir. Hafa þyrfti í huga að velja staðsetningar fyrir þörungarækt sem rekst ekki á við aðra notkun og líkt og í öðrum verkefnum þarf ávallt að hafa í huga möguleg neikvæð umhverfisáhrif verkefnis, eins og t.d. skuggavarp og uppsöfnun lífrænna efna á botni.

Nordic Kelp hefur kannað möguleika á ræktun beltispara í Patreksfirði m.a. með það að markmiði að nýta hann til upptöku á uppleystum næringarefnum frá nærliggjandi sjókvíaeldi. Uppleyst næringarefni (níturat og fosföt) sem koma frá sjókvíaeldi ættu að virka sem eins konar áburður fyrir

þarann sem eykur vöxt. Líklegt er að ítarlegri rannsóknir á tegundum og hentugleika fyrir þörungarækt, til kolefnisjöfnunar eða framleiðslu kolefniseininga á Vestfjörðum þurfi að eiga sér stað.

Lagarammi fyrir þörungarækt er enn ekki til staðar á Íslandi og greinin heilt yfir lítt þróuð og þekkt, sem gerir kolefniseiningaframleiðslu á næstu árum frekar ólíklega.

### 3.5.2 Dregið úr urðun úrgangs

Með því að draga úr urðun úrgangs gæti í fljótu bragði verið hægt að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda hratt og örugglega, auk þess að annar ávinningur gæti verið talsverður. En eins og við sáum í kafla 2.3, gera lágmarks gæðakröfur til vottaðra eininga ráð fyrir að loftlagsávinningur verkefna verði að vera til viðbótar því sem annars hefði gerst hvort sem er, eða eru t.d. lagakröfur um. Skv. 7. gr. rgl. um meðhöndlun úrgangs, nr. 803/2023, ber sveitarfélögunum á Vestfjörðum að hafa nú þegar náð 50% hlutfalli af endurvinnslu heimilisúrgangs sem verður komið upp í 60% árið 2030. Skv. tölum í óbirtri svæðiaætlun um úrgang er endurvinnsluhlutfallið á Vestfjörðum í lok árs 2023 aðeins 26%. Það er því langur vegur þar til sveitarfélögin eygja möguleika á því að ná fram úrbótum fram yfir lögboðið lágmark, en þá fyrst væri hægt að skilgreina verkefni sem myndu hafa í för með sér viðbótarávinning og þar með forsendu til útgáfu kolefniseininga. Skoða mætti þó hvort hröðun aðgerða til að ná markmiðum um hlutfall endurvinnsluúrgangs heimila, miðað við núverandi áætlanir sveitafélaga, geti talist sem kolefnisjöfnunarverkefni.

Að draga úr urðun er þó afar mikilvæg aðgerð fyrir sveitarfélögin í samdrætti sínum á losun gróðurhúsalofttegunda og allur samdráttur þar dregur úr þörf fyrir kolefnisjöfnun í vegferðinni að kolefnishlutleysi. Tiltölulega auðvelt gæti reynst að fá vottun fyrir verkefni sem felur í sér að minnka urðun umfram það sem skilyrði í reglugerðum/lögum segja til um. Þó krefst það vöktunar og mælinga eins og aðrar aðferðir en er auðvelt í framkvæmd í samanburði við aðrar tegundir verkefna.



## 4. Samantekt og helstu niðurstöður

Mikilvægasta markmið sveitarfélaga í loftslagsmálum er að draga úr losun gróðurhúsa-lofttegunda. Til viðbótar þarf að skoða leiðir til að kolefnisjafna þá losun sem ekki tekst að koma í veg fyrir. Sveitarfélög geta keypt kolefniseiningar til jöfnunar en einnig eru tækifæri fyrir þau til framleiðslu á kolefniseiningum. Kolefnismarkaðurinn þróast hratt og enn er margt óljóst og óvíst á valkvæða kolefnismarkaðnum en athugun okkar bendir til eftirfarandi:

