



Úttekt á kolefnisbindingu skógræktar Landsvirkjunar árið 2021



Úttekt á kolefnisbindingu skógræktar Landsvirkjunar árið 2021

Höfundar

Arnór Snorrason, Björn Traustason og
Bjarki Þór Kjartansson

Dagsetning

Ágúst 2022

Lykilsíða

Skýrsla LV nr	LV-2022-035	Dagsetning	Ágúst 2022
Fjöldi síðna	18+viðaukar	Upplag	1
Dreifing	<input checked="" type="checkbox"/> Birt á vef LV	<input type="checkbox"/> Opin	<input type="checkbox"/> Takmörkuð til [Dags.]
Titill	Úttekt á kolefnisbindingu skógræktar Landsvirkjunar árið 2021		
Höfundar/fyrirtæki	Skógræktin, Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson		
Verkefnisstjóri	Ásrún Elmarsdóttir		
Unnið fyrir	Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar	—		
Útdráttur	<p>Haustið 2021 sá Skógræktin um úttekt á skógrækt við stöðvar Landsvirkjunar og skógrækt sem unnin er í samvinnu við aðra aðila. Meginmarkmið úttektarinnar var að fá mat á kolefnisbindingu á svæðunum. Sambærilegt mat fór fram árið 2011 og 2016 á Sogssvæðinu og við Búrfellsstöð og Blöndustöð. Árið 2021 bættust sex ný svæði við úttektina, Laxaborg í Dölum, Belgsá í Fnjóskadal, Skarfanés í Landssveit, Skálmholtshraun í Flóa, Bjarnarlón ofan Búrfellsstöðvar og Laxárstöð í Aðaldal. Á yngstu svæðunum þar sem trjávöxtur var skammt á veg kominn var ekki metin kolefnisbinding í lífmassa trjáanna en þar var metin binding í jarðvegi og sópi. Meginniðurstöður úttektarinnar eru að heildarbinding á skógræktarsvæðum Landsvirkjunar var 2.660 tonn CO₂ (± 185 tonn CO₂ (95% vikmörk)) á árinu 2021.</p>		
Lykilorð	Skógrækt, kolefnisbinding, lifun, trjátegundir		

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar



Úttekt á kolefnisbindingu skógræktar Landsvirkjunar árið 2021

Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson

Rannsóknastöð skógræktar, Mógilsá, IS-116 Reykjavík

Tölvupóstfang: arnor@skoqur.is



Unnið fyrir Landsvirkjun

Efnisyfirlit

Samantekt	2
Inngangur	2
Efni og aðferðir.....	3
Uppfærsla á skógarkortum	3
Flokkun reita og staðarval úrtaks.....	4
Skógmælingar	6
Gagnaöflun á mælifleti.....	6
Úrvinnsla	6
Kolefnisbinding.....	6
Lifun á nýjum yngri svæðum	8
Spá um kolefnisbindingu næstu 10 ára.....	9
Niðurstöður.....	10
Kolefnisbindingarmat.....	10
Þéttleika- og lifunarmat	12
Spágerð til næstu 10 ára	14
Umræða	15
Þéttleiki og lifun	15
Binding næstu ára	15
Heimildir.....	17
Viðauki A	19

Samantekt

Hér er kynnt úttekt sem gerð var haustið 2021 með það að markmiði að meta með viðurkenndum og vísindalegum hætti kolefnisbindingu skógræktar á vegum Landsvirkjunar. Er þá átt við skógrækt sem Landsvirkjun hefur kostað með einum og öðrum hætti. Eldri skógræktarsvæði í nágrenni Sogsstöðva, Blöndustöðvar og Búrfellsstöðvar voru endurmæld með því að endurtaka mælingar á mæliflötum sem mældir voru í álíka úttektum árin 2011 og 2016, auk þess sem nýir mælifletir voru lagðir í nýjar gróðursetningar við Blöndustöð. Við þetta bætast sex ný svæði, Laxaborg í Dölum, Belgsá í Fnjóskadal og Skarfanés í Landssveit þar sem land og ræktun er í umsjón Skógræktarinnar, nýræktun á Skálmholtshrauni í Flóa og við Bjarnarlón ofan Búrfellsstöðvar auk eldri ræktunnar við Laxárstöð í Aðaldal. Á eldri svæðunum var lífmassavöxtur og þar af leiðandi kolefnisbinding trjágróðurs metin ásamt bindingu í jarðvegi og sópi. Á yngri svæðunum er trjávöxtur enn sem komið er of lítil til að mæla hann og þar var kolefnisbinding í jarðvegi og sópi einungis metin eftir landgerðarmati. **Út frá þessari vinnu var hægt að áætla heildarbindingu á skógræktarsvæðum Landsvirkjunar 2.660 tonn CO₂ (± 185 tonn CO₂ (95% vikmörk)) á árinu 2021.**

Samanburður við eldra mat leiðir í ljós að árleg binding hefur dregist lítillega saman á þeim 5 árum sem liðin eru frá síðustu úttekt. Þó er spáð fyrir um aukna bindingu á næsta áratug og munar þar mestu um áætlaða aukna bindingu í yngri gróðursetningum. Á nýju svæðunum með ungum gróðursetningum var gerð greining á þéttleika og lifun trjáplantna og leiðir hún í ljós mikinn mun á þéttleika og lifun á milli svæða og einnig trjátegunda. Til að svæðin skili ásættanlegri bindingu er íbóta þörf í núverandi gróðursetningar á þeim svæðum þar sem lifun reyndist of lítil.

Inngangur

Í loftslags- og umhverfisstefnu sinni leggur Landsvirkjun áherslu á að ná kolefnishlutleysi. Einn þáttur í þeirri viðleitni er kolefnisbinding með skógrækt. Gerir Landsvirkjun grein fyrir þeirri bindingu í loftslagsbókhalda sínu sem hún birtir árlega með ársskýrslu (Landsvirkjun 2021). Kolefnisbinding skóga Landsvirkjunar kemur m.a. þar til frádráttar losunar en þar skiptir mestu losun CO₂ vegna jarðvarmavirkjana. Fyrsta úrtaksúttekt á kolefnisbindingu skógræktar fór fram 2011 (Arnór Snorrason og Björn Traustason 2012) en fyrir þann tíma var binding áætluð út frá flatarmáli og meðaltalsbindistuðlum (Landsvirkjun 2008). Mælingar voru síðan endurteknaðar 2016 (Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson 2017) og í þessari skýrslu eru mælingar endurteknaðar í annað sinn, þ.e. við Sogsstöðvarnar þrjár, við Blöndustöð og við Búrfellsstöð. Á þessum þremur svæðum hefur Landsvirkjun stundað í áratugi töluverða nýskógrækt. Gróðursetningar á þessum svæðum eru á misjöfnum aldri en mest er um fremur ungan skóg að ræða. Eitt svæðið er landgræðsluskógasvæði í vesturhlíðum Búrfells í Þjórsárdal. Þar hefur Landsvirkjun staðið fyrir gróðursetningum í samvinnu við Landgræðsluskógaverkefnið sem er í umsjón Skógræktarfélag Íslands. Í þessari skýrslu bætist við úttekt á bindingu í eldra skóglendi í nágrenni Laxárstöðvar í S.-Þingeyjarsýslu.

Auk þessara svæða er gerð grein fyrir stöðu nýskógræktar á nýjum svæðum sem Landsvirkjun hefur tekið þátt í eða kostað skógrækt á og hafa þessi svæði ekki verið tekin út áður. Þessi svæði eru; Bjarnarlón ofan Búrfellsstöðvar þar sem nýskógrækt er unnin í samstarfi við Skógræktarfélag Íslands undir hatti Landgræðsluskógaverkefnisins; á jörðunum Skarfanesi í Landssveit, Laxaborg í Dölum og Belgsá í Fnjóskadal þar sem land og ræktun er í umsjón Skógræktarinnar; á landi í eigu Landsvirkjunar í Skálmholtshrauni í Flóa og ný gróðursetningarsvæði við Blöndustöð.

Skógrækt á löndum Landsvirkjunar og fyrirrennara hennar á sér nokkuð langa sögu og var megintilgangur skógræktar í upphafi að græða upp, skýla og fegra nánasta umhverfi virkjana þar sem því var við komið. En í seinni tíð tengjast markmiðin jafnframt kolefnisbindingu. Að beiðni Landsvirkjunar var Mógilsá, rannsóknasviði Skógræktarinnar falið að meta að nýju kolefnisbindingu sem á sér stað á þessum skógræktarsvæðum auk nýrri svæða sem nefnd voru hér að ofan. Sú úttekt sem hér er kynnt og niðurstöður hennar eiga að varpa ljósi á núverandi kolefnisbindingu í skógum Landsvirkjunar og þá breytingu sem orðið hefur á henni síðan 2016 auk þess að spá fyrir um bindingu á svæðunum næstu tíu árin.

Efni og aðferðir

Við mat á kolefnisbindingu skóglenda var notuð matsaðferð sem byggir á mælingum á úrtaki úr skógræktinni. Úrtaksaðferðin sem valin var fyrir endurmældu svæðin er kölluð flokkað slembival (e: stratified random sampling) og hefur verið notuð við skógmælingar um langt skeið (Van Laar og Akça 2007). Hún hentar vel fyrir einstök skógarsvæði ef þau og mismunandi skógareiningar (skógarreitir) innan þeirra eru vel skilgreind og landfræðilega afmörkuð. Fyrir sömu nákvæmniskröfu er hægt að hafa færri úrtaksmælingar en ef úrtakssvæðið væri ekki flokkað í úrtaksflokka.

