



Skýrsla nr. C24:03

Framhaldsgreining á kostnaði og ábata af
landnotkunaraðgerðum stjórnvalda.

Desember 2024

HAGFRÆÐISTOFNUN



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda við Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: www.hhi.hi.is

Tölvufang: ioes@hi.is

Skýrsla nr. C24:03

Framhaldsgreining á kostnaði og ábata af landnotkunaraðgerðum
stjórnvalda.

Desember 2024

Formáli

Í nóvember 2024 sömdu Umhverfissráðuneytið og Hagfræðistofnun um að stofnunin greindi kostnað og ábata af loftslagsaðgerðum stjórnvalda á landi miðað við nýjar upplýsingar, en áður hafði stofnunin gert slíka greiningu árið 2022 (Sjá: Hagfræðistofnun, C22:01, Áhrif aðgerða í loftslagsmálum, kostnaðar- og ábatamat). Niðurstöður greiningarinnar yrðu notaðar í skýrslugjöf til ESA, Eftirlitsstofnunar EFTA, fyrir áramót.

Skýrsluna samdi Kári Kristjánsson hagfræðingur, M.Sc. Stofnunin þakkar Arnóri Snorrasyni, Jóhanni Þórisyni og Bryndísi Marteinsdóttur hjá Landi og skógi fyrir veittar upplýsingar.

Reykjavík, 19. desember 2024,

Sigurður Jóhannesson.

Efnisyfirlit

| | |
|-------------------------|----|
| 1. Inngangur | 4 |
| 2. Aðferðir | 5 |
| 3. Forsendur | 6 |
| 4. Verðmat..... | 10 |
| 4.1 Votlendi | 12 |
| 4.2 Þurrlendi..... | 13 |
| 4.3 Nykjaskógar..... | 13 |
| 4.4 Náttúruskógar | 14 |
| 5. Næmnigreining..... | 15 |
| 6. Samantekt..... | 16 |
| Heimildaskrá..... | 18 |

1. Inngangur

Stefna stjórnvalda um landgræðslu og skógrækt fjallar um hvernig megi best rækta þær auðlindir sem fólgnar eru í gróðri og jarðvegi landsins. Aðgerðaráætlun í landgræðslu og skógrækt felur í sér ýmsar aðgerðir sem miða að uppbyggingu þessara auðlinda. Margar aðgerðirnar fela í sér öflun upplýsinga um ástand lands og áhrif aðgerða, eflingu stjórnskipulags og samstarfs, og uppbyggingu sjálfbærra atvinnuvega í kringum landnýtingu. Stór hluti aðgerðanna er hins vegar bein uppbygging á kolefnisforða vistkerfa og það eru aðgerðirnar sem hér eru metnar til fjár. Þeim má skipta í fjóra þætti: endurheimt votlendis, endurheimt þurrlendis (landgræðsla), endurheimt náttúruskóga, og skógrækt (Land og líf, 2022).

Heilbrigður gróður og jarðvegur veitir ýmsan ábata. Að miklu leyti er hann huglægs eðlis, svo sem ánægja af göngu í gróðursælum dölum eða hugarró af vitneskju um að jarðvegseyðing á hálendi sé á batavegi. Skógrækt veitir ábata í formi framleiðenda- og neytendaábata af sölu timburafurða. Helsti ábatinn sem til skoðunar er hér er kolefnisbinding. Gróður og jarðvegur geta geymt mikið kolefni sem þýðir bæði að jarðvegseyðing, skógareyðing og framræsing votlendis veldur mikilli losun, en líka að endurheimt þessara landslagseinkenna getur bundið mikið kolefni úr andrúmsloftinu (Land og líf, 2022). Ef litið er til þeirra áskorana sem loftslagsbreytingar geta haft í för með sér og þátt koltvísýringslosunar í þeirri þróun er ljóst að binding kolefnis í jörðinni felur í sér mikil verðmæti, bæði til þess að draga úr þeim skaða sem þegar hefur orðið og til þess að jafna út losun sem of dýrt er að koma í veg fyrir. Hins vegar er flókið að meta kolefnisbindingu úr landnýtingu og geta miklar breytingar á gróðursamsetningu lands haft ófyrirsjáanleg áhrif á vistkerfi, líffræðilega fjölbreytni, miðlun vatns og fleira. Áhættuþættir er varða flókið samspil vistkerfa eru utan fræðasviðs hagfræðinnar og ekki eru til gögn sem þarf til þess að meta huglæga þætti ábata af þessum aðgerðum. Þess vegna einskorðast þessi greining við þann ábata sem er af því að minnka losun eða binda kolefni (hér eftir verða bæði þessi hugtök sameinuð í eitt hugtak: kolefnisávinningur). Hægt er að áætla hve mikil binding mun eiga sér stað á hvaða tíma miðað við þá áætlun sem gerð hefur verið. Svo er hægt að nýta skuggavirði kolefnislosunar samkvæmt viðmiðum Alþjóðabankans (World Bank, 2024) til þess að meta verðmæti þess. Virði kolefnisávinnings hvers árs sem líður eftir framkvæmd þessara aðgerða má svo núvirða til þess að áætla virði aðgerðanna. Einnig má taka saman áætlaðan ábata af sölu afurða úr skógrækt. En sá ábati mun ekki raungerast fyrr en byrjað er að höggva eitthvað af þeim trjám sem gróðursett eru samkvæmt þessari áætlun en það verður ekki fyrr en um 2044.

Kostnaður af þessum aðgerðum skiptist einnig í huglægan og mælanlegan kostnað. Verkun landsins og gróðursetning krefst vinnuafis, tækja og annarra aðfanga sem til er áætlun um. Þar til viðbótar getur hins vegar fallið ýmis huglægur eða óviss kostnaður sem er fólgin í áhrifum á vistkerfi eða ásýnd lands sem ekki er víst að öllum finnist æskileg. Líkt og ábatinn af þessum þáttum verður kostnaður af þeim ekki metinn hér þar sem það fellur annað hvort utan fræðasviðs hagfræðinnar eða krefst viðamikilla viðhorfsrannsókna. Því er mikilvægt að hafa það í huga þegar niðurstöður þessa mats eru skoðaðar að ekki er tekið tillit til huglægs kostnaðar og ábata.

2. Aðferðir

Til þess að meta kostnað og ábata þarf að líkja eftir ferli gróðursetninga og skrásetja kostnað sem fellur til af því á hverju ári. Einnig þarf að meta kolefnisávinning á hverju ári af öllu landi sem búið er að verka fram að því. Vegna þess að kolefnisbinding byrjar hægt og óvissa er um hvenær árs gróðursetning á sér stað teljum við bindingu af hverjum hektara ekki byrja fyrr en árið eftir að sá hektari er verkaður. Kolefnisávinningur hvers árs er svo margfaldaður með skuggavirði kolefnis til að fá ábata af kolefnisávinningi. Þar sem kostnaður fellur til í beinu línulegu samhengi við fjölda hektara sem verkaðir eru á hverju ári en kolefnisávinningur stafar af öllum hekturum sem hafa verið verkaðir frá 2022 mun kostnaður haldast stöðugur en ábati vaxa með tímanum. Að tímabili áætlunar loknu gerir greiningin ráð fyrir að öll gróðursetning hætti og þá er reiknað eilífðarvirði allra hektara sem búið er að verka og því bætt við árið eftir að tímabilinu lýkur. Það er gert með því að deila kolefnisávinningi á ári af öllum hekturum sem verkaðir hafa verið með ávöxtunarkröfu að frádreginni hækkun skuggavirðis kolefnis, eins og gert er þegar eilífðarskuldabréf með vaxandi greiðslum eru verðmetin (e. perpetual bond). Sé þetta núvirði jákvætt borgar aðgerðin sig, en ef það er neikvætt gerir hún það ekki. Verðmati má því lýsa með eftirfarandi jöfnu, þar sem er r ávöxtunarkrafa, g er árleg hækkun skuggavirðis kolefnis, t er merking fyrir öll árin frá 2022 til lokaársins T , sem er 2030, 2035 eða 2040:

$$\text{Núvirði} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{Skuggavirði}_t * \text{Kolefnisávinningur}_t - \text{Kostnaður} * \text{Gróðursetning}_t}{(1+r)^t} + \frac{\text{Skuggavirði}_{T+1} * \text{Kolefnisávinningur}_{T+1}}{r-g} / (1+r)^{T+1}$$