1. Ekki kemur til greina að notast við annað en vottaðar einingar í losunarbókhaldbi sem skal standa undir nafni. Kolefniseiningar í bið koma til greina, ef hægt er að bíða með að færa þær í losunarbókhaldbið.
2. Við kaup á kolefniseiningum er ráðlegast að kaupa einingar af kolefnisvettvangi Sameinuðu þjóðanna (alþjóðlegar), eða kaupa innlendar einingar þar sem kaupandi á auðvelt með að afla sér upplýsinga um gæði þeirra.
3. Það kemur til greina fyrir sveitarfélög að framleiða eigin einingar og færa þær í losunarbókhaldbið sitt.
4. Endurheimt votlendis virðist vera hagkvæmasta leiðin fyrir sveitarfélög til að framleiða kolefniseiningar, þar á eftir kemur skógrækt. Þetta á sérstaklega við ef sveitarfélög eiga land þar sem hægt er að fara í endurheimt votlendis, endurheimt birkiskóga eða skógrækt. Unnið er að þróun á aðferðafræði til framleiðslu kolefniseininga með endurheimt votlendis.

Tafla 6. Hagkvæmustu kolefniseiningaverkefni miðað við verð 3.500 kr. per einingu. (Uppl. Land og Skógur)

	Tegund/stærð	3 ha	10 ha	100 ha
Árafjöldi sem verkefni þarf að gefa af sér kolefniseiningar til að standa undir kostnaði	Endurheimt votlendis	28	11	4
	Skógrækt	73	38	24
	Endurheimt birkiskóga	172	74	36

5. Ýmis verkefni sem draga úr losun koma til álita, þótt óvíst sé þau henti til framleiðslu á kolefniseiningum. Veltur það m.a. á stærð verkefna, hvort þau ná að greiða upp kostnað vegna framleiðslu eininga og hve miklum loftslagsávinningi þau skila. Áhugavert væri að skoða fýsileika verkefnanna nánar, m.a. uppsetningu hleðsluinnviða og styrkingu flutningskerfis raforku.
6. Þegar kemur að framleiðslu endurnýjanlegrar orku virðist sala á upprunaábyrgðum vera ábatasamari en framleiðsla kolefniseininga og ekki er hægt að gera hvoru tveggja vegna reglna um tvítalningu.
7. Við mat á fýsileika loftslagsverkefna þarf ávallt skoða áhrif á samfélag og umhverfi.

## 5. Heimildir

Aldís Erna Pálsdóttir og Sigrún Sigurðardóttir (2024). Áhrif skóga á vaðfugla sem verpa í opnum búsvæðum. *Fuglar* 14: 40-43.

Ásrún Elmarsdóttir, Bjarni D. Sigurðsson, Edda S. Oddsdóttir, Arne Fjellberg, Bjarni E. Guðleifsson, ...Ólafur K. Nielsen . (2011). *Áhrif skógræktar á tegundaauði*. Náttúrufræðingurinn 2. tölublað (2011).

Einar Hallgrímsson. 2023. *Valkvæði kolefnismarkaðurinn og staða hans á Íslandi*. Sótt af: <https://skemman.is/>

Landgræðslan. (e.d.) *Samningur um endurheimt votlendis*. Sótt af: [https://assets.ctfassets.net/8k0h54kbe6bj/2KgVIY2qW8tJn0CV1zd7Ky/168a34a54d4a759200819a944155753e/Samningur\\_um\\_endurheimt\\_votlendis\\_vi\\_\\_landeigendur.pdf](https://assets.ctfassets.net/8k0h54kbe6bj/2KgVIY2qW8tJn0CV1zd7Ky/168a34a54d4a759200819a944155753e/Samningur_um_endurheimt_votlendis_vi__landeigendur.pdf)

Landsvirkjun. (e.d.) Hver eru verðmætin. Sótt af <https://www.landsvirkjun.is/upprunaabyrgdir/upprunaabyrgdir-spurt-svarad>