Ekki var mögulegt að þessu sinni að nota flokkað slembival fyrir svæðin sem voru mæld í fyrsta skipti. Sum þeirra eru of lítil fyrir flokkað slembival s.s. Laxaborg og Laxárstöð og á öðrum voru ekki kominn fram skýr mörk á milli mögulegra flokka. Á þessum svæðum voru mælifletir lagðir út með fastri fjarlægð á milli mæliflata þannig að þeir gæfu sem hlutlægast úrtak af hverju svæði. Slíkt kerfilægt mat fylgir reglum slembivalstölfræði ef passað er upp á að útgangspunktur kerfisins sé slembivalin og úrtakskerfið falli ekki með reglulegu landslagsmunstrum á svæðunum.

Uppfærsla á skógarkortum

Skógarkortin sem voru gerð í úttektinni 2011 voru notuð að mestu óbreytt fyrir svæðin við Sogsstöðvar, Búrfellsstöð og Blöndustöð (Tafla 1). Sömuleiðis var uppdráttur Skógræktarfélags Íslands frá árinu 2016 af svæðinu við vestanvert Búrfell notaður óbreyttur. Vegna endurkortlagningar urðu smávægilegar breytingar í flatarmáli við Blöndustöð og við Sogsstöðvar. Við Búrfellsstöð varð talsverð aukning á flatarmáli yngri skógarins vegna nýrrar kortlagningar. Mesta breytingin varð þó við Blöndustöð þar sem

flatarmálsaukning skóglendisins var kringum 30 ha vegna nýskógræktar eftir 2016 en upplýsingar um hana komu frá Skógræktinni.

Fimm ný skógarsvæði sem ekki voru með í úttektinni 2016 bættust við 2021 (sjá kort í viðauka A). Gróðursetningar fyrir Laxaborg, Belgsá og Skarfanes voru kortlagðar af Þjóðskógasviði Skógræktarinnar. Skógræktarsvæðið við Bjarnarlón var kortlagt af Skógræktarfélagi Íslands og voru gróðursetningar í Skálmholtshrauni skráðar af Skógræktarfélagi Árnesinga. Öll gögn voru sett í gagnagrunn fyrir Landsvirkjun sem vistaður er á Mógilsá, rannsóknasviði Skógræktarinnar. Kortlagningu svæðanna má sjá í viðauka A.

Í örfáum tilfellum er flatarmál úrtakssvæðis annað en heildarflatarmál gróðursetninga (Tafla 2). Ástæðan er sú að þegar mælifletir voru lagðir út höfðu ekki upplýsingar um alla fláka borist og voru því ekki með við val á mæliflötum. Þetta á við um Laxaborg og viðbótina við Blöndustöð. Í Bjarnarlóni er ástæðan hins vegar sú að endurkortlagning Skógræktarfélags Íslands frá 2021 var notuð sem úrtak en ekki upphafleg heildarkortlagning svæðisins. Mikill flatarmálsmunur var á þessum tveimur kortum.

Flokkun reita og staðarval úrtaks

Þar sem notað var flokkað slembival voru kortlagðir skógarreitir flokkaðir í sem keimlíkasta flokka (e: strata). Þeir eiginleikar sem flokkað var eftir voru í þessari röð; hæðar- eða aldursflokkar trjágróðurs, upprunagerð lands og ríkjandi trjátegund. Með flokkuninni er verið að reyna að skipa saman skógareitum þannig að breytileiki innan flokka verði sem minnstur. Þó er reynt að halda fjölda flokka í lágmarki til þess að takmarka fjölda úrtakseininga (mæliflata) eins og kostur er.

Úrtakið samanstendur af 100 m² hringlaga skógmæliflötum. Fjöldi skógmæliflata í hverjum flokki var ákveðinn eftir því hvort skógarflokkurinn hafði að geyma eldri skóg í örum vexti eða ungar gróðursetningar þar sem vöxtur er enn takmarkaður. Staðsetning mæliflata var slembivalin með aðstoð ArcGIS hugbúnaðar. Staðsetning mæliflata er sýnd á kortum í viðauka A.

Á svæðunum við Sogsstöðvarnar þrjár, við Blöndustöð og við Búrfellsstöð þar sem mælingar eru nú endurteknar var flokkað í eldri og yngri skóg. Skógræktinni á Kaldárhöfða á Sogstöðvasvæðinu var áfram haldið sem sérflokki en þar eru yngstu gróðursetningarnar á því svæði. Alls voru endurmældir 132 mælifletir haustið 2021.

Tafla 1 sýnir flokkun endurmældra skógræktarsvæða, flatarmál flokka og fjölda mæliflata í hverjum flokki.

Tafla 1: Flatarmál og fjöldi mæliflata á endurmældum úttektarsvæðum.

Svæði	Flokkur	Flatarmál	Flatarmál	Fjöldi	Fjöldi
		2016	uppfært	mældra mæliflata	mældra trjáa
		<i>ha</i>	<i>ha</i>	<i>stk</i>	<i>stk</i>
Blöndustöð	Eldri skógur	20,5	19,8	20	350
	Yngri skógur	23,5	23,3	11	103
	Samtals	44,0	43,1	31	453
Búrfellsstöð	Eldri skógur	25,4	25,4	20	527
	Yngri skógur	28,8	35,0	11	69
	Samtals	54,2	60,4	31	596
Búrfell Landgræðsluskógur	Eldri skógur	44,3	44,3	15	353
	Yngri skógur	113,9	113,9	22	272
	Samtals	158,2	158,2	37	625
Sogsstöðvar	Eldri skógur	22,2	22,9	16	199
	Yngri skógur	14,5	14,5	9	115
	Kaldárhöfði	31,6	33,7	8	41
	Samtals	68,1	71,1	33	355
Samtals öll svæði:		324,7	332,8	132	2.029

Í töflu 2 eru síðan sýnd nýju svæðin ásamt fjölda mæliflata. Þar var svæðunum ekki skipt niður í flokka að þessu sinni þar sem í öllum tilvikum nema einu (Laxárstöð) er um að ræða ungar gróðursetningar sem lítið eru farnar að skera sig hvor frá annarri. Flatarmál úrtakssvæðis var í nokkrum tilfellum minna en flatarmál gróðursetninga samkvæmt skráðum gögnum.

Tafla 2: Flatarmál og fjöldi mæliflata á nýjum úttektarsvæðum.

Svæði	Flatarmál	Flatarmál	Fjöldi	Fjöldi
	gróðursetninga	úrtakssvæðis	mældra mæliflata	mældra trjáa
	<i>ha</i>	<i>ha</i>	<i>stk</i>	<i>stk</i>
Laxaborg	10,0	8,4	10	68
Blöndustöð - viðbót	31,9	28,3	13	145
Belgsá	38,5	38,5	15	349
Laxárstöð	6,4	6,4	6	92
Skarfanes	288,7	288,7	40	563
Bjarnarlón	125,4	39,4	26	447
Skálmholtshraun	9,9	9,9	10	54
	510,8	419,6	120	1.718

Skógmælingar

Allar mælingar voru gerðar og skráðar inn í mælitæki sem ætlað er til skóg- og gróðurmælinga (Field-Map 2022) en sérstakur hugbúnaður fylgir með mælitækinu. Vettvangsvinna við skógmælingar fór fram í september og október 2021 að loknu vaxtarskeiði sumarsins 2021.

Gagnaöflun á mælifleti

Á hverjum mælifleti voru gerðar mælingar á öllum trjám, þ.e. hæðar og þvermálmælingar. Þvermál og hæð eru stærðir sem eru notaðar til að reikna út lífmassa trjáanna með lífmassaföllum. Mynd 1 sýnir dæmi um staðsetningu trjáa innan mæliflatar. Alls voru mæld 2.029 tré á svæðum með endurteknum mælingum (sjá töflu 1) og 1718 trjáplöntur á nýjum svæðum.

Auk þess var ýmsum þáttum varðandi trjágróðurinn og aðra mikilvæga umhverfisþætti lýst almennt fyrir hvern mæliflöt. Þetta voru upplýsingar eins og aldur skógar, jarðvegsþykkt, jarðvegsgerð, gróðurfar og upphaflega landgerð mæliflatarins. Þessar upplýsingar voru nýttar til að meta kolefnisbindingu eða kolefnislosun jarðvegs og meta aldursskiptingu milli flokka eins og fjallað var um í fyrri skýrslum (Arnór Snorrason og Björn Traustason 2012, Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson 2016).

Úrvinnsla

Kolefnisbinding

Við mat á nettó kolefnisbindingu er byggt á mælingum/mati á lífmassa ofan- og neðanjarðar, bindingu í sópi og í þurrlandisjarðvegi og tekið er tillit til losunar þar sem ræktað er á framræstu votlendi.

Lífmassi trjáanna ofanjarðar var ákvarðaður með hliðsjón af þekktum lífmassaföllum fyrir íslenskar trjátegundir sem eru tengd við hæðar- og þvermálmælingar (Arnór Snorrason og Stefán Freyr Einarsson 2006, Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2007, Jón Ágúst Jónsson 2007). Lífmassi trjáanna neðanjarðar var annaðhvort áætlaður 20% af heildarlífmassa sem er í samræmi við íslenskar rannsóknaniðurstöður (Arnór Snorrason o.fl. 2002) eða notuð voru lífmassaföll fyrir neðanjarðarluta trjáanna (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2007, Hunziker 2011).