Núvirði hagkvæmrar aðgerðar vex með umfangi hennar og getur því skilvirkni aðgerða verið óljós ef núvirðið eitt er skoðað. Því verða tveir skilvirknistikar notaðir til þess að bera saman skilvirkni hinna ýmsu aðgerða. Einn þeirra er núvirði á hvern hektara, þar sem núvirði hvernar aðgerðar er deilt með fjölda hektara af landi sem lagðir eru undir aðgerðina, til þess að skoða skilvirkni í landnotkun. Hinn er núvirtur heildarkostnaður aðgerðarinnar í hlutfalli við núvirði heildarábata sem reiknaður er með jöfnunni hér að ofan. Hann má nota til að meta skilvirkni fjárfestingarinnar sem fer í aðgerðina.

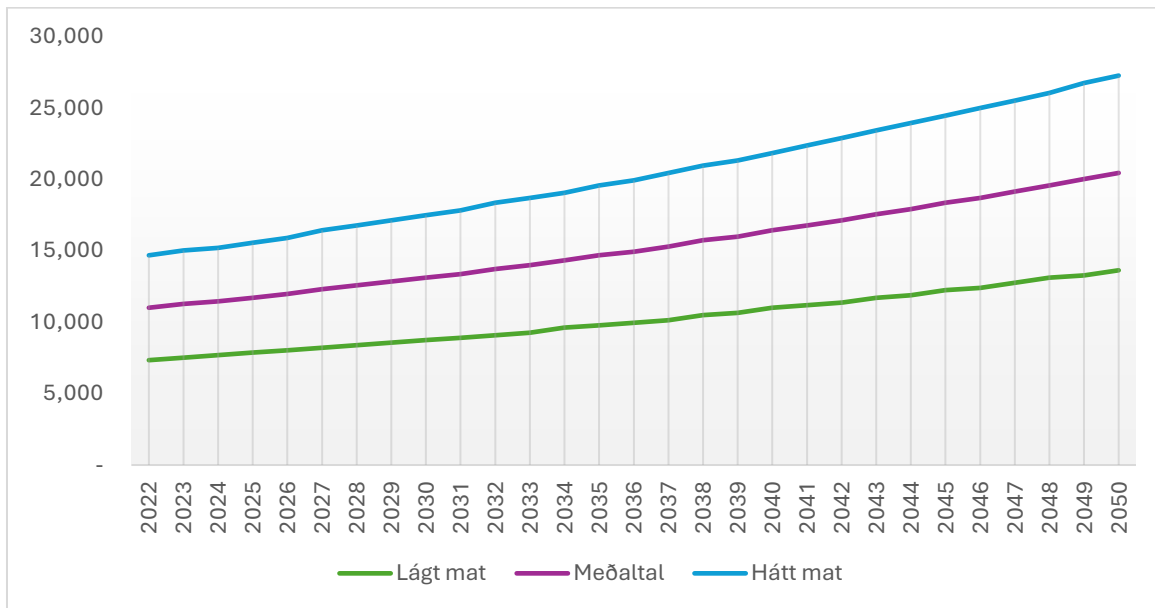
Ekki er víst að allar forsendur sem notaðar eru við verðmatið séu réttar. Deila má um hvaða ávöxtunarkröfu er rétt að nota. Kostnaður hefur tilhneigingu til að fara fram úr áætlunum og bæði magn bindingar og virði hennar er háð talsverðri óvissu. Því verður gerð næmnigreining sem felur í sér að komast að því hve mikið þessar forsendur þurfa að breytast til þess að formerki niðurstöðunnar breytist, með öðrum orðum: hve mikið þarf forsendan að breytast til að jákvætt núvirði verði neikvætt eða öfugt. Fyrir virði bindingar er notuð lág spá og há spá til þess að ná utan um mikið af óvissu sem er um magn og virði bindingar.

3. Forsendur

Til þess að reikna út núvirði nettóábata þessara aðgerða þarf að nota ýmis gögn og gefa sér forsendur. Kolefnisávinningurinn er margfeldi skuggavirðis kolefnis við áætlaða bindingu sem á sér stað á flatarmáli þess lands sem búið er að verka hverju sinni. Kostnaður felur í sér vinnuafli, tæki og önnur aðföng við gróðursetningu og fleira er að kemur verkun landsins. Einnig þarf að velja viðeigandi ávöxtunarkröfu.

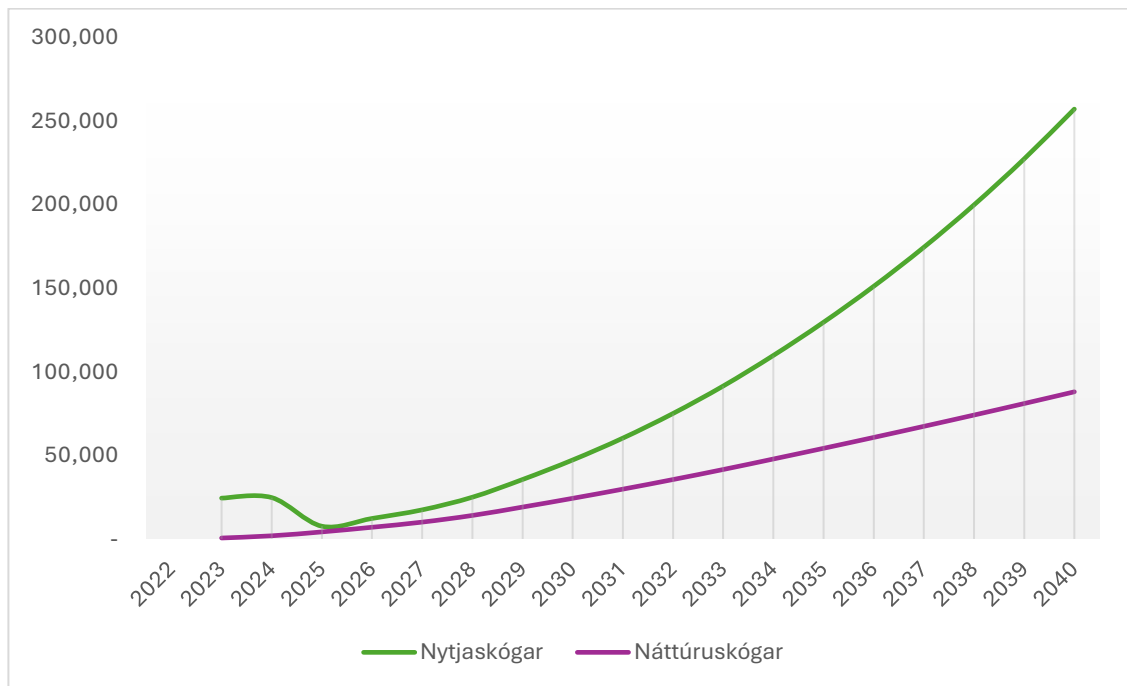
Alþjóðabankinn gaf árið 2024 út leiðarvísi um verðmat á losun kolefnis. Í leiðarvísinum er spá um þróun skuggavirðis kolefnis til ársins 2050. Skuggavirði kolefnis má útskýra sem svo að þetta sé það verð sem greiða ætti fyrir losun á einu tonni af kolefni ef markaður fyrir það væri til. Til eru fleiri leiðir til að verðmeta kolefnistonnið eins og samfélagslegur kostnaður af losun. Samfélagslegan kostnað má í raun frekar túlka sem upphæð bóta sem þyrfti að greiða til að bæta tap af skemmdum og skaða sem losun veldur. Það er auðvitað háð mikilli óvissu og þyrfti talsvert miklar rannsóknir til þess að fá gott mat. Skuggavirði hefur þann kost að vera talsvert einfaldara í útreikningi. Með því má komast hjá miklu af óvissunni. Skuggavirðið er byggt á markmiði Parísarsáttmálans um að takmarka hnattræna hlýnun. Það er reiknað sem það verð sem þyrfti að vera á losun af kolefni til þess að draga nægilega mikið úr losun til þess að ná markmiðunum. Þó nokkur óvissa er fólgin í því líka þar sem ekki er vitað hvernig tækni mun þróast en hún er minni en óvissa um samfélagslegan kostnað. Alþjóðabankinn gefur bæði út lágsþá og háspá sem fara úr 37 og 75 dollurum árið 2022 í 78 og 156 dollara árið 2050 (World bank, 2024). Spáin er á verðlagi ársins 2017 svo árstíðarleiðrétt vísitala neysluverðs í Bandaríkjunum er notuð til að færa spána á verðlag í október 2024 og síðan er því breytt í krónur á meðalgengi gjaldmiðlanna tveggja í október 2024. Niðurstöðu þess má á mynd 1. Að meðaltali hækkar skuggavirði kolefnis á föstu verðlagi um 2,2% á ári.