Loftslagsráð. (2024). *Loftslagsskuldbindingar Íslands, Stutt samantekt á helstu skuldbindingum sem varða samdrátt í nettólosun gróðurhúsalofttegunda*. Sótt af [Skýrslur - Loftslagsráð \(loftslagsrad.is\)](https://loftslagsrad.is)

Náttúrufræðistofnun Íslands. (e.d.1). *Forgangstegundir Fugla*. Sótt af: <https://www.ni.is/is/midlun/natturuminjaskra/forgangstegundir-fugla>

Skipulagsstofnun. (2019). *Um endurheimt votlendis – Skipulag og leyfi*. Sótt af: [https://skipulag.eplica.is/media/pdf-skjol/Um\\_endurheimt\\_votlendis.pdf](https://skipulag.eplica.is/media/pdf-skjol/Um_endurheimt_votlendis.pdf)

Skógarkolefni. (e.d.). *Hvar fæst binding*. Sótt af <https://www.skogarkolefni.is/is/fraedsla/hvar-faest-binding>

Pawel Wasowicz, Guðrún Óskarsdóttir, Guðrún Gísladóttir og Þóra Ellen Þórhallsdóttir. (2022). *Stafafura (Pinus contorta) í Steinadal – mat á ágengni*. Náttúrufræðistofnun Íslands.

Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið. (2024). *Uppfærsla aðgerðaáætlunar stjórnvalda í loftslagsmálum: Formáli*. Sótt af <https://island.is/samradsgatt/mal/3758>

Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið. (2022). *Grænbók um líffræðilega fjölbreytni íslenskra vistkerfa, Umræðuskjal fyrir opið samráð*.

Umhverfisstofnun. (2020). *Leiðbeiningar um kolefnisjöfnun fyrir opinbera aðila*. Sótt af [https://graenskref.is/wpcontent/uploads/2023/04/Leiðbeiningar\\_kolefnisjofnun\\_2020.pdf](https://graenskref.is/wpcontent/uploads/2023/04/Leiðbeiningar_kolefnisjofnun_2020.pdf) Votlendi ssjóður. (e.d). Mikilvægi Votlendis. Sótt af <https://www.votlendi.is/mikilvaegi-votlendis>

Umhverfisstofnun. (e.d.). *Losunarastuðlar* Sótt af: [https://www.ust.is/loft/losun-grodurhusalofttegunda/losunarstudlar/](https://www.ust.is/loft/losun-grodurhusalofottegunda/losunarstudlar/)

Verkís. (2020). *Smávirkjanir á Vestfjörðum*. Sótt af: <https://www.vestfiridir.is/static/files/Utgefingogn/smavirkjanir-a-vestfjordum-nota.pdf>

## Gagnlegir tenglar

Aðferðafræði Verra eftir verkefnum: <https://verra.org/methodologies-main/>

Alþjóðlegu kolefnisvottunarsamtökin ICROA: <https://icroa.org/about/>

ICERT vottunarstofa: <https://icert.is/>

Kolefnijöfnunarvettvangur sameinuðu þjóðanna: <https://unfccc.int/climate-action/united-nations-carbon-offset-platform>

Kolefnismarkaður ClimateTrade: <https://market.climatetrade.com/results/en/>

Leiðbeiningar og upplýsingar um loftslagsstefnur sveitarfélaga: <https://loftslagsstefna.is/>

Samantekt um kolefnisjöfnun: [https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/SAMANTEKT\\_KOLEFNISJOFNUN\\_2020.pdf](https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/SAMANTEKT_KOLEFNISJOFNUN_2020.pdf)

Skógræktin. Verkefni – kolefnisbinding: <https://www.skogarkolefni.is/>

Súrefni vottaðar einingar. <https://www.surefni.is/verkefni>

Umhverfisstofnun. Umhverfis- og loftslagsstefna: <https://ust.is/umhverfisstofnun/innra-umhverfisstarf/umhverfis-og-loftslagsstefna/>

Vaxa ehf: <https://vaxaimpact.com/vaxa-action-nutrition-program/>

<https://tinyurl.com/44h63cka>