Lífmassi fyrir 5 árum var ákvarðaður á sama hátt út frá stærð trjáanna eins og þau voru mæld 2016 þar sem sömu mælifletir og tré voru mæld 2021 og 2016. Árleg vaxtarþróenta lífmassa trjáa var síðan notuð til að ákvarða lífmassavöxt. Kolefnishlutfall trjálfífmassa er áætlaður 50% eins og gert er á alþjóðavísu og er í samræmi við niðurstöður úr innlendum rannsóknum (Arnór Snorrason o.fl. 2000). Þannig er hægt að áætla kolefnisforða og kolefnisvöxt í trjám á hverjum mælifleti.

Við mat á kolefnisbindingu í sópi (dautt lífrænt efni, e:litter) og kolefnisbindingu eða - losun í jarðvegi var stuðst við sömu stuðla og notaðir eru í opinberu árlegu bókhaldi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi til Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (Nicole Keller o.fl. 2022). Eftirtaldir stuðlar eru notaðir í 50 ár eftir nýræktun skóga:

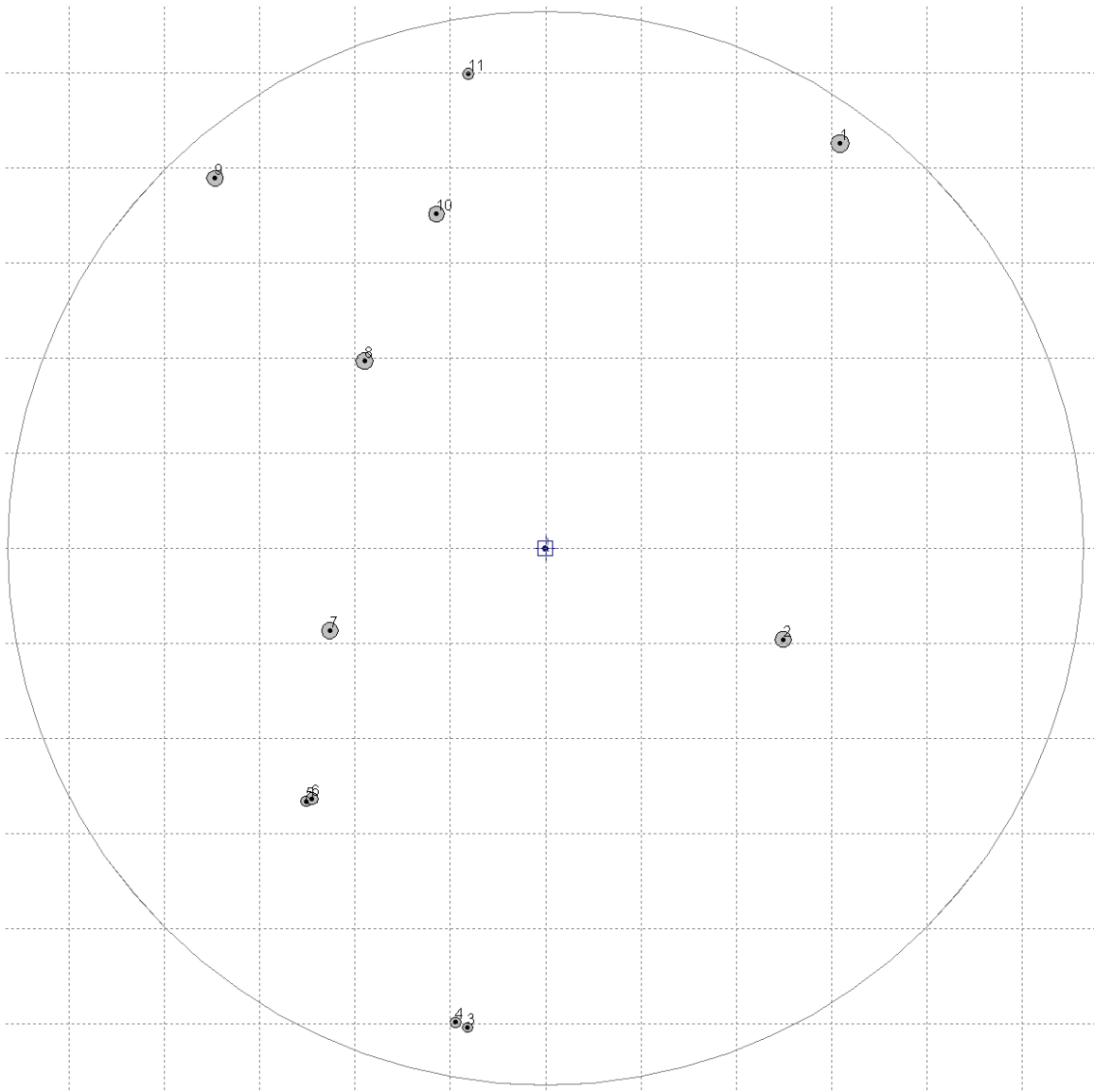
1. Binding í sópi: 0,141 tonn C á ha og ár
2. Binding í þurrlendisjarðvegi á grónu landi: 0,365 tonn C á ha og ár
3. Binding í þurrlendisjarðvegi á lítt grónu landi: 0,513 tonn C á ha og ár

Stuðlar 1 og 2 byggja á rannsóknaniðurstöðum úr skógum á Íslandi (Arnór Snorrason o.fl. 2000, Arnór Snorrason o.fl. 2002, Bjarni Diðrik Sigurðsson o.fl. 2005, Brynhildur Bjarnadóttir 2009). Stuðull 3 er landsmeðaltal sem Landgræðslan notar við mat á kolefnisbindingu jarðvegs við landgræðslu á lítt grónu landi (Nicole Keller o.fl. 2022). Þar sem skógur er ræktaður á framræstu votlendi er notaður alþjóðlegur losunarstuðull - 0,37 tonn C á ha og ár (IPCC 2014).

Fyrir hvern skógarflokk var reiknað meðaltalsgildi fyrir nettó kolefnisbindingu skóglendisins ásamt 95% tölfræðilegum öryggismörkum bæði fyrir flatarmálseiningu (ha) og flokkinn í heild sinni. Öll gildi eru gefin upp í tonnum af bundnu koldíoxíði (CO₂).

Að lokum var reiknuð út heildarsumma fyrir alla flokka innan hvers svæðis og heildarsumma fyrir skógrækt á vegum Landsvirkjunar. Við mat á 95% tölfræðilegum öryggismörkum var beitt tölfræði flokkaðs slembivala fyrir endurmældu svæðin (Van Laar og Akça 2007).

Uppskölun á niðurstöðum á mæliflötum tekur mið af flatarmáli hvers flokks eða svæðis. Eins og fram kemur í Töflu 1 hefur flatarmál flokkana í sumum tilvikum verið endurskoðað lítilega. Þetta getur gert samanburð á heildarbindingu milli úttekta erfiðari fyrir þá flokka þar sem flatarmálið hefur verið endurskoðað á milli úttekta.



Mynd 1: 100 m² mæflötur frá Blöndustöð. Númeraðir punktar sýna staðsetningu trjáa. Þvermál punktana stýrist af þvermáli trjánna. Rúðunetið er 1x1 m. (Kortið er viðmót úr Field-Map hugbúnaði sem notaður var við gagnasöfnun og mælingar á mæflötum).

Á nýjum yngri svæðum var ákveðið að reyna ekki að meta kolefnisbindingu í lífmassa trjáplantna þar sem flestar þeirra eru mjög ungar að árum og binda enn sem komið er lítið sem ekkert í trjálífmassa. Þó var reiknuð fyrir þessi svæði binding í jarðvegi og sópi. Ef engar trjáplöntur fundust á mæflöt og svæði án trjáplantna var metið 500 til 5000 m² var ekki gert ráð fyrir sópmyndum með tilheyrandi bindingu í sópi.

Lifun á nýjum yngri svæðum

Á nýjum yngri svæðum var hins vegar gerð greining á þéttleika og lifun trjáplantna með það að leiðarljósi að skýra núverandi stöðu gróðursetninganna og þá gera Landsvirkjun og

samstarfsaðilum kleift að bregðast við stöðunni. Núverandi þéttleiki var metin eftir fjölda gróðursettra trjáplantna sem voru lifandi haustið 2021. Fjöldi þeirra var síðan skalaður upp í samræmi við heildarflatarmál hvers svæðis. Sá fjöldi var borin saman við fjölda gróðursettra plantna af hverri trjátegund. Hlutfallið þar á milli er þá mat á lifun viðkomandi trjátegundar. Þegar um úrtaksmælingar er að ræða er einungis hægt að gera slíkan samanburð fyrir ríkjandi trjátegundir í gróðursetningu á viðkomandi svæði. Trjátegundir með litla hlutdeild á svæðinu koma sjaldan eða ekki inn í úrtaksmat.

Spá um kolefnisbindingu næstu 10 ára

Fyrir endurmetin svæði var spáin gerð með hliðsjón af þróun kolefnisbindingar á flatareiningu og meðalaldur fyrir hvern flokk. Fyrir eldri skógana þar sem bindingin hefur þróast frá því að vaxa milli 2011 og 2016 yfir í að dragast saman milli 2016 og 2021 er gert ráð fyrir að binding næstu 10 ára verði óbreytt frá 2021. Þetta á við eldri skógana þar sem meðalaldur er hærri en 20 ár, þ.e. fyrir eldri skógana við Sog, Búrfell og Blöndu. Á yngri svæðum er vöxtur enn að aukast og línulegt aðhvarf eða beinn framreikningur (e. extrapolation) notaður til að meta árlegan vaxtarauka næstu 10 árin.