Mynd 1. Skuggavirði kolefnis frá 2022 til 2050. Heimild: World bank, *The Shadow Price of Carbon in Economic Analysis*, 2024



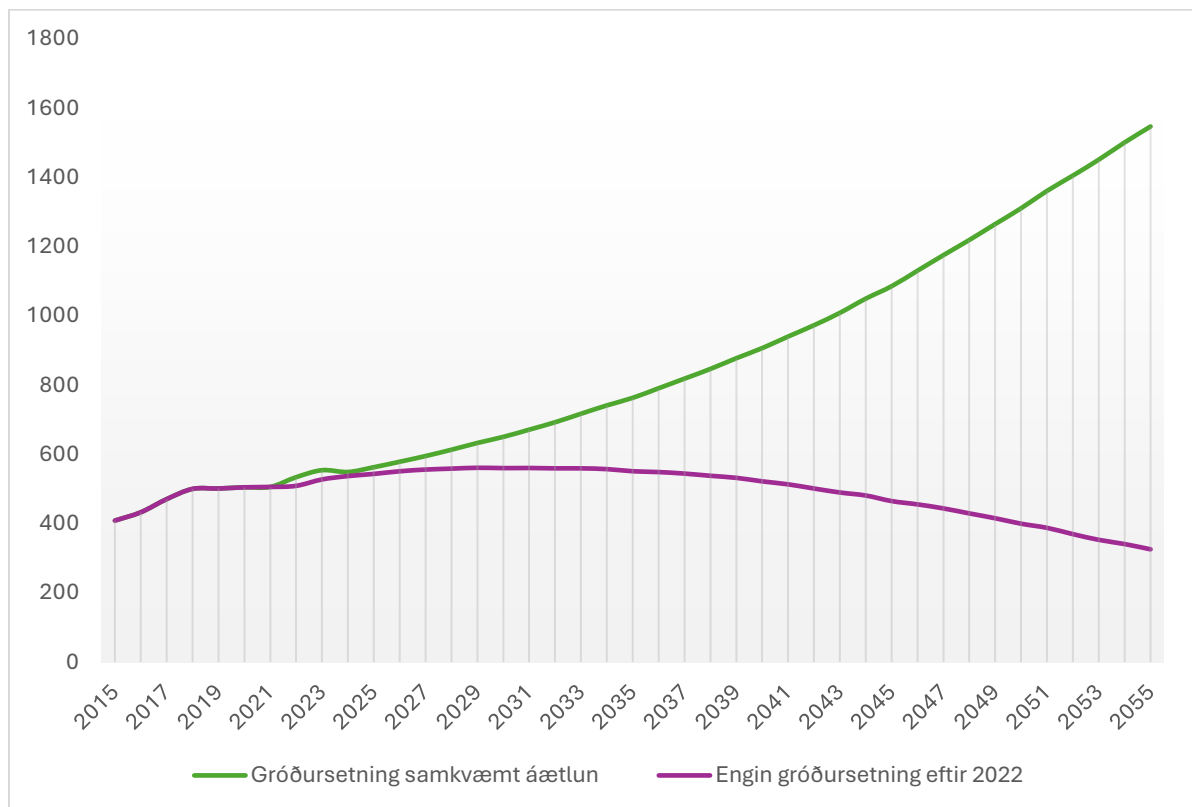
Mat á kolefnisávinningi, sem er samtala bindingar og losunar sem komið er í veg fyrir, er úr greiningum Lands og Skógar. Kolefnisávinningur sem fæst úr hverjum hektara fylgir tiltölulega flóknum líffræðilegum ferlum sem eru breytilegir yfir tíma. Í grunninn virkar binding þannig að gróður breytir kolefni í lífmassa, í formi plantna eða með því að auðga jarðveginn í kjölfar rotnunar. Binding fylgir því hallatölu S-laga vaxtarferils lífmassa yfir tíma þar sem hún byrjar hægt fyrstu nokkur árin meðan plöntur eru ungar en vex síðan hratt í talsverðan tíma þar til takmarkað pláss er eftir fyrir meiri lífmassa og binding verður lítil aftur. Þessi ferill er síðan háður ýmsum öðrum skilyrðum, t.d. þéttleika plantna, veðurfari, jarðvegsástands í byrjun tímabils. Ekki er hægt að reikna nákvæmlega með öllum þessum breytum svo talsverð einföldun er fólgin í matinu á bindingu yfir þetta tímabil. Fyrir endurheimt votlendis og þurrlendis er notast við bindistuðul sem er áætluð meðalbinding á hektara á hverju ári. Fyrir votlendi er sá bindistuðull 19,5 tonn af kolefnisígildum á hektara á ári (tCO₂-eq/ha), en fyrir þurrlendi er hann 2,1 tCO₂-eq/ha. Fyrir nytja- og náttúruskóga kemur bindingin úr líkani Arnórs Snorrasonar. Þar voru keyrðar þrjár hermanir, ein þar sem engin gróðursetning á sér stað eftir 2022, ein þar sem eingöngu náttúruskógar eru ræktaðir eftir 2022 og svo ein þar sem farið er eftir áætlun um gróðursetningu á náttúru- og nytjaskógum. Þá er hægt að taka mismuninn á bindingu þegar ekkert er gróðursett og hinum tveim keyrslunum til þess að finna nettóbindingu sem á sér stað vegna náttúru- og nytjaskóga sem gróðursettir eru samkvæmt þessari áætlun. Sjá má áætlun um bindingu frá 2022 til 2040 á mynd 2.

Mynd 2. Nettóbinding frá náttúru- og nytjaskógum samkvæmt áætlun. Heimild: Arnór Snorrason



Með svona bindingarferli getur verið flókið að reikna eilífðarvirðið. Til einföldunar verður gert ráð fyrir að binding á ári haldist föst eftir 2040. Í raun myndi hún vaxa aðeins í kjölfarið en byrja svo að minnka eftir 10-20 ár og stefna í átt að núlli eftir þó nokkra áratugi. Sjá má dæmi um hvernig sú þróun á sér stað í appelsínugulu línunni á mynd 3. Notkun á föstum stuðli felur í sér vanmat á virði bindingar í byrjun en ofmat þegar til lengri tíma er litið. Ekki er fullkomlega ljóst hvort myndi vega þyngra í núvirðingu.

Mynd 3. Mismunur á nettóbindingu með stöðugri gróðursetningu og með engri gróðursetningu.
Heimild: Arnór Snorrason



Mat á kostnaði við þessar aðgerðir á hvern hektara er frá Umhverfissráðuneytinu. Kostnaður inniheldur kostnað við vinnu, fræ, plöntur, áburð og vélavinnu. Hann inniheldur ekki kostnað við áætlunargerð eða landakaup. Tölurnar innihalda ekki heldur tilfallandi kostnað, eins og til dæmis við að girða land af þegar þess er þörf. Sjá má samantekt á kostnaði á hvern hektara fyrir allar aðgerðir í töflu 1. Landgræðslan og Skógræktin eiga til áætlunir um tíðni gróðursetninga fyrir allar aðgerðir. Sjá má þær áætlunir í töflu 2.

Tafla 1. Kostnaður í krónum á hektara við hverja aðgerð fyrir sig. Heimild: Umhverfissráðuneytið

| | |
|---------------|---------|
| Votlendi | 250.000 |
| Þurrlandi | 187.154 |
| Nytjaskógar | 500.000 |
| Náttúruskógar | 500.000 |

Tafla 2. Áætlaður fjöldi hektara og tímasetning gróðursetninga og jarðverkunar. Heimild: Umhverfissráðuneytið, Landgræðslan og Skógræktin.

| | Votlendi | Purrlendi | Nytjaskógar | Náttúruskógar |
|------|----------|-----------|-------------|---------------|
| 2022 | 20 | 5.000 | 555 | 312 |
| 2023 | 20 | 5.000 | 912 | 513 |
| 2024 | 20 | 7.500 | 1.962 | 1.104 |
| 2025 | 660 | 10.000 | 2.176 | 1.224 |
| 2026 | 660 | 10.000 | 2.432 | 1.368 |
| 2027 | 660 | 10.000 | 2.688 | 1.512 |
| 2028 | 660 | 10.000 | 2.944 | 1.656 |
| 2029 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2030 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2031 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2032 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2033 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2034 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2035 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2036 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2037 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2038 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2039 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |
| 2040 | 642 | 10.000 | 3.200 | 1.800 |

Fyrir þessa greiningu verður notast við 5% ávöxtunarkröfu. Sú ávöxtunarkrafa er tiltölulega há fyrir kostnaðar- og ábatagreiningu í aðgerðum er varða loftslagsbreytingar en tiltölulega lág ef litið er til fjárfestinga í atvinnugreinum. Í rauninni er þetta ekki aðalatriði. Sé lægri ávöxtunarkrafa notuð verður ábati aðgerðanna hærri þar sem mestallur ábati fellur til langt í framtíðinni, en hærri ávöxtunarkrafa getur leitt til þess að aðgerðir hætti að borga sig. Þess vegna verður gerð næmnigreining til þess að áætla hve há ávöxtunarkrafa þarf að vera til að það gerist.

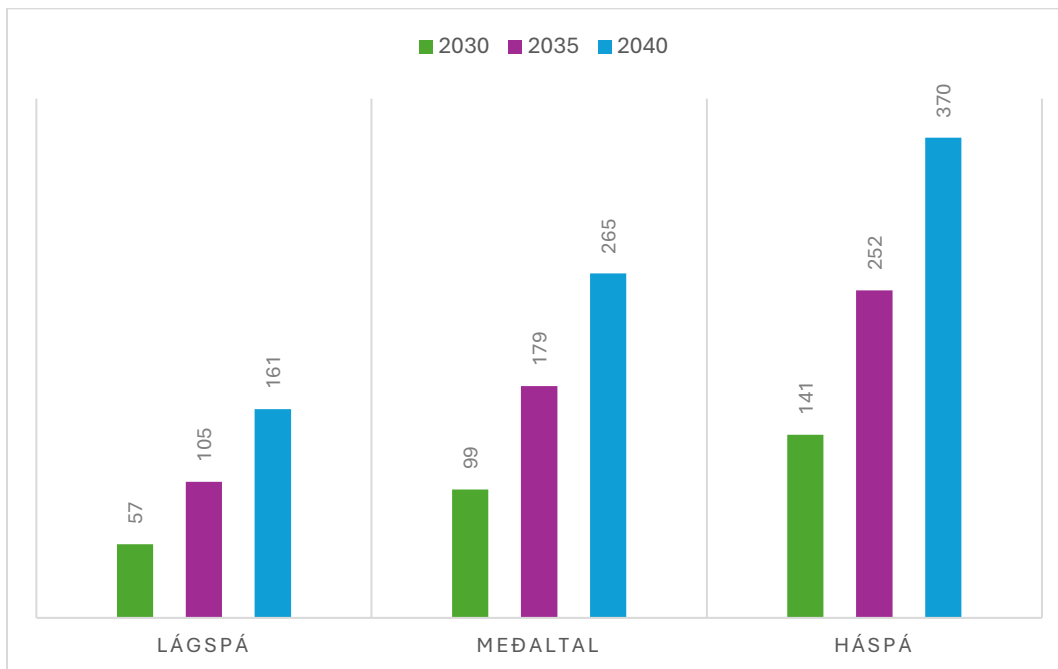
4. Verðmat

Skógaðar eru þrjár mismunandi sviðsmyndir sem aðgreinast af því hvaða ár er gert ráð fyrir að gróðursetning hætti, lokaárin til skoðunar eru 2030, 2035 og 2040. Verið er þá að meta ábata og kostnað við aðgerðina miðað við það land sem búið er að verka á þeim tíma. Ekki er sérstaklega gert ráð fyrir að gróðursetning eigi að hætta þessi ár en þetta er gert til þess að leggja mat á þróun verðmætis eftir því sem verkefnin taka lengri tíma og svo hægt sé að meta stöðuna í áföngum.

Þegar nettóábati allra aðgerðanna er lagður saman fæst nettóábati upp á 99 milljarða að meðaltali árið 2030. Hann hækkar í 178 milljarða árið 2035 og 265 milljarða árið 2040. Lága og háa spáin gefa gildi sem erum um 40% frá meðaltalinu í hvora átt. Munurinn á lágu og háu spánum er talsvert mikill, enda er um mikla óvissu að ræða í skuggavirði kolefnis. Árið 2030

munar 84 milljörðum á háu og lágu spánni sem er um 50% meira en heildarverðmæti lágspárgildisins. Sjá má samantekt niðurstaðna á mynd 4. Hins vegar er ljóst að þótt einungis sé litið til lágspár fyrir skuggavirði er um mikil verðmæti að ræða og svarar ábatinn kostnaði allverulega. Árið 2030 verða heildarútgjöld til verkefnanna orðin 31 milljarður, 53 milljarðar árið 2035 og 76 milljarðar árið 2040. Útgjöld þessi eru ekki núvirt svo varasamt er að bera þau saman við heildarábata, en núvirtur kostnaður er 27 milljarðar árið 2030, 42 milljarðar 2035 og 53 milljarðar 2040. Samtals verða 113 þúsund hektarar af landi nýttir árið 2030, 191 þúsund árið 2035 og loks 269 þúsund 2040. Kolefnisávinningur á ári vegna alls lands sem nýtt hefur verið 2030 verður 278 þúsund tonn. Það mun hækka í 558 þúsund tonn árið 2035 og 888 þúsund tonn árið 2040.