Við Laxárstöð liggur fyrir ein mæling og þar er aldursbilið mjög breytt eða 32 ár. Þar má búast við að yngri skógarreitirnir auki vöxt meðan hjá þeim eldri dragist vöxtur saman. Því er gert ráð fyrir að jafnaðarvöxtur næstu 10 árin verði óbreyttur frá því sem hann var mældur 2021.

Nýju yngri svæðin voru öll metin með hliðsjón af kolefnisbindingarferlum Skógarkolefnisreiknis (sjá: <https://reiknival.skogur.is/>). Notaður var ferill fyrir ríkjandi trjátegund á hverju svæði nema í tilviki Skarfanes þar sem ferlar fyrir fjórar aðaltegundir, ilmbjörk, alaskaösp, stafafuru og sitkagreni voru notaðir.

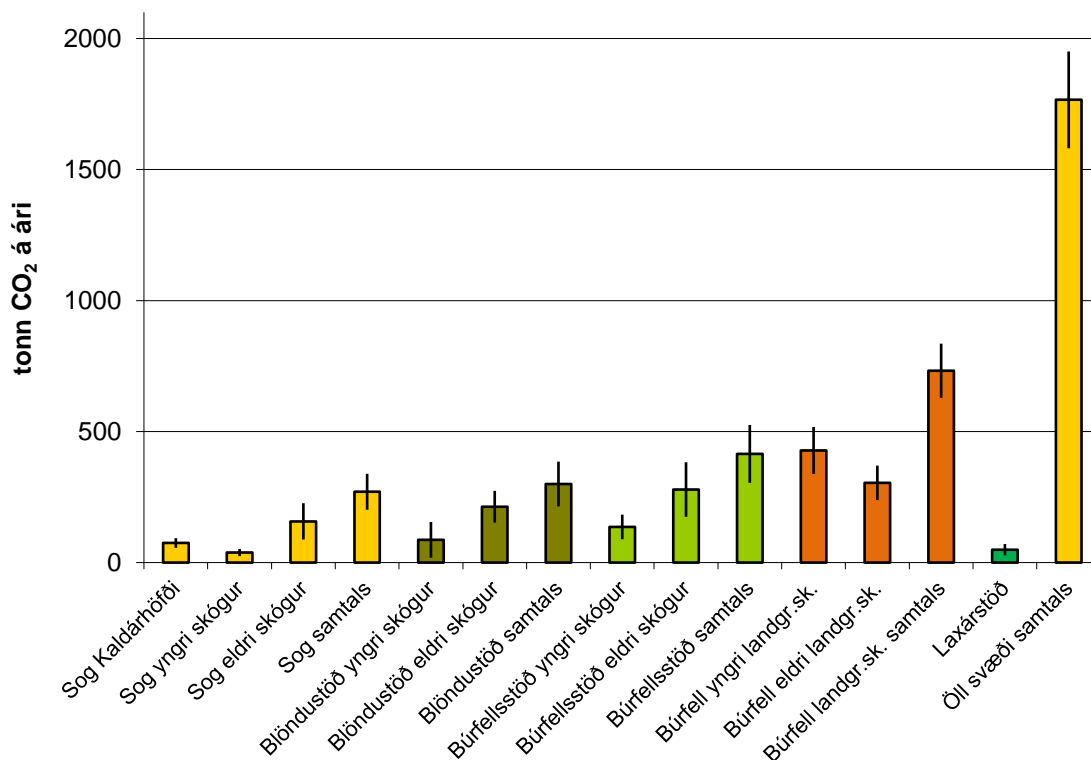
Upphafspéttleiki var settur 2500 plöntur á ha. Þar sem þéttleiki í gróðursetningum var metinn 70% af upphaflegum þéttleika (1750 pl./ha) var upphafsártal vaxtarferilsins settur meðalaldur gróðursetninga á svæðinu. Þetta átti einungis við um Belgsá. Þar sem þéttleikinn var á bilinu 30-70% af upphaflegum þéttleika var upphafsaldur metin sem meðaltal meðalaldurs gróðursetninga og íbótagróðursetningar. Gert er ráð fyrir að ártal íbótagróðursetninga verði að meðaltali 2024. Þetta á við Bjarnarlón, Blöndustöð og gróðursetningar af alaskaösp og sitkagreni í Skarfanesi. Þar sem þéttleiki var undir 30% af upphafspéttleika (750 pl. á ha) var upphafsaldur settur ártal íbótagróðursetningar. Þetta á við Laxaborg, Skálmholtshraun og birki- og stafafurugróðursetningar í Skarfanesi. Í öllum tilvikum var gert ráð fyrir að óbreyttri trjátegundasamsetningu.

Niðurstöður

Kolefnisbindingarmat

Niðurstöður um kortlagt flatarmál hvers svæðis og hvernig það skiptist milli flokka hefur þegar verið birt í töflum 1 og 2 hér að framan. Það skal tekið fram að í úttektinni sem gerð var 2011 og birt í skýrslu 2012 (Arnór Snorrason og Björn Traustason 2012) var flatarmál allra svæða vanmetið samanlagt upp á 32,8 ha eða 20% milli úttektanna 2011 og 2016. Gerðar voru leiðréttingar á kortum fyrir úttektina 2021 sem jók heildarflatarmál sömu svæða um 5% frá 2016 og 24% frá 2011.

Mynd 2 sýnir niðurstöðu á mati á kolefnisbindingu fyrir svæði þar sem binding í trjágróðri var metin. Niðurstöðurnar eru fyrir hvern flokk innan hvers svæðis, fyrir hvert svæði og að lokum fyrir öll svæðin í heild. Í töflu 3 eru síðan birtar sömu niðurstöður á tölulegu formi. Hægt er að áætla kolefnisbindingu árið 2021 á svæðum þar sem binding á trjágróðri var metin 1.766 tonn CO₂ að meðaltali (± 185 tonn CO₂ (95% vikmörk)).



Mynd 2: Áætluð kolefnisbinding árið 2021 á þeim skógræktssvæðum Landsvirkjunar þar sem binding í trjágróðri var metin. Myndin sýnir flokkun innan svæða, samtölu fyrir hvert svæði og heildarbindingu allra svæða. Skekkjustikur sýna 95% vikmörk.

Tafla 3: Kolefnisbinding á eldri skógræktarsvæðum Landsvirkjunar. Í töflunni er birt mat fyrir kolefnisbindingu ársins 2021 í tonnum CO₂.

Svæði	Flokkur	Flatarmál (ha)	Binding	± 95% vikmörk	Binding á ha
Sog	Kaldárhöfði	33,7	75	19	2,2
	Yngri skógur	14,5	38	14	2,6
	Eldri skógur	22,9	157	69	6,9
	Samtals	71,1	270	69	3,8
Blöndustöð	Yngri skógur	23,3	87	68	3,7
	Eldri skógur	19,8	213	61	10,8
	Samtals	43,1	300	85	7,0
Búrfellsstöð	Yngri skógur	35	136	47	3,9
	Eldri skógur	25,4	279	104	11,0
	Samtals	60,4	415	110	6,9
Búrfell	Yngri skógur	113,9	428	89	3,8
Landgræðsluskógur	Eldri skógur	44,3	304	66	6,9
	Samtals	158,2	732	103	4,6
Laxárstöð		6,4	49	22	7,6
Öll svæði	Samtals	339,2	1766	185	5,2

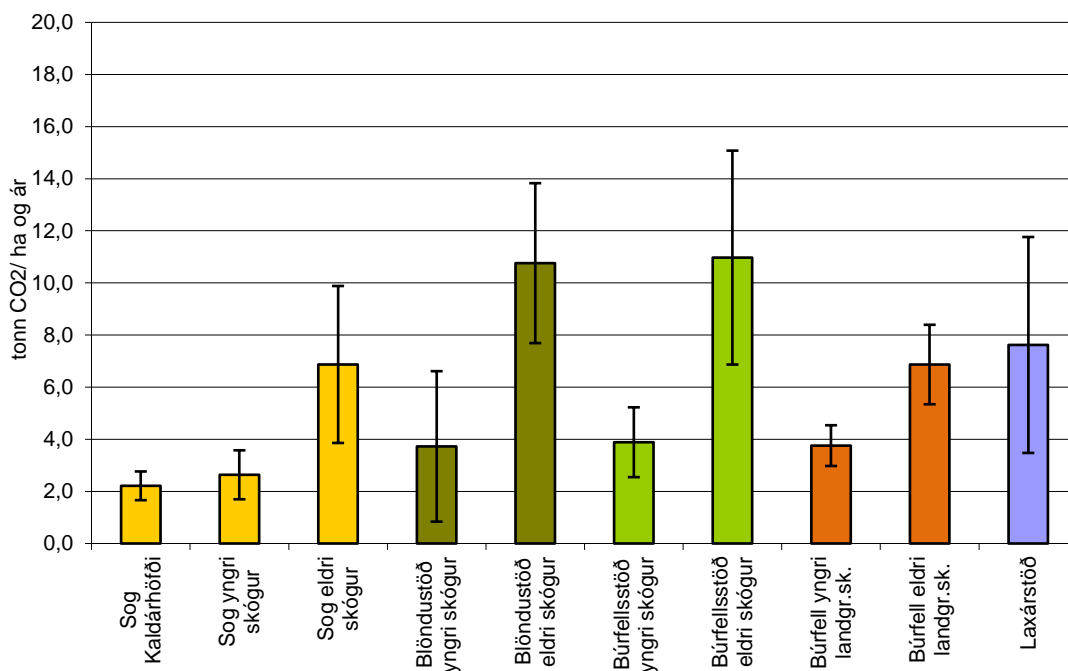
Kolefnisbinding á nýju svæðunum (tafla 4) var einungis metin í jarðvegi og sópi en ekki í trjáplöntunum sjálfum. Ef mælifletir innihéldu trjálaus rjóður frá 500 til 5000 m², var á þeim svæðum ekki gert ráð fyrir sópmyndun með tilheyrandi bindingu í sópi.