Mynd 4. Heildarverðmæti allra aðgerða (milljarðar kr.) samtals eins og staðan er árin 2030, 2035 og 2040



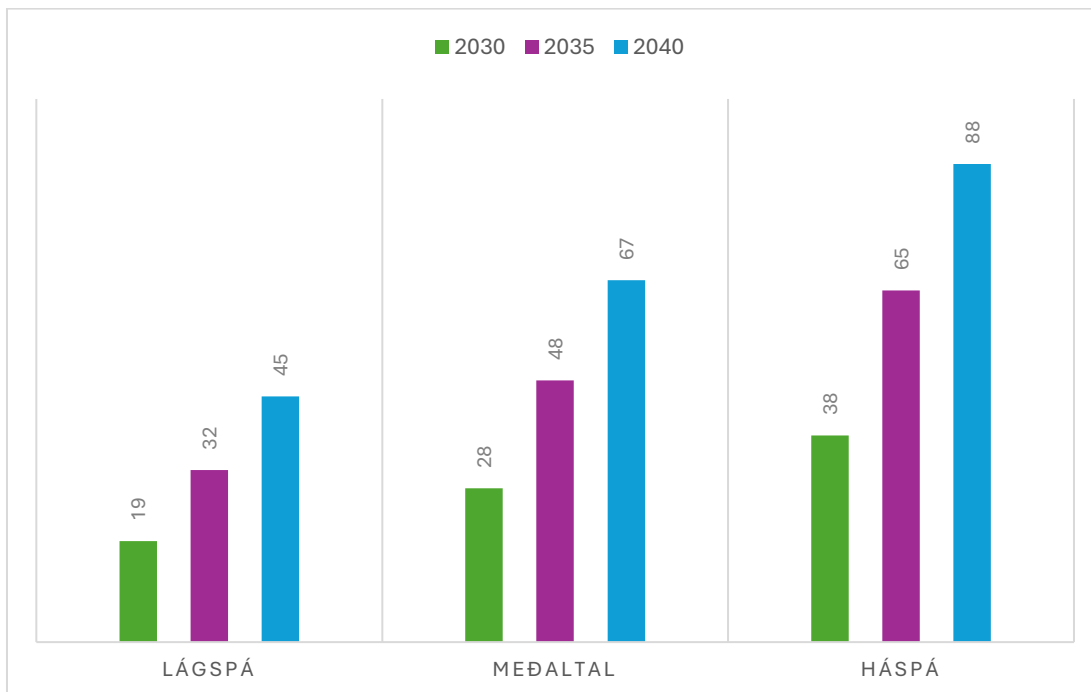
Tafla 3. Kostnaður, landnýting og kolefnisávinningur á ári af öllum aðgerðum samtals

| | Heildarkostnaður (ma.kr) | Landnotkun (ha) | Kolefnisávinningur (tCO ₂ -eq) á ári |
|------|-----------------------------|--------------------|---|
| 2030 | 27 | 112.842 | 278.562 |
| 2035 | 42 | 191.052 | 558.533 |
| 2040 | 53 | 269.262 | 887.607 |

4.1 Votlendi

Endurheimt votlendis er tiltölulega lítill hluti landsvæðis sem fer í þessa aðgerð (um 3,5%) en telst hins vegar til meira en fjórðungs af núvirðinu. Ef lokið væri við þessa aðgerð árið 2030 væri núvirði hennar 28 milljarðar, hún myndi kosta 800 milljónir, nota 400 hektara af landi sem væru samtals að binda um 65 þúsund tonn af kolefni á ári. Haldi endurheimt votlendis áfram til 2040 mun núvirði hafa náð 67 milljörðum, kostnaður yrði 1,8 milljarðar og aðgerðin myndi nota 10 þúsund hektara af landi sem binda samtals um 190 þúsund tonn af kolefni á ári. Þessi hluti aðgerðaráætlunarinnar er skilvirkastur en núvirði á hvern hektara er um það bil 6,7 milljónir og kostnaður er einungis 3% af nettóábata.

Mynd 5. Heildarverðmæti votlendisaðgerða (milljarðar kr) eins og staðan er 2030, 2035 og 2040



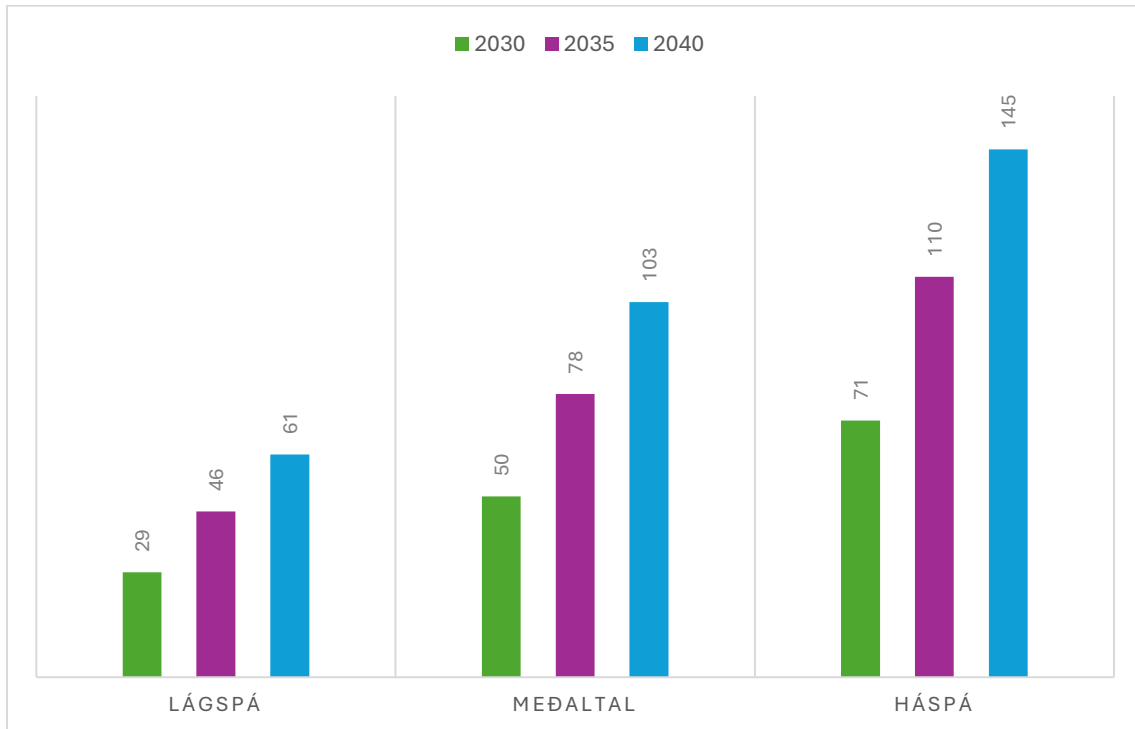
Tafla 4. Kostnaður, landnýting og kolefnisávinningur á ári af endurheimt votlendis

| | Heildarkostnaður (ma.kr) | Landnotkun (ha) | Kolefnisávinningur (tCO ₂ -eq) á ári |
|------|--------------------------|-----------------|---|
| 2030 | 0,8 | 3.984 | 65.169 |
| 2035 | 1,4 | 7.194 | 127.764 |
| 2040 | 1,8 | 10.404 | 190.359 |

4.2 Þurrlandi

Endurheimt þurrlandis eða mólendis er langviðamesta aðgerðin en hún notar um 68% af landinu sem aðgerðirnar taka samtals. Þessi aðgerð hefur einnig hæsta núvirðið, um 50 milljarðar 2030, 78 milljarðar 2035 og 103 milljarðar 2040. Þessi aðgerð hefur einnig hæstan heildarkostnað og mestan kolefnisávinning á ári. Þetta er óskilvirkasta aðgerðin af þeim öllum er varðar landnýtingu en núvirði á hvern hektara en 611 þúsund krónur. Hún er tiltölulega skilvirk er að kemur kostnaði en kostnaður nemur um 25% af nettóábata.