Tafla 4: Kolefnisbinding á nýjum skógræktarsvæðum Landsvirkjunar. Í töflunni er birt mat fyrir kolefnisbindingu ársins 2021 í tonnum CO₂.

	Flatarmál (ha)	Binding	Binding á ha
Laxaborg	8,4	15	1,8
Skarfanes	288,7	646	2,2
Blöndustöð - viðbót	28,3	53	1,9
Belgsá	38,5	74	1,9
Bjarnarlón	39,4	88	2,2
Skálmholtshraun	9,9	18	1,8
Samtals/meðaltal	413	894	2,2

Heildarbinding kolefnis á öllum svæðum Landsvirkjunar var því metin 2.660 tonn CO₂ (± 185 tonn CO₂ (95% vikmörk)).

Mynd 3 sýnir síðan kolefnisbindingu á flatareiningu í öllum flokkum í endurmældum skóglendum Landsvirkjunar. Eins og búast má við er kolefnisbinding meiri í eldri skógum en þeim sem yngri eru.



Mynd 3: Kolefnisbinding á flatareiningu í skilgreindum skógarflokkum í eldri skógrækt Landsvirkjunar. Skekkjustikur sýna 95% vikmörk.

Þéttleika- og lifunarmat

Tafla 5 sýnir þéttleika trjáplantna á nýgróðursettu svæðunum sex. Hafa verður í huga að úrtakssvæðin eru í sumum tilvikum minni en svæðin sem heildargróðursetning var áætluð í upphaflega, eins og fram kemur í töflu 2.

Tafla 5: Meðalþéttleiki lifandi gróðursettra trjáplantna á nýjum skógræktarsvæðum Landsvirkjunar ásamt 95% vikmörkum normaldreifingar.

	fjöldi á ha	95% vikmörk
Skarfanes	1.030	701 1.359
Bjarnarlón	1.665	1.334 1.997
Laxaborg	640	254 1.026
Belgsá	2.200	1.624 2.776
Skálmholtshraun	380	901
Blöndustöð - viðbót	1.077	816 1.338

Í töflu 6 er borinn saman áætlaður fjöldi gróðursettra trjáplantna sem var lifandi haustið 2021 og fjöldi plantna gróðursettur í þessi svæði til og með 2021 og lifunin þannig áætluð fyrir heildarplöntufjölda á hverju svæði ásamt 95% vikmörkum. Gefnar eru upp matstölur

fyrir algengustu trjategundir á hverju svæði en hafa verður í huga að þar væru vikmörk mun víðari en fyrir heildarplöntufjölda en þau voru ekki reiknuð.

Tafla 6: Áætlaður fjöldi lifandi gróðursettra trjáplantna á nýjum skógræktarsvæðum Landsvirkjunar haustið 2021 borin saman við gróðursetningar til og með 2021 ásamt lifunarhlutfalli. 95% vikmörk ($\pm 95\%$ VM) normaldreifingar er reiknuð fyrir lifun allra trjategunda á hverju svæði.

Gróðursettar og lifandi 2021							
	Birki	Alaskaösp	Lerki	Sitkagreni	Stafafura	Annað	Samtals
Skarfanés	50.375	145.700		34.100	89.125		319.300
Bjarnarlón	64.752		1.064				65.816
Laxaborg		883			4.256		5.139
Belgsá			7.168		77.312		84.480
Skálmholtshraun		1.490			2.284		3.773
Blöndustöð - viðbót	6.200		22.415		5.628		34.243
Samtals	121.327	148.073	30.647	34.100	178.605		512.752

Gróðursetningar 2012 til 2021							
	Birki	Alaskaösp	Lerki	Sitkagreni	Stafafura	Annað	Samtals
Skarfanés	122.125	206.959	2.360	123.528	317.785	1.720	774.477
Bjarnarlón	218.381		10.452		670	2.490	231.993
Laxaborg	9.447	4.795		2.200	17.286		33.728
Belgsá	901		19.300		95.749		115.951
Skálmholtshraun	7.280	14.490		11.320	9.140	700	42.930
Blöndustöð - viðbót	12.982	9.504	32.603		5.628	96	60.813
Samtals	371.116	235.748	64.715	137.048	446.258	5.006	1.259.892

Lifun haustið 2021								
	Birki	Alaskaösp	Lerki	Sitkagreni	Stafafura	Annað	Samtals	$\pm 95\%$ VM
Skarfanés	41%	70%		28%	28%		41%	17%
Bjarnarlón	30%		10%				28%	6%
Laxaborg		18%			25%		15%	9%
Belgsá			37%		81%		73%	19%
Skálmholtshraun		10%			25%		9%	12%
Blöndustöð - viðbót	48%		69%				56%	13%
Samtals	33%	63%	47%	25%	40%		41%	

Spágerð til næstu 10 ára

Í töflu 7 er sýnd spá fyrir árlega bindingu í hverjum flokki eða svæði á þeim skógræktsvæðum Landsvirkjunar þar sem binding í trjágróðri var metin 2021, spáin nær til næstu tíu ára eða frá 2022 til 2031.

Tafla 7: Spá fyrir árlega bindingu næstu tíu árin í hverjum flokki eða svæði á þeim skógræktsvæðum Landsvirkjunar þar sem binding í trjágróðri var metin 2021.

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sog Kaldárhöfði	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Sog Yngri skógur	40	40	41	41	42	42	42	43	43	44
Sog Eldri skógur	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
Blöndustöð Yngri skógur	98	102	106	110	114	117	121	125	129	133
Blöndustöð Eldri skógur	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213
Búrfellsstöð Yngri skógur	151	155	159	163	168	172	176	180	185	189
Búrfellsstöð Eldri skógur	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
Búrfell yngri landgr.sk.	448	468	488	508	528	549	569	589	609	629
Búrfell eldri landgr.sk.	322	340	358	375	393	411	429	446	464	482
Laxárstöð	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Samtals	1.833	1.880	1.928	1.975	2.023	2.070	2.117	2.165	2.212	2.260

Tafla 8 sýnir spá fyrir nýju svæðin þar sem ekki var metin binding í trjágróðri. Þar var stuðst við vaxtarferla fyrir ríkjandi trjátegundir og metin þéttleiki 2021 látin stýra upphafsári ferlana eins og lýst er nánar í kaflanum *Efni og aðferðir* hér fyrir ofan. Á fyrstu fimm árum ferlana er ekki gert ráð fyrir mælanlegri kolefnisbindingu í trjágróðri.

Tafla 8: Spá fyrir árlega bindingu næstu tíu árin í hverjum flokki eða svæði á þeim skógræktsvæðum Landsvirkjunar þar sem binding í trjágróðri var ekki metin 2021. Upphafsártal segir til um hvenær vaxtarferill trjágróðurs er virkjaður.

	Uphafs ártal	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Skarfaness birki	2024	182	182	182	182	182	182	182	324	329	335
Skarfaness stafafura	2024	141	141	141	141	141	141	141	243	259	276
Skarfaness sitkagreni	2022	81	81	81	81	81	182	190	198	207	216
Skarfaness alaskaösp	2021	242	242	242	242	682	751	830	920	1.021	1.134
Bjarnarlón birki	2020	88	88	88	121	123	126	128	130	132	135
Laxaborg stafafura	2024	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16
Belgsá stafafura	2014	168	182	197	215	234	256	280	306	335	366
Skálmholtshraun stafafura	2024	18	18	18	18	18	18	18	26	28	29
Blöndustöð viðbót lerki	2022	53	53	53	53	53	116	124	124	133	142
Samtals binding		988	1.001	1.017	1.068	1.529	1.787	1.908	2.287	2.458	2.648

Umræða

Á svæðunum sem er verið að endurmæla binda eldri skógar enn sem komið er meira en yngri skógarsvæði eins og sést á bæði mynd 2 og mynd 3 en munurinn er minni en í síðustu úttekt. Munurinn á flatareiningu er á bilinu rúmlega tvöfaldur fyrir Blöndustöð, Búrfellsstöð og Sog. Munur á milli yngri og eldri skógræktar á landgræðsluskógasvæðinu við Búrfell hefur aftur á móti aukist lítillega milli mælinganna 2016 og 2021.

Engin breyting var gerð á flokkaskiptingu frá fyrri úttekt 2016. Eins og fram kom í síðustu úttektarskýrslu (Arnór Snorrason o.fl. 2017) er lítil munur á aldursmati yngri og eldri flokka. Breytileiki í aldri innan flokka er einnig oft mikill.