Mynd 6. Verðmæti þurrlandisaðgerða (milljarðar kr.) eins og staðar er 2030, 2035 og 2040



Tafla 5. Kostnaður, landnýting og kolefnisávinningur á ári af endurheimt þurrlandis

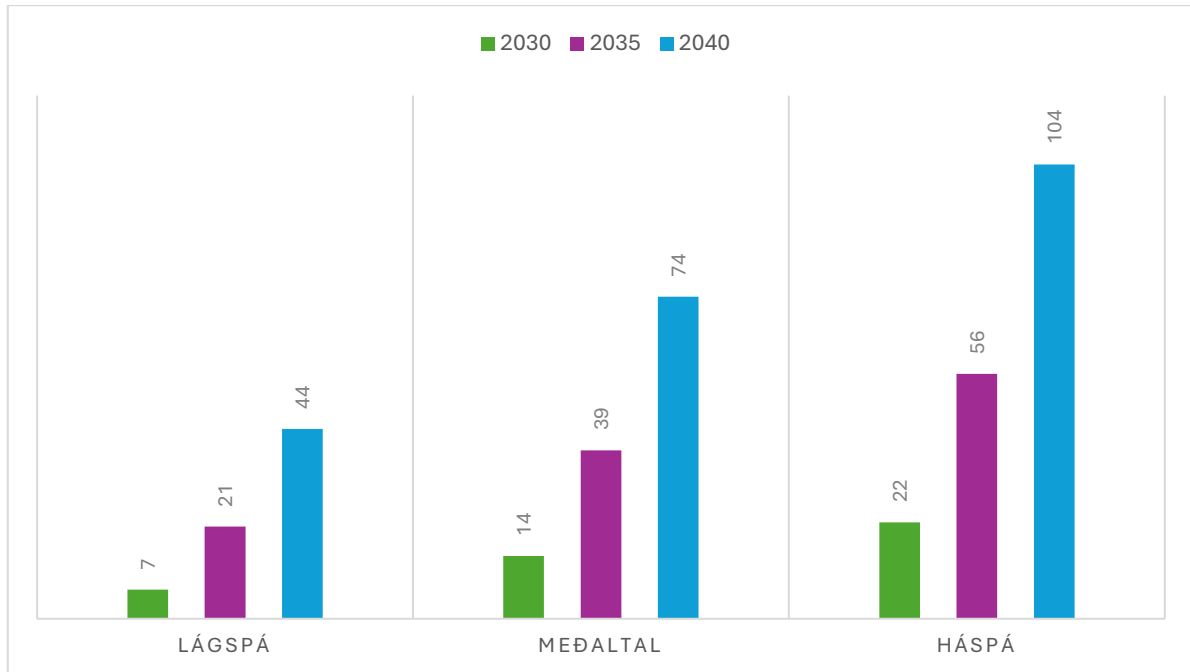
| | Heildarkostnaður (ma.kr) | Landnotkun (ha) | Kolefnisávinningur (tCO ₂ -eq) á ári |
|------|--------------------------|-----------------|---|
| 2030 | 12,9 | 77.500 | 141.750 |
| 2035 | 19,0 | 127.500 | 246.750 |
| 2040 | 23,7 | 177.500 | 351.750 |

4.3 Nytjaskógar

Ræktun nytjaskóga er metið á 14 milljarða að núvirði árið 2030 en það hækkar töluvert með tímanum og verður orðið 74 milljarðar árið 2040. Núvirði nytjaskógræktarinnar er í raun mjög svipað og núvirði votlendisendurheimtar en þar sem áætlun um bindingu af votlendisendurheimt notar fasta sem bindistuðul en fyrir skógræktina er notast við niðurstöður líkans er ábati af endurheimt votlendis líklega ofmetinn til skamms tíma miðað við skógræktina en til lengri tíma litið jafnast það út. Skógræktin notar mun meira landsvæði en votlendið og skilar ögn meiri en kolefnisávinningur á ári. Núvirði á hvern hektara er um það bil 1 milljón

króna en skógrækt er með tiltölulega háan kostnað í hlutfalli við ábata til að byrja með, um 60% árið 2040 en til lengri tíma er hann svipaður og hjá þurrlendisendurheimtinni, eða um 24% árið 2040.

Mynd 7. Verðmæti nytjaskógræktar (milljarðar kr.) eins og staðan er 2030, 2035 og 2040



Tafla 6. Kostnaður, landnýting og kolefnisávinningur á ári af nytjaskógrækt

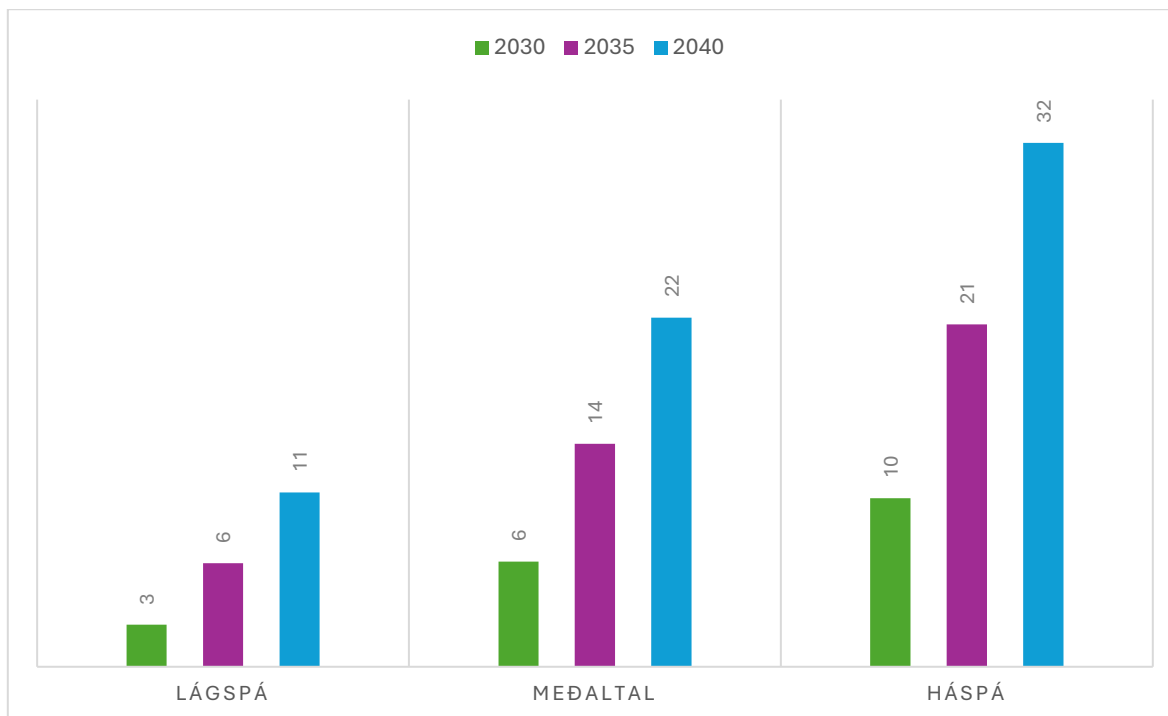
| | Heildarkostnaður (ma.kr) | Landnotkun (ha) | Kolefnisávinningur (tCO ₂ -eq) á ári |
|------|--------------------------|-----------------|---|
| 2030 | 8,7 | 20.069 | 47.304 |
| 2035 | 13,7 | 36.069 | 129.742 |
| 2040 | 17,6 | 52.069 | 257.397 |