Í töflu 1 er birt flatarmál flokka eins og þeir voru metnir í síðustu úttekt ásamt núverandi uppfærðu flatarmáli. Í flestum tilvikum er um smávægilegar leiðréttingar að ræða en í einu tilviki bættist við töluvert svæði fyrir austan Búrfellsstöð í yngri skógarflokki sem einhverra hluta vegna var ekki hluti af upphaflegri kortlagningu árið 2011 (Arnór Snorrason og Björn Traustason 2012)

Þéttleiki og lifun

Það kemur vissulega á óvart hve afföll virðast vera mikil í Skarfanesi, Skálmholtshrauni og Laxaborg. Aftur á móti er ljóst að bæði Bjarnarlón og Blöndustöð liggja hátt og áveðurs og þar getur skógrækt verið meiri áskorun en á hinum þremur svæðunum. Eina undantekningin er Belgsá þar sem þéttleiki og lifun er eins og best verður á kosið. Ljóst er að skoða þarf gaumgæfilega gróðursetningaraðferðir og -tíma, tegundaval og plöntustærðir áður en af íbótum kemur. Öll þrjú fyrrnefna svæðin eru á flatlendi þar sem hætta á sumarfrostum og frostskegndum er mikil og að auki er samkeppni frá öðrum gróðri mikil í Skálmholtshrauni og Laxaborg. Haga verður tegundavali og plöntustærð og gróðursetningarstað í samræmi við það. Í verstu frostpollunum er stafafura eina trjátegundin sem nær að þrífast. Þar sem gróðurhula er takmörkuð eða land hefur verið jarðunnið þarf að forðast að gróðursetja á haustin.

Binding næstu ára

Gerð var tilraun til að spá fyrir um bindingu næstu tíu ára. Fyrir eldri skógræktarsvæðin sem voru endurmæld í annað sinn kom töluvert á óvart að bindingin þar hafði minnkað frá árinu 2016. Á þessu stigi er erfitt að greina ástæðuna en t.d. við Sog er eitthvað af eldri skóginum alaskavíðir eða aðrar víðitegundir sem vaxa hratt í æsku en fljótlega dregur úr vexti oft í kringum 20 ára aldur. Þar mætti hugsa sér að leysa þær af hólmi með t.d. sitkagreni og alaskaösp þar sem þær standa á frjósömu landi.

Yngri skógræktin á endurmældu svæðunum hefur ekki aukið vöxt jafn hratt og búast mætti við nema á landgræðsluskógasvæðunum við Búrfell en þar er vöxtur birkis í samræmi við spád gildi samkvæmt Skógarkolefnisreikninum. Þessi vöntun á vaxtarauka á

hinum svæðunum skýrist að mestu á of gisnum gróðursetningum og með íbótum mætti auka kolefnisbindingu á þessum svæðum á næstu áratugum. Á Kaldárhöfða í Sogi standa einungis 500 tré á ha að meðaltali og í yngri skóginum á sama stað er þéttleikin 1300 tré á ha svo dæmi sé tekið.

Forsenda þess að spáin um bindingu gangi upp á nýju ungu svæðunum er að íbætur verði framkvæmdar þar á næstu árum. Eina undantekningin er Belgsá þar sem þéttleiki og lifun er eins og best verður kosið. Ef ekki verður af íbótum mun spáin ekki ganga eftir fyrir þessi svæði.

Heimildir

Anthonie Van Laar & Alparslan Akça (2007). *Forest Mensuration*, Dordrecht, Springer, 383 bls.

Arnór Snorrason & Stefán Freyr Einarsson (2006). Single-tree biomass and stem volume functions for eleven tree species used in Icelandic forestry. *Icelandic Agricultural Sciences*, 19, bls: 15-24.

Arnór Snorrason, Þorbergur Hjalti Jónsson, Kristín Svavarsdóttir, Grétar Guðbergsson & Tumi Traustason (2000). Rannsóknir á kolefnisbindingu ræktaðra skóga á Íslandi. *Ársrit Skógræktarfélags Íslands*, bls: 71-89.

Arnór Snorrason, Bjarni D. Sigurdsson, Grétar Guðbergsson, Kristín Svavarsdóttir & Þorbergur Hjalti Jónsson (2002). Carbon sequestration in forest plantations in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 15, bls: 81-93.

Arnór Snorrason & Björn Traustason (2012). Úttekt á kolefnisbindingu skógræktar á svæðum í eigu Landsvirkjunar. LV-2012-062. Rannsóknastöð skógræktar Mógilsá.

Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson (2017). Önnur úttekt á kolefnisbindingu skógræktar á vegum Landsvirkjunar. Landsvirkjun. Reykjavík. LV-2017-040. 20 bls.

Bjarni D. Sigurdsson, Borgthor Magnusson, Asrun Elmarsdóttir & Brynhildur Bjarnadóttir (2005). Biomass and composition of understory vegetation and the forest floor carbon stock across Siberian larch and mountain birch chronosequences in Iceland. *Annals of Forest Sciences*, 62, bls: 881-888.
file:///C:/Skr%C3%A1r/Arn%C3%B3r/Greinasafn/Sigurdssonetal2005AFS.pdf

Brynhildur Bjarnadóttir, Anna Cecilia Inghammar, Mona-Maria Brinker & Bjarni D. Sigurdsson (2007). Single tree biomass and volume functions for young Siberian larch trees (*Larix sibirica*) in eastern Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 20, bls: 125-135.
<http://www.landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/key2/index.html>

Brynhildur Bjarnadóttir (2009). Carbon stocks and fluxes in a young Siberian larch (*Larix sibirica*) plantation in Iceland. Prófgráða: Ph.D. Geografiska Institution. Lunds Universitet. 62 bls.

Field-Map (2022). <https://fieldmap.cz/> . Skoðuð 09.05.2022.

Matthias Hunziker (2011). A study on above- and belowground biomass and carbon stocks as well as sequestration of mountain birch (*Betula pubescens* Ehrh.) along a

chronosequence in southern Iceland. Prófgráða: MSc. Department of Environmental Sciences. University of Basel. 65 bls.

IPCC 2014. (2013) Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. IPCC, Switzerland, 268 bls.

Jón Ágúst Jónsson (2007). Áhrif skógræktaraðgerða á viðarvöxt og flæði kolefnis í asparskógi. Prófgráða: Master. Líffræðiskor Raunvísindadeildar. Háskóli Íslands. 84 bls.

Landsvirkjun 2021. Loftslagsbókhalð (2021). 30. mars 2022. 48 bls.

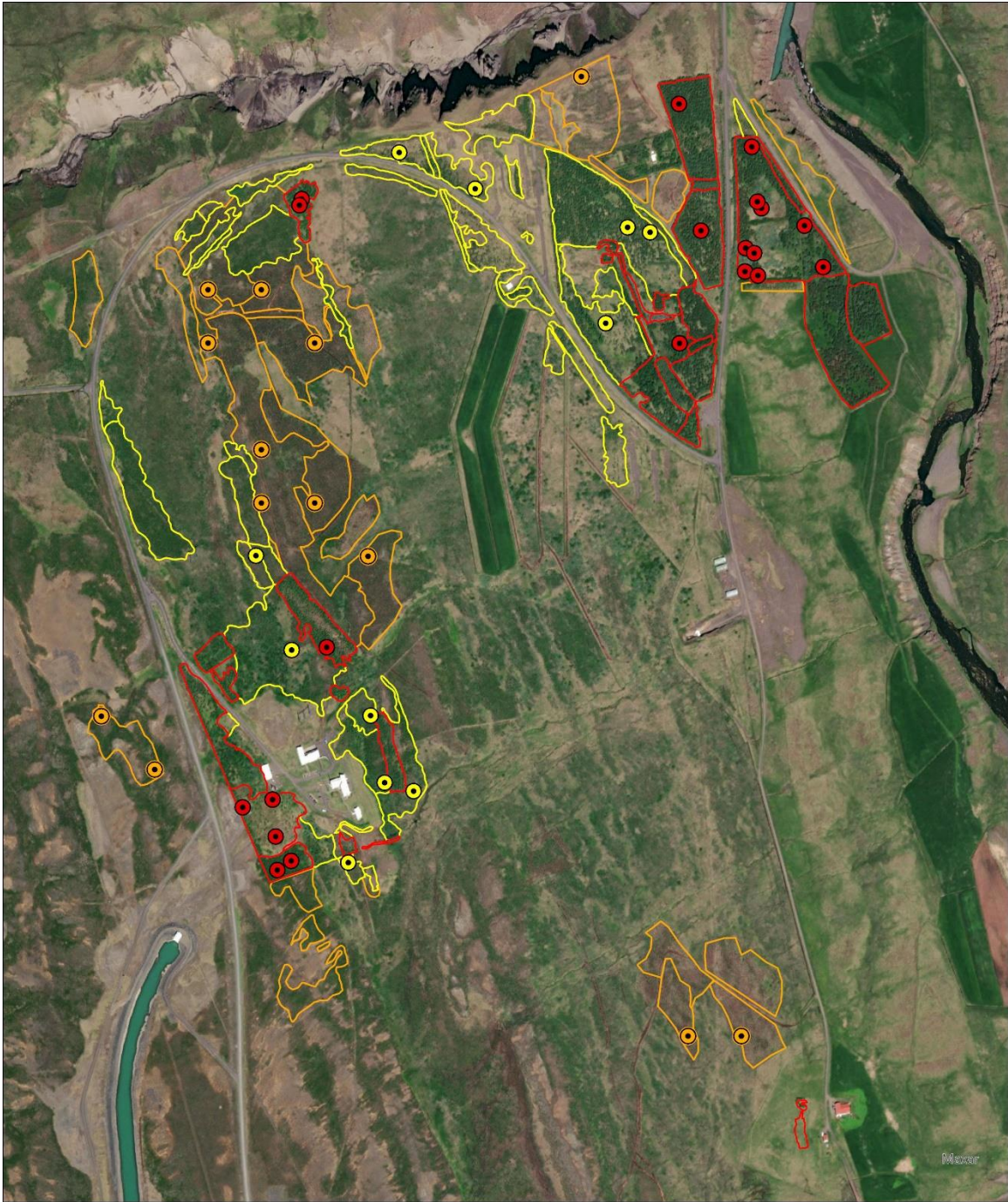
https://prismic-io.s3.amazonaws.com/landsvirkjun-vefur/61fd0c04-b537-4e95-a70a-931948bcb0c4_LV_Loftlagsbokhalð_2021_V18.pdf