4.4 Náttúruskógar

Miðað við hinar aðgerðirnar virðist náttúruskógræktin vera minnst ábatasöm. Núvirði aðgerðarinnar nær 6 milljörðum árið 2030 en hefur hækkað í 22 milljarða árið 2040. Birkitré binda ekki mjög mikið kolefni og er því ábatinn sem þessi greining tekur mið af fremur lítil í samanburði við annað. Niðurstaðan er þó jákvæð og aðgerðin er greinilega ábatasöm, bara ekki á jafn skilvirkan eða viðamikinn hátt og hinar aðgerðirnar. Hún notar rúmlega helming af því landsvæði sem nytjaskógræktin notar en bindur einungis um þriðjung á við hana. Núvirði á hektara er þó hærra en í þurrlendi, eða um 662 þúsund krónur. Kostnaður sem hlutfall af ábata er hæstur í þessari aðgerð, um 75% árið 2030 og 46% árið 2040. Hins vegar þarf að hafa í huga að með náttúruskógrækt gæti verið talsvert meira af huglægum ábata heldur en í t.d. nytjaskógrækt, þar sem um er að ræða endurheimt á náttúrulegu landslagi og vistkerfi sem er

landlægt á Íslandi, meðan nytjaskógar samanstanda af innfluttum trjátegundum sem geta haft skaðleg áhrif á náttúrulegt vistkerfi.

Mynd 8. Heildarverðmæti náttúruskógræktar (milljarðar kr) eins og staðan er 2030, 2035 og 2040



Tafla 7. Kostnaður, landnýting og kolefnisávinningur á ári af náttúruskógrækt

| | Heildarkostnaður (ma.kr) | Landnotkun (ha) | Kolefnisávinningur (tCO ₂ -eq) á ári |
|------|--------------------------|-----------------|---|
| 2030 | 4,9 | 11.289 | 24.339 |
| 2035 | 7,7 | 20.289 | 54.277 |
| 2040 | 9,9 | 29.289 | 88.102 |

5. Næmnigreining

Til þess að skoða hve mikið forsendur þurfi að bregða út af áætlun til að breyta niðurstöðum matsins er gerð næmnigreining. Hún snýst um það að hnika til forsendum þar til formerki núvirðis breytist. Þar sem tímalengd aðgerða er lykilþáttur í núvirði þeirra, lengri tími og meira flatarmál eykur núvirði, verður gerð sér næmnigreining miðað við lokatímana 2030 og 2040. Næmnigreiningin mun einnig miða við lágspá skuggavirðis kolefnis til þess að finna lágsta gildi á ávöxtunarkröfu og kostnaði sem geta gert aðgerðirnar óhagkvæmar. Aðgerðirnar verða skoðaðar hver fyrir sig.

Endurheimt votlendis er skilvirkasta aðgerðin og þarf því mikið til að breyta niðurstöðu mats á henni. Ávöxtunarkrafa þarf að fara upp í 65% til þess að hún verði neikvæð árið 2030 og 66% til að hún verði neikvæð 2040. Kostnaður á hvern hektara þarf að hækka í 5,75 milljónir

króna til þess að aðgerðin verði óhagkvæm með lokatíma 2030 og 6,65 milljónir króna til að hún verði óhagkvæm með lokatíma 2040. Það samsvara meira en tuttugufaldri kostnaðaraukningu.

Endurheimt þurrlendis er ekki eins skilvirk aðgerð en þó þarf býsna mikið að breytast til þess að aðgerðin verði óhagkvæm. Ávöxtunarkrafa þarf að vera 12% eða hærri til að núvirðið verði neikvætt, bæði 2030 og 2040. Kostnaður á hvern hektara þarf að hækka í 650 þúsund krónur til að aðgerðin hætti að borga sig með lokatíma 2030 og 680 þúsund með lokatíma 2040. Þetta er meira en þreföldun á kostnaði.

Minna þarf að gerast til þess að skógræktaraðgerðirnar hætti að borga sig. Nytjaskógrækt hættir að borga sig með lokatíma 2030 ef ávöxtunarkrafa er 7,5% eða hærri. Með lokatíma 2040 er það hins vegar 11%. Kostnaður þarf að næstum tvöfaldast, í 900 þúsund krónur, til þess að nytjaskógrækt hætti að borga sig með lokatíma 2030 og rúmlega þrefaldast, í 1,75 milljónir, til að hún hætti að borga sig með lokatíma 2040. Náttúruskógrækt hætti að borga sig með 6,5% ávöxtunarkröfu með lokatíma 2030 og 8% með lokatíma 2040. Einnig þarf talsverða kostnaðaraukningu til að hún hætti að borga sig, 800 þúsund krónur með lokatíma 2030 og 1,1 milljón króna með lokatíma 2040. Samantekt á öllum þessum skilyrðum má finna í töflu 8.

Tafla 8. Gildi fyrir ávöxtunarkröfu og kostnað sem gerir aðgerðir óhagkvæmar.

| | 2030 | | 2040 | |
|-----------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | Ávöxtunarkrafa | Kostnaður | Ávöxtunarkrafa | Kostnaður |
| Votlendi | 65% | 5.750.000 | 66% | 6.650.000 |
| Þurrlendi | 12% | 650.000 | 12% | 680.000 |
| Nytjaskógrækt | 7,5% | 900.000 | 11% | 1.750.000 |
| Náttúruskógrækt | 6.5% | 800.000 | 8% | 1.100.000 |

6. Samantekt

Nettóaaáhati allra aðgerðanna saman eins og staðan er árið 2030 er 99 milljarðar króna (57-141 milljarðar kr). Af því er endurheimt votlendis 28 milljarðar króna (18-38 milljarðar kr), endurheimt þurrlendis 50 milljarðar króna (29-71 ma. kr), nytjaskógrækt 14 milljarða króna (7-22 milljarðar kr) og náttúruskógrækt 6 milljarðar króna (3-10 milljarðar kr).

Tafla 9. Samantekt á nettóábata allra aðgerða eins og staðan er 2030

| | Lágspá | Meðaltal | Háspá |
|-----------------|--------|----------|-------|
| Votlendi | 18,6 | 28,3 | 38,0 |
| Þurrlendi | 28,9 | 49,7 | 70,6 |
| Nytjaskógrækt | 6,7 | 14,4 | 22,1 |
| Náttúruskógrækt | 2,6 | 6,5 | 10,4 |
| Samtals | 56,8 | 99,0 | 141,2 |