Landsvirkjun 2008. Kolefnisspor Landsvirkjunar, Rep. No. LV 2008/193. 18 bls. LV 2008/193

http://www.landsvirkjun.is/media/umhverfismal/Kolefnisibokhalð_LV_2007.pdf

Nicole Keller, Martina Stefani, Sigríður Rós Einarisdóttir, Ásta Karen Helgadóttir, Rafn Helgason, Birgir Urbancic Ásgeirsson, Diljá Helgadóttir, Inga Rún Helgadóttir, Leone Tinganelli, Sigmundur Helgi Brink, Arnór Snorrason & Jóhann Þórsson (2022). National Inventory Report - Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2020. UST-2022:02. The Environment Agency of Iceland, 13 apríl 2022 Reykjavík. 465 bls.
DOI: <https://unfccc.int/documents/461815>

Viðauki A



Afstöðumynd
Blöndustöð

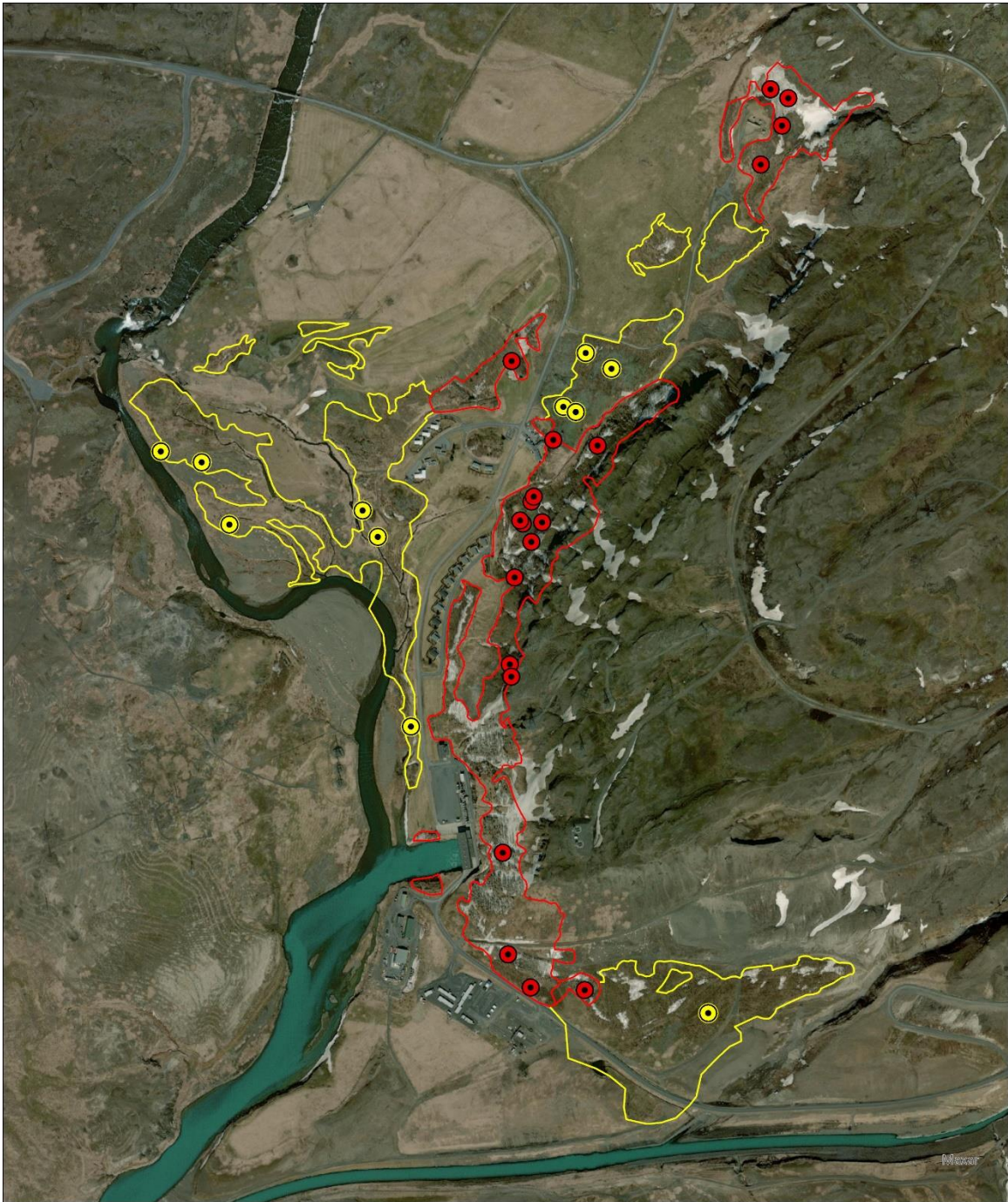
-  Eldri skógur
-  Yngri skógur
-  Viðbót frá 2016

0 0,25 0,5 km



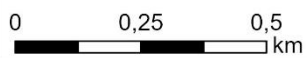
skógræktin

Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Búrfellsstöð

-  Eldri skógur
-  Yngri skógur



Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Búrfell
landgræðsluskógur

 Eldri skógur
 Yngri skógur




skógræktin

0 0,25 0,5 km

Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Sogsstöðvar
Norðursvæði

-  Eldri skógur
-  Yngri skógur
-  Kaldárhöfði

0 0,25 0,5
km



Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Sogsstöðvar
Suðursvæði

 Eldri skógur
 Yngri skógur





skógræktin


0 0,25 0,5 km


Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Laxaborg

 Mælingar Laxaborg




skógræktin

0 0,25 0,5 km

Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Belgsá

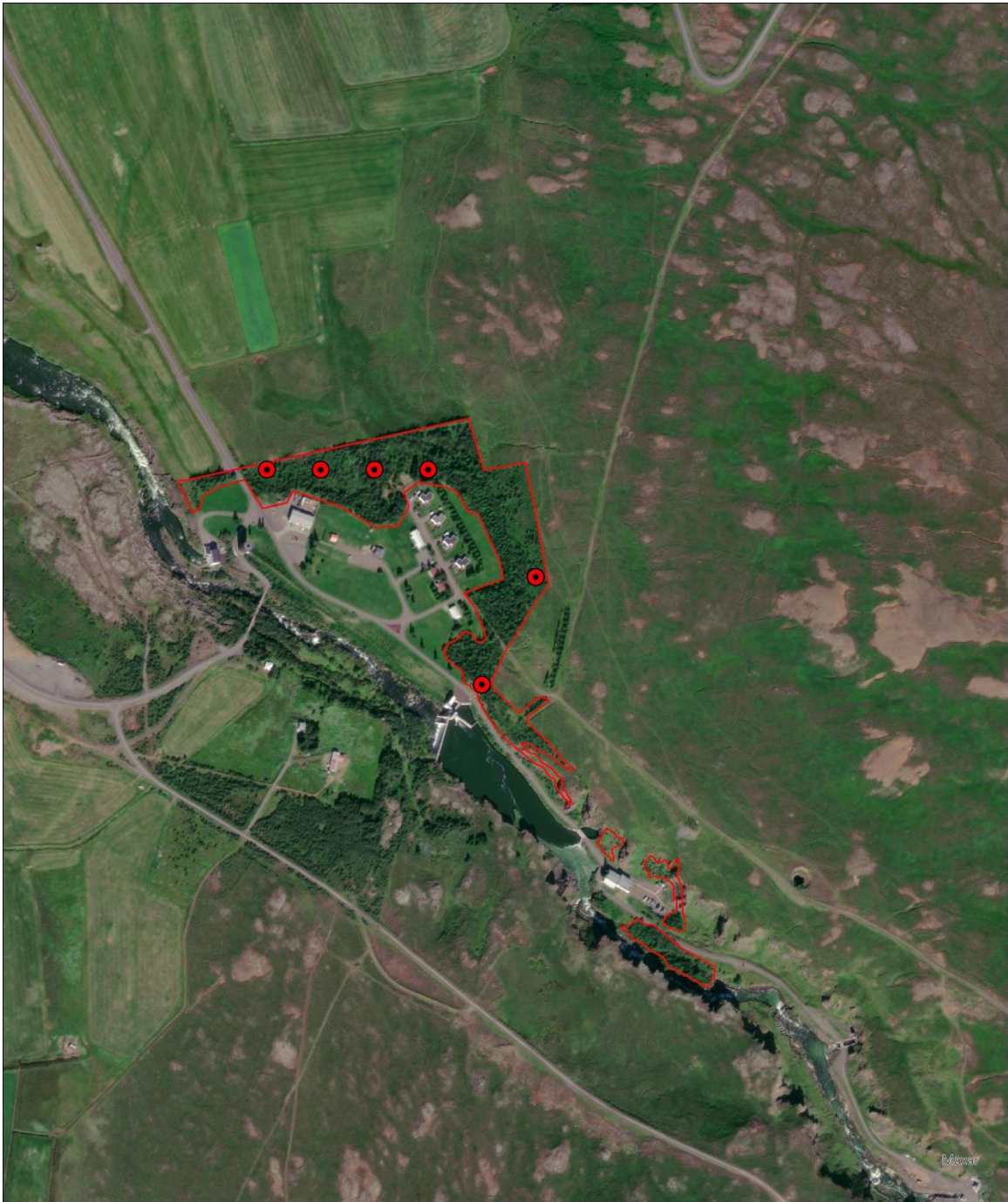
 Mælingar Belgsá




skógræktin

0 0,25 0,5
km

Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Laxárstöð

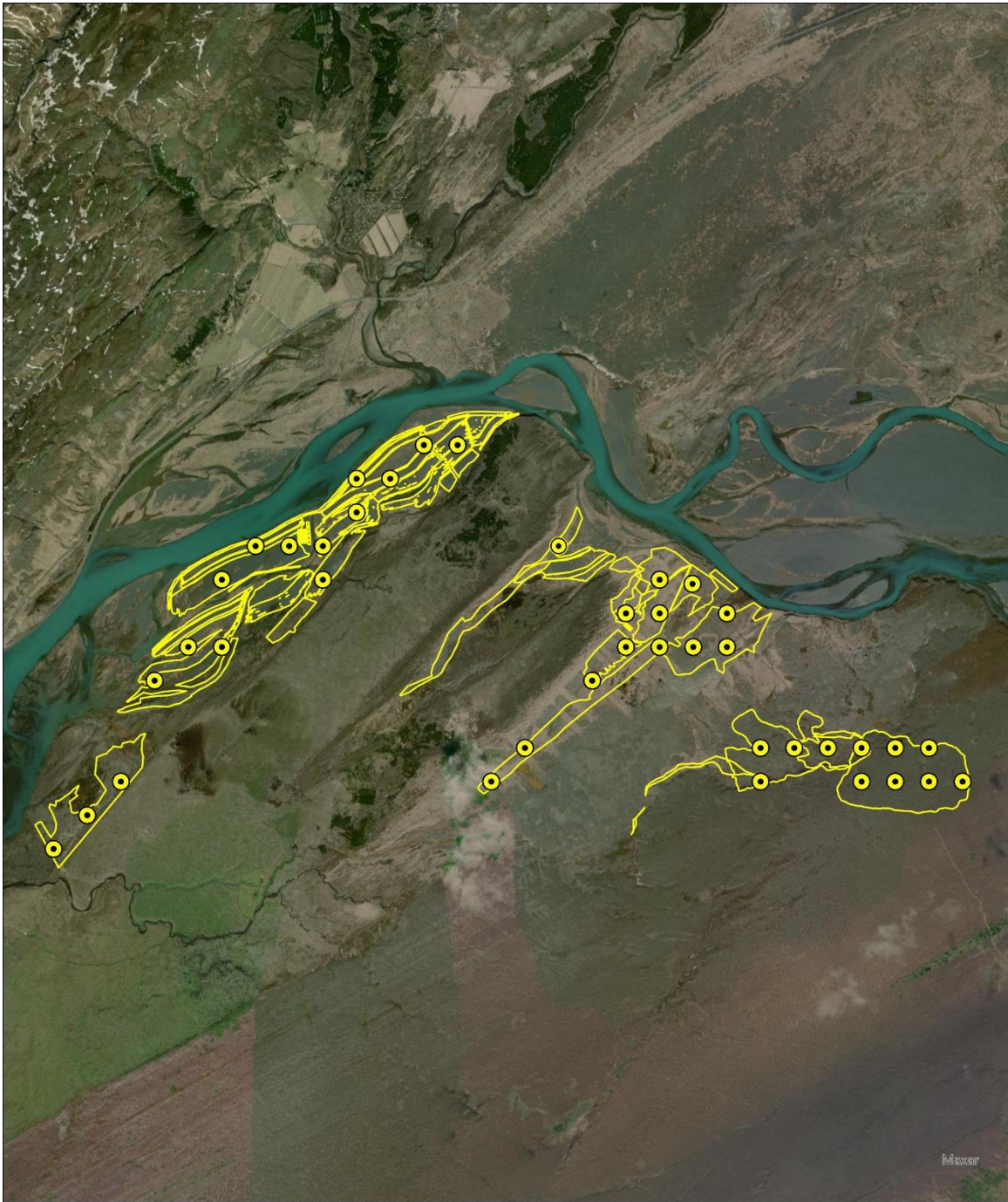
 Mælingar Laxárstöð




skógræktin

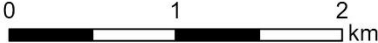
0 0,25 0,5 km


Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



Afstöðumynd
Skarfanés

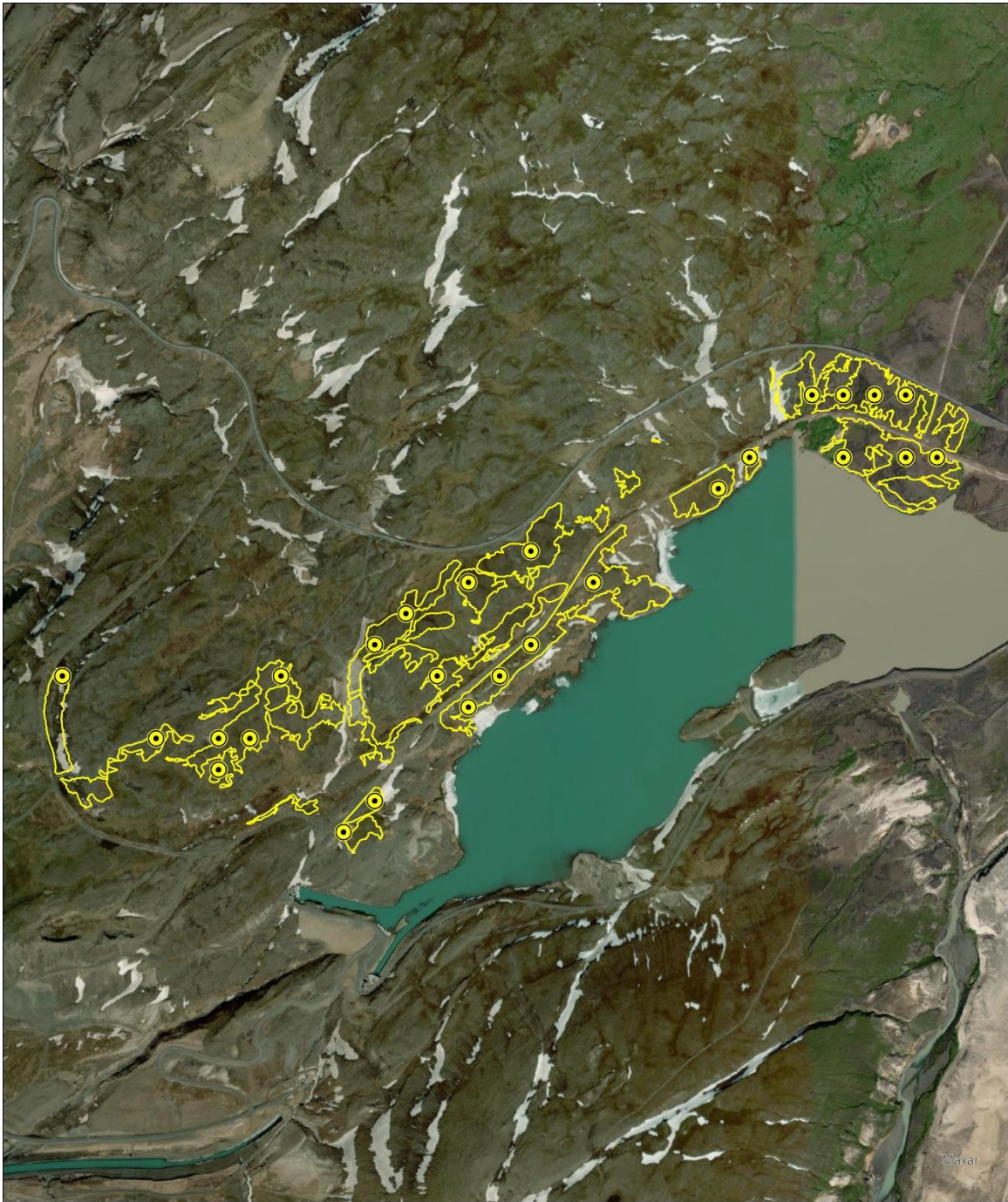
 Mælingar Skarfanési

 0 1 2 km



 skógræktin

Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



**Afstöðumynd
Bjarnarlón**

 Mælingar Bjarnarlóni

0 0,25 0,5
km

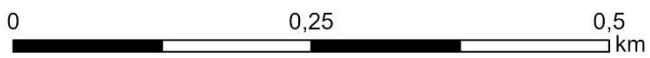


Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason



**Afstöðumynd
Skálmholtshraun**

 Mælingar Skálmholtshrauni



Dags: 14. 6. 2022 Kortagerð: Björn Traustason