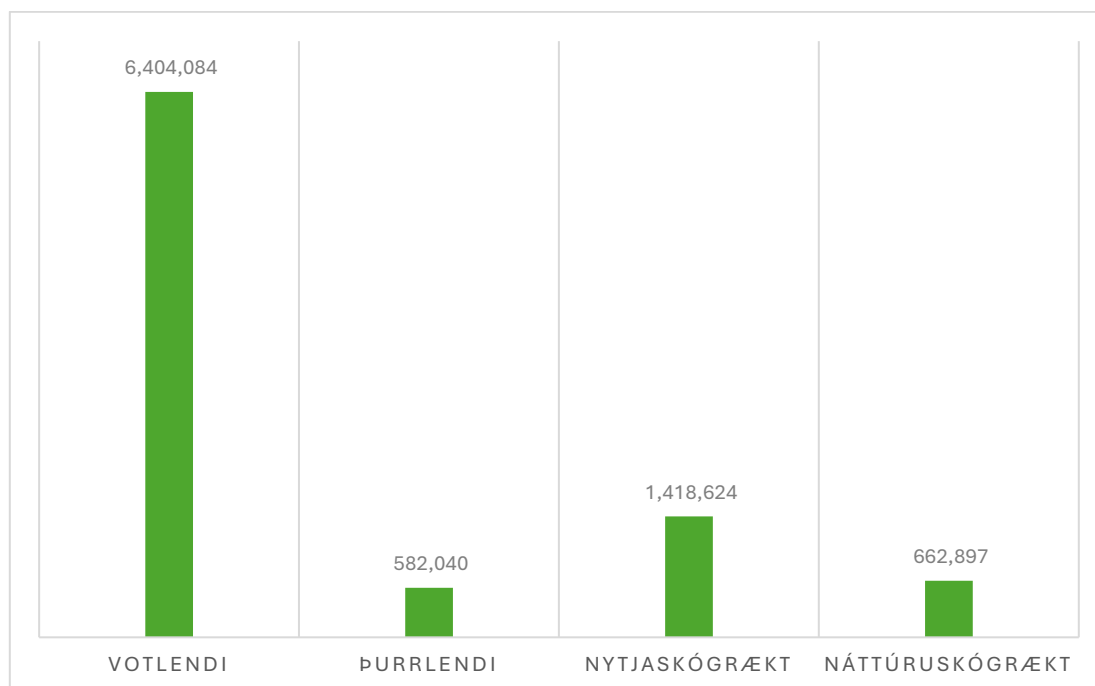
Árið 2040 er nettóábati allra aðgerða orðinn 265 milljarðar króna (161-370 milljarðar kr). Þar af er endurheimt votlendis 67 milljarðar króna (45-88 milljarðar kr), endurheimt þurrlendis 103 milljarðar króna (61-145 milljarðar kr), nytjaskógrækt 73 milljarðar króna (43-104 milljarðar kr) og náttúruskógrækt 21 milljarður króna (11-32 milljarðar kr).

Tafla 10. Samantekt á nettóábata allra aðgerða eins og staðan er 2040

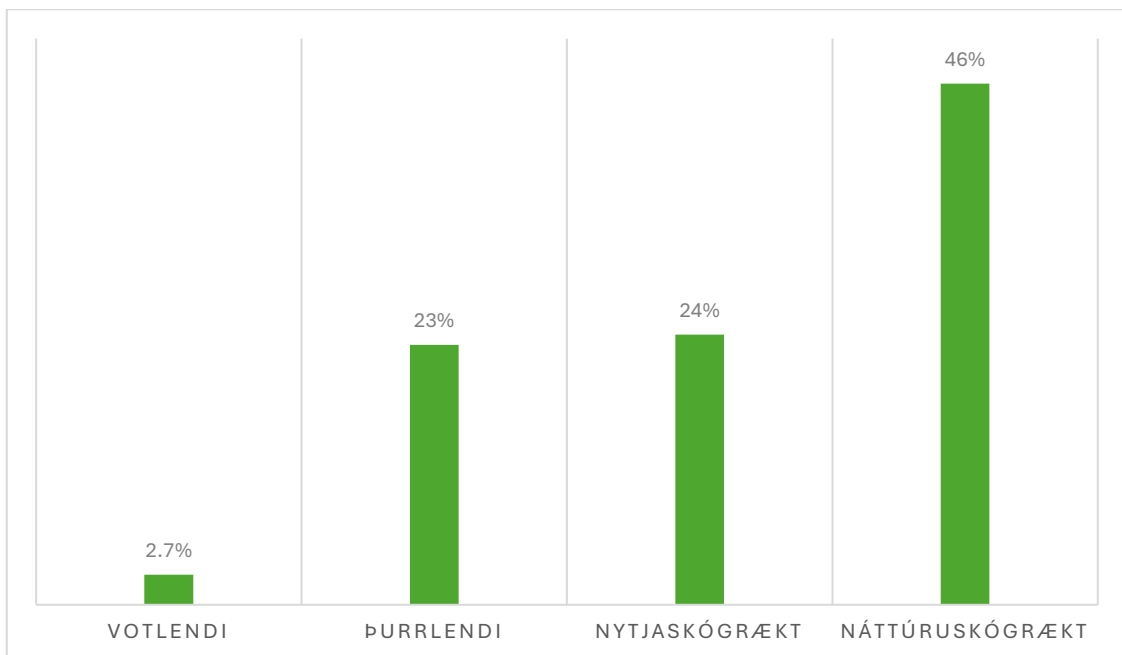
| | Lágspá | Meðaltal | Háspá |
|-----------------|--------|----------|-------|
| Votlendi | 45,2 | 66,6 | 88,0 |
| Þurrlendi | 61,3 | 103,3 | 145,3 |
| Nytjaskógrækt | 43,5 | 73,9 | 104,2 |
| Náttúruskógrækt | 10,8 | 21,5 | 32,3 |
| Samtals | 160,8 | 265,4 | 369,9 |

Allar aðgerðirnar eru hagkvæmar og veita meiri ábata en þær kosta. Hins vegar eru þær ekki allar jafn skilvirkar hvað varðar fjárfestingu og notkun á landi. Endurheimt votlendis er skilvirkasta aðgerðin er varðar bæði landnotkun og fjárfestingu, en endurheimt þurrlendis er óskilvirkust er varðar landnotkun og náttúruskógrækt er óskilvirkasta fjárfestingin.

Mynd 9. Samantekt á skilvirkni landnotkunar allra aðgerða eins og staðan er 2040. Skilvirkni landnotkunar er mæld með núvirtum nettóábata á hvern hektara.



Mynd 10. Samantekt á skilvirkni fjárfestingar í öllum aðgerðum eins og staðan er 2040. Skilvirkni fjárfestingar er mæld með núvirtum heildarkostnaði deildum með núvirtum nettóáþata.



Allt í allt munu aðgerðirnar nota samtals 113 þúsund hektara af landi, 269 þúsund ef haldið er áfram til 2040. Þetta mun leiða til bindingar á 279 þúsund tonnum af kolefni á ári, eða 888 þúsund ef haldið er áfram til 2040. Samtals verður núvirtur kostnaður aðgerðanna 27 milljarðar króna til 2030 eða 53 milljarðar til 2040.

Forsendur þurfa að breyta verulega til þess að breyta ábatasemi þessara aðgerða. Næmnigreining sýnir að ef litið er til lágspár skuggavirðis kolefnis þarf ávöxtunarkrafa að hækka í 8% til að ein aðgerð verði óhagkvæm árið 2040. Hinar þurfa allar ennþá hærri ávöxtunarkröfu og endurheimt votlendis þarf allt að 65% ávöxtunarkröfu. Kostnaður á hektara þarf að margfaldast í öllum tilvikum til þess að aðgerðir hætti að borga sig 2040.

Heimildaskrá

World Bank, (2024), *2024 Guidance Note on Shadow Price of Carbon in Economic Analysis*, World Bank Group.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/099553203142424068/IDU1c94753bb1819e14c781831215580060675b1>

Land og líf, (2022), *Aðgerðaráætlun í landgræðslu og skógrækt 2022-2026*. Stjórnarráð Íslands, <https://www.stjornarradid.is/gogn/rit-og-skyrslur/stakt-rit/2023/01/30/Land-og-lif/>